

# ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA TEMPERATURA DE CORPOS: UMA PROPOSTA COM USO DA PLATAFORMA ARDUINO

## *ANALYSIS OF BODY TEMPERATURE VARIATION: A PROPOSAL USING THE ARDUINO PLATFORM*

Michel Xisto Silva Silveira<sup>I</sup> 

Frederico Alan de Oliveira Cruz<sup>II</sup> 

<sup>I</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Graduando do  
Curso de Licenciatura em Física. E-mail: xisto.  
michel@gmail.com

<sup>II</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro,  
Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Doutor em Ciências.  
E-mail: frederico@ufrj.br

**Resumo:** A abordagem dos diferentes temas presentes na grade curricular de Física no Ensino Médio é realizada de forma quase sempre teórica, sem qualquer demonstração experimental, dificultando a compreensão do que está sendo exposto nas aulas. Para reverter esse quadro, nos dias atuais, busca-se nas tecnologias existentes o auxílio para o ensino dos conteúdos e na criação de um ambiente mais favorável para a aprendizagem dos estudantes. No caso dos diversos temas de óptica a inserção de atividades experimentais é fundamental, visto que em muitos casos a discussão teórica não é suficiente para explicar todos os nuances do problema. A questão relacionada ao aquecimento dos corpos em função da iluminação por uma fonte policromática, já presente em avaliações para ao acesso do ensino superior, é um exemplo disso. Deste modo, neste trabalho é apresentada uma proposta para realização da medida do efeito supra citado, visando gerar dados para que os estudantes possam verificar a diferença de temperatura entre corpos de cores distintas, apresentando um grau maior de aquecimento para tons mais escuras em relação aos mais claros. Para isso foi montado um sistema com o uso da plataforma Arduino®, onde é possível demonstrar esse efeito de forma simples e com custo acessível.

**Palavras-chave:** Reflexão Seletiva. Óptica. Ensino de Física.

**Abstract:** The approach of the different themes present in the curriculum of Physics in High School is almost always carried out in a theoretical manner, without any demonstration for students, making it difficult to understand what is being exposed in class. In order to revert this situation, nowadays, there are searches with technologies to help teaching content and create a more favorable environment for students. In the case of the various optic topics, the insertion of experimental activities is fundamental, since in many cases the theoretical discussion is not enough to explain all the nuances of the problem. The issue related to the heating of bodies due to lighting from a polychromatic source, already present in assessments for access to higher education, is an example



DOI: <https://doi.org/10.31512/vivencias.v16i31.179>

Recebido em: 24-01-2020

Aceito em: 23-04-2020



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons  
Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional.

of this. Thus, this work presents a proposal to measure the effect mentioned above, aiming to generate data so that students can verify that darker bodies heat up more than the lighter ones. For this, a system was assembled using the Arduino® platform, which it is possible to demonstrate this effect in a simple way and at low cost.

**Keywords:** Selective Reflection. Color. Physics Education.

## Introdução

É possível dizer que a Física, apesar dos vários estudos teóricos que buscam solucionar problemas que em muitos casos são abstratos, é uma área da ciência que está muito relacionada a compreensão dos eventos que podem ser observados ou medidos. Um exemplo disso está associado ao estudo do comportamento da luz, em especial aos fenômenos de reflexão, refração e absorção, quando esta incide sobre os corpos. Os tópicos citados estão presentes nos conteúdos programáticos escolares, ao longo segundo segmento do Ensino Fundamental e geralmente no segundo ano do Ensino Médio (SED, 2008; SP, 2011; SEE, 2014), e estão inseridos nos livros didáticos voltados para esses graus de escolaridade (LUZ, ÁLVARES, GUIMARÃES, 2017; TORRES *et al.*, 2016).

Esses temas aparecem nos livros na forma de desenhos pouco elucidativos, que estão mais focados em apresentar os elementos geométricos do fenômeno do que exatamente explicar o que de fato ocorre e durante as aulas ministradas pelos professores a situação atual não é muito diferente, como relatado por Silva e Tavares Jr (2005) em meados da década passada:

Com uma metodologia totalmente ultrapassada, ou seja, quadro e giz, os fundamentos básicos da Óptica são transmitidos para o aluno de uma forma totalmente fora de sua realidade, ele não consegue compreender a relação existente entre aquilo que é ensinado e os fenômenos que o cercam em seu dia a dia (SILVA, TAVARES JUNIOR, 2005, p. 1).

Hoje não é difícil encontrar trabalhos que versam sobre a importância das atividades experimentais no auxílio ao ensino dos conteúdos e que expõem como as aulas puramente teóricas são pouco eficientes para a aprendizagem dos estudantes, como os propostos por: Costa, Almeida e Santos (2016), Morais e Santos (2016), e Perazzoli, Ludke e Fernandes (2016), dessa forma considerar que o ensino de temas ligados ao campo da óptica pode ser desprovido de atividades práticas é quase impossível. Um exemplo disso está associado a discussão da relação do aquecimento dos corpos e a cor da sua superfície, uma vez que o aumento da temperatura está relacionado aos comprimentos de onda incidentes que são absorvidos pelo objeto (CANLAS, 2016; STUART-FOX, NEWTON, CLUSELLA-TRULLAS, 2017). Na maioria das vezes essa afirmação não é demonstrada aos alunos, fazendo com que eles apenas aceitem tais informações que muitas vezes são apresentadas de forma incompleta.

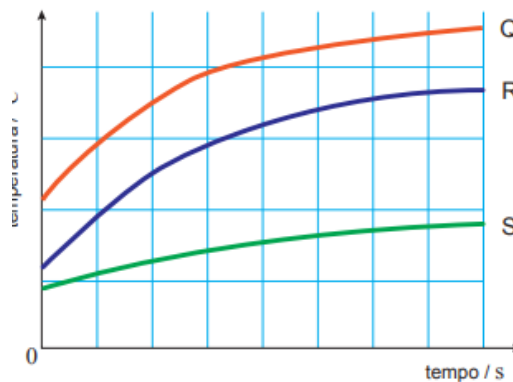
Se o problema fosse tratado apenas como uma curiosidade que não tem qualquer relação com vida do estudante e/ou não fosse cobrada nas provas de acesso ao ensino superior poderia haver uma justificativa plausível para o certo desprezo pelo tema, contudo questões ambientais

tem levado em conta avaliar a cor de revestimento de edifícios visando diminuir a energia para refrigeração (DORNELLES, CARAM, SICHIERI, 2014) e esse tema já foi questão na Prova de Acesso ao Ensino Superior de Portugal (GAE, 2012) e do Brasil (INEP, 2013). Quando o assunto foi apresentado aos estudantes portugueses na forma de uma questão, seu enunciado apareceu da seguinte forma:

Introduziu-se a mesma massa de água em três latas idênticas, Q, R e S, pintadas com tintas diferentes. As latas, devidamente fechadas com uma rolha atravessada por um termómetro, foram colocadas à mesma distância de uma lâmpada de 100 W. Acendeu-se a lâmpada e mediu-se, para cada uma das latas, a temperatura da água nelas contida ao longo de um determinado intervalo de tempo (GAE, 2012).

Após esse texto, era apresentado um gráfico (Figura 1) com a medida da temperatura nas diferentes latas, para em seguida pedir que o candidato respondesse, com uma justifica, qual das superfícies é mais refletora entre as três.

Figura 1 - Gráfico presente no Exame Nacional, voltado ao acesso ao ensino português, referente ao comportamento do aquecimento de três corpos de cores diferentes iluminados pela mesma fonte



Fonte: GAE, 2012.

No caso brasileiro, por exemplo, o tema apareceu com o seguinte enunciado:

Em um experimento foram utilizadas duas garrafas PET, uma pintada de branco e a outra de preto, acopladas cada uma a um termômetro. No ponto médio da distância entre as garrafas, foi mantida acesa, durante alguns minutos, uma lâmpada incandescente. Em seguida a lâmpada foi desligada. Durante o experimento, foram monitoradas as temperaturas das garrafas: a) enquanto a lâmpada permaneceu acesa e b) após a lâmpada ser desligada e atingirem equilíbrio térmico com o ambiente (INEP, 2013).

O questionamento realizado nessa avaliação ao candidato era se “a taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à da branca, durante todo experimento, foi” (INEP, 2013) maior, menor ou igual nas fases de aquecimento e resfriamento. Considerando que muitos estudantes sequer realizaram atividade parecida na vida, a não ser por observações do cotidiano, acertar alguma dessas questões ocorrerá por três motivos apenas: um deles baseado na sua vivência, outro associado a fé, pois ele acreditará sem qualquer comprovação prática e baseado nas afirmações dos textos que isso ocorre, ou por sorte, no caso das avaliações objetivas pois ele escolherá qualquer uma das alternativas que achar menos absurda.

Dessa forma, buscar uma maneira simples e segura que possa ser utilizada para tratar certos temas dentro da sala de aula é premente no que diz respeito a formação científica, mas também para fornecer bases conceituais sólidas para realização das diversas avaliações aos quais os estudantes são submetidos ao longo da vida.

### Referencial teórico

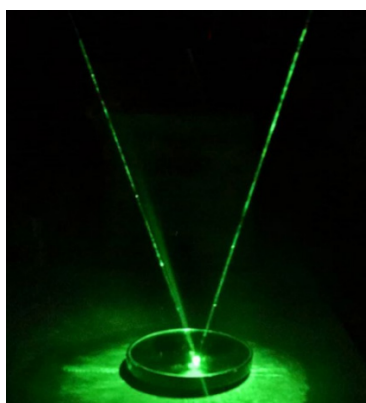
Para que possamos apresentar uma proposta que seja minimamente interessante para uso em sala é conveniente compreender o que ocorre quando a luz incide sobre qualquer superfície. Uma vez que ela tem características eletromagnéticas, temos que lembrar que a energia total de uma onda desse tipo, após incidir sobre um material, será dividida em três componentes, uma refletida (R), outra refratada (ou transmitida) (T) e uma parte absorvida (A), tal que a soma das frações correspondentes pode ser resumida na relação (DELL'ARCIPRETE, GRANADO, 1983):

$$R + T + A = 1 \quad (1)$$

onde cada um desses parâmetros apresentará um valor associado a resposta do material a incidência da onda sobre ele.

A reflexão consiste na mudança da direção de propagação da onda após seu contato com uma superfície e consequente retorno ao meio procedente (Figura 2), sendo que a relação entre o feixe incidente e refletido, após a incidência da onda eletromagnética, pode ser enunciada da seguinte forma: “o raio incidente, o raio refletido, e a normal à superfície estão todos situados no mesmo plano, e o ângulo de reflexão  $q_r$ , é igual ao ângulo de incidência  $q_i$ ” (CUTNELL, JOHNSON, 2006, p. 255).

Figura 2 - Reflexão de um raio monocromático, com comprimento de onda de 532 nm



Fonte: Acervo dos autores.

Na situação da incidência de um feixe policromático sobre uma superfície, apesar da lei acima continuar valendo para cada um dos comprimentos de onda que compõe o feixe, temos a possibilidade de absorção e reflexão, nesse caso seletiva, de um ou mais comprimentos de onda

ao mesmo tempo e isso acaba por interferir na percepção da cor dos objetos, como apresentado por Scarinci e Marineli (2014):

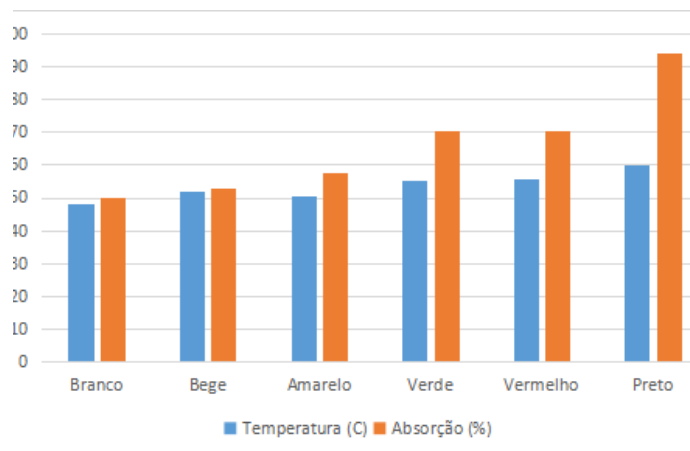
Dizer que um objeto é amarelo significa que sempre que se incide luz branca nele, a cor percebida pelo olho humano normal é amarela. Uma parede amarela, por exemplo (amarelo = propriedade da parede), pode emitir vários “conjuntos” de comprimentos de onda - sem necessariamente emitir na faixa amarela do espectro. Um objeto que reemite a luz solar somente nas faixas em torno de 520 nm (verde) e 700 nm (vermelha) pode ser percebido como amarelo, mesmo sem emitir luz alguma na faixa amarela (que é em torno de 560 a 580 nm). Ou seja, a percepção visual de uma cor não implica necessariamente que o objeto esteja emitindo luz na faixa de comprimentos de onda dessa cor; por isso a distinção entre a cor como sensação olho/cérebro e cor como comprimento de onda (SCARINCI, MARINELI, 2014, p. 1309-2).

Em relação à transmissão ou absorção de uma onda eletromagnética algumas particularidades são percebidas, como apresentado por Dell’Arciprete e Granado (1983):

O vidro comum, por exemplo, é transparente à luz e sensivelmente opaco às radiações infravermelhas (ondas de calor); assim. Uma estufa de plantas, envidraçada, se aquece quando recebe luz; os corpos no seu interior absorvem energia radiante; transformando-a em energia térmica; então, esses corpos emitem radiações infravermelhas que não escapam da estufa, aquecendo-a (DELL’ARCIPRETE, GRANADO, 1983, p. 168).

Apesar da percepção da cor e os efeitos térmicos parecerem completamente distantes é conveniente perceber que “os efeitos térmicos da cor dependem tanto da absorção dos comprimentos de onda do infravermelho próximo (NIR), 700–2500 nm) quanto dos visíveis (300–700 nm) da luz solar direta” (STUART-FOX, NEWTON, CLUSELLA-TRULLAS, 2017, p. 1, tradução do autor). No estudo realizado por de Synnefa *et al.* (2011), sobre o comportamento de estruturas asfálticas coloridas, foi mostrado que existe uma relação entre a temperatura máxima atingida devido a absorção de luz e a cor do material (Figura 3).

Figura 3 - Análise da temperatura máxima (<math>T\_{max}</math>), em °C, e da absorção de luz (<math>A</math>), em %, para diferentes tipos de asfaltos



Fonte: Synnefa et al, 2011.

Esse resultado é compatível com os dados obtidos por Dornelles, Caram e Sichieri (2014) ao avaliarem algumas estruturas, pintadas de diferentes cores, onde aquelas revestidas

de preto apresentavam temperatura e absorção solar, em torno de 80,7 °C e 85,42%, maiores que aquelas com tons verde escuro e amarelo claro, por exemplo, que atingiram valores de 79 °C/73,32% 36,7 °C/52,89% respectivamente. Com esses dados, esses autores, apresentam a seguinte preposição:

[...] absorvância solar é resultante do efeito conjugado de absorção em todo o espectro solar, com efeito significativo da região do infravermelho-próximo. Observou-se que o grande potencial de uso das tintas frias no envelope construtivo é resultado da diminuição da absorvância solar na região do infravermelho [...] (DORNELLES, CARAM, SICHIERI, 2014, p. 64).

### **A importância do uso da tecnologia para a exposição de conteúdos**

Quando tratamos problemas, como o que foi exposto, torna-se evidente que o uso apenas da exposição oral, com auxílio da lousa e textos impressos, pouco farão efeito para aprendizagem dos estudantes, por isso é fundamental que o professor disponha de ferramentas, ou recursos didáticos, que possam auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Para Machado (2017) essas ferramentas podem ser utilizadas de diversas maneiras, como por exemplo:

[...] motivar e despertar o interesse pela apresentação; favorecer o desenvolvimento da capacidade de observação; aproximar o aluno da realidade; visualizar ou concretizar os conteúdos da aprendizagem; oferecer informações e dados; permitir a fixação da aprendizagem; ilustrar situações mais abstratas, e desenvolver a experimentação concreta (MACHADO, 2017, p. 24911).

Entre as várias possibilidades hoje existentes para a discussão dos conteúdos dentro das escolas as simulações computacionais tem se mostrado bastante úteis por apresentarem alternativas de interação, mesmo que de forma virtual, com temas que estão sendo abordados pelos professores dentro de sala. Propostas para o ensino, tais como de titulação (SOARES, FRAGOSO, CRUZ, 2018), de circuitos elétricos (CRUZ, 2018) e de frações (MAKUCH, MARTINS, 2018) mostram as potencialidades dessas ferramentas e a vantagem do seu uso pode ser resumida pela fala de Rodrigues *et al.* (2018):

Percebeu-se que esta estratégia de ensino favorece a interação entre os envolvidos no estudo, estimulando a capacidade dos alunos de governarem-se pelos seus próprios meios, encorajando e desenvolvendo a capacidade de argumentação e de associação entre as ideias a respeito de um tema. Inclusive, tais ferramentas de ensino possuem um caráter dinâmico e interativo, que aproximam o aluno de situações cotidianas [...] (RODRIGUES *et al.*, 2018, p. 552).

Apesar das possibilidades de ganho na aprendizagem com o uso dessas ferramentas, Carvalho (2015) faz um alerta sobre o uso, em relação a física, mas que pode ser expandido para as demais áreas:

[...] o ganho cognitivo em aprendizagem da física só aumentará significativamente se os professores usarem uma metodologia interativa na exploração destes materiais e tirarem partido do seu potencial educacional. A formação de professores, contemplando a manipulação e exploração de materiais interativos dentro e fora da sala de aula, é muito importante para promover mudanças de um ensino tutorial (normalmente expositivo) (CARVALHO, 2015, p. 3).

Quando não existem possibilidades estruturais para a realização de atividades com o uso de computadores, uma forma de trazer o conteúdo para uma linguagem mais atraente para os



estudantes é com a utilização de vídeos. Seja para uma abordagem histórica e contextualizada de química (SILVA *et al.*, 2012), para questões da educação ambiental (CHAVES *et al.*, 2016) ou no ensino de matemática (SILVA, 2011), os vídeos possuem duas boas possibilidades, apresentadas para o ensino de matemática e que podem ser generalizadas para as demais áreas do conhecimento de maneira qualitativa:

[...] usá-lo como forma de introduzir um conteúdo ou como forma de mostrar uma aplicação de um conteúdo previamente estudado em aula. Quando o vídeo é usado para introduzir um conceito, o aluno assiste a uma discussão nova, que é aprofundada no decorrer da aula, tornando o vídeo o incentivador das discussões matemáticas e motivador para novos conceitos (AMARAL, 2013, p. 43).

As questões se o uso desse instrumento pedagógico terá efeito ou não sobre a aprendizagem dependem de um conjunto de fatores, mas que podem ser resumidos em três pontos na etapa de planejamento:

[...] a organização na exibição do filme, verificando se ele ainda é acessível, se a sala de vídeo é adequada (iluminação, barulho externo, vídeo e TV em perfeito estado de utilização); a adequação com o currículo e/ou conteúdo, para que o aluno elabore textos, faça leituras complementares e desperte criticidade e; adequação com a faixa etária do aluno, podendo o professor editar o material, também neste último aspecto deve-se atentar à etapa de aprendizagem escolar (BRANDÃO, MELLO, 2013, p. 93).

A proposta de ensino que atualmente apresenta o maior interesse pelos professores é quando elas estão associadas a uso dos telefones móveis providos de um grande conjunto de funcionalidades (*smartphone*), independente da realidade cultural essa ferramenta apresenta-se como um bom apetrecho para a discussão dos mais diferentes temas (KADRY, ROUFAYEL, 2017; TWUM, 2017; SMITH, 2017). Isso ocorre pelo inúmeros aplicativos (*apps*) existentes nesses dispositivos que possibilitam o seu uso seja para a resolução de problemas geométricos (BAIRRAL, ASSIS, SILVA, 2015), medidas de grandezas físicas (HIKMATIAR, ISHAFIT, WAHYUNI, 2019) ou mesmo para a realização de avaliações sobre o conteúdo das aulas (SILVA, MACHADO, CRUZ, 2017).

Um ponto importante na utilização dos *smartphone* em sala de aula é que o professor deverá compreender que os estudantes muitas vezes não estão familiarizados com o *app* que será usado e isso obrigará uma fase de preparo, como dito por Antonio (2010) apud Silva (2012), onde:

[...] se estabeleça e permita que os alunos aprendam a usar o recurso antes de propor-lo como parte de uma atividade e/ou procedimento de resolução do problema, além de discutir as questões éticas e morais envolvidas no uso de imagens e registros, bem como o uso indevido dos celulares e de outros equipamentos de mídia em situação de aprendizagem (ANTONIO, 2010, apud SILVA, 2012, p. 18).

Apesar das ferramentas acima estarem presentes em boas propostas para a discussão de diversos temas presentes nas grades curriculares, a realização de medidas em tempo real e que permita a avaliação de um fenômeno que está sendo apresentado aos estudantes é fundamental para a construção do conhecimento. Nesse sentido, o uso de *kits* experimentais é um bom recurso para permitir a observação e compreensão de fenômenos que ficariam apenas no imaginário

como é o caso de temas sobre saúde (SIQUEIRA, ELIAS, SANTOS, 2016) e química (SILVA, SANTIAGO, PERDIGÃO, 2013).

Cruz, Souza e Souza (2014) consideram que esse tipo de ferramenta é superior as outras já citadas, como é apresentado no seguinte trecho:

Diversos recursos de mídia e/ou informativos são utilizados, nesse sentido, pelos educadores a fim de discutir a ciência de uma forma acessível aos alunos, porém, tais recursos nem sempre são acessíveis à realidade escolar.

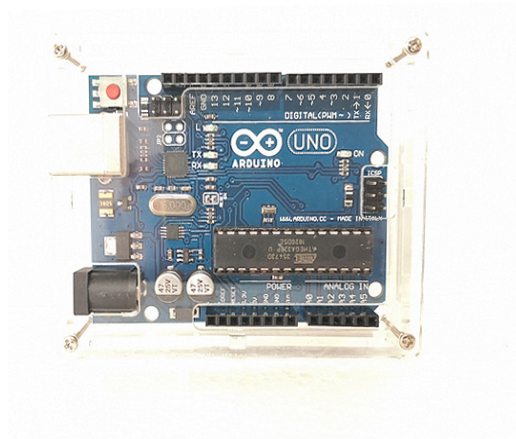
Diante disso, a experimentação pode ser inserida como procedimento de aprendizado, além de despertar ao educando um empenho no conteúdo que favoreça o seu comprometimento de aprender algo, indo de encontro à tendência de desinteresse [...] (CRUZ, SOUZA, SOUZA, 2014, p. 2).

Sendo assim, neste trabalho será apresentado um sistema, construído com base na plataforma Arduino, que permita aos professores discutirem, a partir da visualização do fenômeno, os princípios básicos envolvidos no aquecimento dos corpos que são iluminados pela luz do Sol.

### Metodologia e descrição dos equipamentos utilizados

A proposta aqui apresentada tem como base a utilização da plataforma eletrônica de código aberto Arduino (Figura 4), que tem sido utilizada amplamente em projetos de física, como nos trabalhos de Amorim, Dias, Soares (2015), Prima *et al.* (2018) e Hahn, Cruz, Carvalho (2019) que buscam analisar alguns fenômenos físicos em função da temperatura e que no Brasil tem um custo médio de aquisição em torno de R\$ 40,00.

Figura 4 - Plataforma Arduino Uno usada na atividade



Fonte: Acervo dos autores.

O poder dessa plataforma está na versatilidade que ela possui, permitindo construir e controlar um conjunto de dispositivos como descrito pelo fabricante:

As placas do Arduino são capazes de ler entradas - luz em um sensor, um dedo em um botão ou uma mensagem no Twitter - e transformá-lo em uma saída - ativando um motor, ligando um LED, publicando algo online. Você pode dizer à sua placa o que fazer enviando um conjunto de



instruções ao microcontrolador na placa. Para fazer isso, você usa a linguagem de programação Arduino (com base em Wiring) e o Arduino Software (IDE), baseado em Processing (ARDUINO, 2019, tradução livre do autor).

Uma vez que o objetivo do trabalho está em relacionar a medida da temperatura em função da cor dos corpos, outros três elementos foram utilizados: termômetros digitais, garrafas plásticas e revestimentos coloridos. Os termômetros foram do tipo DS18B20 (Figura 5), aprova d'água, capazes de medir temperatura na faixa entre de  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ , com precisão de  $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (QT, 2015), e que têm valor aproximado de R\$ 15,00, cada um.

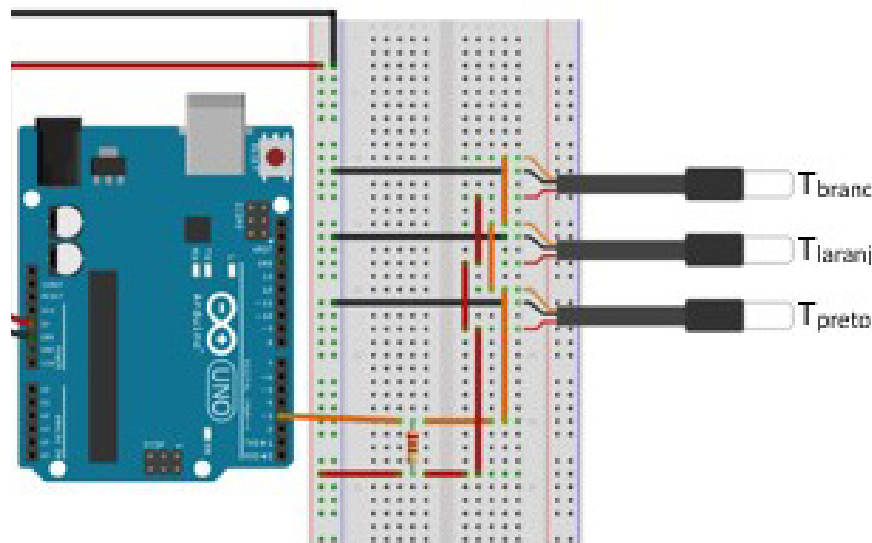
Figura 5 - Sensor de temperatura usado na atividade



Fonte: Acervo dos autores.

Os três termômetros foram conectados, com auxílio de mesa de contato (*protoboard*), à plataforma Arduino (Figura 6), permitindo assim a medida da temperatura de três recipientes, iguais, com a mesma quantidade de água, mas com cores externas distintas, para comprovar o efeito já mencionado anteriormente nas questões citadas nas avaliações em Portugal e Brasil.

Figura 6 - Configuração experimental, projetada no aplicativo Fritzing (FOF, 2016), onde  $T_{\text{branco}}$ ,  $T_{\text{laranja}}$  e  $T_{\text{preto}}$  são os sensores de temperatura usados na atividade (acervo dos autores)



Fonte: Acervo dos autores.

Visando diminuir o custo financeiro para a realização da tarefa, os recipientes utilizados foram garrafas de água mineral de 510 mL (Figura 7a), que podem ser compradas em qualquer comércio local, que em geral não custam mais de cinco reais a unidade. Para evitar o uso de tintas, naturais ou sintéticas, a solução foi envolver as garrafas com folhas de etileno-acetato de vinila, mais conhecido como EVA (Figura 7b), que se caracteriza por ser uma espuma sintética que são facilmente encontradas em papelarias, usadas em artesanato, em solados de sapatos e brinquedos, de cores distintas, mas que possuíam a mesma espessura e que foram produzidas pelo mesmo fabricante.

Figura 7 - (a) Modelo de garrafa usada como recipiente de água (esquerda) e (b) folhas de EVA (direita) usadas na atividade



Fonte: Acervo dos autores.

Após a colocação das folhas de EVA os termômetros foram inseridos dentro das garrafas, através de um pequeno orifício nas tampas, e posteriormente todo o sistema foi colocado sob exposição solar para que as três medidas de aquecimento pudessem ser acompanhadas simultaneamente, demonstrando assim o efeito do aquecimento em função das cores (Figura 8).

Figura 8 - Posicionamento do sistema usado para executar a medição



Fonte: Acervo dos autores.

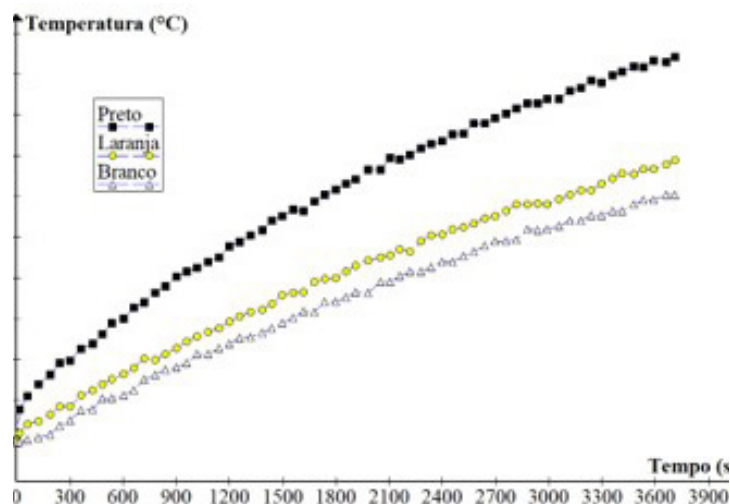
## Resultados e discussão

No intuito de garantir que os efeitos de convecção, durante o processo de aquecimento, não produzissem interferência durante a medida da temperatura os termômetros, identificados por  $T_{\text{preto}}$ ,  $T_{\text{laranja}}$  e  $T_{\text{branco}}$ , foram colocados na mesma altura dentro das garrafas plásticas, que estavam preenchidas com 500 mL de água a 18 °C. Um ponto importante é que para que possa ocorrer a medida das temperaturas, a cada instante de tempo, é fundamental que as bibliotecas OneWire (PJRC, 2019) e DallasTemperature (BURTON, 2016) estejam carregadas no IDE do Arduino.

Para validar se todo o sistema apresentava medidas próximas, evitando assim que valores iniciais pudessem dar uma visão equivocada, um teste antes de iniciar o experimento foi realizado. Nesta etapa verificou-se que a diferença de temperatura em cada garrafa era menor que 0,30 °C, uma vez que os termômetros, nessa faixa de temperatura, possuem uma incerteza em torno de 0,5 °C, como já foi relatado, consideramos que as diferenças nas leituras não apresentavam riscos relevantes para compreensão do fenômeno.

O processo de coleta de dados ocorreu num período de uma hora, em um dia que a temperatura média estava em torno de 35 °C, com o registro de dados, temperatura e tempo associado, sendo realizado com auxílio do programa CoolTerm (MEIER, 2018) que gerou um arquivo com extensão “.txt”. Esses dados foram então inseridos no *software, open source*, Graph<sup>1</sup> (JOHANSEN, 2013), que permite construir gráficos de funções matemáticas e de um sistema de coordenadas, para a visualização do comportamento da temperatura em função do tempo, T<sub>xt</sub>, em cada uma das garrafas (Figura 9).

Figura 9 - Variação da temperatura, em função do tempo, medida pelos sensores



Fonte: Acervo dos autores.

Como esperado, a água na garrafa envolta em EVA preto atingiu a temperatura mais alta dentre as três garrafas, enquanto a envolta em branco atingiu a menor, indicando assim que a medida apresenta resultados compatíveis com que é descrito nos livros e nas questões usadas nas provas de Brasil e Portugal. A nossa discussão poderia se encerrar por aqui, no entanto

alguns pontos precisam ser esclarecidos para que não existam dúvidas que o foco desse trabalho é apresentar uma forma simples de mostrar que corpos de diferentes cores têm aquecimentos distintos quando colocados sobre a mesma fonte de luz.

Negligenciar o fato de que a cor que vemos não é a única responsável pelo aumento de temperatura, durante a discussão dos resultados, ocorreu apenas para facilitar a demonstração da atividade que consideramos mais pertinente dentro dessa proposta. Seria pouco produtivo discutir sobre qual banda espectral está mais associada a produção de calor, se ela está mais próxima a extremidade infravermelha (IV), do espectro do ultravioleta (UV) ou de qualquer outro, visto que após o equilíbrio todas elas produzirão a mesma variação de temperatura. Além disso, foi abordado dentro do campo “Referencial Teórico” os efeitos anteriormente citados e realizar uma nova consideração nesse momento não agregaria qualquer informação relevante para a atividade.

Inicialmente pode parecer tentador buscar discutir a física da cor nesse trabalho, tratando da complexidade dos efeitos sobre corpos que possuem um único pigmento para aqueles que são resultados da mistura de vários deles. No entanto isso seria demasiadamente complexo para o nível escolarização que este trabalho está voltado, que no caso são turmas de ensino fundamental e médio. Em níveis mais altos, como os cursos técnicos e superiores, talvez seja produtivo mostrar que a absorção é distinta em parte do espectro luminoso e fica aqui uma outra sugestão de abordagem.

É importante observar que esse experimento pode ser estudado a partir de um conjunto de problemas, como: Objetos idênticos de cores diferentes esquentam da mesma maneira quando colocados sob uma fonte de luz ao mesmo tempo? Objetos distintos e de mesma cor, visual, esquentam uniformemente quando colocados sob uma fonte de luz ao mesmo tempo? Uma vez que essas perguntas sejam respondidas, as questões sobre o comportamento térmico de um material ficarão mais esclarecidas e isso por si só apresentará elementos que ajude os estudantes a compreenderem o fenômeno sem a exigência de recursos teóricos complexos.

Finalmente os estudantes também podem ser levados a refletir sobre questões que extrapolam os conteúdos didáticos, tal como a relação entre a pintura da casa e a possibilidade de minimizar o uso de aparelhos climatizadores de ambiente, como é o caso dos condicionadores de ar, e, conseqüentemente, pensar no uso racional da energia elétrica.

### **Considerações finais**

A atividade apresentada teve como motivação inicial atender as demandas do ensino médio, mas, se tiver o caráter meramente demonstrativo, pode ser estendida para o ensino fundamental de modo a incentivar os estudos dos fenômenos das ciências. Contudo, em ambos os casos, ela também pode ser aplicada sob a forma de projeto para que os alunos investiguem mais sobre os conceitos físicos e construam seus próprios *kits* com o auxílio do professor.

Além do que foi exposto a atividade também pode ser realizada nos cursos introdutórios de física no ensino superior, para que os elementos teóricos associados à curva de ajuste de

temperatura sejam amplamente trabalhados. É importante salientar que não cabe neste trabalho definir como essa atividade será implementada em sala de aula, uma vez que as realidades escolares são muitas distintas e compete aos professores definirem, dentro dos seus planejamentos, a melhor forma de usar essa proposta.

Um ponto importante dessa atividade, devido à sua configuração simples, é que ela pode ser utilizada como material para a demonstração das possibilidades do uso da plataforma Arduino em disciplinas relacionadas à Instrumentação de Ensino de Física, habituando futuros professores com as potencialidades desse tipo de ferramenta para a abordagem dos vários temas do currículo escolar.

## Referências

AMARAL, R. B. Vídeo na Sala de Aula de Matemática: Que Possibilidades? **Educação Matemática em Revista**, v. 18, n. 40, p. 38-47, 2013.

AMORIM, H. S.; DIAS, M. A.; SOARES, V. 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, 4310/1-4310-9, 2015.

ARDUINO. **What is Arduino?**, 2019. Disponível em: <https://is.gd/n3Vptm>, Acesso em: nov. 2019.

BAIRRAL, M., ASSIS, A. R., SILVA, B. C. **Mãos em ação em dispositivos touchscreen na educação matemática**. Seropédica: Edur, 2015.

BRANDÃO, I. D. N.; MELLO, M. C. O. Recursos didáticos no ensino de Geografia: Tematizações e possibilidades de uso nas práticas pedagógicas. **Revista Geografia e Pesquisa**, v. 7, n. 2, p. 81-97, 2013.

BURTON, M. **DallasTemperature**, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2EkOmNI>. Acesso em: jan. 2019.

CANLAS, I. P. Color, Temperature and Heat: Exploring University Students Mental Thoughts. **Universal Journal of Educational Research**, v. 4, n. 1, p. 72-75, 2016.

CARVALHO, P. S. As animações virtuais no ensino interativo da Física. **Revista de Ciência Elementar**, v. 3, n. 1, p. 1-4, 2015.

CHAVES, J. O. *et al.* O Uso de vídeos como instrumentos didático no ensino de educação ambiental. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2016, Natal. **Anais...** Campina Grande: Realize, 2016. p. 1-6.

COSTA, M. L. A.; ALMEIDA, A. S.; SANTOS, A. F. A falta de interesse dos alunos pelo estudo da química. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E

- CONTEMPORANEIDADE, 2016, São Cristovão. **Anais...** São Cristovão: UFSE, 2016. p. 1-7.
- CRUZ, F. A. O. Analisando os Circuitos RL: Uma Abordagem via Applets. **Vivências**, v. 14, p. 77-85, 2018.
- CRUZ, N. S. N.; SOUZA, K. G.; SOUZA, F. J. Análise e desenvolvimento de Kits experimentais de baixo custo e fácil acesso para o ensino de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 17., 2014. Ouro Preto. **Anais...** São Paulo: SBQ, 2014. p. 1-9.
- CUTNELL, J. D.; JOHNSON, K. W. **Física**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
- DELLARCI PRETE, N.; GRANADO, N. V. **Física 2: Termologia, Óptica e Ondulatória**. 7. ed. São Paulo: Ática, 1983.
- DORNELLES, K. A.; CARAM, R. M.; SICHIERI, E. P. Absortância solar e desempenho térmico de tintas frias para uso no envelope construtivo. **Paranoá**, n. 12, p. 55-64, 2014.
- FOF - Friends-of-Fritzing foundation. **Fritzing** 0.9.3b, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/1mvJzsl>. Acesso em: jan. 2019.
- GAE - Gabinete de Avaliação Educacional. **Prova Escrita de Física e Química A**, 2012. Disponível em: <https://is.gd/s18PFE>. Acesso em: nov. 2019.
- HAHN, M. D.; CRUZ, F. A. O.; CARVALHO, P. S. Determining the Speed of Sound as a Function of Temperature Using Arduino. **The Physics Teacher**, v. 57, n. 2, p. 114-115, 2019.
- HIKMATIAR, H.; ISHAFIT, I.; WAHYUNI, M. E. Determination The Coefficient of Restitution in Object as Temperature Function in Partially Elastic Collision Using Phyphox Application on Smartphone. **Science and Technology Indonesia**, v. 4, n. 4, p. 88-93, 2019.
- INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Exame Nacional do Ensino Médio: Prova de ciências humanas e suas tecnologias, prova de ciências da natureza e suas tecnologias**, 2013. Disponível em: <https://is.gd/kLPiSU>. Acesso em: nov. 2019.
- JOHANSEN, I. **Graph 4.4.2.**, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2RcPu7D>. Acesso em: jan. 2019.
- KADRY, S.; ROUFAYEL, R. How to Use Effectively Smartphone in the Classroom. In: IEEE Global Engineering Education Conference, 2017. Athens. **Proceeding...** Athens: EDUCON, 2017. p. 433-439.
- LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. C. **Física: Contexto e aplicações**. v. 2. 2. ed. Rio de Janeiro: Scipione Didáticos, 2017.



MACHADO, M. F. R. C. O uso dos recursos didático-tecnológicos como potencializadores ao processo de ensino e aprendizagem. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 13., 2017. Curitiba. **Anais...** 2017. Curitiba: PUC-PR, 2017. p. 1-11.

MAKUCH, F. B.; MARTINS, M. A. O Uso do PhET Simulations no Ensino de Frações. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 2, p. 1-17, 2018.

MEIER, R. **CoolTerm 1.5.0.**, 2018. Disponível em: <https://goo.gl/cDeFJZ>. Acesso em: jan. 2019.

MORAIS, V. C. S.; SANTOS, A. B. Implicações do uso de atividades experimentais no ensino de biologia na escola pública. **Investigação em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 1, p. 166-181, 2016.

PERAZZOLI, A. L.; LUDKE, A. D.; FERNANDES, J. S. Física Experimental para Auxiliar no Aprendizado de Alunos de Ensino Fundamental. In: FEIRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO, 5., 2016. Videira. **Anais...** Videira: IFC, 2016. p. 1-14.

PJRC. **OneWire Library**, 2019. Disponível em: <https://is.gd/Owz8hg>. Acesso em: nov. 2019.

PRIMA, E. C. *et al.* Heat and temperature experiment designs to support students' conception on nature of science. **Journal of Technology and Science Education**, v. 8, n. 4, p. 453-472, 2018.

QT - Quick Teck. **DS18B20 Waterproof Temperature Sensor Cable**, 2015. Disponível em: <https://is.gd/hFtHTa>. Acesso em: nov. 2019.

RODRIGUES, J. J. V. *et al.* Simulações computacionais e mapas conceituais no auxílio à aprendizagem significativa do conceito de energia. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 5, p. 535-554, 2018.

SCARINCI, A. L.; MARINELI, F. O modelo ondulatório da luz como ferramenta para explicar as causas da cor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1309/1-1309/14, 2014.

SEE - Secretaria de Educação e Esporte. **Conteúdos de física por bimestre para o ensino médio**: com base nos parâmetros curriculares do estado de Pernambuco, 2014. Disponível em: <https://is.gd/nl7IDa>. Acesso em: nov. 2019.

SED - Secretaria de Estado de Educação (SC). **Proposta Curricular: Física**, 2008. Disponível em: <https://is.gd/o9igdv>. Acesso em: nov. 2019.

SILVA, J. L. *et al.* A Utilização de Vídeos Didáticos nas Aulas de Química do Ensino Médio para Abordagem Histórica e Contextualizada do Tema Vidros. **Química Nova na Escola**, v. 34, n. 4, p. 189-200, 2012.

SILVA, A. M. **O vídeo como recurso didático no ensino de matemática**. 2011. 198 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática), Programa de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

SILVA, M. C.; MACHADO, N. A.; CRUZ, F. A. O. O uso das TIC para o ensino (inclusivo) da física: da exposição à avaliação. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 4., 2017, João Pessoa. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2017. v. 1. p. 1-11.

SILVA, M. A. F. M.; TAVARES JUNIOR, A. D. A importância do Ensino da Óptica para o desenvolvimento das tecnologias modernas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2005, Rio de Janeiro. **Anais...** São Paulo: SBF, 2005. p. 1 - 4.

SILVA, M. G. **O uso do aparelho celular em sala de aula**, 2012. 51 f. Monografia (Especialização em Mídias na Educação), Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Mídias na Educação, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2012.

SILVA, L. S.; SANTIAGO, D. F.; PERDIGÃO, C. H. A. Utilização de Kits Experimentais nas Aulas de Química do Primeiro Ano do Ensino Médio. In: ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA, 33., 2013, Ijuí. **Anais...** Ijuí: UNIJUÍ, 2013. p. 1-2.

SMITH, H. E. **Assessing the Effects of the Smartphone as a Learning Tool on the Academic Achievement and Motivation of High School Agriculture Students in Louisiana**. 2017. 291 f. Tese (Doutorado em Filosofia), Agricultural and Mechanical College, Louisiana State University, 2017.

SIQUEIRA, P. A.; ELIAS, F. G. M.; SANTOS, M. L. Desenvolvimento e aplicação de kits experimentais para o ensino sobre o corpo humano e saúde na educação básica. In: CONGRESSO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 3, 2016, Pirenópolis. **Anais...** Anápolis: UEG, 2016. p. 1-9.

SOARES, M. A. G.; FRAGOSO, V. M. S.; CRUZ, F. A. O. Atividade Online como Dispositivo Formativo em EaD: um Exemplo do Experimento de Titulação. **EaD em Foco**, v. 8, p. e678, 2018.

SP - São Paulo. **Currículo do Estado de São Paulo**: Ciências da Natureza e suas tecnologias / Secretaria da Educação. São Paulo: SE, 2011. 152 p.

SYNNEFA, A. et al. Experimental testing of cool colored thin layer asphalt and estimation of its potential to improve the urban microclimate. **Building and Environment**, v. 46, n. 1, p. 38-44, 2011.

STUART-FOX, D.; NEWTON, E.; CLUSELLA-TRULLAS, S. Thermal consequences of colour and near-infrared reflectance. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**. v. 5, n. 372, p. 1-8, 2017.

TORRES, C. M. A. *et al.* **Física**: Ciência e Tecnologia. v. 2. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

TWUM, R. Utilization of Smartphones in Science Teaching and Learning in Selected Universities in Ghana. **Journal of Education and Practice**, v. 8, n. 7, p. 216-228, 2017.