





### UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS - DEPARTAMENTO DE FÍSICA MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA POLO 28

## LEILA DE FÁTIMA PEREIRA FERREIRA

### PRODUTO EDUCACIONAL

O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS: O USO DE UM TERMÔMETRO DIGITAL DE BAIXO CUSTO NA ABORDAGEM DE FENÔMENOS RELACIONADOS A TEMPERATURA E CALOR







### LEILA DE FÁTIMA PEREIRA FERREIRA

# O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DE PRÁTICAS EXPERIMENTAIS: O USO DE UM TERMÔMETRO DIGITAL DE BAIXO CUSTO NA ABORDAGEM DE FENÔMENOS RELACIONADOS A TEMPERATURA E CALOR

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: *O ensino de física através de práticas experimentais: O uso de um termômetro digital de baixo custo na abordagem de fenômenos relacionados a Temperatura e Calor*, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 28 – UNIFAL-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadores:

Prof. Dr. José Antônio Pinto Prof. Dr. Luciano Soares Pedroso

### **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

# **SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO	4
2. EXPERIMENTOS	
2.1 EXPERIMENTO 01: "CAPACIDADE TÉRMICA"	
2.2 EXPERIMENTO 02: "CALOR ESPECÍFICO"	
2.3 EXPERIMENTO 03: "PONTO DE ORVALHO"	
2.4 EXPERIMENTO 03: "CAIXAS E CORES"	37
2.5 EXPERIMENTO 03: "MATERIAIS CONSTRUTIVOS"	45

# **INTRODUÇÃO**

Este produto educacional contém cinco roteiros experimentais que abordam conteúdos relacionados a Calor e Temperatura. A abordagem destes conteúdos acontece através de implementação de práticas experimentais utilizando um Termômetro Digital de Baixo Custo (TDBC).

O primeiro roteiro experimental aborda a construção um calorímetro de baixo custo (CBC) que será utilizado para estudar a lei de arrefecimento de Newton e determinar a capacidade térmica deste calorímetro. A Lei do resfriamento de Newton ou Lei do arrefecimento de Newton estabelece que a taxa de variação da temperatura do esfriamento, ou a velocidade do esfriamento (em °C/s ou K/s, por exemplo) é diretamente proporcional a uma constante de proporcionalidade e à diferença de temperatura entre o corpoe o meio ambiente.

No segundo roteiro experimental utilizamos o CBC construído durante a realização da atividade indicada no roteiro experimental anterior para calcular o calor específico do aço inox utilizando moedas de 50 centavos cunhadas após o ano de 2002.

O terceiro roteiro experimental contida neste produto educacional aborda o "ponto de orvalho" com o objetivo de determinar a umidade relativa do ar local (onde os estudantes realizaram o experimento).

Todos os dias assistimos nos noticiários informações relacionadas à umidade relativa do ar (URA) e suas consequências à saúde humana. Por esse motivo faz-se necessário conhecer como a URA é calculada e quais instrumentos de medidas estão associados a essa grandeza física.

A URA é a relação entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma e isso depende da temperatura dele. Quanto mais quente, mais expandida fica a molécula de ar e mais água cabe nele. Portanto, se a umidade absoluta está baixa, devido à presençade uma massa de ar seco e a temperatura está muito alta, a URA fica muito baixa.

No decorrer deste roteiro experimental responderemos o que é umidade relativa do ar, qual sua relação com a temperatura, como se calcula a URA através do método do ponto de orvalho e o vapor saturado.

O quarto roteiro experimental aborda uma atividade relacionando a absorção de calor e a cor da superfície. As cores que enxergamos são formadas pelos raios de luz que os objetos não conseguem absorver. Neste experimento foram utilizadas seis caixas de cores diferentes expostas ao sol durante um período entorno de 2 horas. Cada caixa estava assoada a um TDBC

onde sua temperatura poderia ser medida a todo momento. O sistema foi filmado pela pesquisadora e o vídeo enviado aos estudantes. De posse do vídeo os estudantes estudaram a variação da temperatura em cada uma das caixas expostas ao sol.

O quinto roteiro experimental apresenta uma atividade semelhante ao do roteiro experimental anterior. Neste experimento a finalidade foi estudar a variação de temperatura de materiais diferentes (areia, areia lavada, pedra brita, pedra de rio, pedrisco e saibro). Cada material se comporta de forma diferente quando expostos ao aquecimento e essas características são importantes e determinantes para a escolha do material na construção civil.

### **EXPERIMENTOS**

### 2.1 EXPERIMENTO 01: "CAPACIDADE TÉRMICA"

Determinação da Capacidade Térmica de um calorímetro utilizando um Termômetro Digital de Baixo Custo: Implementando práticas experimentais no Ensino de Física no Nível Médio

Autor: Leila de Fátima Pereira Ferreira leila.ferreira@sou.inifal-mg.edu.br

#### Resumo

A professora pesquisadora preparou o material utilizado nesta prática experimental e realizou previamente os experimentos e encontrou resultados dentro das expectativas. A atividade proposta neste roteiro experimental foi dividida em duas. A primeira atividade consiste no estudo do arrefecimento da água em calorímetros com capacidades térmicas diferentes. Nesta atividade os estudantes observaram a diferença de velocidade da queda de temperatura entre dois calorímetros diferentes. Para a medida de temperatura foi utilizado um Termômetro Digital de baixo construído previamente pela professora pesquisadora, em número suficiente para todos os estudantes realizarem o experimento. Na sequência foi utilizado o calorímetro de baixo custo construído pelos próprios estudantes para realizar uma prática experimental onde determinaram a capacidade térmica do referido calorímetro. Os resultados encontrados pelos estudantes foram compatíveis com os resultados esperados. O experimento foi realizado em uma turma de estudantes do segundo ano do Ensino Médio de uma Escola da Rede Estadual de Minas Gerais, localizada no município de Congonhal.

**Palavras-chave:** Ensino de Física; Termômetro Digital de Baixo Custo; Calorímetro de Baixo Custo; Arrefecimento; Equilíbrio Térmico.

### Introdução

Galileu Galilei foi um cientista, físico, astrônomo, escritor, filósofo e professor italiano que deixou legado importante em diversas áreas. Galileu Galilei nasceuem 15 de fevereiro de 1564 na cidade de Pisa, na Itália e morreu em 8 de janeiro de 1642,em Arcetri, na Itália, deixando importantes estudos, pois foi cientista pioneiro na arte decriar e desenvolver teorias acerca do funcionamento do Universo que ajudaram nos ramosda Física e da Astronomia.

Segundo publicação de Silva, (2021) no site Mundo Educação, o primeiro termômetro foi inventado por Galileu em 1602. O termômetro era composto de uma parte de vidro arredondada, chamada de bulbo, e um fino "pescoço", também de vidro, que servia para ser imerso em um recipiente que contivesse água e corante. Galileu aquecia o bulbo de vidro retirando parte do ar que estava dentro para, assim, poder emborcar o tubo dentro da água.

Após mergulhar o tubo dentro da vasilha com água e corante, a temperatura do bulbo voltava a seu valor normal, fazendo com que a água subisse através do tubo até certa altura. Galileu podia comparar temperaturas de vários objetos que eram colocados em contato com o bulbo, pois a altura da coluna de água dependia exatamente da temperatura do objeto, ou seja, quanto maior a temperatura, maior a coluna de água. Galileu, quando inventou seu termoscópio, realizava medições de temperatura de maneira indireta por comparação.

As variações de temperatura eram indicadas pela dilatação ou contração de uma porção (massa) de ar que empurrava uma coluna se líquido. Baseado no termoscópio de Galileu, o médico francês Jean Rey construiu o primeiro termômetro de líquido, em 1637, semelhante aos que são usados hoje. Alguns anos mais tarde, o Duque de Toscana, Fernando II, contribuiu inventando outro termômetro, parecido com o de Rey, que era capaz de medir temperaturas inferiores ao ponto de solidificação da água. Para isso, ele utilizou como substância termométrica o álcool, que congela a uma temperatura bem mais baixa que a água. Vários cientistas, como Torricelli, se dedicaram à construção de termômetros, todos baseados na dilatação de líquidos e gases. Hoje utilizamos o termômetro digital para medirmos a temperatura.

Segundo Hewitt (2015, p. 311), a lei de arrefecimento de Newton determina que a taxa de variação da temperatura do esfriamento, ou a velocidade do esfriamento (em °C/s ou K/s, por exemplo) é diretamente proporcional a uma constante de proporcionalidade e à diferença de temperatura entre o corpo e o meio ambiente. Demonstraremos na prática esse arrefecimento através da construção e experimentação de um calorímetro de baixo custo. Utilizaremos a equação para os cálculos com a constante C.

$$T = Ta + C. e^{kt}$$

### Metodologia

Para construção do calorímetro utilizaremos:

- a) Duas garrafas PET de 510ml ou 600ml idênticas, com tampa Reserve uma das garrafas para fazer o comparativo como na imagem da figura- 01;
- b) Folhas (umas 4 ou 5) de jornal, papel toalha (esse é o melhor) ou sulfite (usadas);
- c) Fita adesiva transparente;
- d) Um rolo de papel alumínio.

Assista ao vídeo para a construção do seu CBC.

https://www.youtube.com/watch?v=JqJcKtNS1zM – acesso em 20 de abril de 2021.

Obs.: Não é necessário revestir seu CBC com a outra garrafa como propõe o vídeo em 1:32 min.

Conforme figura 01, separe os materiais a serem utilizados no experimento.

Figura01- Montagem da garrafa térmica de baixo custo



Fonte: Acervo da autora

Envolva uma das garrafas com papel alumínio, como mostra na figura 02.

Figura 02- Montagem da garrafa térmica de baixo custo





Fonte: Acervo da autora

Após envolver a garrafa com papel alumínio, envolva-a com papel toalha conforme figura 03.

Figura 03– Montagem da garrafa térmica de baixo custo (Calorímetro de baixo custo)





Fonte: Acervo da autora

Envolver a garrafa com mais uma camada de papel alumínio conforme a figura 04.

Figura 04- Montagem da garrafa térmica de baixo custo





Fonte: Acervo da autora

Posicione as garrafas para comparativo conforme a figura 05.

Figura 05- Montagem da garrafa térmica de baixo custo





Fonte: Acervo da autora

### **Procedimento Experimental**

Faça a montagem do experimento mostrado na figura 06. Neste experimento será comparado variação de temperatura com o tempo entre a garrafa preparada para funcionar como CBC e uma outra garrafa similar sem a mesma preparação.

- 1) Faça um furo nas tampas das garrafas de modo que dê para passar o seu TDBC;
- 2) Aqueça cerca de 800ml de água até atingir temperatura de  $\pm$  60 ° C;
- 3) Divida igualmente o volume de água nas duas garrafas;
- 4) Afira a temperatura inicial nas duas garrafas com seu Termômetro Digital de Baixo Custo TDBC e anote em uma tabela (cerca de 12 medidas são suficientes);
- 5) Complete a tabela comparativa (tabela -01) preenchendo a temperatura medida a cada 2,0 minuto.

Tabela 01: Temperaturas.

Data do experimento		
Temperatura ambiente		
Temperatura água aquecida		
Tempo (min)	Temperatura da garrafa térmica (CBC) (°C)	Temperatura da garrafa pet normal (°C)
00		
02		
04		
06		
08		
10		
12		

Fonte: Acervo da autora

14

Figura 06- Experimento CBC



Fonte: Acervo da autora



Figura 07- Experimento CBC



Fonte: Acervo da autora



 $\label{eq:construa} Construa~o~gráfico~comparativo~do~seu~experimento.~N\~ao~se~esqueça~de~acrescentar~o~$   $R^2~e~a~equa\~ção~que~descreve~a~curva~caracter\'ística~do~resfriamento.$ 

### Resultados

 $A\ tabela-02\ traz\ a\ variação\ da\ temperatura\ em\ ambas\ as\ garrafas.$ 

Tabela 02: Anotações das aferições das temperaturas feitas pela professora pesquisadora ao realizar o experimento.

Data do experimento26/07/2021Temperatura ambiente17,3 °CTemperatura água aquecida61,1 °C

Temperatura água aquecida		61,1 °C			
Tempo (min)	(min) Temperatura da garrafa térmica Temperatura da garrafa pet normal (°C)		Variação (°C)		
0	61,1	61,1	0		
2	60,8	60,3	0,5		
4	60,1	59,2	0,9		
6	59,4	58	1,4		
8	58,9	57	1,9		
10	58,2	56,1	2,1		
12	57,6	54,9	2,7		
14	56,9	53,8	3,1		
16	56,1	52,9	3,2		
18	55,6	52,1	3,5		
20	55,1	51,3	3,8		
22	54,6	50,5	4,1		
24	54	49,6	4,4		
26	53,5	48,9	4,6		
28	53	48,2	4,8		
30	52,5	47,5	5		
32	52	46,8	5,2		
34	51,4	46,1	5,3		
36	50,9	45,4	5,5		
38	50,4	44,6	5,8		
40	49,9	43,9	6		
42	49,1	42,9	6,2		
44	48,7	42,2	6,5		
46	48,2	41,7	6,5		
48	47,6	41	6,6		

Fonte: Acervo da autora

O gráfico – 01 traz o comparativo do resfriamento entre as garrafas

Gráfico - 01- Comparativo entre CBC e garrafa comum

Fonte: Acervo da autora

### Apresentação dos cálculos:

Lei de resfriamento de Newton. T= Ta + C. e Kt

### 1° Passo:

C=?

$$T = Ta + C. e^{Kt}$$

$$61,1-17,7,3=C$$

$$C = 43.8 \, ^{\circ}C$$

### 2° Passo:

**K**?

Para: Tempo = 10 min, Temperatura =  $58.2 \, ^{\circ}\text{C} \, 58.2 = 17.3 + 43.8. \, e^{10\text{K}}$ 

$$58,2 - 17,3 = 43,8. e^{10k}$$

$$e^{10k} = 0.933789954$$

 $k = ln \ 0.933789954/10$ 

$$k \sim -0.007$$

### 3° Passo:

Conhecendo os valores de C e K, podemos calcular a temperatura após de 20 minutos do início do experimento.

T = ?

t = 20 min

T = 17.3 + 43.8.  $e^{-0.14}$ 

T = 17,3 + 43,8.0,8693

T = 17.3 + 38.1

T = 55.4 °C

O valor encontrado no experimento foi de 55,1 °C.

### Capacidade térmica do CBC.

Para a determinação da capacidade térmica do CBC, vamos proceder à seguinte experimentação:

O calorímetro é um recipiente que dificulta as dissipações de calor e que é usado para medir trocas de calor entre substâncias colocadas em seu interior.

Para fazer medidas mais precisas é necessário conhecer quanto calor foi absorvido pelo calorímetro. O calor que o calorímetro absorve para mudar em 1°C a sua temperatura é a constante térmica do calorímetro ou sua capacidade térmica. Para determinar a constante térmica do CBC você deve colocar 100 mL de água da torneira no CBC e medir a temperatura desta água. Derrame 100 mL de água morna, com temperatura aproximadamente 20°C maior que a temperatura ambiente e misture bem as duas quantidades de água. O calor cedido pela água morna será recebido pela água a temperatura ambiente e pelo calorímetro. Dividindo o calor absorvido pelo calorímetro pela variação de temperatura dele você calcula/encontra a Constante/Capacidade térmica do calorímetro.

Um exemplo de experimento pode ser visualizado em:

https://www.youtube.com/watch?v=Nm\_4LlSU7CI – acesso em 20 de abr. de 2022.

Vamos considerar:

$$Q_{cbc} + Q_{H_2O} = 0$$

$$C_{cbc}$$
.  $\Delta T_{cbc} + m_{H_2O}$ .  $c_{H_2O}$ .  $\Delta T_{H_2O} = 0$  (2)

$$C_{cbc}$$
.  $(T_f - T_{ambiente}) + m_{H_2O}$ .  $c_{H_2O}$ .  $(T_f - T_i) = 0$ 

Tabela 03: Dados do experimento

Dados				
Temperatura inicial dentro do CBC	18,0°C			
Temperatura ambiente 100ml água	18,1°C			
Temperatura 100 ml água morna	53,0°C			
Temperatura de equilíbrio dentro CBC	33,1°C			

Fonte: Acervo da autora

### Apresentando os cálculos:

$$Q_{cbc} + Q_{H_2O + Q_{H_2O(morna)}} = 0$$

$$C_{\text{cbc}} \cdot \left(T_f - T_a\right) + m_{H20} \cdot c_{H20} \cdot \left(T_f - T_i\right) + m_{H20} \cdot c_{H20} \cdot \left(T_f - T_i\right) = 0$$

Ccbc. 
$$(33,1-18) + 103,1.(33,1-18,1) + 103,1.(33,1-53) = 0$$

$$C_{cbc}$$
.(15,1) + 103,1.(15) + 103,1(-19,9) = 0

15,1. Ccbc. 
$$+ 1546,5 - 2051,7 = 0$$

15,1. Ccbc. 
$$-505,2=0$$

15,1. 
$$C_{cbc} = 505,2$$

$$C_{cbc} = 502,2/15,1$$

$$C_{cbc} = 33.5 \text{ cal/}^{\circ}\text{C}$$

### Questões para discussão:

- a) Por que não é conveniente usar água quente (fervente) para fazer esta experiência?
- O que motivou sua resposta?
- b) Determinar o valor da Capacidade Térmica do seu calorímetro.
- c) Qual o significado do resultado obtido da Capacidade Térmica do seu CBC?
- d) A lei de Newton do arrefecimento se aplica tanto ao aquecimento como aoresfriamento?

### Considerações finais

O experimento foi executado previamente pela pesquisadora mostrando-se adequado a aplicação em sala de aula. Fazer o experimento do arrefecimento, comparando as duas garrafas é muito relevante para que o estudante entenda a necessidade de preparar o calorímetro antes de utilizá-lo para calcular a capacidade térmica.

O experimento teve como objetivo principal ilustrar a importância da preparação adequada do calorímetro antes de usá-lo para calcular a capacidade térmica de um objeto. Essa metodologia incentivou os estudantes a compreenderem a relevância de controlar variáveis experimentais para obter resultados com boa precisão pois ao comparar as duas garrafas e observar como cada uma resfria ao longo do tempo, visualizaram diretamente o processo de arrefecimento e como ele é influenciado pelas propriedades térmicas dos materiais e pela preparação do calorímetro.

O fato de que o experimento ser previamente executado por esta pesquisadora e considerado adequado para a aplicação em sala de aula ressalta sua viabilidade e eficácia como uma ferramenta educacional para o ensino de conceitos de Termodinâmica. Essa situação motivou os estudantes, pois sabiam que estão realizando um experimento com resultados confiáveis.

#### Referências

SILVA, Domiciano Correa Marques. **Mundo Educação**. Site. Disponível em: site.https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/termometros.htm#:~:text=O%20primeiro%20ter m%C3%B4metro%20foi%20inventado%20por%20Galileu%20em%201602.&text=Dessa%20 forma%2C%20Galileu%20podia%20comparar,maior%20a%20coluna%2 Ode%20%C3%A1gua. Visitado em 22 de abril de 2021.

MÜLLER, Ingo. A history of thermodynamics: the doctrine of energy and entropy. Springer Science & Business Media, 2007.

SANTOS, Zanoni Tadeu Saraiva dos. Ensino de Entropia: um enfoque histórico e epistemológico. 2010.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. 12. ed. – Porto Alegre BOOKMAN, 2015.

16

2.2 EXPERIMENTO 02: "CALOR ESPECÍFICO"

Determinação do calor específico de um corpo metálico utilizando um Termômetro Digital de Baixo Custo: Implementando práticas experimentais no Ensino de Física no

Nível Médio

Autor: Leila de Fátima Pereira Ferreira leila.ferreira@sou.inifal-mg.edu.br

Resumo

Neste roteiro experimental apresentaremos uma atividade para calcular o Calor Específico de

uma substância (moedas de R\$ 0,50). Utilizaremos um calorímetro de baixo custo, que já teve

sua Capacidade Térmica aferida na atividade descrita no roteiro experimental 01. Utilizaremos

o Termômetro Digital de Baixo Custo, também utilizado no roteiro experimental anterior. Para

o cálculo do Calor Específico adotamos uma aproximação considerando que o calorímetro não

troca calor com o meio ambiente, ou seja, todo calor cedido pela água morna será absorvido

pelo calorímetro ( $Q = C \Delta T$ ) e pelas substâncias contidas no calorímetro ( $Q = mc\Delta T$ ). Os

resultados encontrados pelos estudantes foram compatíveis com os resultados esperados. O

experimento foi realizado em uma turma de estudantes do segundo ano do Ensino Médio de

uma Escola da Rede Estadual de Minas Gerais, localizada no município de Congonhal.

Palavras-chave: Calor; Capacidade Térmica; Calor específico; Temperatura.

Introdução

O calor específico (c) é uma grandeza física que está relacionada com a quantidade de

calor que produz uma variação térmica, sendo uma característica de cada material. Dessa forma,

ele determina a quantidade de calor necessária para a variação de 1 °C de 1g da substância.

Cada substância apresenta um calor específico. Outro conceito que está relacionado com o calor

específico é o de capacidade térmica (C). Essa grandeza física é determinada pela quantidade

de calor fornecida a um corpo e a variação de temperatura sofrida por ele. Ela pode ser calculada

pela seguinte fórmula:

 $C = O/\Delta T$ 

Onde:

C: capacidade térmica (cal/°C ou J/K)

Q: quantidade de calor (cal ou J)

ΔT: variação de temperatura (°C ou K)

É importante salientar que nem sempre que fornecemos calor a uma substância ela aumenta a temperatura. O calor latente (L) que corresponde a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo não provoca uma mudança na temperatura do corpo. Neste caso o corpo recebe ou doa calor enquanto passa de um estado físico para outro. Por exemplo, um cubo de gelo derretendo, a temperatura da água em estado sólido e líquido é a mesma. Nessa experiência, a temperatura do metal aumenta (Calor Sensível), no entanto, seu estado físico (sólido) não se altera".

Utilizaremos a definição de Filho e Silva (2013, p. 74 e 75) de equilíbrio térmico. "A medida de um corpo é uma medida do grau de agitação de seus átomos ou moléculas e o conceito de dois corpos com diferentes temperaturas trocarem calor até uma temperatura comum damos o nome de equilíbrio térmico".

Para Filho e Silva (2013, p. 77),

A medida da temperatura de um corpo é sempre indireta. De fato, mede-se outra grandeza (propriedade) que está relacionada com a temperatura. As grandezas que variam em função da temperatura recebem o nome de grandezas termométricas. Como exemplo de grandezas termométricas, podemos citar o volume de um corpo, sua densidade, solubilidade, resistência elétrica, entre outras.

Para realização deste experimento utilizaremos as seguintes funções:

$$Qcbc + QH20 + Qmoeda = 0$$

$$Ccbc. (T_f - Tamb) + mH20. CH20. (T_f - Ti) + mmoedas. Cmoedas. (T_f - Tamb) = 0$$
(1)

Através deste roteiro experimental poderemos entender como se dá o equilíbrio térmico e responderemos as questões norteadoras desta pesquisa.

### Metodologia

Esse roteiro experimental será trabalhado em duas aulas.

1ª Aula: Trabalhar com os estudantes questões norteadoras, para que eles reflitam e compreenda o tema calor e temperatura e organização dos materiais;

2ª Aula: Coleta de dados e realização dos cálculos.

Para realização deste experimento utilizaremos:

- a) Calorímetro de baixo custo (Construído pela professora pesquisadora no roteiro experimental 01)
- b) Obs.: Com um estilete, fazer um pequeno corte próximo ao gargalo da garrafa (calorímetro de baixo custo) de maneira que consiga introduzir as moedas dentro do CBC – mantenha seu CBC tampado para evitar correntes de convecção.
- c) Termômetro digital de baixo custo TDBC;
- d) 4 moedas de 50 centavos cunhadas após 2002;
- e) 50 ml de água;
- f) Balança para medir massa das moedas e da água.

Conforme figura 01, separe os materiais a serem utilizados.

Figura 01– Calorimetro e moedas de 50 centavos, copo de medida e balança.





Fonte: Acervo da autora

Figura 02- Medida da massa e da temperatura dos 50 ml de água. .





Fonte: Acervo da autora.

Figura 03: Medida da temperatura das moedas e temperatura ambiente.





Fonte: Acervo da autora

### Especificações da moeda

Moedas de 50 centavos cunhadas a partir de 2002

Diâmetro: 23mm

Peso: 7,81g

Espessura: 2,85mm

Material: Aço Inoxidável

### Realização do experimento

- 1°- Com um estilete fazer um pequeno corte na parte de cima da garrafa, de maneira que consiga inserir as moedas no calorímetro;
- 2°- Medir as massas da água e das moedas;
- 3°- Aquecer 50ml de água; (±60 °C)
- 4º- Inserir as moedas dentro do calorímetro;
- 5°- Com cuidado, colocar a água aquecida dentro do Calorímetro de Baixo Custo;
- 6°- Aguardar alguns minutos para atingir o equilíbrio térmico, calorímetro, água e o material da moeda.
- OBS: O tempo de espera é de aproximadamente 10 minutos.

### Resultados

Os valores apresentados na tabela 01 foram coletados pela pesquisadora durante a preparação do experimento.

Tabela 01 para anotação das medições.

Capacidade térmica do CBC. cal/°C	Temperatura Ambiente dentro do calorímetro °C	Temperatura de equilíbrio térmico (Tf) após colocar a água e as moedas no TBC	Massa da água 50g	Temperatura inicial da água (Ti) °C	Massa das moedas g	Calor específico do aço Inox da moeda – experimental
33,4	19,4	37,9	54	50,4	32	0,11
Fonte: Acervo	Fonte: Acervo da autora					

Obs: Levou aproximadamente 10 minutos para atingir o equilíbrio térmico.

### Cálculos:

$$Q_{cbc} + Q_{H_2O} + Q_{moeda} = 0 \quad (1)$$

$$C_{cbc}.\,(T_f - T_{amb}) + m_{H_2O}.\,c_{H_2O}.\,(T_f - T_i) + \,m_{moedas}.\,c_{moedas}.\,(T_f - T_{amb}) = 0$$

$$33,5.(37,9-19,4)+54.1.(37,9-50,4)+32.c_{m}.(37,9-21,5)=0$$

$$33.5.(18.5) + 54.1(-12.5) + 32c(16.4) = 0$$

$$619.8 - 675 + 524.8c = 0$$

$$-55,2 + 524,8c = 0$$

c = 55,2/524,8

 $c = 0.105 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$ 

As figuras 02 e 03 ilustram medições de massa e temperatura.

Figura 04- Medições para realização do experimento.



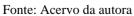






Figura5- Medições para realização do experimento.





Fonte: Acervo da autora

### Questões para discussão.

- a) Em uma sala a 25°C, o café quente que está em uma garrafa térmica esfria de 75°C para 50°C em 8 horas. Explique como você consegue prever que, após outras 8 horas, sua temperatura será de 37,5°C.
- b) Em um laboratório, você submerge 100 g de pregos de ferro a 40°C em 100 g de água a 20°C (o calor específico do ferro e de 0,12 cal/g °C).

Igualando o calor ganho pela água ao calor recebido pelos pregos você encontra que a temperatura final da água será de 22,1°C.

Seu colega de laboratório fica surpreso com o resultado e afirma que, uma vez que as massas de água e de ferro são iguais, a temperatura final da água deveria situar-se mais próxima de 30°C, a meio caminho das temperaturas iniciais. Que explicação você lhe dá?

c) Caso utilizássemos 200 mL de água, você acredita que os resultados teriam o mesmo nível de confiança? Explique.

### Consideração finais

O experimento foi executado previamente pela pesquisadora mostrando-se adequado a aplicação em sala de aula.

#### Referências

FILHO, B. B.; SILVA C. X. Física aula por aula. Editora FTD S.A. São Paulo, 2013.

HEWITT, Paul G. Física Conceitual. 12. ed. – Porto Alegre BOOKMAN, 2015.

22

2.3 EXPERIMENTO 03: "PONTO DE ORVALHO"

Determinando a temperatura do ponto de orvalho utilizando um Termômetro Digital de

Baixo Custo: Implementando práticas experimentais no Ensino de Física no Nível Médio

Autor: Leila de Fátima Pereira Ferreira leila.ferreira@sou.inifal-mg.edu.br

Resumo

Todos os dias assistimos nos noticiários informações relacionadas à umidade relativa do ar (URA). Por esse motivo

faz-se necessário conhecer como a URA é calculada e quais instrumentos de medidas estão associados a essa

grandeza física. Neste roteiro experimental determinaremos a Umidade Relativa do AR através do experimento

"ponto de orvalho". Para a medida de temperatura foi utilizado um Termômetro Digital de baixo construído

previamente pela professora pesquisadora, em número suficiente para todos os estudantes realizarem o

experimento. Os resultados encontrados pelos estudantes foram compatíveis com os resultados esperados. O experimento foi realizado em uma turma de estudantes do segundo ano do Ensino Médio de uma Escola da Rede

Estadual de Minas Gerais, localizada no município de Congonhal.

Palavras-chave: Ensino de Física; Temperatura; Umidade Relativa do Ar; Vapor

saturado.

Introdução

A umidade do ar ou atmosférica é a quantidade de água existente no ar na forma de vapor.

Trata-se, dessa forma, de um dos mais relevantes elementos que atuam naatmosfera, pois a sua

presença em maior ou menor grau influência nas temperaturas, no regime de chuvas, na

sensação térmica e até mesmo na nossa saúde.

Existem vários fatores que determinam ou influenciam diretamente na quantidade de

umidade existente no ar em determinada região como exemplo a variação da umidade emum

local é a movimentação das massas de ar. Se as massas de ar estão carregadas de umidade, a

tendência é aumentar os índices de chuva na região afetada, enquanto massasde ar seco tendem

a conservar o ambiente igualmente sem umidade.

A vegetação, em alguns casos, também interfere na presença de umidade. A Floresta Amazônica, por exemplo, emite uma grande quantidade de água para a atmosfera atravésda evapotranspiração — uma espécie de "bombeamento" da água da superfície e tambémdo solo para o ar. Com isso, essa região tende a apresentar índices de umidade maiores durante o ano, ao mesmo tempo em que a floresta também é responsável pela geração de umidade para outras regiões, uma vez que todo esse vapor d'água gerado é deslocado para outras áreas do país.

Há também os efeitos da umidade sobre a sensação térmica, pois quanto mais úmido for o ambiente, maiores serão os efeitos da temperatura sobre nós. Assim sendo, onde estiver fazendo calor, se a umidade aumentar, aumentará o "abafamento", fazendo com que a sensação térmica seja bem superior à temperatura real do ar. Por outro lado, se está fazendo frio e a umidade é acentuada, os efeitos do frio tendem a ser maiores, diminuindo ainda mais a sensação térmica. O ideal, para muitos, é o frio seco e o calor seco, embora seja importante que os níveis de umidade não sejam extremamente baixos.

A umidade do ar é classificada de duas maneiras:

Umidade Absoluta do Ar: quantidade total de vapor de água existente no ar.

Umidade Relativa do Ar: quantidade de vapor de água existente no ar e que pode variar de 0% (ausência de vapor d'agua) a 100% (quantidade máxima de vapor d'agua). Quando está a 100%, o ar atinge o ponto de saturação, ou seja, a quantidade máxima de vapor de água que ele pode conter. Nesse caso, ocorrerá a precipitação desse excesso de água. O instrumento que mede a umidade do ar é chamado de higrômetro.

"O primeiro instrumento de medição da umidade atmosférica, percursor do higrômetro mais moderno, foi um instrumento criado por Johann Heinrich Lambert (1728 – 1777). Os suíços Horace Bénédict de Saussure (1740 – 1799) e Jean-André de Luc (1727 – 1817) também contribuíram para a elaboração de diferentes higrômetros. Existem cinco grandes grupos de higrômetros: os psicrômetros, os higrômetros de absorção, os higrômetros de condensação, os higrômetros elétricos e os higrômetros químicos".

Para ilustrar a importância de se aferir a URA diariamente, coletamos dados do inverno de 2015, onde várias localidades do país atingiram valores inferiores a 20% de URA, conforme a figura 1 (com dados extraídos das estações automáticas do INMET - InstitutoNacional de Meteorologia). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) para valores entre 30 e 40% a região fica em estado de observação, para valores entre 20 e 30% em estado de atenção, entre 12% e 20% em estado de alerta e de emergência para valores abaixo de 12%.

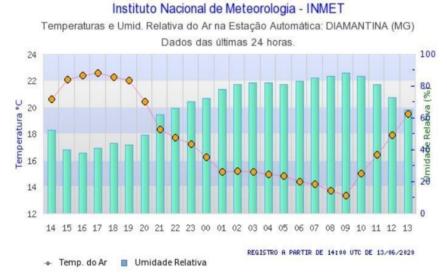
Figura 01- Imagem de satélite



Fonte: Climatempo

Na figura 2 observa-se a relação entre a temperatura ambiente e a Umidade Relativa do Ar ao longo do dia na cidade de Diamantina, MG.

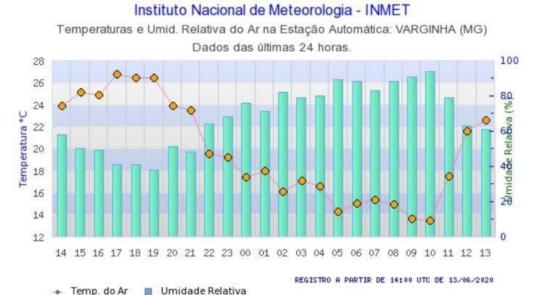
Figura 02- Instituto de Metereologia- INMET Diamantina



Fonte: <a href="http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg\_iframe.php?codEst=A537&mesAno=2020">http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg\_iframe.php?codEst=A537&mesAno=2020</a>

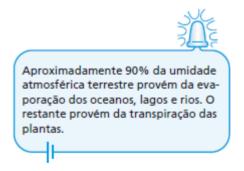
Já na figura 3 observa-se a relação entre a temperatura ambiente e a Umidade Relativa do Ar ao longo do dia na cidade de Varginha, MG.

Figura 03- Instituto de Metereologia- INMET Varginha



Fonte: <a href="http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg\_iframe.php?codEst=A515&mesAno=2020">http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg\_iframe.php?codEst=A515&mesAno=2020</a>

Figura 04– Proveniência da umidade atmosférica terrestre.



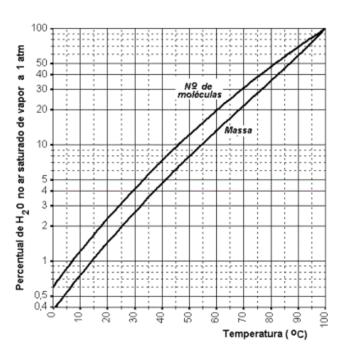
Fonte: Hewitt, página 321.

### Cálculo da URA

Segundo Hewitt (2015, p. 323 e 324), o ar contém em alguma quantidade, entre outras substâncias, água no estado de vapor. Entretanto se a quantidade de vapor no ar for aumentada, ocorrerá a saturação, istoé, a uma determinada temperatura existe um percentual máximo de moléculas de água no ar em estado de vapor. Ultrapassado este percentual inicia-se a condensação do vapor deágua.

Na temperatura ambiente a saturação do ar ocorre com um percentual baixo de água no ar, seja em número de moléculas, seja em massa. O gráfico da figura 5, mostra como o percentual de água no ar saturado de vapor de água (a 1 atm) varia com atemperatura. Por exemplo, a 30 °C a saturação ocorre quando em número de moléculas a proporção de água é apenas 4% (ou um pouco menos de 3% em massa). Quando o ambiente se encontra a 10 °C estes percentuais caem para 1,3% ou 0,7%, mostrando queo ar não comporta muito vapor de água em temperaturas inclusive consideradas como quentes. Note que para que se possa ter até 10% de água no ar o ambiente deve estar a cerca de 45 °C.

Figura 05 – Gráfico



Usualmente o ar ambiente possui menos vapor do que o máximo possível. É apenas em situações extremas que encontramos de fato ar saturado de vapor de água, porexemplo, quando nos encontramos no meio da neblina. Neste caso extremo já existe no ar pequeníssimas gotas de água líquida, caracterizando a condensação ou liquefação do vapor que atingiu a saturação. Estas pequeníssimas gotas produzem espalhamento (*scattering*) da luz branca, conferindo a cor esbranquiçada característica da neblina.

Existem diversas formas e aparelhos para se determinar a UR. Abordar-se-á nesse trabalho um método simples, chamado "Método do ponto de Orvalho".

O método requer uma caneca de metal (sem revestimento), de alumínio ou de aço brilhante com água à temperatura ambiente, um termômetro e um pouco de gelo picado. Inicialmente se determina a temperatura da água ambiente. Depois, muito lentamente, se adiciona um pouco de gelo picado à água na caneca, homogeneizando se (misturando) sempre a água. O termômetro dentro da caneca permite medir a temperatura ali dentro e, portanto, da parede fria da caneca.

Ao se baixar lentamente a temperatura da caneca, e sendo a superfície brilhante, é fácil observar quando a parede externa da caneca fica opaca, identificando a condensação do vapor do ar sobre ela. A temperatura na qual se inicia a condensação é denominada de ponto de orvalho. Portanto o objetivo do experimento é determinar:

- 1- A temperatura ambiente.
- 2- O ponto de orvalho.
- 3- Com essas duas temperaturas calcular e encontrar através do gráfico 05 a URA.

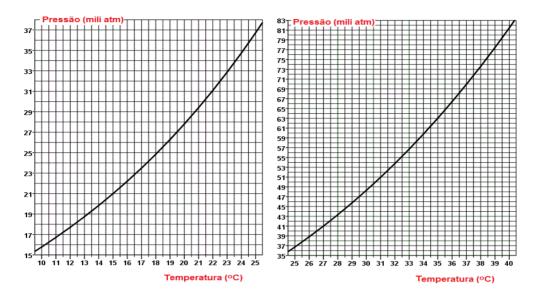
Para tanto se utiliza das curvas que expressam a pressão de vapor saturado da águaem função da temperatura, ou seja, as curvas que são obtidas experimentalmente ou a partir da "Lei de Clausius-Clapeyron".

A URA também pode ser expressa operacionalmente como a razão entre a pressãode vapor saturado da água na temperatura do ponto de orvalho pela pressão de vapor saturado da água na temperatura ambiente.

Ao determinar recentemente na cidade de São Sebastião do Paraíso - MG a URA, quando a temperatura ambiente era 29,0° C, obteve-se para o ponto de orvalho a uma temperatura de 21,0° C.

A temperatura ambiente corresponde em um dos gráficos a pressão de vapor saturado de cerca de 46 mili atm e ao ponto orvalho corresponde cerca de 29,5 miliatm, como se observa nos gráficos 2 e 3 da figura 06:

Figura 06- Gráfico



Assim sendo, o valor da URA pode ser encontrado dividindo-se 29,5 mili atm por46 mili atm, chegando a 0,64 ou 64%.

Uma outra maneira de se obter a URA é partindo da Lei de Clausius-Clapeyron.

Segundo Atkins e De Paula (2012), a lei de Clausius-Clapeyron pode ser utilizada para se obter a umidade relativa do ar conforme nosso experimento aponta.

O nosso experimento possibilitou obter uma expressão para se calcular a URA apenas com as duas temperaturas na escala kelvin.

$$URA \cong e^{4900 \left(\frac{1}{T_{amb.}} - \frac{1}{T_{orv.}}\right)} \quad (1)$$

Onde *e* representa o número neperiano, T<sub>amb.</sub> a temperatura ambiente da água dentro da caneca e T<sub>orv</sub> a temperatura indicada pelo termômetro quando a superfície externa da caneca se torna opaca pela condensação do vapor de água na atmosfera.

Com os dados coletados na cidade de São Sebastião do Paraíso – MG e utilizando-se da expressão (1) encontrou-se 0,64 ou 64%.

Quando falamos de umidade relativa, comparamos a umidade real, que é verificada por aparelhos como o higrômetro, e o valor teórico, estimado para aquelas condições. A umidade relativa pode variar de 0% (ausência de vapor de água no ar) a 100% (quantidademáxima de vapor de água que o ar pode dissolver, indicando que o ar está saturado).

Em regiões onde a umidade relativa do ar se mantém muito baixa por longos períodos, as chuvas são escassas. Isso caracteriza uma região de clima seco.

A atmosfera com umidade do ar muito alta é um fator que favorece a ocorrência de chuva. Quem mora, por exemplo em Manaus sabe bem disso. Com clima úmido, na capital amazonense o tempo é frequentemente chuvoso.

Ainda, de acordo com a OMS (Organização Mundial da Saúde), valores de umidade abaixo de 20% oferecem risco à saúde, sendo recomendável a suspensão de atividades físicas, principalmente das 10 às 15horas. A baixa umidade do ar, entre outros efeitos no nosso organismo pode provocar sangramento nasal, em função doressecamento das mucosas.

No entanto, também é comum as pessoas não se sentirem bem em dias quentes e em lugares com umidade do ar elevada. Isso acontece porque, com o ar saturado de vaporde água, a evaporação do suor do corpo se torna difícil, inibindo a perda de calor. E nossocorpo se refresca quando o suor que eliminamos evapora, retirando calor da pele.

Através da implementação deste roteiro experimental poderemos entender como se dá a Umidade Relativa do Ar e responderemos as questões norteadoras desta pesquisa.

### Metodologia

Para realização deste experimento utilizaremos:

- a) Uma caneca (tipo copo) de alumínio ou aço bem limpa e brilhante pelo lado de fora;
- b) TDBC:
- c) Água;
- d) Gelo picado.

#### PROCEDIMENTO:

Coloque água corrente (da torneira) até 80% da capacidade da caneca e aguarde por 15minutos até a água passar a ter a temperatura do ambiente (equilíbrio térmico).

Utilizando o termômetro digital, meça a temperatura da água que você colocou nacaneca (temperatura ambiente) e anote na tabela 01.

OBS.: não se esqueça de anotar a data e o horário da realização do experimento. Fotografe o resultado indicado pelo termômetro juntamente com a montagem da sua experimentação e acrescente as imagens aqui!

Tabela: Dados coletados pela professora pesquisadora durante a preparação da atividade

Data	Hora	Temperatura ambiente	Temperatura Equilíbrio	Temperatura H2o + gelo picado	Percentual URA obtida %
22/07/2021	07:00	6,7 °C / 279,85 K	8,8 °C / 281,95 K	2,90 °C / 276,05 K	68%
22/07/2021	12:00	24 °C/ 297,15 K	21,8 °C / 294,95 K	6,8 °C / 279,95 K	41%
22/07/2021	18:00	15 °C / 288,15 K	17,5 °C / 290,65 K	3,9 °C / 277,05 K	43%

Fonte: Acervo da autora

Obs. Não retire o termômetro de dentro da caneca em nenhum momento!

Pegue dois cubos de gelo na geladeira e um prato e quebre em pedaços pequenoscom a ajuda de um macete de carne ou martelo.

Acrescente o gelo picado à água em porções pequenas (com uma colher) e agite (misture – gradiente de temperatura) devagar (peça ajuda da família para essa etapa).

Observe atentamente o lado de fora da caneca e no momento em que ela ficar "embaçada" (figura 7 ponto de orvalho) por completa, anote na tabela o resultado indicado pelo termômetro digital.

Figura 07– Caneca embaçada



Fonte: Acervo da autora

OBS.: não se esqueça de fotografar (Caso prefira, você pode fazer um vídeo de tudoe colocar o link do seu drive do Google aqui) o resultado indicado pelo termômetrojuntamente com a montagem (caneca embaçada) da sua experimentação!

Com os dados coletados, proceda da seguinte maneira:

- 1. Obtenha o valor da URA com o auxílio dos gráficos 05.
- 1.1 Procure no gráfico o valor encontrado na temperatura ambiente. Digamos que você encontrou 27,0 °C para a temperatura ambiente. Este valor corresponde no gráfico a uma

pressão de vapor de 41 mm atm. Supondo que a temperatura para o "ponto de orvalho" tenha sido de  $22,0^{\circ}$  C, no gráfico essa temperatura equivale a uma pressão de vapor de 31 mm atm. Calcule a razão entre o menor valor de pressão e o maior valor de pressão, ou seja,  $URA = \frac{31}{41} = 0,76 = 76\%$ . Isso significa que a umidade relativa do ar naquele dia e horário eram/é de 76%.

A temperatura ambiente no dia 08 de julho de 2020, às 8 horas era de 20,50 °C e obtevese a temperatura de orvalho igual a 15,15 °C. Observando-se o gráfico obteve-se o valor das pressões, sendo a pressão equivalente a temperatura ambiente de aproximadamente 28 mili atm, e para a temperatura de orvalho a pressão foi de 21 mili atm. Desta forma secalculou a URA:

$$URA = \frac{21}{28} = 0.75 = 75\%$$

- 2. Com a equação (1) é possível encontrar o valor da URA para aquela data e horário.
- 2.1 Faça esse cálculo com uma calculadora científica ou Excel;
- 2.2. Primeiramente converta as temperaturas que estão em Célsius para Kelvin, basta adicionar 273 (caso queira mais precisão e exatidão, acrescente 273,15) a cada uma das temperaturas, por exemplo:

 $27,0^{\circ}\text{C} + 273 = 300 \text{ K e } 22,0 ^{\circ}\text{C} + 273 = 295 \text{ K}$  (a escala Célsius não pertence ao S.I., devemos converter para Kelvin.

Construa, no Excel, uma planilha dinâmica com os dados da equação (1) – realize 3 experimentos em um mesmo dia, porém em horários diferentes (uma medida de manhã bem cedo, outra próxima as 12:00h e a última próxima as 18:00h).

#### Resoluções:

07:00 horas. (Satélite = 68%) 
$$_{URA} \sim e^{4900}$$
 (1/281,95  $-$  1/276,05) (0,003546728  $-$  0,003622532)

4900. (0,000075804)

$$0,3714396=0,68 \sim 68\%$$

12:00 horas. (Satélite = 25%) 
$$_{URA} \sim e^{4900} (1/294,95-1/279,95)(0,003390405-0,003572066)$$

4900.(-0,00018166)

-0890134=0,41 ~ 41%

18:00 horas. (Satélite = 31%)  $_{URA} \sim e^{4900} (1/290,65-1/277,05)(0,003440564-1)$ 

0,003609456)

4900. (-0,000168892)

-0,827561=0,43 ~ 43%

### Experimento

Prepare o copo de alumínio com água e gelo conforme figura 8.

Figura 08– Copo com água e gelo



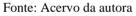






Figura 09 – Ponto de orvalho 07:00.







Fonte: Acervo da autora

Figura 10 – Ponto de orvalho 12:00.







Fonte: Acervo da autora

Figura 11– Ponto de orvalho 18:00.







Fonte: Acervo da autora

Para obter o valor da URA nas proximidades de sua cidade/casa, você pode utilizar o site do clima tempo:

Figura 12- Climatempo



Fonte: <a href="https://www.climatempo.com.br/mapas">https://www.climatempo.com.br/mapas</a>

- 1 Selecione UMIDADE RELATIVA
- 1.1 Vá dando ZOOM no mapa de Minas Gerais e clique sobre a cidade que quer verificara umidade.

Figura 13-Climatempo



Fonte: https://www.climatempo.com.br/mapas

Figura 14-Climatempo



Fonte: <a href="https://www.climatempo.com.br/mapas">https://www.climatempo.com.br/mapas</a>

2. Vá dando ZOOM e clique sobre a cidade ou comunidade rural para obter a URAconforme a Estação Meteorológica que está nas proximidades.

OBS.: Localize com boa precisão a sua localidade! Vá dando ZOOM até encontraro local bem próximo!

E depois clique nas proximidades de sua casa:

Observe que é possível verificar a URA pelo horário que você realizou o experimento.

Basta clicar sobre o horário em destaque na imagem (figura 15).

Figura 15-Climatempo



Fonte: <a href="https://www.climatempo.com.br/mapas">https://www.climatempo.com.br/mapas</a>

#### Resultados

Aqui os resultados deverão ser apresentados utilizando a melhor forma para o entendimento. Deverão ser usados tabelas, gráficos e ilustrações que facilitam o entendimento daqueles que vierem a implementar este roteiro experimental.

### Considerações finais

Conforme mostra no experimento realizado, há uma discrepância entre os valores encontrados no experimento e os valores encontrados no site clima tempo. Essa diferença se dá devido ao experimento ser realizado em um ponto específico. No site essa medição é mais abrangente medindo a partir do estado e consequentemente a cidade a qual se deseja obter a URA englobando toda a região zona urbana e zona rural.

O experimento é de fácil acesso, de simples execução e de baixo custo, tornando-se interessante para o aprendizado prático em sala de aula.

O experimento ofereceu aos estudantes a oportunidade de vivenciar o processo científico real, desde a formulação de uma pergunta de pesquisa, passando pela coleta minuciosa dos dados até chegar à interpretação de dados experimentais, além de utilizarem as Tecnologias Digitais de Comunicação e Informação na verificação dos resultados encontrados. A ênfase na preparação adequada de todos os passos do aparato experimental destaca a importância da metodologia adotada nesta pesquisa e do controle de variáveis para obter resultados confiáveis e precisos, pois relacionar o experimento com o cotidiano dos estudantes e com a aplicação prática do conhecimento científico ajudou a tornar os conceitos abstratos mais tangíveis e significativos.

#### Referências

BATISTA, C. Toda Matéria **Calor específico** disponível em:<a href="https://www.todamateria.com.br/calor-especifico/">https://www.todamateria.com.br/calor-especifico/</a>> acesso em 01 de abr. 2021.

DE PAULA, R. F. N., **Termologia Info escola** disponível em:<a href="https://www.infoescola.com/fisica/termologia/">https://www.infoescola.com/fisica/termologia/</a> > acesso em 01 de abr. 2021.

FILHO, B. B.; SILVA C. X. Física aula por aula. Editora FTD S.A. São Paulo, 2013.

PENA, R. F. A., Toda Matéria **Umidade do ar disponível em:**<a href="mailto:chttps://www.todamateria.com.br/umidade-do-ar/">chttps://www.todamateria.com.br/umidade-do-ar/</a>> acesso em 11 de mai. 2021.

HEWITT, Paul G. Física Conceitual. 12. ed. – Porto Alegre BOOKMAN, 2015.

RIBEIRO, D., casa das ciências **Higrômetro** disponível em:<<u>https://abre.ai/cH4W</u>> acesso em 13 de mai. 2021.

RESNICK, HALLIDAY E WALKER **Fundamentos de Física**. Vol. 2. LTC. 4ª Edição.LTC. RJ. 1996.

VAN WYLEN. **Fundamentos da Termodinâmica Clássica**, Editora Edgard BlücherLtda., São Paulo, 2014.

YOUNG, H.D.; FREEDMAN, R.A.; Sears e Zemansky. **Física 3: Termodinâmica**,12.Ed., São Paulo: Ad-Adison Wesley (2008).

ATKINS, Peter; DE PAULA, Julio. Físico-Química. [Sl]. 2012.

Estudando a variação de temperatura mediante o aquecimento de corpos de cores diferentes utilizando um Termômetro Digital de Baixo Custo: Implementando práticas experimentais no Ensino de Física no Nível Médio

Autor: Leila de Fátima Pereira Ferreira leila.ferreira@sou.inifal-mg.edu.br

Resumo

Cor e temperatura são relacionadas. As cores que enxergamos são formadas pelos raios de luz que os objetos não

conseguem absorver. As ondas absorvidas pelos objetos aumentam a sua temperatura. Nesta prática experimental

estudaremos a variação de temperatura em caixas com cores diferentes. Utilizamos para medir a temperatura um

Termômetro Digital De Baixo Custo construído previamente pela professora pesquisadora para cada um dos estu-

dantes participantes. Este experimento foi realizado com nove estudantes do segundo ano do Ensino Médio de

uma Escola Estadual localizada na cidade de Congonhal. A prática experimental aconteceu parcialmente de forma

remota, onde os estudantes coletaram dados em um vídeo elaborado pela professora. Os resultados encontrados

pelos estuantes e suas análises referentes a estes resultados foram adequadas e dentro das perspectivas dos elabo-

radores desta pesquisa.

Palavras-chave: Ensino de Física; termômetro digital; cor; temperatura, aquecimento.

Introdução

Segundo Halliday e Resnick (2016), a temperatura é uma das sete grandezas

fundamentais do Sistema Internacional de Unidade de Medidas e está relacionada com as nossas

sensações e percepções de calor e frio. Os estudos de temperatura e calor estão presentes na

sociedade desde 1600. As cores também são objetos de estudos antigos, Da Vinci, Isaac

Newton, Goethe e outros estudiosos estudaram a teoria das cores e como elas se formam, como a compreendemos no cérebro.

As cores também possuem frequência e por isso possuem temperatura. A luz é formada por ondas, cada frequência de onda representa uma cor que podemos enxergar. Quanto mais energia, mais alta é a frequência, ou seja, mais calor.

Temperatura é uma grandeza relacionada com as nossas sensações de calor e frio. É medida usando um instrumento conhecido como termômetro que contém uma substância com uma propriedade mensurável, como comprimento ou pressão, que varia de forma regular quando a substância é aquecida ou resfriada. (HALLIDAY E RESNICK 2016, p. 413),

Podemos mensurar a temperatura através de um termômetro e verificar com mais precisão como estes fenômenos acontecem.

Quando você toca numa estufa aquecida, a energia passa para sua mão, porque a estufa está mais quente do que ela. Por outro lado, quando você encosta sua mão num pedaço de gelo, a energia sai de sua mão para o gelo, que é mais frio. O sentido da transferência espontânea de energia é sempre do corpo que está mais quente para um vizinho mais frio. A energia transferida de uma coisa para outra por causa de uma diferença de temperatura entre elas é chamada de calor. (HEWITT 2015, P. 287). Materiais diferentes possuem diferentes frequências naturais para absorver e emitir radiação. Num determinado material, os elétrons oscilam facilmente em certas frequências; noutro material, oscilam mais facilmente em outras frequências. Nas frequências de ressonância, onde as amplitudes de oscilação são grandes, a luz é absorvida. Mas em frequências que se situam abaixo e acima das frequências de ressonância, a luz é reemitida. Se o material for transparente, a luz reemitida acaba atravessando o meio. Se ele for opaco, a luz acaba retornando ao meio de onde veio. Isso constitui a reflexão. (HEWITT 2015, p. 506),

Conforme citações (HEWITT 2015) podemos relacionar calor, temperatura e as frequências naturais das cores.

## Metodologia

Para a realização deste experimento foram utilizados:

- a) TDBC;
- b) Cartolina nas cores preto, amarelo, verde, vermelho, azul e branco para construção das caixas.
- c) Uma "base" feita de papelão para proteção do TDBC;
- d) Isopor para dar suporte e sustentação ao TDBC.

### **Procedimento**

Primeiramente construa uma "casinha" de proteção e suporte para os TDBC. Conforme figura - 01.

Figura - 01: Proteção do TDBC.







Obs.: Esta etapa é muito importante pois os TDBC não podem ser aquecidos quando estiverem expostos a luz solar. Correndo o risco de danificá-los.

# Construção das Caixinhas de cores.

### Materiais utilizados:

- Cartolina (papel color set) nas cores verde, amarelo, vermelho, preto, branco e azul recortadas em pedaços de 15cm x 15cm;
- Tesoura;
- Cola;
- Régua;
- Caneta/ Lápis.

Figura - 02: Construção das caixinhas de cores.



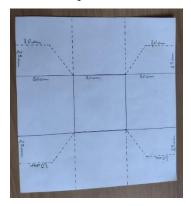


Fonte: Acervo da autora

(Passo a passo para construir as caixinhas de tamanho 5cm x 5cm x 5cm.)

Com o papel color set recortado de 15cm x 15cm risque com lápis atentando-se as medidas da figura indicada. Recorte as partes pontilhadas conforme figura - 05.

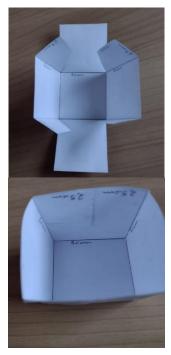
Figura - 03: Construção das caixinhas de cores.





Faça as dobras e cole as partes laterais conforme indicado.

Figura - 04: Construção das caixinhas de cores.





Fonte: Acervo da autora

# Montagem do aparato para medição.

Obs.: Para realizar as medições, as caixinhas de cores deverão estar viradas com a parte do fundo para cima. Para isso, se faz necessário riscar duas diagonais no fundo da caixa e com auxílio de um prego aquecido abrir um orifício no ponto de intersecção das diagonais conforme indicado na imagem:

Atenção! Utilize um alicate para imobilizar o prego e realizar o procedimento com segurança.

Figura - 05: Construção das caixinhas de cores





Para montagem do aparato colocar o termômetro no orifício da caixinha.

Obs.: Colocar todos os termômetros a uma mesma altura para não ocorrer variação de temperatura.

Colocar todo o aparato em exposição solar e realizar as medições de 5 em 5 minutos. Preenchendo uma tabela com os valores das medições.

Figura – 06: Construção do aparato para medição.



Fonte: Acervo da autora

A figura – 07 traz a montagem do experimento durante as medições.

Figura - 07: Experimento montado.



# Resultados

A tabela - 01 traz os valores de temperatura medidos com o intervalo de cinco minutos.

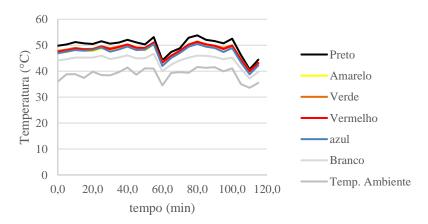
Tabela – 01: Medições das Temperaturas das cores.

Data do experimento: 05/10/2021			Horário: 11:30 às 13:30				
Temperatura ° C / Tempo em Min							
Tempo Min	Preto	Amarelo	Verde	Vermelho	azul	Branco	Temp. Ambiente
0	49,8	47,0	47,8	47,5	46,9	44,1	36,0
5	50,3	47,3	48,3	48,0	47,5	44,6	38,8
10	51,2	48,3	49,0	48,7	48,1	45,2	38,8
15	50,7	47,9	48,5	48,4	47,9	45,2	37,4
20	50,5	47,7	48,6	48,4	48,1	45,2	39,8
25	51,5	48,8	49,6	49,5	49,1	46,0	38,5
30	50,6	48,2	48,8	48,5	47,5	44,7	38,4
35	51,0	48,9	49,5	49,3	48,4	45,3	39,6
40	52,1	49,7	50,3	50,3	49,5	46,1	41,4
45	51,1	48,7	49,1	49,0	48,1	44,9	38,6
50	50,3	48,0	48,9	48,9	48,3	45,0	41,1
55	53,1	50,3	51,1	51,0	50,4	46,7	41,0
60	44,2	43,6	43,4	43,3	42,0	40,0	34,5
65	47,4	45,3	45,9	46,0	45,1	42,5	39,3
70	48,8	47,4	47,9	47,9	47,0	44,2	39,6
75	52,9	49,7	50,3	50,2	49,4	45,2	39,4
80	53,8	50,8	51,4	51,3	50,5	46,0	41,6
85	52,1	49,9	50,4	50,3	49,4	45,9	41,3
90	51,6	49,3	49,8	49,8	48,9	45,5	41,5
95	50,7	48,7	49,0	48,5	47,4	44,6	39,9
100	52,5	49,6	50,0	49,8	48,9	45,2	41,1
105	46,2	44,7	44,5	44,4	43,4	40,9	35,0
110	40,7	40,1	40,0	40,0	38,8	37,2	33,6

							1.5
115	44,4	42,9	43,1	43,2	42,2	39,7	35,5
Média	49,9	47,6	48,5	48,0	47,2	44,2	38,8
Dispersão	11,1	8,8	9,7	9,2	8,4	5,3	

O gráfico -01 traz a variação de temperatura das caixas de cores diferentes em função do tempo.

Gráfico - 01: Variação da temperatura em caixas de cores diferentes. (Temperatura em °C e tempo em minutos).



Fonte: Acervo da autora

Podemos observar através do gráfico como as cores se comportam através do aquecimento. A cor mais "fria" (que menos aquece) é o branco e a cor mais "quente" é o preto.

### Considerações finais

Os resultados encontrados estão adequados e dentro da expectativa, onde as cores que mais absorvem calor apresentam uma maior variação de temperatura.

A realização desse experimento permitiu validar empiricamente as teorias e hipóteses relacionadas à variação de temperatura e ao comportamento dos corpos com cores diferentes quando aquecidos. Isso ajudou a confirmar ou refutar as previsões teóricas dos estudantes, garantindo que as conclusões se baseiem em evidências concretas.

A construção desse aparato experimental e o uso do TDBC forneceram resultados tangíveis e mensuráveis. Usando o TDBC, foi possível obter leituras precisas das mudanças de temperatura nos corpos de diferentes cores. Isso aumentou a confiança nas conclusões, uma vez que os dados foram coletados de maneira controlada e objetiva.

Através do experimento descrito acima, foi possível obter uma compreensão mais profunda das relações entre a cor dos objetos e sua capacidade de absorver, refletir ou emitir

calor. Isso propiciou descobertas inesperadas por parte dos estudantes oportunizando irem além do conhecimento teórico existente.

## Referências

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. 12. ed. – Porto Alegre BOOKMAN, 2015.

RESNICK, HALLIDAY, WALKER. **Fundamentos da física gravitação, ondas e termodinâmica.** 10° edição — Rio de Janeiro GEN 2016.

Estudando a variação de temperatura mediante o aquecimento de materiais diferentes utilizando um Termômetro Digital de Baixo Custo: Implementando práticas experimentais no Ensino de Física no Nível Médio

Autor: Leila de Fátima Pereira Ferreira leila.ferreira@sou.inifal-mg.edu.br

Resumo

Este experimento tem como finalidade estudar a variação de temperatura de diferentes materiais mediante o aquecimento. Cada material se comporta de forma diferente quando expostos ao aquecimento e essas características são importantes e determinantes para a escolha do material na construção civil. A variação de temperatura sofrida por um corpo é determinada pela diferença entre as temperaturas final e inicial do corpo após um período de exposição a temperaturas diferentes.

**Palavras-chave**: Ensino de Física; termômetro digital; variação de temperatura, aquecimento.

Introdução

A história e evolução de materiais utilizados para construção civil acompanham a evolução da humanidade marcando um tempo e uma inovação por exemplo a Idade da Pedra Lascada e a Idade da Pedra Polida. No início o homem utilizava essas matérias primas em sua forma bruta como a encontravam na natureza. Com o passar dos anos as exigências e necessidades do homem foram aumentando por isso foram se desenvolvendo materiais com maior resistência, maior durabilidade e melhor aparência. Como o concreto maleável e moldável como o barro, porém resistente como a pedra.

Com o avanço da tecnologia, os estudos relacionados a esses materiais também avançaram com o intuito de trazer conforto, durabilidade, resistência, praticidade e estética para as construções atuais. Neste experimento faremos um estudo sobre conforto térmico, ou seja, os materiais mais frios e mais quentes para a construção. Como materiais usaremos o pó de pedra, pedrisco, brita, areia lavada, pedra de rio e saibro. Todos esses elementos são matérias primas para a construção civil.

Temperatura está relacionada com a sensação de calor e frio que sentimos.

Temperatura é uma grandeza relacionada com as nossas sensações de calor e frio. É medida usando um instrumento conhecido como termômetro que contém uma substância com uma propriedade mensurável, como comprimento ou pressão, que varia de forma regular quando a substância é aquecida ou resfriada (HALLIDAY E RESNICK 2016, p. 413).

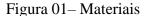
Calor é a diferença de temperatura entre um corpo e outro. Sempre o corpo mais quente sede energia de calor para o corpo mais frio.

Quando você toca numa estufa aquecida, a energia passa para sua mão, porque a estufa está mais quente do que ela. Por outro lado, quando você encosta sua mão num pedaço de gelo, a energia sai de sua mão para o gelo, que é mais frio. O sentido da transferência espontânea de energia é sempre do corpo que está mais quente para um vizinho mais frio. A energia transferida de uma coisa para outra por causa de uma diferença de temperatura entre elas é chamada de calor (HEWITT, 2015, p. 287).

Cada tipo de material possui uma frequência específica natural para absorver a radiação. Em certos materiais os elétrons oscilam com mais facilidade ou com mais dificuldade. Nas frequências de ressonância onde as amplitudes de oscilação são grandes, a luz é absorvida, deixando o objeto mais quente.

Materiais diferentes possuem diferentes frequências naturais para absorver e emitir radiação. Num determinado material, os elétrons oscilam facilmente em certas frequências; noutro material, oscilam mais facilmente em outras frequências. Nas frequências de ressonância, onde as amplitudes de oscilação são grandes, a luz é absorvida. Mas em frequências que se situam abaixo e acima das frequências de ressonância, a luz é reemitida. Se o material for transparente, a luz reemitida acaba atravessando o meio. Se ele for opaco, a luz acaba retornando ao meio de onde veio. Isso constitui a reflexão (HEWITT, 2015, p. 506)

Conforme citações podemos relacionar calor e temperatura. Para realização deste experimento utilizaremos os seguintes materiais: Pó de pedra, pedrisco, brita, areia lavada, pedra de rio e saibro. Veja figura - 01.





Fonte: Acervo da autora

Através desse experimento poderemos responder as questões norteadoras desse trabalho sobre a variação de temperatura dos respectivos materiais.

### Metodologia

Para a realização deste experimento foram utilizados:

- a) Seu TDBC;
- b) Copos descartáveis(isopor) para colocar cada material analisado,
- c) Amostras de: Pó de pedra, pedrisco, brita, areia lavada, pedra de rio e saibro.
- d) Uma caixa de papelão para proteção do TDBC, pois não podem ser aquecidos;
- e) Isopor para dar suporte e sustentação ao TDBC.

### **Procedimento**

Primeiramente construa uma "casinha" de proteção para os TDBC com o isopor e o papelão. Conforme figura 02. Foi utilizado o mesmo aparato do roteiro experimental da atividade relacionada a variação de temperatura das cores.

Obs. Esta etapa é muito importante pois os TDBC não podem ser aquecidos quando forem expostos a luz solar. Correndo o risco de queimar.

Figura - 02: Proteção do TDBC.







Fonte: Acervo da autora

Foram utilizados copos de isopor devidamente identificados com os respectivos materiais.

Figura – 03: Preparação dos recipientes.



Fonte: Acervo da autora

Colocar os materiais em seus respectivos recipientes e introduzir os termômetros todos na mesma profundidade para não ocorrer variação de temperatura, como na imagem.

Figura 04- Preparo das amostras dos materiais.



Colocar todo o aparato em exposição solar e realizar as medições de 5 em 5 minutos. Preenchendo uma tabela com os valores das medições de 5 em 5 minutos.

Figura 05- Foto tirada durante o experimento.



Fonte: Acervo da autora

Figura 06- Recorte dos detalhes do experimento.



Fonte: Acervo da autora

### Resultados

Tabela – 01 Variação da temperatura com o tempo (°C/min)

Data do Experimento: 16/11/2021

Horário do Experimento: 11:30h às 13:30h

Temperatura em ° C/ Tempo em min.

Tempo min.	Brita	Pedra Rio	Areia de Rio	Pedrisco	Pó de Pedra	Saibro	Temp. Ambiente
0	33,4	35,4	34,8	36,0	32,3	32,8	30,8
5	34,5	36,5	36,0	37,2	33,4	33,7	31,7
10	35,1	37,8	37,1	38,3	34,4	34,5	32,3
15	36,6	38,6	38,1	39,1	35,3	35,3	33,3
20	37,2	39,4	38,8	39,5	36,0	35,8	32,3
25	37,9	40,3	39,4	40,1	36,7	36,4	33,9
30	37,7	39,7	39,2	39,0	36,6	36,1	32,3
35	38,1	40,2	39,5	40,1	36,9	36,4	32,7
40	38,4	40,5	39,8	40,3	37,3	36,6	35,5
45	39,3	41,4	40,6	41,8	38,1	37,5	35,6
50	40,1	42,1	41,3	42,7	38,8	38,1	35,4
55	40,3	42,4	41,6	42,9	39,0	38,3	33,8
60	40,7	42,8	42,0	43,3	39,3	38,4	33,9
65	40,3	41,6	41,3	42,3	38,8	37,8	31,2
70	39,9	41,6	41,0	41,5	38,6	37,5	34,8
75	40,4	42,2	41,5	42,7	39,1	38,0	36,0
80	41,1	42,9	42,0	43,5	39,6	38,7	37,5
85	40,9	42,7	42,2	43,5	39,8	38,8	33,3
90	40,9	42,9	42,3	43,6	39,7	38,7	35,4
95	41,5	43,5	42,6	44,2	40,2	39,1	36,1
100	41,9	43,7	43,0	44,5	40,5	39,4	36,9
105	41,8	43,6	43,0	44,4	40,6	39,4	35,4
110	42,0	43,8	43,1	44,6	40,6	39,4	36,0
115	41,9	43,7	42,2	44,5	40,7	39,4	35,8
120	41,9	43,9	43,2	44,5	40,7	39,4	36,5
125	41,8	43,2	42,9	44,0	40,4	39,2	31,3
130	41,5	43,3	42,7	43,5	40,4	39,1	31,5
Média	39,5	41,4	40,7	41,9	38,2	37,5	34,1
Dispersão	5,4	7,3	6,6	7,7	4,1	3,4	

Fonte: Acervo da autora

# Gráficos do experimento.

Através do gráfico - 01 podemos visualizar a variação de temperatura dos diferentes materiais e como cada um se comporta a exposição de luz. Podemos verificar que o pedrisco foi o material mais se aqueceu e o saibro foi o material menos absorveu calor.

Questões para discussão:

- a) Os materiais que são usados para construção civil possuem características específicas. Ao utilizarmos determinados tipos de materiais temos resultados diferentes em relação a temperatura?
- b) Dentre os materiais mensurados no experimento qual absorve e mantém mais calor: Por que isso ocorre?

50 40 Brita Temperatura (°C) Pedra Rio Areia de Rio 20 Pedrisco Pó de Pedra 10 Saibro - Ambiente 0 20 40 60 80 100 120 tempo (min)

Gráfico – 01: Materiais construtivos

## Considerações finais

A característica central desse experimento foi a análise comparativa das respostas térmicas dos materiais. Os dados coletados pelos TDBC permitiram traçar gráficos de variação de temperatura em função do tempo para cada material. Isso possibilitou identificar diferenças nas curvas de aquecimento e entender como as propriedades dos materiais afetam sua capacidade de condução térmica e acúmulo de calor ao longo do dia.

Para obter os resultados confiáveis e significativos, como os demonstrados nos dados coletados pelo aparato experimental acima, foi crucial controlar algumas variáveis do experimento, como manter a fonte de calor praticamente constante, a taxa de aquecimento uniforme e as condições ambientais estáveis com o uso de copos de isopor. O controle rigoroso dessas variáveis ajudou a garantir que as diferenças observadas nas respostas térmicas se devam principalmente às propriedades dos materiais construtivos utilizados.

Durante a realização do experimento, foi importante monitorar continuamente as mudanças de temperatura ao longo do tempo. Para esse monitoramento utilizamos a filmagem e gravação, por 130 minutos, conforme as figuras 05 e 06. Isso permitiu observar como cada

material responde ao aquecimento em diferentes estágios e analisar a taxa de aumento de sua temperatura.

Notou-se que, além de simplesmente avaliar as diferenças de comportamento térmico, é importante discutir a relação dessas observações com aplicações práticas no setor da construção civil. Por exemplo, como a escolha de materiais pode afetar a eficiência energética de edifícios e casas, a retenção de calor e o conforto térmico tão procurado nos dias atuais.

Outra característica significativa desse tipo de aparato experimental é sua contribuição para o conhecimento sobre as propriedades térmicas dos materiais construtivos que utilizamos. Essas propriedades possuem implicações práticas na seleção de materiais para a construção de uma residência, bem como no desenvolvimento de estratégias mais eficientes em termos de consumo energético quando se pensa em arrefecimento de um cômodo dessa residência.

#### Referências

HEWITT, Paul G. Física Conceitual. 12. ed. – Porto Alegre BOOKMAN, 2015.

RESNICK, HALLIDAY, WALKER. Fundamentos da física gravitação, ondas e termodinâmica. 10° edição – Rio de Janeiro GEN 2016.

ATKINS, Peter; DE PAULA, Julio. Físico-Química. [S1]. 2012.

SILVA, Wilton Pereira da *et al*. Medida de calor específico e Lei de Resfriamento de Newton: um refinamento na análise dos dados experimentais. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, p. 392-398, 2003.