

# VIABILIDADE DE ELETRODEPÓSITOS METÁLICOS NA PRODUÇÃO DE JANELAS ELETROCRÔMICAS A PARTIR DE MAQUETE DE CASA GERENCIADA POR ARDUINO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO DO SUL  
CAMPUS CORUMBÁ

Ana Paula Grance Correa, Kaio Bastos Moraes, Rogers Espinosa de Oliveira (Orientador), Fabio Henrique Noboru Abe (Coorientador)

## Introdução

Atualmente o território brasileiro enfrenta a maior crise de seca dos últimos 91 anos, tendo como consequência o desabastecimento de suas usinas hidrelétricas. Devido ao cenário energético atual, formas de reduzir o gasto com energia elétrica vêm sendo foco de pesquisas. Dentre elas, podemos destacar o desenvolvimento e uso de dispositivos eletrocrômicos.

Materiais eletrocrômicos são caracterizados pela sua capacidade de proporcionar uma alteração reversível em sua coloração após receber um estímulo enviado por uma diferença de potencial elétrico (OLIVEIRA et al., 2000). Eles possuem várias aplicações conhecidas, entre elas, podemos citar as chamadas janelas eletrocrômicas. Esse tipo de janela tem capacidade de regular a luminosidade e o calor concentrados em ambientes fechados. Consequentemente, são reduzidos os gastos com dispositivos de refrigeração.

Dispositivos eletrocrômicos produzidos a partir de eletrodepósitos metálicos destacam-se por apresentarem montagem mais simples e minimizam problemas de desempenho do dispositivo em virtude de degradação do material cromógeno utilizado.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência de eletrodepósitos metálicos de cobre, produzidos a partir de diferentes métodos, na redução de temperatura e incidência luminosa em um protótipo de casa gerenciado pela plataforma Arduino. Espera-se que os resultados obtidos possam indicar a viabilidade ou não do cobre para ser utilizado em janelas eletrocrômicas no futuro.

## Metodologia

### 1. Produção dos eletrodepósitos de cobre

Foram produzidas duas janelas contendo eletrodepósitos de cobre utilizando-se uma solução de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) e dois vidros condutores e transparentes de ITO (óxido de estanho dopado com índio) (Figura 1). O primeiro depósito foi obtido utilizando-se uma bateria como fonte de energia e o segundo depósito foi obtido utilizando-se um gerador de corrente PHYNE.



Figura 1: produção das janelas  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)



Figura 2: protótipo de casa  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)



Figura 3: luminária com lâmpada de tungstênio  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)

### 2. Construção do protótipo de casa

Para a construção do protótipo de casa, utilizou-se uma caixa de papelão. Cortou-se um espaço para realizar o encaixe e desencaixe das janelas (Figura 2). O circuito responsável pela aquisição dos dados foi montado utilizando sensores de luminosidade, umidade e temperatura. Os dispositivos foram fixados na parte interior da caixa, conectados à uma placa NodeMCU V3. Para simular uma fonte de calor e luminosidade, utilizou-se uma lâmpada de tungstênio (150 W) acoplada à uma luminária (Figura 3).

### 3. Sensores e placa NodeMCU

Para a realização do monitoramento interno do protótipo durante os testes, foram utilizados dois sensores, são eles: TSL2561 e DHT22.

O TSL2561 (Figura 4) é um sensor preciso de luminosidade que faz a leitura e registra os valores em Lux. Já o sensor DHT22 (Figura 5) é responsável pela leitura dos valores de temperatura, em graus Celsius, e umidade, em porcentagem. O módulo utilizado para a execução do presente trabalho é o chamado NodeMCU V3 (Figura 6). Essa placa estabelece uma conexão com o banco de dados local, sendo assim capaz de enviar os dados lidos pelo TSL2561 e DHT22.

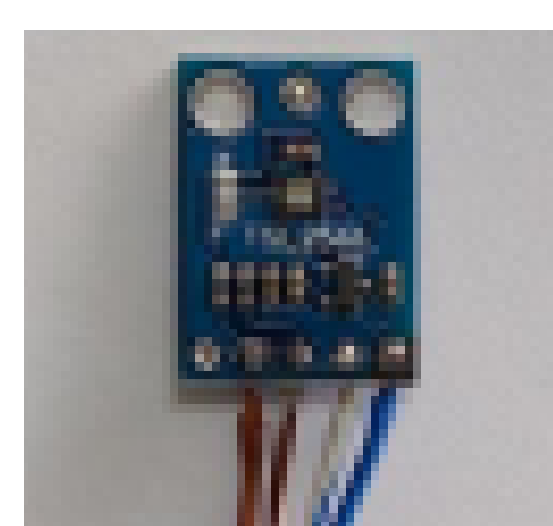


Figura 4: TSL2561  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)



Figura 5: DHT22  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)

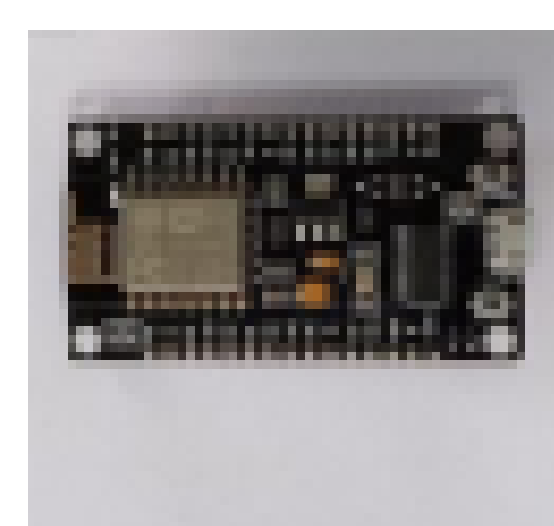


Figura 6: placa NodeMCU V3  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)

### 4. Programação e construção do banco de dados

Foi desenvolvido um banco de dados utilizando os aplicativos phpMyAdmin e XAMPP com objetivo de armazenar os dados de luminosidade, temperatura e umidade registrados pelos sensores. Após a primeira etapa, iniciou-se o desenvolvimento dos códigos dos sensores TSL2561 e DHT22. No total, foram desenvolvidos dois códigos, sendo um para cada sensor, com finalidade de avaliar se os mesmos eram viáveis para a utilização. Obtendo a confirmação da viabilidade dos sensores, iniciou-se o processo de escrita de um código geral, que por sua vez seria responsável para coletar os dados dos sensores e enviá-los para um banco de dados. Esse código foi colocado na placa NodeMCU.

### 5. Aquisição dos dados de luminosidade, temperatura e umidade para cada tipo de janela

Para a análise da eficiência dos eletrodepósitos metálicos de cobre, foram avaliadas quatro janelas diferentes. Além das janelas com os depósitos do metal de interesse (Figuras 7 e 8), foram avaliadas uma janela controle (Figura 9) e uma contendo uma película de insulfilm (Figura 10), para fins de comparação.



Figura 7: janela cobre-bateria  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)



Figura 8: janela cobre-fonte  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)



Figura 9: janela controle  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)

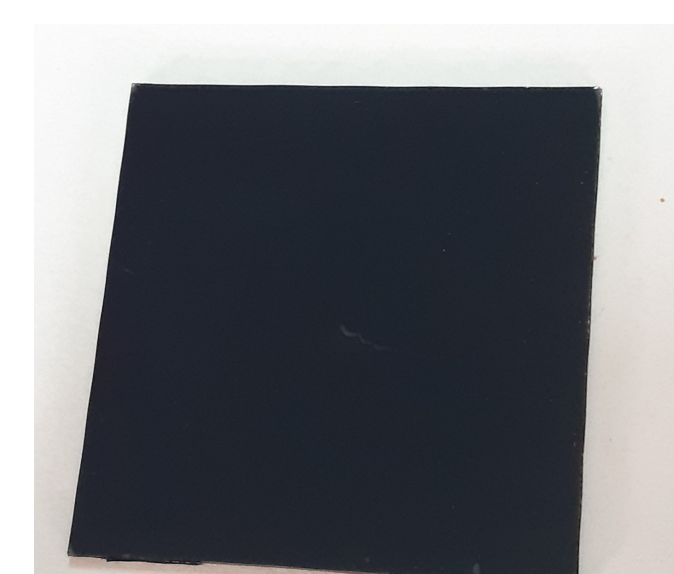


Figura 10: janela com película de insulfilm  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)

Para a realização dos testes, foram posicionados o protótipo de casa e a luminária de forma que os raios luminosos incidissem diretamente dentro da casa através da janela (Figura 11). Os testes foram realizados individualmente para cada tipo de janela, com intervalos de 10 minutos entre cada um, totalizando quatro experimentos com duração de 10 minutos para cada.



Figura 11: Janela controle  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)

## Resultados

Quando levamos em consideração os valores obtidos de luminosidade, a janela contendo a película de insulfilm obteve melhor desempenho. Porém, possui desvantagens quando comparadas às janelas inteligentes como, por exemplo, a impossibilidade de regular sua transparência. Em relação às janelas com os depósitos, observa-se um bloqueio da luminosidade de 20% (cobre-fonte) e 29% (cobre-bateria) quando comparadas com a janela controle (Gráfico 1).

Os valores de umidade tiveram pouca variação, uma vez que as análises foram feitas no mesmo dia e período para todas as janelas (Gráfico 2).

Quanto à temperatura, observa-se que os eletrodepósitos de cobre foram capazes de reduzir em quase 25% a taxa do aumento da temperatura quando comparados a janela controle e insulfilm. Este resultado pode ser explicado pelo fato do depósito do metal, que forma uma fina película no ITO, ser capaz de refletir a luz reduzindo o aquecimento interno do protótipo (Gráfico 3).

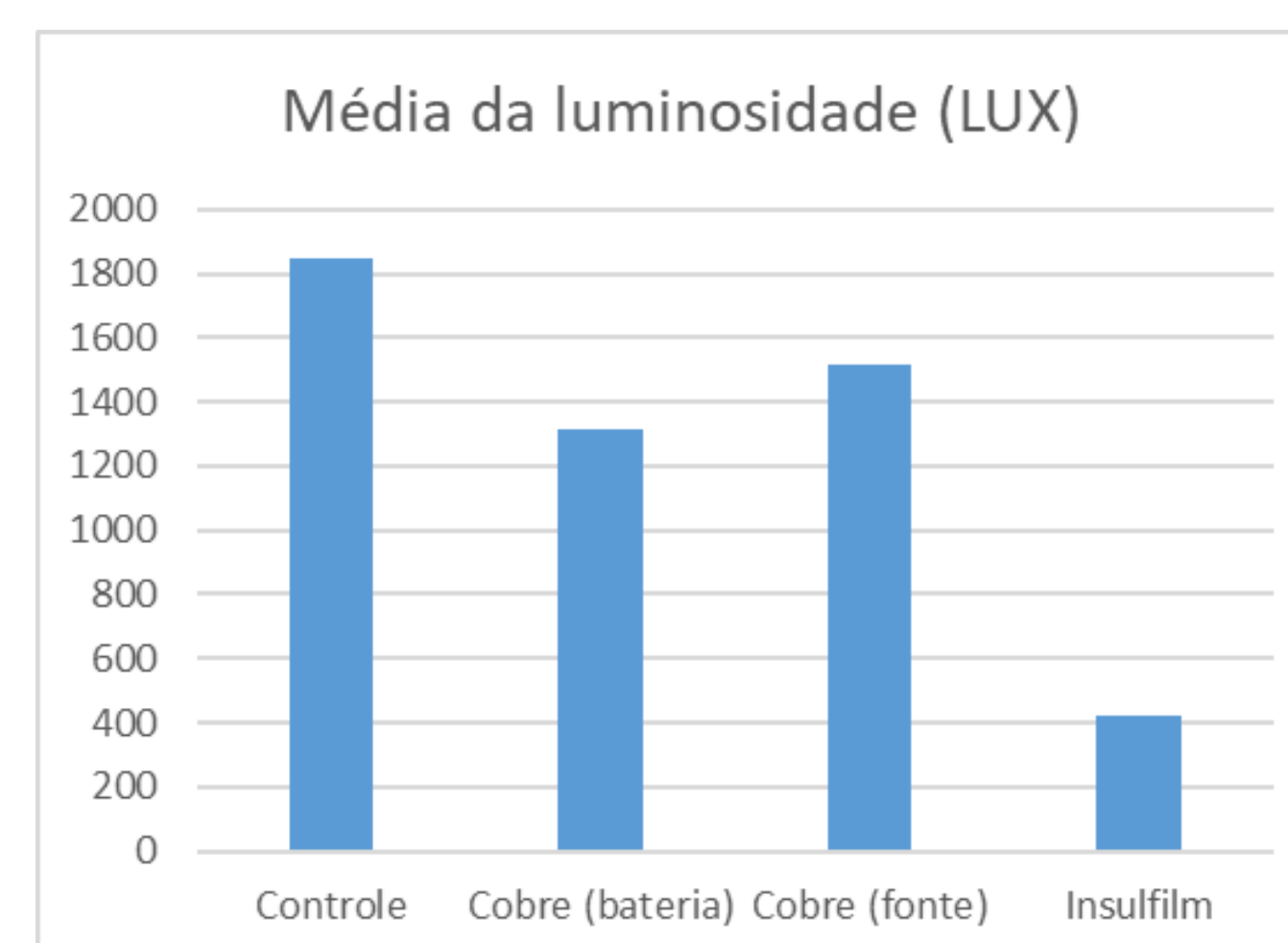


Gráfico 1: média dos valores de luminosidade para cada tipo de janela  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)

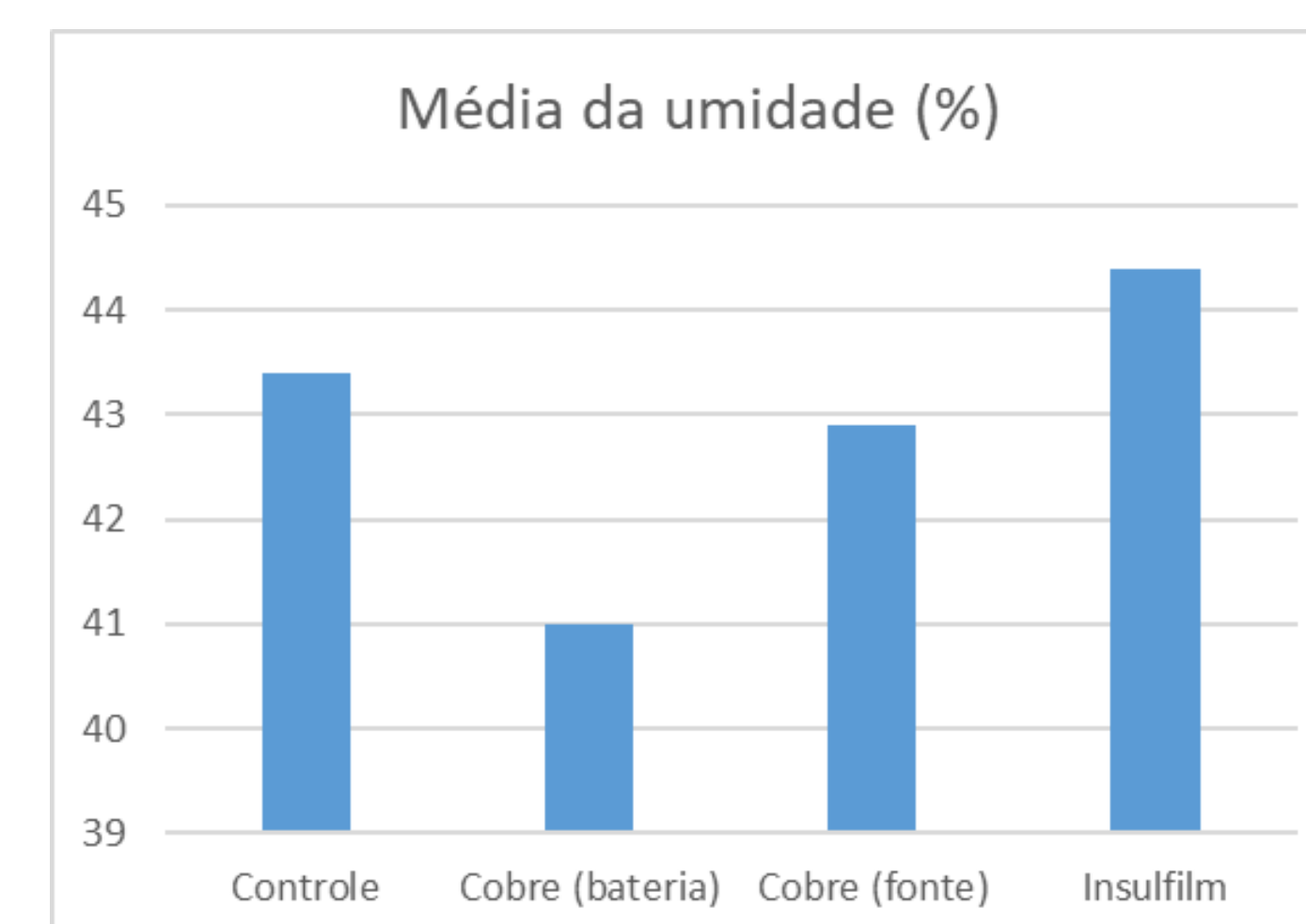


Gráfico 2: média dos valores de umidade para cada tipo de janela  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)

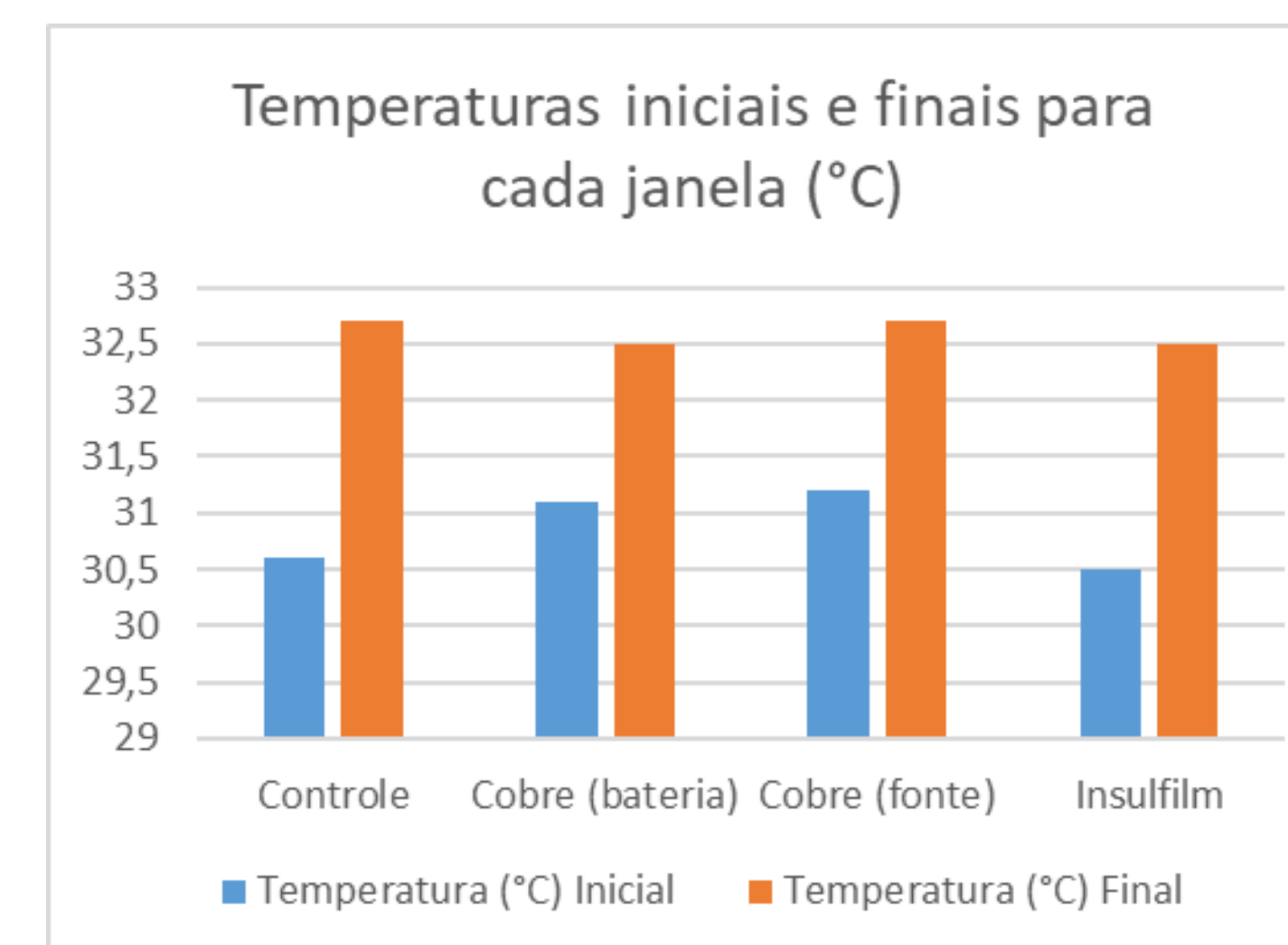


Gráfico 3: variação de temperatura para cada tipo de janela  
(Fonte: OS AUTORES, 2021)

## Conclusões

As janelas contendo os eletrodepósitos de cobre apresentaram bons resultados no bloqueio da luminosidade e na diminuição da taxa de aquecimento nos protótipos nas condições experimentais avaliadas. Estes resultados indicam a viabilidade do cobre no uso como material em janelas eletrocrômicas, de forma a garantir a diminuição do consumo de energia elétrica e, consequentemente, os gastos com dispositivos de refrigeração em ambientes internos.

## Referências

- CARRANÇA, T. **Apagão ou racionamento: 10 termos para entender a crise do setor elétrico**. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/bbc/2021/06/29/apagao-ou-acionamento-10-terminos-para-entender.htm>>. Acesso em: 26 ago. 2021.
- FRANCISCO, W. de C.e. **Energia Hidrelétrica**. Disponível em: <<https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/energia-hidreletrica.htm>>. Acesso em: 26 ago. 2021
- MONK, P. M. S. **Electrochromism and Electrochromic Materials for Displays**. In: NALWA, H. S. Handbook of Advanced Electronic and Photonic Materials and Devices. v.7: Liquid Crystals, Display and Laser Materials. Academic Press, 2001. p. 105-159.
- OLIVEIRA, Silvio C. de; TORRESI, Roberto M; TORRESI, Susana I. **Uma visão das tendências e perspectivas em electrocromismo: a busca de novos materiais e desenhos mais simples**. Química Nova, v. 23, p. 79-87, 2000.
- SILVA, E. **NodeMCU e MySQL com PHP (Parte 1)**. Youtube, 2019. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=z-PMICQhKcU&t=939s>>. Acesso em 06 agosto 2021.