

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE EXCELÊNCIA ENIAC**

**AUTORES:**

**Dr. José Eduardo Salgueiro Lima**

**Dr. Edilson Alexandre Camargo**

**Matheus Antunes**

**Miguel A. M. Andrade Neto**

**DESENVOLVIMENTO DE LUXÍMETRO 4.0 PARA ESTUDOS DE  
LUMINOSIDADE DE LÂMPADAS LED FULL SPECTRUM**

**GUARULHOS**

**2023**

# DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UM LUXÍMETRO 4.0 PARA ESTUDOS DE LUMINOSIDADE

**Resumo:** O projeto de cultivo *indoor* de hortaliças em espaço climatizado, permite maior controle, monitoramento e conseqüente facilidade no manejo dessas culturas. Na Instituição temos uma estufa de cultivo climatizada, microcontrolada com compartilhamento de dados (IoT), para possibilitar acessibilidade e controle das condições climáticas da estufa. Nesta sala de cultivo a iluminação artificial é fornecida por painel de LED *full spectrum*, e a climatização é proporcionada por ventilação de ar, possui também irrigação automática. Neste trabalho será desenvolvido um instrumento de medição (luxímetro), com baixo custo de forma a mensurar a intensidade de luz (lux) que o painel está demandando durante o fotoperíodo. O uso do Luxímetro é essencial para projetos de iluminação garantindo o nível mínimo e máximo no cultivo de plantas garantindo níveis adequados da intensidade de luz, de forma que as mesmas possam fazer o ciclo da fotossíntese de forma controlada com o envio de dados através da plataforma Blynk. Foi utilizado o sensor TSL 2561 capaz de reconhecer amplo espectro da luz visível, da luz infravermelha e UV, presentes na luz do painel de LED full spectrum. O sensor transforma a intensidade de luz que incide sobre ele em uma saída de sinal digital que é lido por uma placa tipo ESP32. A leitura dos dados em lux (lx) pode ser obtida através de uma porta serial no monitor de um computador, na tela de um display OLED ou no resgistro de dados no console da plataforma Blynk.

**Palavras-chave:** ESP32, Lux, painel de led, sensor de fluxo, TSL2561.

**Abstract:** The project for indoor vegetable cultivation in an air-conditioned space allows for greater control, monitoring and, consequently, easier management of these crops. At the Institution we have a climate-controlled cultivation greenhouse, microcontroller with data sharing (IoT), to enable accessibility and control of the greenhouse's climatic conditions. In this cultivation room, artificial lighting is provided by a full spectrum LED panel, and air conditioning is provided by air ventilation and automatic irrigation. In this work, a low-cost measuring instrument (lux meter) will be developed to measure the light intensity (lux) that the panel is demanding during the photoperiod. The use of the Luxmeter is essential for lighting projects, ensuring the minimum and maximum level in plant cultivation, ensuring adequate levels of light intensity, so that they can carry out the photosynthesis cycle in a controlled manner by sending data through the platform Blynk. The TSL 2561 sensor module was used,

capable of recognizing a broad spectrum of visible light, infrared light and UV light, present in the light from the full spectrum LED panel. The sensor transforms the intensity of light that falls on it into a digital signal output that is read by an ESP32 type board. Data reading in lux (lx) can be obtained through a serial port on a computer monitor, on the screen of an OLED display or in the data record in the Blynk platform console.

**Keywords:** ESP32, lux, led panel,

## I. INTRODUÇÃO

A instituição de ensino na qual estamos realizando este trabalho tem um projeto de uma horta de cultivo *indoor*, denominado HORTA 4.0, trata-se de uma de uma estufa de cultivo climatizada, automatizada com compartilhamento de dados (IoT), através de um microcontrolador MH 4.0 v.2.0, baseado numa placa ESP32, para possibilitar acessibilidade e controle dos parâmetros da horta indoor 4.0. A estufa tem iluminação artificial fornecida por lâmpadas LED *full spectrum*, climatização de ar, irrigação automática O luxímetro é um instrumento que faz a medição da unidade lux, através de um sensor óptico, indicador de leitura e escala apropriada para cada ambiente. A luz (lux) que chega ao luxímetro, deve fazê-lo em perpendicular, de modo a atingir sensor óptico, ele utilizar unidade de medida é o lux, sendo que um lux corresponde a um watt por metro quadrado ( $1 \text{ lux} = 1 \text{ W/m}^2$ ). Segundo a Master Plants, 2020, o parâmetro ideal para a agricultura *indoor*, em termos de iluminação, não é o lux ou lumens, mas o PAR (Photosynthetically Active Radiation) ele é o parâmetro mais adequado, ele dispõe sobre os fótons que são úteis para fotossíntese primordialmente contidos numa faixa de Luz que chamamos de LUZ PAR, que pode ser entendida como a radiação ativa para a fotossíntese. Segundo Lisun Group, 2016, a faixa de comprimento de onda de radiação fotossinteticamente ativa, está aproximadamente na faixa de 300nm a 800nm. Ainda segundo Lisun Group, 2016 o PPF, nos dá uma medida da luz total (fótons) emitida por uma fonte de luz a cada segundo. O PPF nos diz quanto PAR é emitido por uma fonte de luz. Medido em "micromoles por segundo" e expresso em  $\mu\text{moles} / \text{segundo}$ . Segundo a Master Plants, 2020. um parâmetro importante para o cultivo indoor é o PPFD que significa "Densidade de Fluxo de Fótons Fotossintéticos". Para entender melhor: o PPFD é um termo que se refere à densidade (intensidade) da luz que de fato é útil para fotossíntese das plantas. Sabe-se que todos os fótons existentes na luz são úteis para fotossíntese das plantas. E o PPFD serve para medir exatamente a intensidade daqueles fótons que são úteis para a fotossíntese, ou seja: são esses fótons que precisamos fornecer para que as plantas atinjam o máximo desenvolvimento possível. Neste trabalho faremos um estudo de forma a estabelecer uma

relação entre a medida de lux através de luxímetro de baixo custo com o parâmetro PPDF, com o parâmetro PPDF de uma lâmpada de led full spectrum de PPDF conhecido.

## II. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver um luxímetro de baixo custo de forma a medir a intensidade de luz (lux) de um ambiente de cultivo *indoor* e relacionar com o PPDF necessário.

Assim são objetivos específicos deste trabalho:

- Medir a luminosidade em lux (lx) para lâmpadas de led full spectrum de luminosidade conhecida
- Estabelecer uma correlação entre valores medidos e valores conhecidos de luminosidade.
- Procurar estabelecer uma relação entre a medida de lux (lx) através de um luxímetro de baixo custo com o parâmetro PPDF de uma lâmpada de led full spectrum de PPDF conhecido.

## III. METODOLOGIA

Inicialmente será construído um protótipo em caixa acrílica, que irá conter o instrumento de medição para uma posterior confecção de uma caixa em impressão 3D, utilizando-se o polímero PLA (poliácido láctico), é um termoplástico biodegradável de origem natural e de fontes renováveis, como amido de milho ou cana-de-açúcar, apresenta facilidade de impressão, uma vez que não é necessário ter mesa aquecida e pode ser impresso em máquinas abertas (3DLAB, 2023). Optou-se pela execução da caixa em impressão 3D, devido a facilidade de obtenção, tendo em vista que a instituição possui diversas máquinas no centro prototipagem.

Será utilizada a placa ESP32, conforme Figura 1, desenvolvida pela Espressif System, essa placa irá estabelecer a conexão entre o sensor de luz e a plataforma Blynk IO.

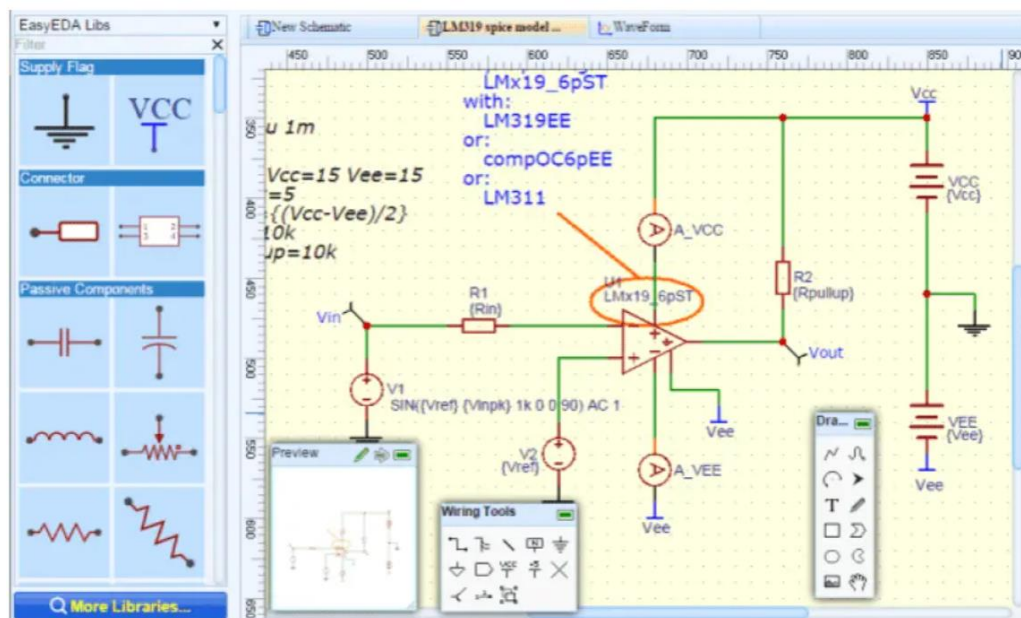
**Figura 1: Placa ESP32 desenvolvida pela Espressif**



Utilizou-se a IDE Arduino com linguagem C++, a comunicação com a internet é estabelecida através da plataforma Blynk, sendo assim pode-se observar o valor da intensidade de luz em lux em celular ou notebook, num conceito alinhado com o conceito 4.0.

Para desenvolver o circuito do luxímetro utilizou-se o software EasyEDA versão Standard Edition Free online, a ferramenta EasyEDA, oferece um ecossistema online completo para desenvolver circuitos eletrônicos, permitindo criar esquemáticos, realizar simulações, rotear placas de circuito impresso (PCB) e até fabricar PCBs através do sistema. Além disso, a ferramenta promove a colaboração, permitindo que os projetos sejam compartilhados e modificados pela comunidade de usuários (AMARAL, 2015). Na Figura 2 pode-se observar a tela do EasyEDA na elaboração de um circuito genérico.

**Figura 2 – Exemplo de tela do Easy EDA no desenvolvimento de um circuito qualquer**



Fonte: AMARAL, 2015

O módulo sensor de luz que foi utilizado no projeto é o TLS2561, fabricado pela Texas Advanced Optoelectronic Solutions Inc. (TAOS), é um conversores de luz para digital que transformam a intensidade da luz em sinal digital. Eles são úteis para uma variedade de aplicações, incluindo o gerenciamento de iluminação em displays e dispositivos eletrônicos. Esses dispositivos oferecem alta resolução e podem ser usados para controlar automaticamente o brilho da tela, economizando energia da bateria. Eles também podem ser aplicados em outras áreas, como controle de luz de rua, segurança, captura de luz solar e visão de máquina (TAOS,2009). Na tabela 1 são mostradas as principais características especificações do sensor TSL2561.

**Tabela 1 – Características e especificações do módulo TSL2561**

<b>Característica</b>	<b>Especificação</b>
Tensão de operação	2,7-3,6V;
Temperatura	-30° à 70°C;
Corrente utilizada	0,24 à 0,6mA;
Faixa de medição	0,1-40.000 Lux;
Interface	I2C.
Endereço I2C	0x39, 0x29, 0x49 (seleccionáveis com jumper)
Dimensões	19 x 16mm

Fonte: CURTO CIRCUITO, 2023 (ADAPTADO TAOS 2009)

Na Figura 3 pode-se observar o módulo sensor TSL 2561 utilizado no desenvolvimento do luxímetro.

**Figura 3 – Módulo sensor de luz TLS 2561 utilizado no projeto**



Fonte: Autor, 2023

Para o *display* foi utilizado o Oled branco 0,96” cuja foto pode ser observada na figura 4 a seguir.

**Figura 4 – Display Oled branco 0,96” utilizado no projeto**



Fonte: Autor, 2023

O *display* foi utilizado Oled branco 0,96” apresenta as características técnicas conforme a

Tabela 2 a seguir:

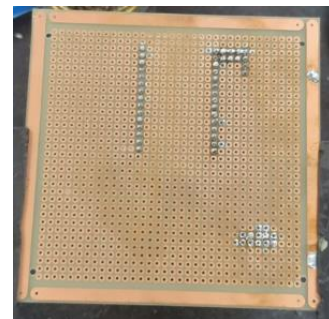
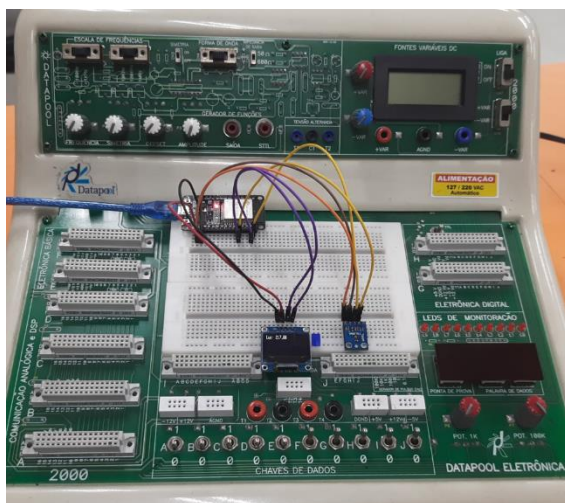
Tabela 2 – Características do display Oled 0,96” Branco

Característica	Especificação
Controlador	SSD1306;
Tensão de trabalho	3,0 à 5,0V;
Tensão lógica	3,3 - 5,0V;
Potência Máxima	80 mW;
Resolução	128x64 pixels;
Ângulo de Visão	160 Graus;
Interface	I2C;
Caracter	Branca
Driver	SSD1306;
Dimensão do visor	1,90 x 2,73 cm (C x L);
Dimensão total	2,78 x 2,73 x 0,41 cm (C x L x A);

Fonte: Autor, 2023

Para o desenvolvimento utilizou-se a protoboard de 830 pontos e no desenvolvimento utilizou-se placa “ilhada” dupla face com ligações através de trilhas de solda de estanho conforme pode-se observar na Figura 5, sendo que à esquerda observa-se a protoboard de 830 pontos de desenvolvimento e a direita a placa ilhada dupla face com as trilhas de solda de estanho já aplicadas.

Figura 5 - À esquerda observa-se a protoboard de 830 pontos de desenvolvimento e à direita a placa ilhada de dupla face com as trilhas de solda de estanho já aplicadas.



Fonte: Autor, 2023

A alimentação do luxímetro será totalmente realizada por uma fonte externa de 3V/1A, foi

utilizado um diodo 1N4007 para proteção dos componentes do circuito especialmente a placa microcontroladora ESP32.

Para se calibrar e medir a luminosidade obtida pelo luxímetro será utilizada uma caixa de isopor acoplada a um tubo de isopor, no fundo da caixa será colocado o sensor e no topo do tubular de isopor será colocada a lâmpada full led spectrum de 28 W E27 com as seguintes características:

- Espectro total: 15Vermelho + 7Azul + 2Branco + 2Warm + 1IR + 1UV
- Lumens:2600

#### IV. DESENVOLVIMENTO

O trabalho foi desenvolvido no FABLAB do CITIG DO Centro Universitário de Excelência ENIAC, por alunos da iniciação científica e pesquisadores do Núcleo de Pesquisas Aplicadas. O desenvolvimento de um luxímetro de baixo custo surgiu da necessidade de se medir a luminosidade de lâmpadas de *led full spectrum* utilizadas no projeto de mesma instituição denominado Horta *indoor* 4.0, onde se analisa o crescimento de plantas em salas de cultivo com iluminação artificial através de lâmpadas ou painéis de led full spectrum.

Neste contexto iniciou-se escolhendo o sensor de luz mais adequado ao projeto levando-se em consideração questões de custo x benefício o que resultou na escolha do módulo sensor TSL2561, especificado no item III metodologia, a partir daí iniciou-se o desenvolvimento da programação através do IDE Arduino para programar a placa ESP 32, em linguagem C++, sendo que um fragmento dela é mostrado na Figura 6 a seguir

**Figura 6 – Fragmento do programa do luxímetro em linguagem C++**

```
//PROGRAMA PARA LUXÍMETRO COM SENSOR DE LUX
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2gyqqPQOQ"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Luxímetro"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "6FXvSf-ptyty8YDgpoGleKWNgzhW7mzS"
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.
char ssid[] = "LOGIN";
char pass[] = "SENHA";

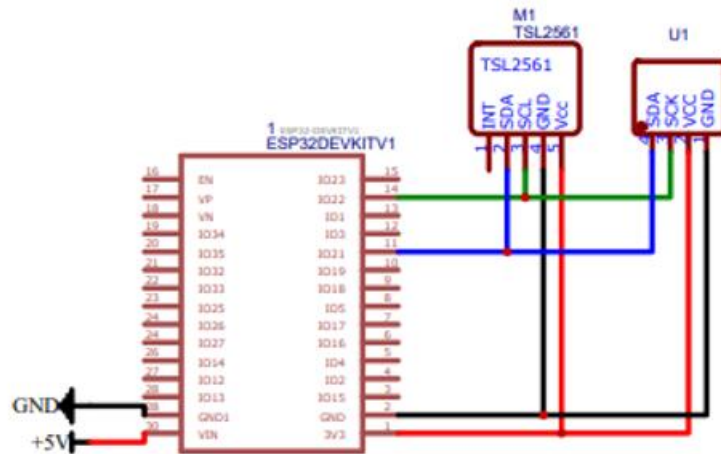
/*****
*****/
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_TSL2561_U.h>

#ifdef ESP32
#define WIRE Wire
```



O diagrama do luxímetro foi desenvolvido através do software, conforme pode-se observar na Figura 7.

**Figura 7 – Diagrama do luxímetro desenvolvido através do software EasyEDA**



Fonte: Autor, 2023

Com essas etapas realizadas procedeu-se com a montagem da placa ilhada estabelecendo-se primeiramente Figura as trilhas de acordo com o diagrama da figura 7, conforme pode-se observar na Figura 8.

**Figura 8 – Trilhas de solda sendo colocadas sobre a placa ilhada através de cordões de solda de estanho**



Fonte: Autor, 2023

Em seguida procedeu-se com a soldagem de terminais e o diodo de proteção do circuito, sobre a placa com as trilhas estabelecidas, conforme a Figura 9

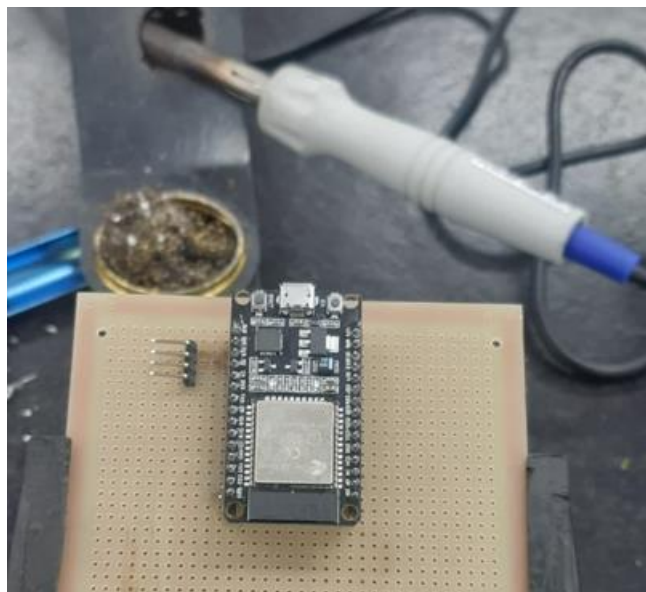
**Figura 9 – Soldagem dos terminais e borne na placa ilhada, observa-se o diodo de proteção de sobre tensão.**



Fonte: Autor, 2023

A placa ESP32, com a programação carregada é montada sobre os terminais, para verificação de dimensões e encaixe, conforme mostra a Figura 10.

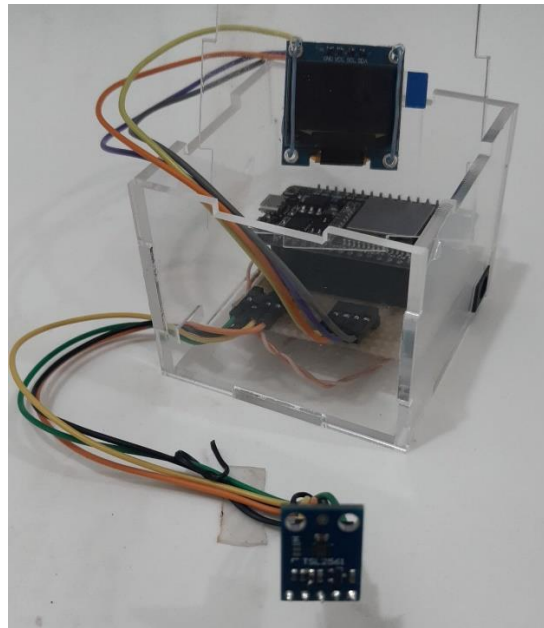
**Figura 10 – A placa ESP 32 é encaixada nos terminais soldados na placa**



Fonte: Autor, 2023

Feita essa verificação a placa ´cortada de forma a se encaixar na caixa de acrílico que foi desenhada o sensor de luz TSL2561 é acoplado no chicote com os terminais, da mesma forma o *display* Oled é fixado na placa superior da caixa de acrílico, e a furação para passagens de chicotes e instalação da conexão Jack fêmea, conforme pode-se observar na Figura 11.

Figura 11- Montagem dos chicotes do sensor e do display Oled, furação e instalação da conexão Jack fêmea para alimentação



## V. RESULTADOS

As medidas realizadas no dispositivo levando-se em consideração as diferentes distâncias (10 cm, 20cm e 25 cm foram as seguintes:

Distância (cm)	Luminosidade (lx)
10	31730
20	9665
25	4300
30	2300

Esses resultados não são conclusivos quanto a relação entre lux e lumens dado pela especificação da lâmpada, são necessários mais ensaios inclusive dentro da estufa para se adotar uma relação entre as duas grandezas e proceder uma calibração do aparelho.

Quanto

## VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto mostrou a possibilidade de se construir um luxímetro de baixo custo no entanto a calibração e o procedimento de medidas necessita ser aprimorado para que se possa confiar nos dados obtidos, a comparação com instrumentos calibrados se faz necessária.

## VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3DLAB (Betim - Mg). **PLA: tudo o que você precisa saber sobre o filamento PLA**. Disponível em: <https://3dlab.com.br/pla-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-filamento-pla/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

AMARAL, Haroldo. **EasyEDA – Simulador de circuitos on-line**. 2015. Disponível em: <https://embarcados.com.br/easyeda/>. Acesso em: 29 set. 2023.

CURTO CIRCUITO (Brasil). **Sensor de Luminosidade TSL2561**. Disponível em: <https://curtocircuito.com.br/sensor-de-luminosidade-tsl2561.html>. Acesso em: 26 set. 2023.

LISUN GROUP (Hong Kong). **O que são PAR, PPF, PPFd e como fazer a medição**. 2016. Disponível em: <https://pt.lisungroup.com/not%C3%ADcia/not%C3%ADcias-de-tecnologia/sobre-par-ppf-e-ppfd.html>. Acesso em: 10 set. 2023.

MASTER PLANTS. **O que é DLI e PPFd? Qual a sua relação e importância em cultivos?**2020. Disponível em: <https://masterplants.com.br/o-que-e-dli-e-ppfd-qual-a-sua-relacao-e-importancia-em-cultivos/>. Acesso em: 10 set. 2023.

TAOS (USA-Texas). **TSL2561 Datasheet (PDF) - TEXAS ADVANCED OPTOELECTRONIC SOLUTIONS**. Plano - Texas: Taos [Texas Advanced Optoelectronic Solutions], 2009. 42 p. Disponível em: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/203054/TAOS/TSL2561.html>. Acesso em: 28 set. 2023.