

**FACULDADE DE TECNOLOGIA FATEC
SANTO ANDRÉ**

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

**SISTEMA DE MONITORAMENTO DE LÂMPADA
AUTOMOTIVA COM ALERTA DE PREVISÃO DE
QUEIMA**

LEONARDO CRESPO

RAFAEL DE BARROS GOMES

THIAGO DOS SANTOS

Santo André - SP

2019

FACULDADE DE TECNOLOGIA FATEC SANTO ANDRÉ

Tecnologia em Eletrônica Automotiva

SISTEMA DE MONITORAMENTO DE LÂMPADA AUTOMOTIVA COM ALERTA DE PREVISÃO DE QUEIMA

LEONARDO CRESPO

RAFAEL DE BARROS GOMES

THIAGO DOS SANTOS

Trabalho de conclusão de curso entregue à Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Orientador: Paulo Tetsuo Hoashi

Santo André - SP

2019

FICHA CATALOGRÁFICA

C921s

Crespo, Leonardo

Sistema de monitoramento de lâmpada automotiva com alerta de previsão de queima / Leonardo Crespo, Rafael de Barros Gomes, Thiago dos Santos. - Santo André, 2019. – 63f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.

Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2019.

Orientador: Prof. Paulo Tetsuo Hoashi

1. Eletrônica. 2. Monitoramento. 3. Queima. 4. Lâmpada automotiva. 5. Sistemas eletrônicos. 6. Software. 7. Tecnologia. 8. Automóveis. I. Gomes, Rafael de Barros. II. Santos, Thiago dos. III. Sistema de monitoramento de lâmpada automotiva com alerta de previsão de queima.

629.2

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 29 DE JUNHO DE 2019.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "SISTEMA
DE MONITORAMENTO DE LÂMPADA AUTOMOTIVA COM
ALERTA DE PREVISÃO DE QUEIMA" DOS ALUNOS DO 6º
SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. PAULO TETSUO HOASHI

MEMBROS:

PROF. FERNANDO GARUP DALBO

SR. CAIO ROBERTO DOS SANTOS

ALUNOS:

LEONARDO CRESPO

RAFAEL DE BARROS GOMES

THIAGO DOS SANTOS

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaríamos de agradecer ao professor Paulo Tetsuo Hoashi, que nos forneceu toda a sua vasta sabedoria e paciência, mostrando que o conhecimento é uma ferramenta de transformação da sociedade, que mudou o nosso jeito de planejar as responsabilidades e de encarar os desafios, assim com isso, obtivemos a conclusão do projeto.

Gostaríamos de agradecer ao professor Fernando Garup Dalbo, que sempre manteve um aspecto feliz e descontraído, em administrar e lecionar uma matéria que para muitos só o nome já assusta. Agradecemos pelo incentivo e encorajamento fornecido nas aulas.

Gostaríamos de agradecer ao engenheiro João Guilherme Sonogo, pela gentileza de fornecer dados cruciais sobre o conteúdo teórico deste trabalho, ao professor Luiz Roberto Kanashiro por disponibilizar o contato do funcionário da Philips e para Valdemir Leandro de Melo, agradecemos pela ajuda prestada pelo material fornecido na montagem dos protótipos de testes.

Gostaríamos também de agradecer a FATEC Santo André pela experiência de vida e mostrar que é para poucos se formar em uma faculdade pública e reconhecida pela qualidade dos formandos.

RESUMO

As lâmpadas automotivas são de grande importância no ramo automotivo, pois sem elas os condutores não conseguiriam identificar as ações dos outros veículos, como por exemplo, iluminar e mudar de faixa, aviso da utilização do freio, sinalizar pedestres. Devido à Lei 13290/16, implementada em 23 de maio de 2016, modifica o Art.40 do código de trânsito brasileiro e diz: “o condutor manterá acesos os faróis do veículo, utilizando luz baixa, durante a noite e durante o dia, nos túneis providos de iluminação pública e nas rodovias”, ou seja, a utilização das lâmpadas do veículo estarão em funcionamento a todo instante, dia e noite. O projeto consiste em um *software* criado para avisar o motorista que a vida útil de uma lâmpada automotiva presente no veículo está para queimar, apresentando o histórico de lâmpadas incandescentes, equipamentos utilizados e seus conceitos de funcionamento.

Palavras chaves: Lâmpadas automotivas, vida útil, *software*.

ABSTRACT

Automotive lamps are of great importance in the automotive industry, because without them drivers would not be able to identify the actions of the vehicles, such as lighting and changing lanes, warning of the use of the brake and signal pedestrians. Due to Law 13290/16, implemented on May 23, 2016, modifies Art.40 of the Brazilian traffic code and says: "the driver will keep the vehicle's headlights on, using low light, during the night and during the day in the tunnels, provided public lighting and on the highways ", meaning the use of the vehicle's lamps are running at all times of day. The project consists of a system designed to warn the driver that the lifespan of an automotive lamp present on the vehicle is going to burn, presenting the history of incandescent bulbs, equipment used and their concepts of operation.

Keywords: Automotive lamps, lifespan, *software*.

***“Assim como os pássaros,
precisamos aprender a superar os
desafios que nos são apresentados,
para alçarmos voos mais altos”.***

Dirk Wolter

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Thomas Edison.....	14
Figura 02: Ilustração veicular das lâmpadas presentes na região dianteira.....	17
Figura 03: Ilustração veicular das lâmpadas presentes na região traseira.....	17
Figura 04: Painel veicular moderno.....	18
Figura 05: Componentes necessários para funcionamento de uma lâmpada.....	19
Figura 06: Corpo de uma lâmpada com um polo.....	19
Figura 07: Corpo de uma lâmpada com dois polos.....	20
Figura 08: Análise do filamento lâmpada nova e usada.....	21
Figura 09: Filamento rompido por sobrecarga.....	22
Figura 10: Filamento rompido por excesso de pressão.....	22
Figura 11: Lâmpada com vazamento de gás.....	24
Figura 12: Placa do luxímetro.....	26
Figura 13: Arquitetura do luxímetro.....	27
Figura 14: Lâmpada de seta veicular.....	28
Figura 15: Esquema elétrico da placa simulação de seta.....	29
Figura 16: Placa de simulação de seta.....	29
Figura 17: Placa Arduino.....	30
Figura 18: Placa <i>Datalogger</i>	30
Figura 19: Coleta de dados do <i>Datalogger</i> em conjunto com Arduino.....	31
Figura 20: Vista frontal do protótipo de testes modo contínuo.....	32
Figura 21: Vista frontal do protótipo de testes modo seta.....	32
Figura 22: Protótipo montado.....	33
Figura 23: Coleta de dados no primeiro dia.....	34
Figura 24: Coleta de dados no décimo primeiro dia.....	34
Figura 25: Coleta de dados no último dia.....	34
Figura 26: Coleta de dados no primeiro dia.....	35
Figura 27: Coleta de dados no nono dia.....	35
Figura 28: Coleta de dados no primeiro dia.....	37
Figura 29: Coleta de dados no trigésimo quinto dia.....	37

Figura 30: Fluxograma para desenvolvimento do <i>software</i>	39
Figura 31: Placa ECU.....	40
Figura 32: Funcionamento da comunicação I2C.....	41
Figura 33: Diagrama em blocos da leitura do dado.....	41
Figura 34: Esquema elétrico de ligação entre luxímetro e placa ECU.....	42
Figura 35: Placa de ligação entre luxímetro e placa ECU.....	43
Figura 36: <i>Pickit</i>	43
Figura 37: <i>Pickit Programmer</i>	44
Figura 38: Esquema elétrico placa simuladora de desempenho luminoso.....	45
Figura 39: Placa simuladora de desempenho luminoso.....	45
Figura 40: Monitoramento desligado.....	46
Figura 41: Monitoramento ligado.....	47
Figura 42: Lâmpada sem eminência de queima.....	47
Figura 43: Primeiro aviso de eminência da queima.....	48
Figura 44: Segundo aviso de eminência da queima.....	48
Figura 45: Aviso de lâmpada queimada.....	49
Figura 46: Giga de teste.....	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PIC - Componente eletrônico capaz de armazenar dados programáveis (microcontrolador)

°C - Unidade de medida de graus Celsius

XIX - Algarismo romano representando século 19

W - Unidade de medida para potência elétrica

V - Unidade de medida para tensão elétrica (Volts)

LCD - Liquid Crystal Display

Lux - Unidade de iluminamento ou iluminância

USB - Universal Serial Bus

DATASHEET: Documento que especifica o esquema elétrico do funcionamento de um componente eletrônico

CLOCK - Relógio

I2C - Inter Integrated Circuit Bus

MASTER - Mestre

SLAVE - Escravo

SDA - Serial data

SCL - Serial Clock

ACK - Acknowledge

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: Análise de vida útil da lâmpada com o aumento de tensão.....	23
Gráfico 02: Análise simples de vida útil da lâmpada com o aumento de tensão.....	23
Gráfico 03: Análise do tempo de vida útil da lâmpada em porcentagem.....	25
Gráfico 04: Curva de <i>Weibull</i> projetada pelo teste modo pausado.....	34
Gráfico 05: Curva de <i>Weibull</i> projetada pelo teste modo contínuo.....	35
Gráfico 06: Projeção correta da Curva de <i>Weibull</i>	36
Gráfico 07: Curva de <i>Weibull</i> projetada pelo teste modo seta.....	38
Gráfico 08: Curva de <i>Weibull</i> do projeto.....	46

Sumário

1. Introdução	13
1.1 Objetivo	13
1.2 Motivação	14
1.3 Metodologia e estrutura do trabalho	14
2. História da lâmpada incandescente	15
2.1 História da lâmpada no ramo automotivo	16
2.2 A evolução das lâmpadas tradicionais	17
3. Aspectos físicos das lâmpadas automotivas	19
3.1 Lâmpada 1 polo	20
3.2 Lâmpada 2 polos	21
4. Metodologia de identificação de queima da lâmpada	21
4.1 Rompimento do filamento	22
4.2 Processo de vazamento do gás	25
4.3 Curva de Weibull	26
5. Componentes para início dos testes	26
5.1 Luxímetro	27
5.1.1 Funcionamento do Luxímetro	28
5.2 Lâmpada de seta	29
5.3 Placa de simulação de seta veicular	29
5.4 Arduino	30
5.5 <i>Datalogger</i>	31
5.6 Protótipo de testes	32
6. Início dos Testes	34
6.1 Coleta de dados	34
6.2 Criação do <i>Software</i>	39
6.2.1 Comunicação serial I2C	42
6.3 Processo de gravação do <i>software</i>	44
7. Software finalizado	45
8. Considerações finais	51
8.1 Propostas futuras	52
9. Referências	53
10. Apêndices	55

1. Introdução

As lâmpadas tiveram grandes avanços tecnológicos com o passar das décadas, já que nos primórdios eram utilizados lampiões a gás para iluminar os locais, nos quais eram muito perigosos e poluentes ao meio ambiente. Claramente a invenção das lâmpadas incandescentes foi um marco na história das criações do tempo moderno, já que hoje, presenciamos uma enorme evolução na tecnologia das mesmas, como a criação das lâmpadas de led, que não existiriam sem o conceito das lâmpadas incandescentes.

Falando nas lâmpadas automotivas, vale salientar que esse simples item veicular sem a devida manutenção, pode ocasionar grandes riscos para o condutor e para os presentes passageiros do automóvel, pois ela não é utilizada apenas para a iluminação de estradas e ruas, mas também para sinalizar veículos, pedestres e ciclistas da possível manobra que o motorista deseja efetuar, que para muitos, é reconhecida pela luz de sinalização traseira com a intenção de frear o automóvel e mudanças de faixas ou ruas com a lâmpada de seta.

1.1 Objetivo

Com o intuito de prevenir acidentes e conseqüentemente devido a mudança das leis de trânsito nas estradas (lei 13290/16) referente ao uso de lâmpadas, no que tange ao aspecto de trafegar com farol baixo durante o dia, torna-se necessário um dispositivo que avise ao motorista com antecedência a queima eminente de determinada lâmpada para faróis alto, baixo, lanternas e as setas. Com isto, um dispositivo que realize tal tarefa, de maneira visual através de um display *LCD* e led's que avisem ao condutor as condições das lâmpadas. Este projeto visa utilizar o conhecimento de técnicas de programação e eletrônica digital e analógica, para a implementação de um sistema e *hardware* de alerta antecipado da queima de lâmpadas do sistema de iluminação ou sinalização de um automóvel de classe popular.

1.2 Motivação

Ao trafegar pelas ruas ou estradas se nota muitos automóveis com faróis e luzes de posição ou sinalização irregulares, simplesmente pelo fato do motorista não levar a sério este item que é de extrema importância para sua segurança e de terceiros, assim sendo, os automóveis populares deveriam possuir um sistema de aviso antecipado da queima das lâmpadas.

1.3 Metodologia e estrutura do trabalho

O conteúdo deste trabalho será dividido nas seguintes etapas:

- * Histórico das lâmpadas incandescentes;
- * Defeitos visualmente aparentes e por meio de gráfico;
- * Montar um protótipo de testes com Arduino Uno;
- * Realizar monitoramento de corrente e luminosidade da lâmpada;
- * Realizar testes com tensão contínua, pulsante e por sobretensão;
- * Fazer aquisição de dados e montar gráfico com os resultados.
- * Colocar os resultados da pesquisa em um programa que monitore e alerte o motorista da necessidade da troca da lâmpada;

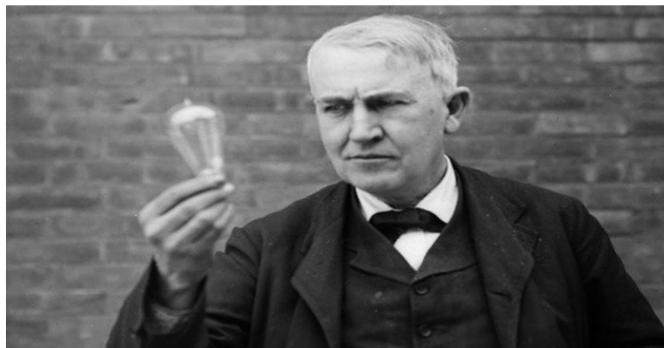
2. História da lâmpada incandescente

O projeto de desenvolvimento da criação da lâmpada passou por diversos cientistas que contribuíram nos estudos, mas foi o cientista norte-americano Thomas Edison o criador das lâmpadas incandescentes.

Segundo Silva (2004), o grande desafio para Edison era fazer o filamento aguentar no momento que passasse corrente elétrica. Depois de vários testes e estudos, Thomas Edison utilizou um filamento fino de carvão a alto vácuo, que conseguiu aguentar e produzir a luz tão desejada e comparado aos tempos atuais, que é utilizado o filamento de tungstênio.

“O filamento de tungstênio é um metal de cor branca, ou cinza e sob condições de padrão, quando não combinado, o tungstênio é encontrado na natureza apenas combinado com outros elementos”. (Silva, 2004).

Figura 01: Thomas Edison



Fonte: Guilherme Pavan Lopez - 2018

Uma das características da lâmpada aprimorada por Thomas Edison que se mantém até hoje é o elevado aquecimento. Seu filamento opera em temperaturas superiores a 2.000 °C e apenas 10% da eletricidade consumida pela incandescente é convertida em luz, o restante se transforma em calor, tornando a lâmpada hoje uma das menos eficientes do mercado. Seu rendimento é de aproximadamente 2,5 lúmens por watt nas lâmpadas de filamento de carbono, e 25 lúmens por watt nas de filamento de tungstênio. Para aumentar seu fluxo luminoso, depois de patenteada à invenção, os fabricantes passaram a produzir incandescentes de 120 V,

mas a mudança não foi bem recebida pela população nem pela imprensa que pressionaram a indústria para que as lâmpadas retornassem aos 127 V habituais, tensão nominal utilizado até nos dias atuais em qualquer residência. (Silva, 2004).

2.1 História da lâmpada no ramo automotivo

Segundo a Philips (2017), na década de 1920, com a criação das lâmpadas de duplo filamento com intuito de solucionar o problema dos faróis *Celebs*, que não tinham regulagem e eram pouco eficientes. O motorista poderia escolher farol alto e baixo com a de duplo filamento.

“Para a década de 1960, as lâmpadas halógenas chegaram como novidade no mercado, porque conseguiam iluminar o dobro das lâmpadas de décadas anteriores”. (Philips, 2017).

Segundo a Philips (2017), na década de 1990, as lâmpadas xênon e halógenas super branco foram implementadas, que conseguem iluminar até três vezes mais que uma lâmpada comum automotiva. As lâmpadas xênon trabalham em conjunto com um reator eletrônico, que tem a função de transformar os 12V fornecidos pela bateria do veículo em 25000V só para “partida” da lâmpada, apenas para ionizar o gás xenônico por alguns segundos e depois estabelece uma tensão constante de 80V por 300Hz.

Segundo a Philips (2017), por fim, na década de 2000, as lâmpadas de LED chegaram para revolucionar a iluminação do ramo automotivo e residencial, que por sinal, as lâmpadas de LED conseguem iluminar muito bem e com um decréscimo considerável de consumo de energia.

2.2 A evolução das lâmpadas tradicionais

Os primeiros condutores de automóveis não se atreviam a grandes viagens à noite, pois a fragilidade dos motores daquele tempo não era convidativa a aventuras noturnas. As formas de se iluminar uma estrada escura ou de verificar que pedestres estavam presentes na via eram por meio de velas e lampiões, pois os meios de transporte da época eram carroças movidas a cavalos, onde o cocheiro despunha a ação de encaixar o lampião na posição que ficasse em bom ângulo para a iluminação.

Com o passar dos anos e a tecnologia sendo evoluída a cada momento, veículos da atualidade possuem vários tipos de lâmpadas para sinalização e iluminação, dentre elas faróis de luz baixa e alta, faróis auxiliares, conhecidos como milha ou neblina e luzes diurnas. Para a de sinalização, temos as lâmpadas de setas, momento de freio e estacionamento, sinalizadores laterais de direção, principalmente as lâmpadas usadas por veículos públicos para identificar emergência (viaturas e ambulâncias), como exemplo a lei do Contran 667/2017.

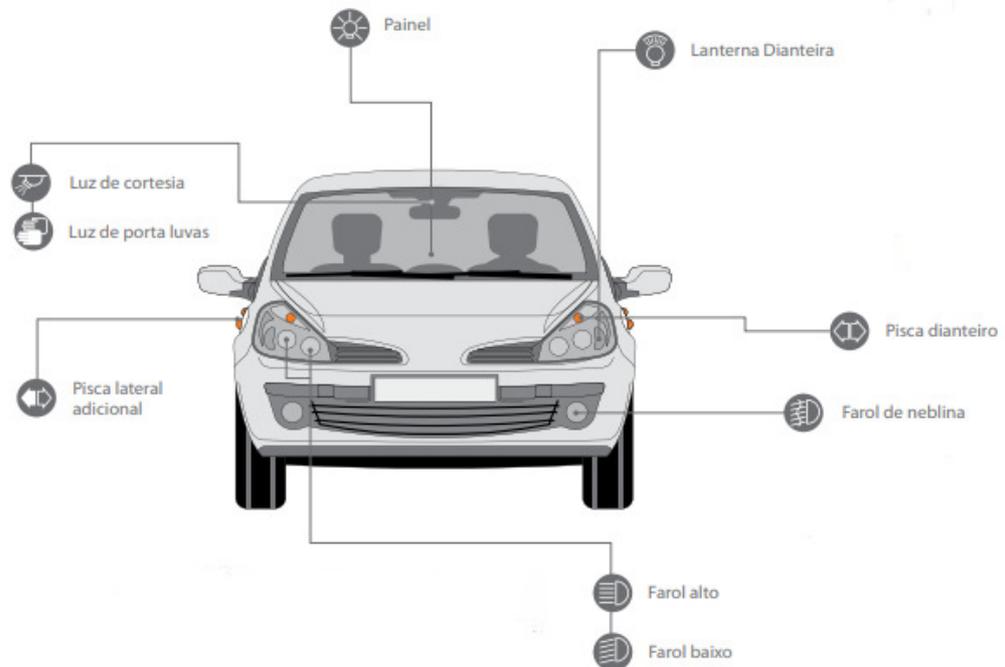
Estabelece as características e especificações técnicas dos sistemas de sinalização, iluminação e seus dispositivos aplicáveis a automóveis, camionetas, utilitários, caminhonetes, caminhões, caminhões tratores, ônibus, micro-ônibus, reboques e semirreboques, novos saídos de fábrica, nacionais ou importados. (RESOLUÇÃO Nº 667 18 DE MAIO DE 2017).

A evolução também atingiu o desempenho de funcionamento das lâmpadas automotivas, facilmente presenciado a cada dia, como o aumento da vida útil de diversos tipos de lâmpadas e o fácil acesso do condutor a levar o veículo a um local de inspeção veicular e fazer a prevenção de ofuscamento.

“O ofuscamento é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, que pode ser experimentado tanto como um ofuscamento desconfortável quanto um ofuscamento inabilitador”. (Norma ABNT NBR ISSO/CIE 8995-1 2003, página 06).

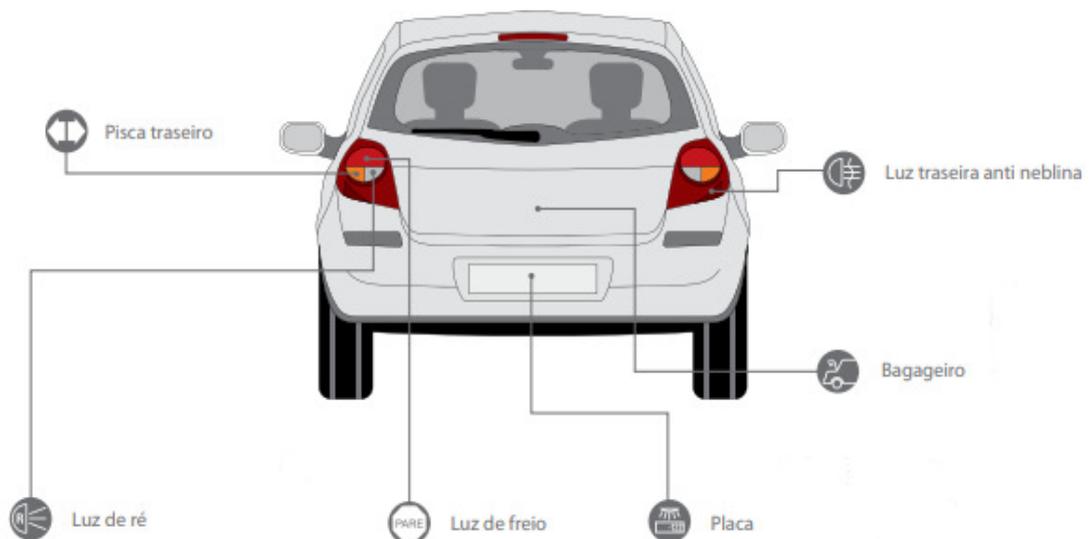
As figuras 02 e 03 representam os locais e nomes das lâmpadas automotivas presente na região dianteira e traseira de um veículo.

Figura 02: Ilustração veicular das lâmpadas presentes na região dianteira



Fonte: Catálogo Alper - 2012

Figura 03: Ilustração veicular das lâmpadas presentes na região traseira



Fonte: Catálogo Alper – 2012

Internamente no veículo para todos os processos de funcionamento, não apenas de sinalização e iluminação, são visualizados também para o condutor do veículo que a ação desenvolvida está funcionando adequadamente ou se algo mecanicamente foi afetado por uma avaria como forma de aviso, por meio das lâmpadas presentes no painel do carro.

De certo modo, as sinalizações e iluminações por meio de lâmpadas não estão presentes apenas no ramo automotivo, mas conseguimos notar em áreas aéreas e de transportes que se locomovem por trilhos também utilizam dessas estratégias de avisos, como por exemplo, os faróis que sinalizam para uma locomotiva a permissão de saída da estação após o recolhimento de passageiros.

A figura 04 representa a quantidade de lâmpadas sinalizadoras presentes no painel veicular atualmente.

Figura 04: Painel veicular moderno



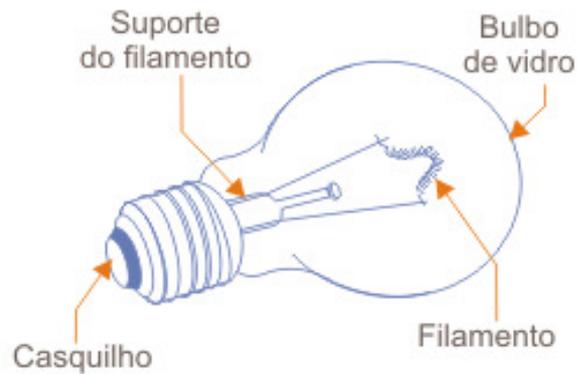
Fonte: HMB | Grande Coreia – 2017

3. Aspectos físicos das lâmpadas automotivas

As lâmpadas dos sistemas automotivos existem de diversos formatos, tamanhos, cores e aplicações, que vão ser usadas de acordo com a necessidade do consumidor.

A figura 05 mostra todos os componentes presentes em uma lâmpada incandescente comum.

Figura 05: Componentes necessários para funcionamento de uma lâmpada

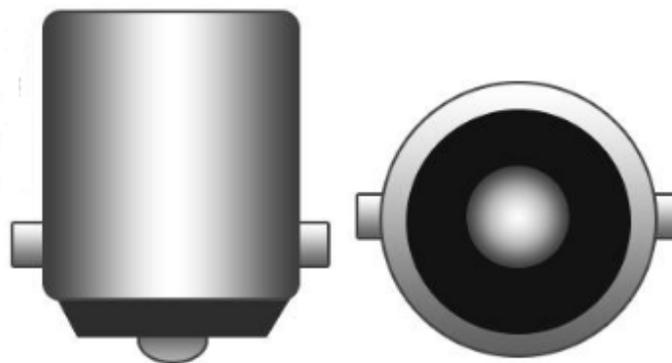


Fonte: Instituto Newton Braga – 2014

3.1 Lâmpada 1 polo

“Lâmpada de uso comum nos veículos automotores que possui apenas um polo. A lâmpada que possui apenas um polo consegue fazer apenas uma função de cada vez”. (Ivanenko, 2015).

Figura 06: Corpo de uma lâmpada com um polo



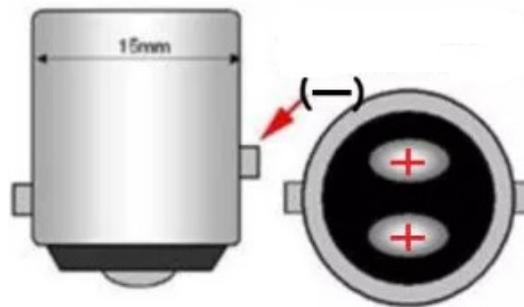
Fonte: BulbAmerica – 2018

3.2 Lâmpada 2 polos

“Sua aplicação é para automóveis que acendem na mesma lanterna (sempre vermelha) o freio e o farolete, ou luz de posição, como são chamados os faroletes em algumas partes do Brasil”. (Ivanenko, 2015).

“O funcionamento consiste de um polo destinado para ligar o farolete, o outro polo para identificar que o freio foi acionado e o terra é o mesmo para as duas ligações conforme a figura 07”. (Ivanenko, 2015).

Figura 07: Corpo de uma lâmpada com dois polos



Fonte: Fernando Ivanenko - 2015

4. Metodologia de identificação de queima da lâmpada

Toda e qualquer tipo de lâmpada, possuem um período de duração (vida útil) que determina quanto tempo esse produto provido de eletricidade permanecerá funcionando. Dentre muitos modos para identificar que uma lâmpada queimou ou estar para queimar, temos a verificação visual ou por meios mais técnicos.

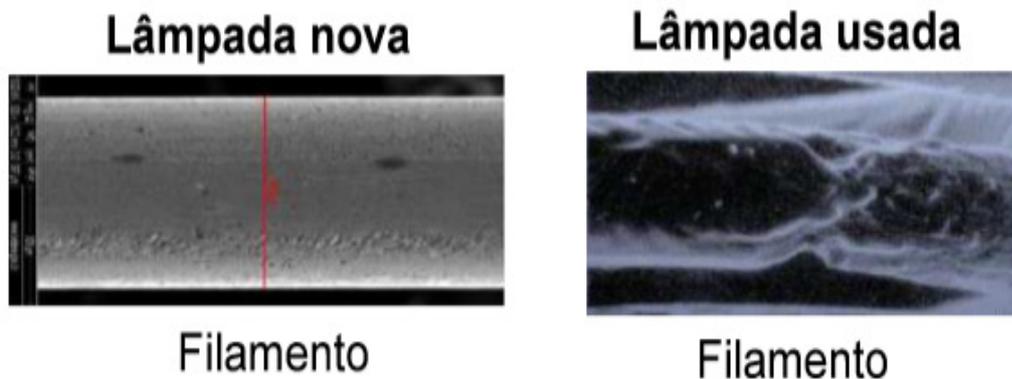
Para avaliação sem métodos técnicos, temos o rompimento do filamento e o processo de vazamento de gás e para conclusões mais técnicas é possível fazer a verificação pela curva de *Weibull*, um gráfico capaz de estabelecer previamente quando a lâmpada começa a apresentar uma perda de luminosidade, aproximando da eminência de queima.

4.1 Rompimento do filamento

Segundo a Philips (2012), pode ocorrer a queima natural da lâmpada por evaporação do tungstênio do filamento, que pode atingir até 2200°C. O tempo de consumo do filamento é relacionado com a temperatura atingida, conforme a temperatura for alta, o consumo do filamento será maior, vitalmente relacionado com a vida útil da lâmpada.

Segundo Silva (2004), a cada momento que ocorre aquecimento do filamento para acender a lâmpada, o filamento tende a afinar conforme a quantidade de vezes que houver a necessidade de produzir luz, que até o final da vida útil pode perde até 20% de luminosidade e por fim romper o filamento.

Figura 08: Análise do filamento lâmpada nova e usada



Fonte: Philips - 2012

Segundo a Philips (2012), o rompimento do filamento de uma lâmpada também pode ocorrer pela qualidade do fio de tungstênio usado no momento de fabricação, relativa quantidade de impurezas localizadas no filamento, como óleo e vidro, sobrecarga ou pico de corrente elétrica dependendo do estado de conservação do filamento e vibração excessiva do filamento. Existe também o rompimento pelo grampeamento do filamento ocasionado pelo excesso de pressão, mas é um processo mais difícil de acontecer.

Segundo a Philips (2012), os produtores de lâmpadas incandescentes utilizam gases internos, sendo um método eficaz que prolonga a vida útil de um filamento. O processo de temperatura atingida pelas lâmpadas no momento de funcionamento (em média de 2000 ° C, ligada por um considerável período), evapora com o tempo o filamento de tungstênio, para evitarem que o a vida útil seja antecipada, a utilização de gases internos retardam o processo de evaporação, mas esse método não funciona em todo tipo de lâmpada.

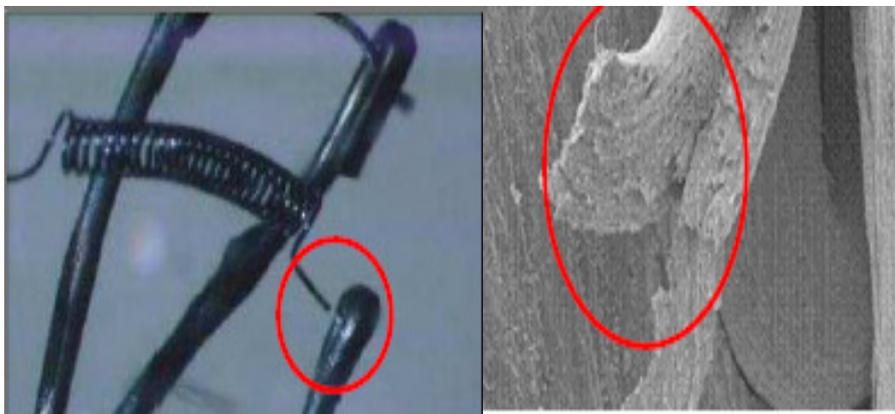
As figuras 09 e 10 representam duas formas diferentes no rompimento do filamento.

Figura 09: Filamento rompido por sobrecarga (aumento de tensão elétrica)



Fonte: Philips - 2012

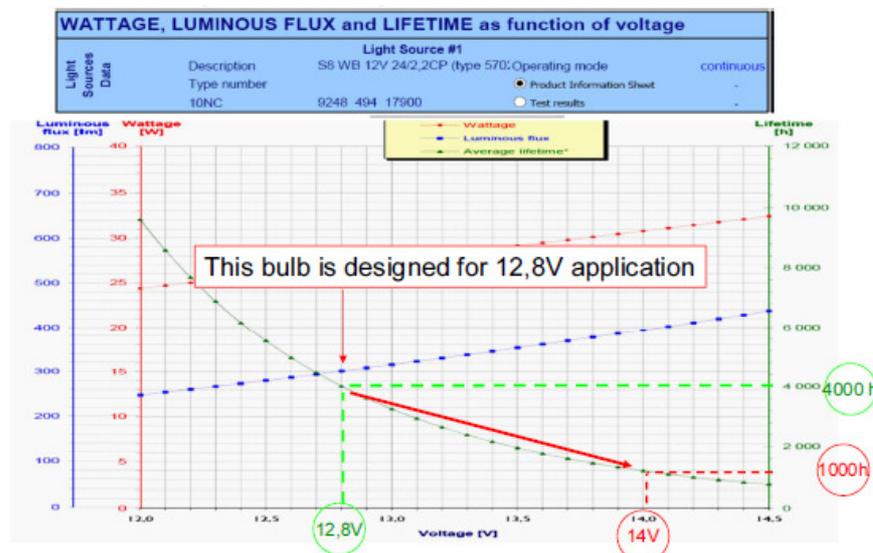
Figura 10: Filamento rompido por excesso de pressão



Fonte: Philips – 2012

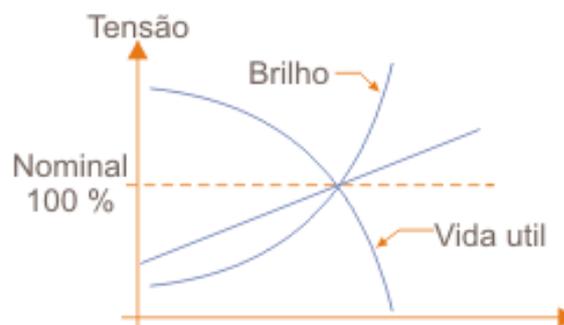
O gráfico 01 representa a curva de funcionamento de uma lâmpada conforme a tensão aplicada sobre ela. O gráfico fornece em linhas verdes pontilhadas a tensão nominal da lâmpada para funcionar adequadamente conforme as especificações do fabricante (12,8V tensão nominal) e em linhas pontilhadas vermelhas o aumento de tensão para 14 V para verificar se a vida útil da lâmpada é prejudicada com o aumento de tensão, de acordo com as setas vermelhas presentes no gráfico 01, caracteriza a queda de desempenho luminoso da lâmpada e conseqüentemente o tempo de vida útil.

Gráfico 01: Análise de vida útil da lâmpada com o aumento de tensão



Fonte: Philips – 2012

Gráfico 02: Análise simples de vida útil da lâmpada com o aumento de tensão



Fonte: Instituto Newton Braga – 2014

4.2 Processo de vazamento do gás

Segundo a Philips (2012), o processo de vazamento ocorre através do estresse do vidro, ocasionado pelo resfriamento do vidro quando este se encontra a temperaturas acima de 600 °C, quanto mais branco e brilhante na lâmpada, maior o risco de trincar.

Segundo Instituto Braga (2014), o filamento aparece então "aceso" em vermelho. Se o aquecimento for maior, a energia passa a se concentrar na parte média do espectro visível, fornecendo assim uma luz que tende do amarelo ao branco, como ocorre com as lâmpadas em funcionamento normal. Se o aquecimento for excessivo, mas não ainda o suficiente para causar a queima do filamento, a maior parte da energia já se concentra na região alta do espectro com uma cor mais intenso no azul. O brilho da luz começa a ser branco-azulado.

A durabilidade de uma lâmpada incandescente depende da temperatura em que ela opera. Para as lâmpadas comuns essa durabilidade é medida em centenas ou milhares de horas para uma determinada corrente ou tensão.

Segundo Instituto Braga (2014), pode ser observado com o tempo que a simples redução de uns 10% da tensão de alimentação de uma lâmpada pode proporcionar aumentos de vida útil que chegam a 30 ou 40%.

A figura 11 representa o estado físico de uma lâmpada quando ocorre o vazamento de gás.

Figura 11: Lâmpada com vazamento de gás



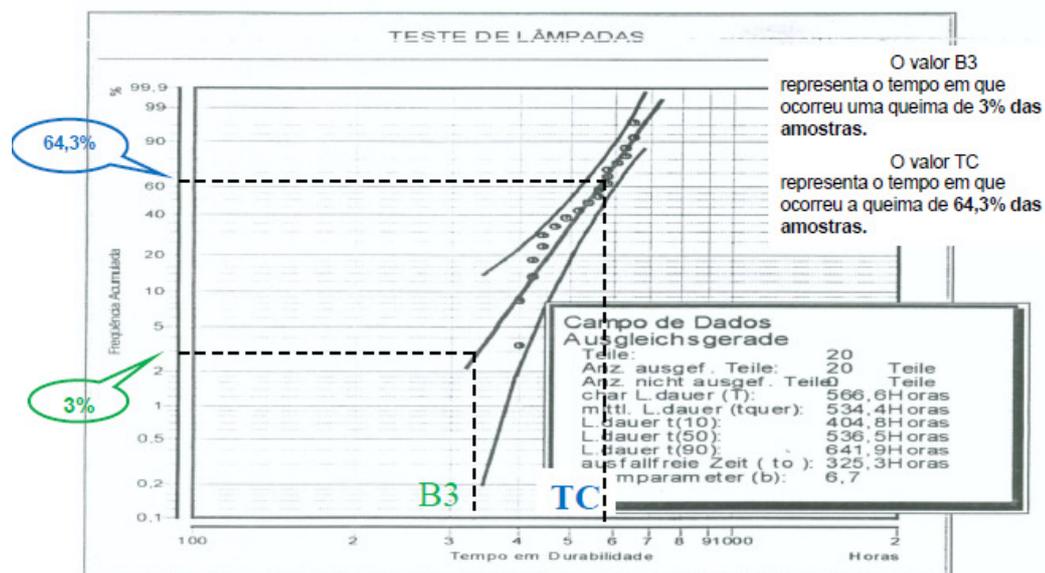
Fonte: Philips – 2012

4.3 Curva de Weibull

Segundo a Philips (2012), testes de durabilidade em geral podem ser estatisticamente representados pela distribuição de *Weibull* e a curva de *Weibull* utiliza-se de escala logarítmica.

No gráfico 03, a análise foi realizada com escala logarítmica, permitindo sua aproximação por uma simples equação da reta possibilitando a projeção da vida útil da lâmpada, utilizando a grandeza de porcentagem no eixo y para determinar a quantidade de lâmpadas testadas e para o eixo x o tempo que permaneceram funcionando.

Gráfico 03: Análise do tempo de vida útil da lâmpada em porcentagem



Fonte: Philips - 2012

5. Componentes para início dos testes

O *software* será criado para coletar os dados, afim de definir o valor em lux a queima da lâmpada automotiva, assim como a geração dos valores necessários para o *software* avisar o momento que é necessário a troca da lâmpada pela eminência de queima de acordo com os valores analisados.

Os equipamentos utilizados para a coleta de dados foram o Arduino Uno juntamente com o sensor de luminosidade (luxímetro), o *datalogger*, que fará os registros dos valores coletados, um adaptador com cartão SD (local onde o *datalogger* poderá armazenar os dados), três lâmpadas de seta marca Philips com o soquete Fiat Uno para a simulação do primeiro, segundo e terceiro teste (modo pausado, contínuo e modo seta) para gerar os gráficos da curva de *Weibull* e também uma placa simuladora de seta que reproduz o funcionamento da seta de direção de qualquer automóvel junto com o protótipo de teste montado.

5.1 Luxímetro

O Luxímetro é o equipamento capaz de medir a intensidade de luminosidade para qualquer tipo de lâmpada, para segmento automotivo, residencial e industrial, sua utilização em projetos depende apenas do usuário.

“A luminosidade de uma lâmpada é o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância da fonte, expressa em lux como unidade”. (Silva ,2004).

O luxímetro TSL2561 foi proposto para o projeto porque possui fácil comunicação serial com a placa do Arduino.

Figura 12: Placa do luxímetro



Fonte: Autor

5.1.1 Funcionamento do Luxímetro

O funcionamento do luxímetro consiste em dois circuitos conversores de sinal analógico para digital, recebendo o sinal simultaneamente dos dois canais internos do circuito (*Channel 0* e *Channel 1*) para ter a certeza que o sistema não receberá um dado inválido para a conversão e continuar o ciclo. (Taos, Datasheet TSL2560/TSL2561 - 2009).

Os valores serão entregues pela porta SDA, que em conjunto com a porta SCL que envia um código binário de sete bits conforme o valor coletado. Para a função da interrupção disponível no luxímetro, depende do usuário que define a necessidade da utilização. (Taos, Datasheet TSL2560/TSL2561 - 2009). O valor final encontrado em lux pelo luxímetro depende da equação:

$$\text{Channel}0 = \text{Constante} \times \text{DataHigh} + \text{DataLow}$$

Onde:

Channel 0: Canal interno escolhido pelo usuário;

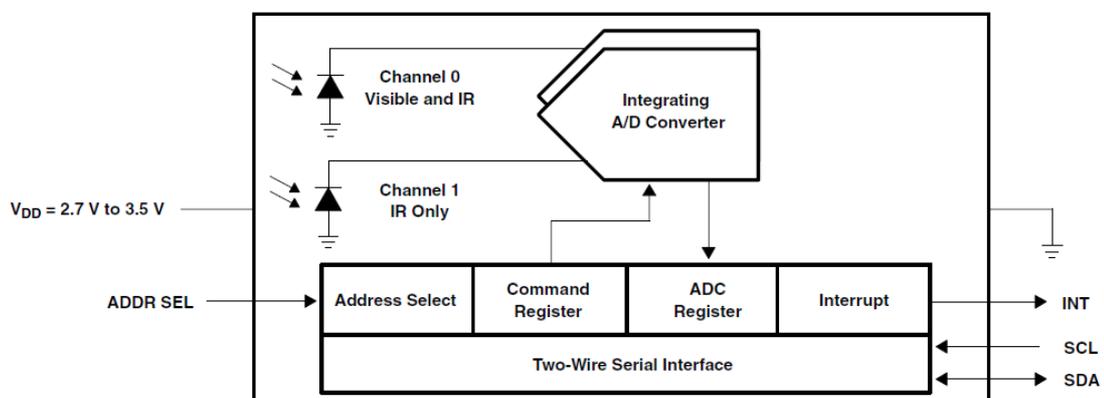
Constante: Valor estabelecido pelo usuário;

DataHigh: Valor em alta encontrado no momento da conversão;

DataLow: Valor em baixa encontrado no momento da conversão.

A figura 13 representa o esquema de funcionamento interno do luxímetro TSL2561.

Figura 13: Arquitetura do luxímetro



Fonte: Taos Datasheet TSL2560/TSL2561 – 2009

5.2 Lâmpada de seta

Lâmpada incandescente veicular comum usada para predestinar a direção que o condutor do veículo pretende seguir. Os três testes foram realizados com o mesmo modelo de lâmpada, ligada no teste modo pausado, contínuo e seta, em conjunto da placa de Arduino, luxímetro e o *datalogger*, coletando os dados para os parâmetros do *software*.

A figura 14 representa uma lâmpada de seta incandescente veicular com o filamento de tungstênio.

Figura 14: Lâmpada de seta veicular



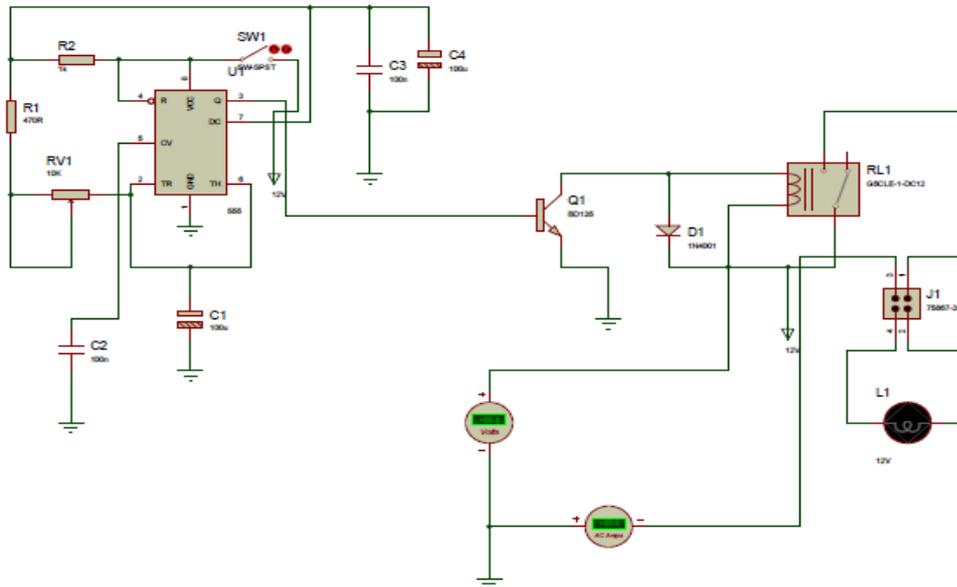
Fonte: Philips – 2018

5.3 Placa de simulação de seta veicular

A placa de simulação de seta veicular possui o CI 555 juntamente com um relé de acionamento para produzir a simulação de função de seta automotiva, para coletar dados da lâmpada neste modo de funcionamento, com expectativa de verificar se a vida útil da lâmpada é reduzida.

As figuras 15 e 16 representam o esquema elétrico da placa de simulação de seta e a placa produzida.

Figura 15: Esquema elétrico da placa simulação de seta



Fonte: Autor

Figura 16: Placa de simulação de seta



Fonte: Autor

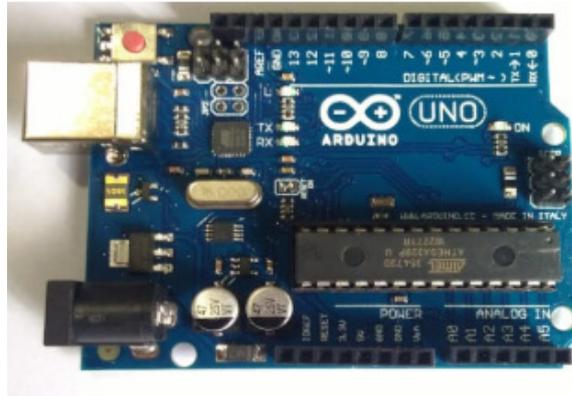
5.4 Arduino

“A primeira placa foi feita em 2005 para ajudar estudantes que nunca tiveram contato com microcontroladores para criações de projetos”. (site oficial Arduino, 2018).

O Arduino é uma placa que possui um design de peças específicas (regulador, o cristal do *Clock*, interface *USB* que faz a comunicação de dados com o *hardware*), para criação de projetos, como por exemplo, a utilização do Arduino em automatização residencial por meio de alguma linguagem de programação. (site oficial Arduino, 2018).

A utilização do Arduino para o projeto teve como princípio gerar uma função em linguagem de programação capaz de reconhecer a luminosidade fornecida pela lâmpada (ligado em conjunto com o luxímetro) e registrar um valor final a cada período programado.

Figura 17: Placa Arduino

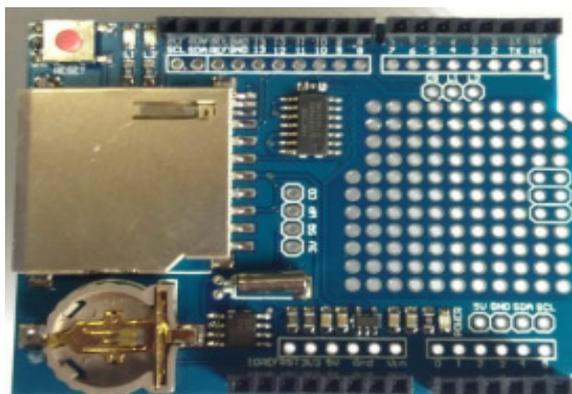


Fonte: Autor

5.5 Datalogger

O *datalogger* é uma ferramenta muito utilizada para registrar valores de temperatura e umidade.

Figura 18: Placa *Datalogger*

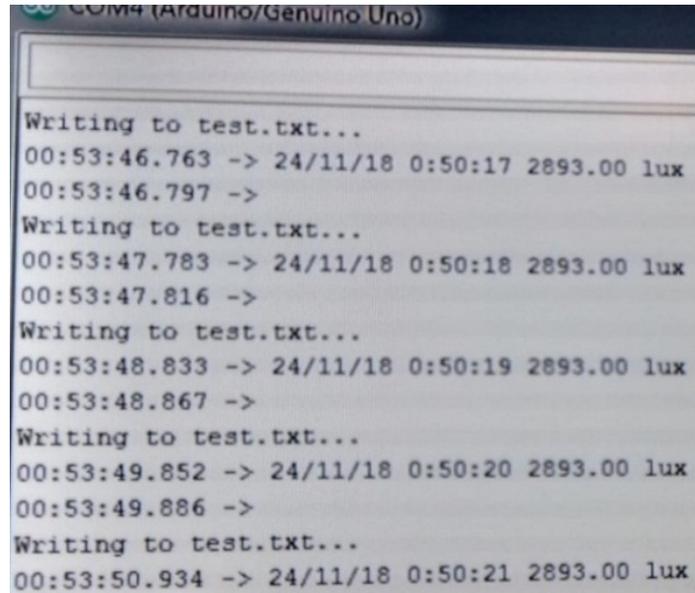


Fonte: Autor

Como por exemplo, o *datalogger* pode ser aplicado no transporte de alimentos perecíveis, vacinas e mercadorias que precisam ser verificados constantemente com relação à temperatura ambiente.

Para o procedimento da coleta de dados, o *datalogger* foi o responsável de registrar os valores estabelecidos pelo Arduino em conjunto com o luxímetro, conforme a figura 19. Todos os dados foram gravados em um cartão *SD*.

Figura 19: Coleta de dados do *Datalogger* em conjunto com Arduino



```
COM4 (Arduino/Genuino Uno)
Writing to test.txt...
00:53:46.763 -> 24/11/18 0:50:17 2893.00 lux
00:53:46.797 ->
Writing to test.txt...
00:53:47.783 -> 24/11/18 0:50:18 2893.00 lux
00:53:47.816 ->
Writing to test.txt...
00:53:48.833 -> 24/11/18 0:50:19 2893.00 lux
00:53:48.867 ->
Writing to test.txt...
00:53:49.852 -> 24/11/18 0:50:20 2893.00 lux
00:53:49.886 ->
Writing to test.txt...
00:53:50.934 -> 24/11/18 0:50:21 2893.00 lux
```

Fonte: Autor

5.6 Protótipo de testes

Os protótipos de testes estão todos os itens listados que foram utilizados para coletar os dados necessários para produzir o *software* de aviso de queima da lâmpada.

O luxímetro, *datalogger* em conjunto com o Arduino, foram os principais componentes para o preenchimento dos dados, que foram baseados na iluminância da lâmpada e o tempo que permaneceu ligada no teste modo pausado de funcionamento, com a coleta resultante de no mínimo 7 horas ligada por dia e o teste modo contínuo com a lâmpada ligada o dia inteiro.

Devido ao longo período que a lâmpada permaneceu acesa, é normal e esperado que a coleta de dados gravasse a oscilação de *lux* comparado com o começo do teste até o final, projetando enfim a vida útil da lâmpada.

Na figura 20, os 12V significa a tensão aplicada na lâmpada e os 1,74A é a corrente consumida pela lâmpada durante o teste.

Figura 20: Vista frontal do protótipo de testes modo contínuo



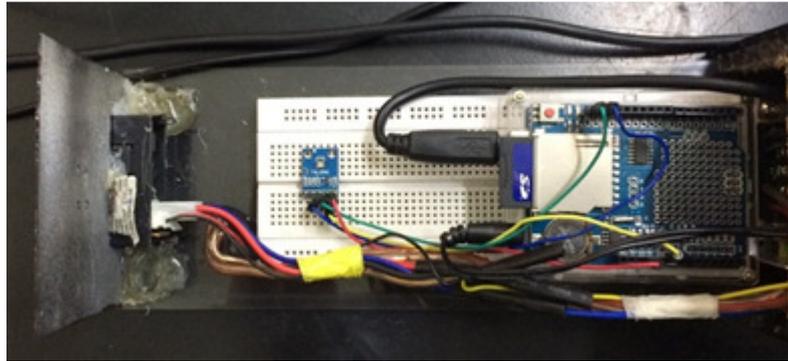
Fonte: Autor

Figura 21: Vista frontal do protótipo de testes modo seta



Fonte: Autor

Figura 22: Protótipo de testes internamente



Fonte: Autor

6. Início dos Testes

A coleta de dados é o primeiro passo a ser realizado para obtermos os valores necessários para produzirmos a curva de *Weibull* e o *software*, a partir desses valores coletados, o *software* terá os parâmetros adequados para estabelecer o exato momento de avisar a eminência de queima da lâmpada ou queimada.

6.1 Coleta de dados

A proposta do projeto, inicialmente, foi realizar a coleta de dados para verificarmos como a curva de *Weibull* seria projetada e se, de fato, teríamos os números necessários para a realização do *software*.

Os testes do modo pausado foram iniciados no dia 02/11/2018, utilizando um período mínimo de 7 horas ligado direto e a cada 1 hora que a lâmpada permanecia acesa o *datalogger* coletava a luminosidade produzida, com princípio de identificarmos como a luminosidade da lâmpada se comportaria para futuros registros e conclusões.

O primeiro dia de coleta, a lâmpada em estado novo apresentava valores acima de 3000 lux, conforme a figura 23. Para a figura 24, pode se observar que

houve uma queda de luminosidade depois de nove dias realizando o teste e para o último dia de coleta no modo pausado a figura 25 mostra uma queda ainda maior.

Figura 23: Coleta de dados no primeiro dia

```
2/11/18 13:32:03; 3243.00;
2/11/18 14:32:07; 3236.00;
2/11/18 16:32:03; 3107.00;
2/11/18 17:32:07; 3120.00;
2/11/18 18:32:11; 3125.00;
2/11/18 19:32:15; 3126.00;
2/11/18 20:32:00; 2864.00;
```

Fonte: Autor

Figura 24: Coleta de dados no décimo primeiro dia

```
11/11/18 16:57:03; 2758.00;
11/11/18 17:57:07; 2748.00;
11/11/18 18:57:11; 2745.00;
11/11/18 19:57:14; 2733.00;
11/11/18 20:57:18; 2746.00;
11/11/18 21:57:22; 2718.00;
11/11/18 22:57:26; 2778.00;
```

Fonte: Autor

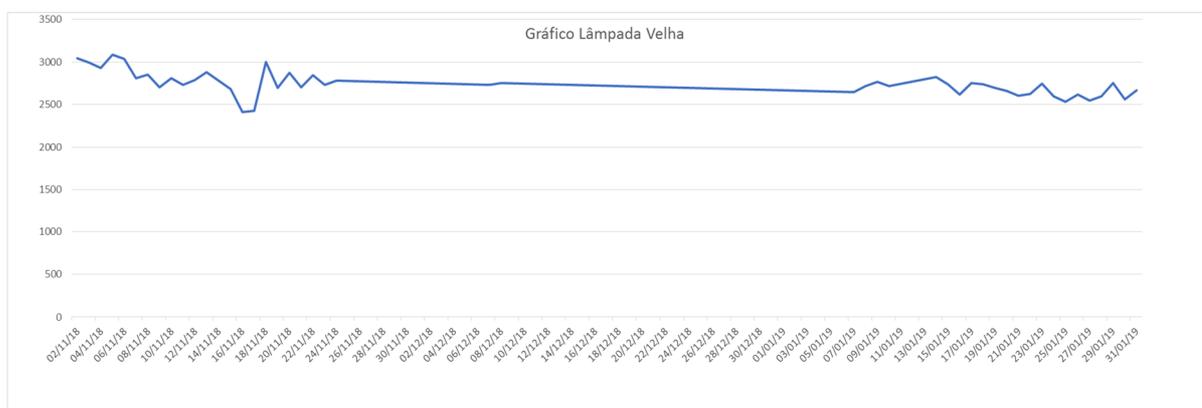
Figura 25: Coleta de dados no último dia

```
31/1/19 0:17:15; 2683.00;
31/1/19 1:17:19; 2677.00;
31/1/19 2:17:23; 2677.00;
31/1/19 3:17:27; 2672.00;
31/1/19 4:17:31; 2667.00;
31/1/19 5:17:34; 2667.00;
31/1/19 6:17:38; 2655.00;
```

Fonte: Autor

O gráfico 04 mostra os dados coletados durante o período de 59 dias, oscilando alguns dias com a lâmpada ligada no mínimo 7 horas. O gráfico representado pelo plano cartesiano possui no eixo x os dias que a lâmpada permaneceu ligada e para o eixo y o lux.

Gráfico 04: Curva de Weibull projetada pelo teste modo pausado



Fonte: Autor

Iniciamos o teste modo contínuo com outra lâmpada veicular ligada por 24 horas sem pausa, para verificarmos quais os parâmetros coletados com a queda da luminosidade.

O primeiro dia de coleta, a lâmpada em estado novo apresentava valores acima de 3000 lux, conforme a figura 26. Para a figura 27, pode se observar que houve uma pequena queda de luminosidade depois de seis dias realizando o teste.

Figura 26: Coleta de dados primeiro dia

```
3/2/19 14:14:03; 3034.00;
3/2/19 15:14:07; 3028.00;
3/2/19 16:14:11; 3024.00;
3/2/19 17:14:14; 3026.00;
3/2/19 18:14:18; 3017.00;
3/2/19 19:14:22; 3012.00;
3/2/19 20:14:26; 3001.00;
3/2/19 21:14:29; 3002.00;
3/2/19 22:14:33; 2997.00;
3/2/19 23:14:37; 2997.00;
```

Fonte: Autor

Figura 27: Coleta de dados no nono dia

```
9/2/19 08:21:00; 2979.00;
9/2/19 09:21:03; 2950.00;
9/2/19 10:21:07; 2923.00;
9/2/19 11:21:11; 2920.00;
9/2/19 12:21:14; 2924.00;
9/2/19 13:21:18; 2926.00;
9/2/19 14:21:22; 2938.00;
9/2/19 15:21:25; 2939.00;
9/2/19 16:21:29; 2963.00;
9/2/19 17:21:33; 2952.00;
```

Fonte: Autor

O gráfico 05 contem as coletas de dados registradas pelo *datalogger* diante do teste modo contínuo, representando a forma que a lâmpada se comportou durante o teste de 24 horas ligado constantemente.

Gráfico 05: Curva de *Weibull* projetada pelo teste modo contínuo



Fonte: Autor

Diante da comparação entre o teste modo pausado e teste modo contínuo, é facilmente notável que a luminosidade da lâmpada é diretamente influenciada pelo tempo que permanece ligada.

Para o teste modo pausado, os valores gravados pelo *datalogger* sofrem oscilações não desejáveis para a conclusão da curva de *Weibull* e consequentemente desligando a lâmpada por um período considerável, a mesma sofre uma espécie de “descanso” e a luminosidade retorna maior, comparado com o último valor coletado ocasionando as deformações na curva.

Para o teste modo contínuo, não existe o “descanso” encontrado no teste modo pausado, ou seja, os valores coletados pelo *datalogger* não mostraram oscilações de luminosidade da lâmpada desde o primeiro dia até o último dia de teste.

Com base nas coletas de dados e a representação gráfica dos dois testes, concluímos que a curva de *Weibull* será projetada corretamente com a lâmpada ligada 24 horas, com intenção da luminosidade atinja os pontos desejados do aviso de eminência da queima e o valor final introduzido como fim da vida útil.

O gráfico 06 representa a curva de *Weibull* gerada com as coletas de dados referente o primeiro dia do teste contínuo (03/02/2019) até a última coleta produzida (23/06/2019), com o total de 3384 horas. O gráfico seguiu os mesmos parâmetros para o eixo x e y, de luminosidade e o tempo que a lâmpada permaneceu ligada.

Gráfico 06: Projeção correta da Curva de *Weibull*



Fonte: Autor

Notasse no gráfico 06 que a lâmpada não sofreu a queima durante os meses de coletas de dados, mas é graficamente comprovado que a lâmpada

exerceu a perda de luminosidade conforme o passar do tempo, e que é possível realizar uma previsão de queima da lâmpada.

As coletas de dados para o teste modo seta também esteve ligada constantemente e foram realizados desde o dia 13/05/2019 até 23/06/2019, com um total de 1079 horas.

O teste modo seta deixa a lâmpada ligada constantemente igual o teste modo contínuo, porem é ligado junto com a lâmpada a placa de simulação de seta, produzindo valores de luminosidade bem distintos, comparados ao teste modo contínuo. O teste modo seta foi realizado para comprovar pelas coletas de dados e o gráfico que a lâmpada de seta é uma das principais presentes no veículo a queimar primeiro.

As figuras 28 e 29 mostram os valores coletados pelo teste modo seta, a fim de obter dados necessários para gerar o gráfico representativo.

Figura 28: Coleta de dados no primeiro dia

```
13/5/19 23:13:00; 5311.00;
14/5/19 00:12:59; 5941.00;
14/5/19 01:12:59; 2.00;
14/5/19 02:12:58; 19.00;
14/5/19 23:13:00; 5603.00;
14/5/19 00:12:59; 4045.00;
14/5/19 01:12:59; 975.00;
14/5/19 02:12:58; 5547.00;
14/5/19 03:12:58; 5463.00;
14/5/19 04:12:57; 1922.00;
14/5/19 05:12:56; 64.00;
14/5/19 06:12:56; 3335.00;
14/5/19 07:12:55; 53.00;
14/5/19 08:12:55; 37.00;
14/5/19 09:12:54; 5443.00;
14/5/19 10:12:53; 28.00;
```

Fonte: Autor

Figura 29: Coleta de dados no trigésimo quinto dia

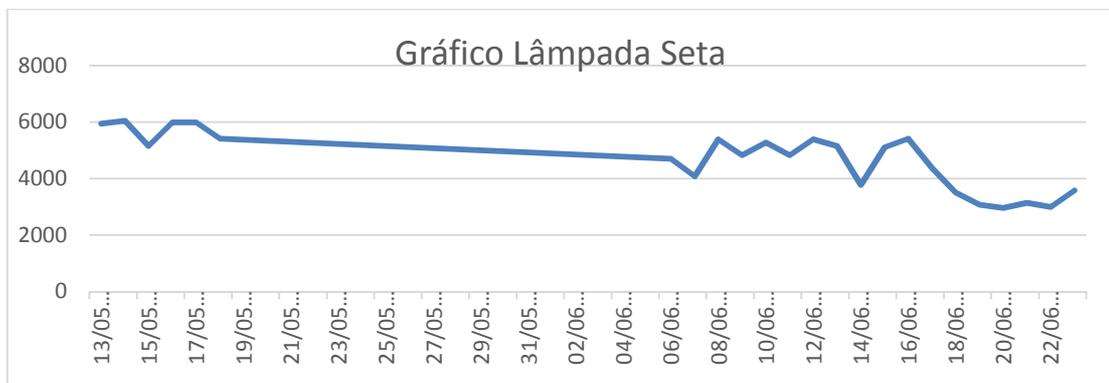
```
17/6/19 22:25:00; 4712.00;
17/6/19 23:24:59; 4369.00;
18/6/19 00:24:58; 67.00;
18/6/19 01:24:57; 397.00;
18/6/19 02:24:56; 5046.00;
18/6/19 03:24:56; 381.00;
18/6/19 04:24:56; 5363.00;
18/6/19 05:24:55; 10.00;
18/6/19 06:24:55; 2.00;
18/6/19 07:24:54; 139.00;
18/6/19 08:24:54; 5536.00;
18/6/19 09:24:53; 5350.00;
18/6/19 10:24:52; 2.00;
18/6/19 11:24:51; 59.00;
18/6/19 12:24:50; 5293.00;
18/6/19 13:24:49; 245.00;
```

Fonte: Autor

Conforme as coletas do teste modo seta, os valores apresentam uma variação intensa, porque constantemente a lâmpada liga por 1 segundo e desliga após 1 segundo e o ciclo permaneceu até a última coleta, ou seja, notasse que o *datalogger* registrou alguns valores próximos de 0 *lux*, representando o momento que a lâmpada estava desligada.

De acordo com o gráfico 07, a vida útil da lâmpada sofreu uma maior variação nesse modo de teste, pois a lâmpada constantemente esteve em modo de luminosidade máxima, que danifica aos poucos o filamento e prejudicando o tempo de vida útil.

Gráfico 07: Curva de *Weibull* projetada pelo teste modo seta



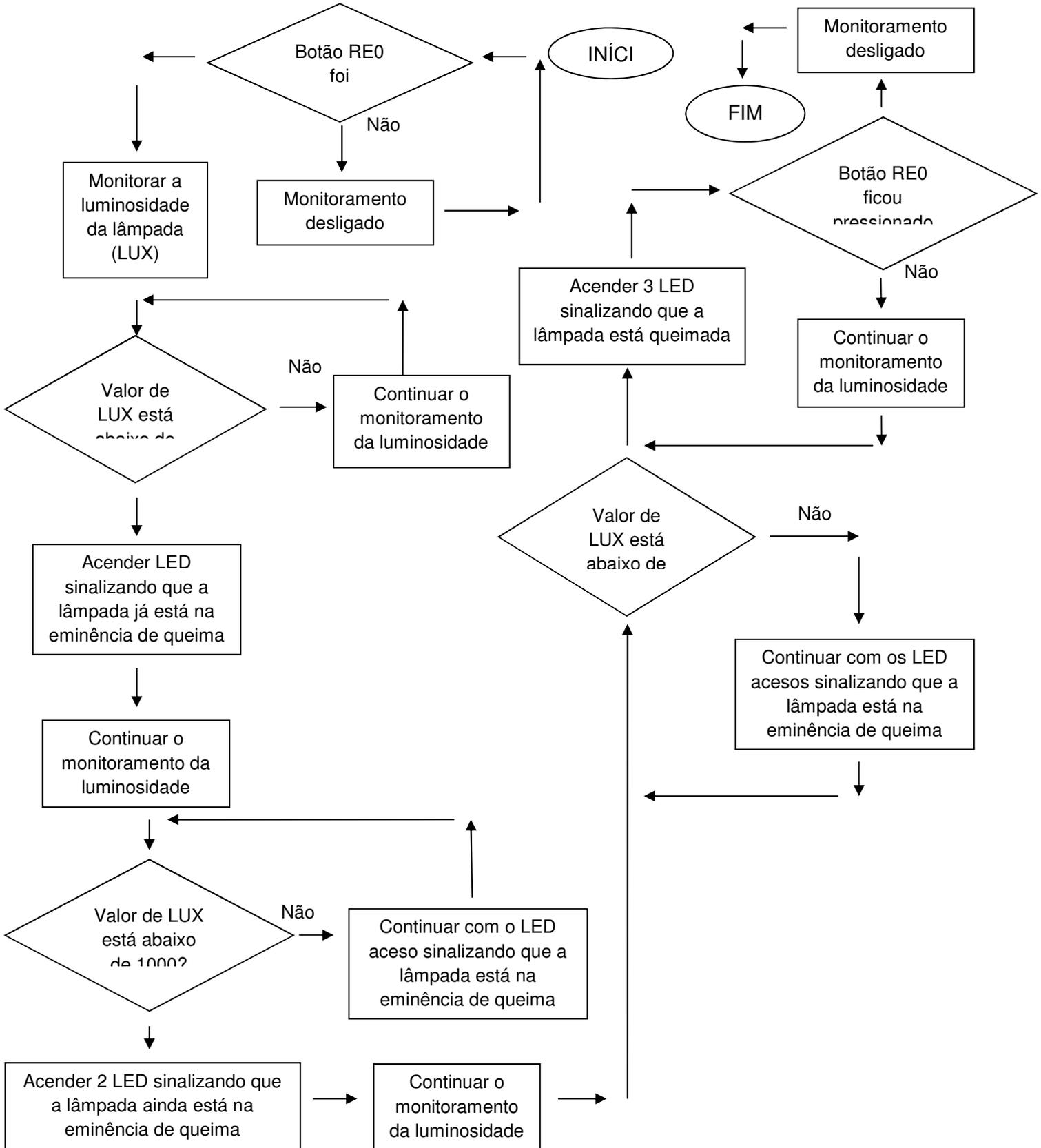
Fonte: Autor

6.2 Criação do *Software*

A ideia principal para a criação do *software* é colocar na programação valores chaves que irão informar para o microcontrolador o momento que a lâmpada atingir um valor de luminosidade que indicará a aproximação da eminência de queima.

Para a criação de um *software*, é fundamental a criação de um fluxograma com intuito de descrever uma forma de “passo a passo” para início do *software*. Todo fluxograma possui início e fim, os dois representados pelo círculo, o retângulo significa o processamento das informações em conjunto com as setas que indicam as direções do fluxo de dados e os losangos representam a decisão, sempre com duas opções de caminhos de acordo com a condição estabelecida pela decisão, conforme figura 30.

Figura 30: Fluxograma para desenvolvimento do *software*



Fonte: Autor

Segundo passo, a escolha da plataforma onde estará contida a programação, portanto utilizamos o MikroC com a linguagem de programação C e para a comunicação do luxímetro com a placa ECU, utilizando a comunicação serial I2C. O MikroC é uma plataforma mais fácil de se programar, pois além de disponibilizar exemplos de códigos prontos, possui diversas bibliotecas prontas e exemplificando como usa-las em um programa.

O luxímetro pela comunicação I2C é capaz de enviar os valores encontrados na porta SDA para a placa ECU, conectados pelo PORTB nos pinos RB0 e RB1 da placa ECU.

A placa ECU é ligada em uma fonte 12V/1A, possui embutido o microcontrolador 18F4550, componente capaz de armazenar programas em linguagem de programação, um display LCD que mostra os valores encontrados no gráfico e estabelecidos no software, duas saídas de tensão contínua (12V e 5V) para ligar qualquer circuito eletrônico com esses dois parâmetros, conforme representado na figura 31.

Figura 31: Placa ECU



Fonte: Autor

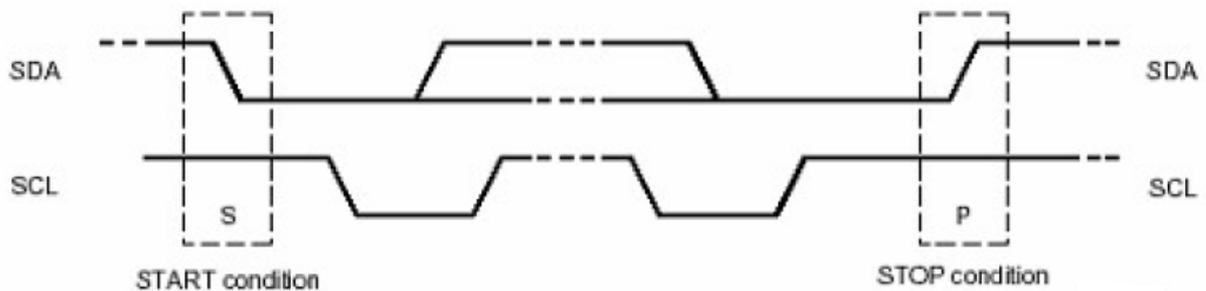
6.2.1 Comunicação serial I2C

A comunicação serial é um modo utilizado para estabelecer uma conexão (comunicação de *máster* e *slave* no envio de dados entre as duas placas), como o caso do luxímetro e o arduino, então para tal desfecho, conforme um requisito chave informado pelo **Datasheet TSL2560/TSL2561 - 2009**, o *software* utiliza a comunicação serial I2C.

“A comunicação serial síncrona I2C possui um transmissor e receptor, que compartilham um mesmo sinal de *clock*, que permite o sincronismo da transmissão com a recepção”. (Torres, 2018).

“O pino SDA é o responsável pela transferência de dados, enquanto o pino SCA que faz a função do clock”. (Torres, 2018).

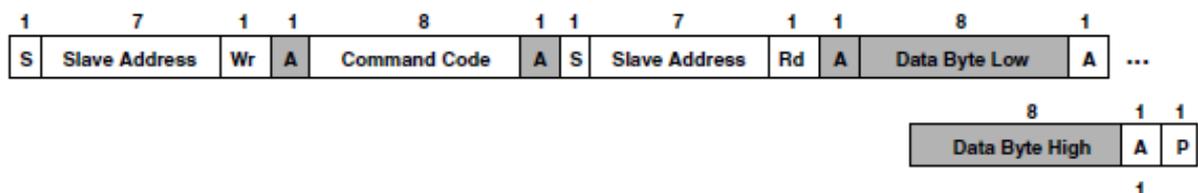
Figura 32: Funcionamento da comunicação I2C



Fonte: Professor Wesley Torres – 2018

A figura 33 retrata a forma correta da comunicação I2C realizar a comunicação de dados entre o luxímetro e a placa ECU.

Figura 33: Diagrama em blocos da leitura do dado



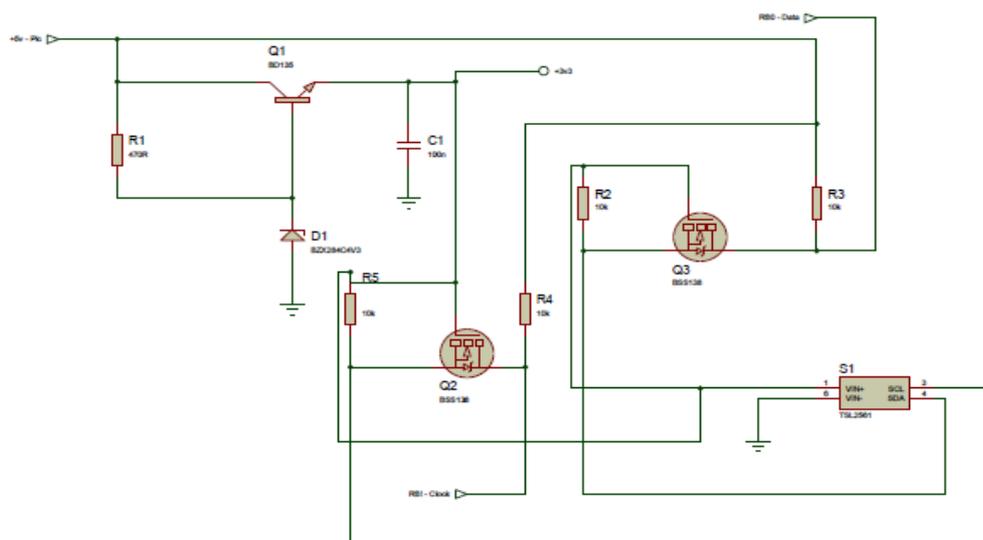
SMBus Read Word Protocol

Fonte: Datasheet TSL2560/TSL2561 – 2009

O *datasheet* retrata que é necessário utilizar o endereço 0x39 para a leitura dos parâmetros fornecidos pelo luxímetro do *channel0* e *channel1*. A letra S (start) é setado o valor 1 para permitir a leitura, para slave address é atribuído o endereço 0x39, entretanto, esse endereço é estabelecido para 7 bits pelo *datasheet* e a comunicação exige 8 bits, ou seja, o endereço sofre um deslocamento para a esquerda, mudando o valor hexadecimal para 0x72. A sigla Wr (escrita) é usado o valor 0 para fazer a escrita do dado, passando pelo ACK (*acknowledge*) setado em 1 para dizer a que o dado foi escrito, o comando utilizado é 0xAC de acordo com o *datasheet* para permitir a realização de todos os passos anteriores e ACK em seguida confirmando o comando. Na leitura, mantém o processo da comunicação, atribuído o valor 0x73 para novo endereço (conforme valor setado em 1 para Rd), seguindo pelo ACK setado novamente em 1 e também para P (*stop bit*) que encerra a comunicação.

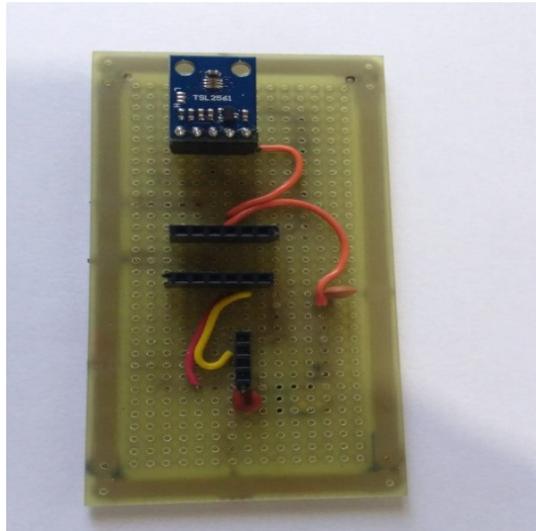
Com relação à ligação elétrica, o luxímetro funciona com uma tensão contínua de 3.3V, entretanto a placa ECU fornece 5V, então o luxímetro está internamente ligado com um transformador de tensão de 5V para os 3.3V. De acordo com a figura 32, todos os pinos são ligados na placa ECU, dois primeiros pinos são para a ligação de *VCC* e *GND*, um pino é ligado no RB1 que produz a função do SCL e o outro terminal ligado no RB0 sendo o SDA.

Figura 34: Esquema elétrico de ligação entre luxímetro e placa ECU



Fonte: Autor

Figura 35: Placa de ligação entre luxímetro e placa ECU

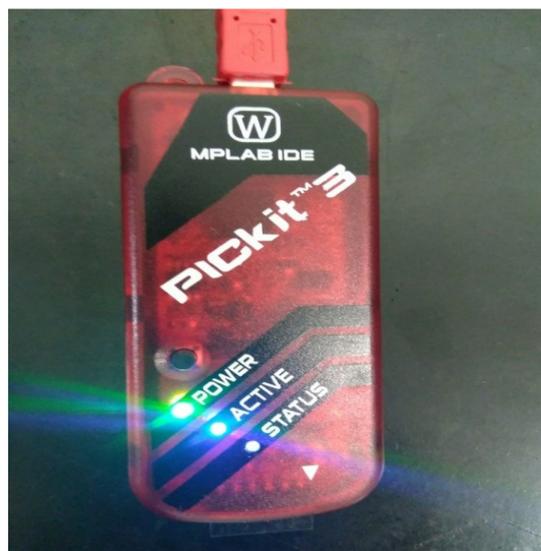


Fonte: Autor

6.3 Processo de gravação do *software*

O processo de gravação do *software* na placa ECU foi por meio do equipamento chamado *pickit*, utilizado para fazer a gravação do *software* gerado no Mikroc para o pic 18F4550.

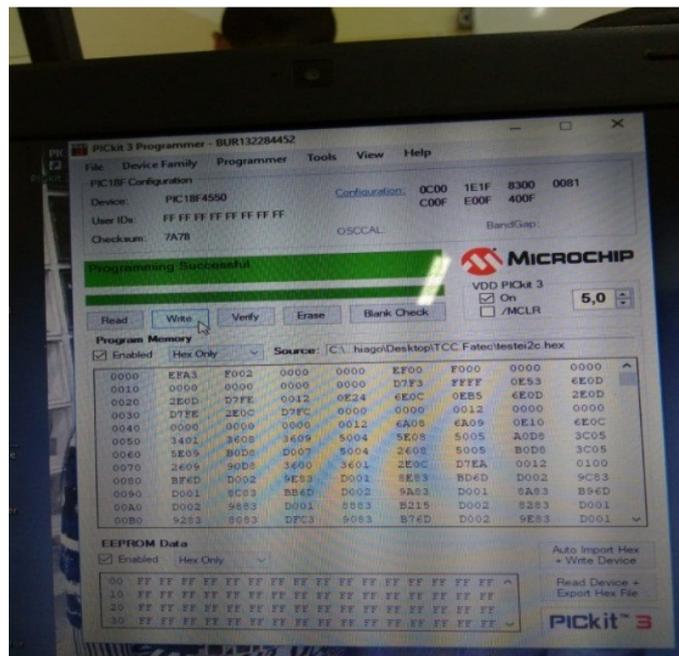
Figura 36: Pickit



Fonte: Autor

O *pickit programmer* é a plataforma de comunicação entre o *pickit* e a placa ECU. Para fazer o processo de gravação, deve escolher qual pic receberá o *software* e colocar o arquivo HEX gerado pela compilação do Mikroc, assim que feito a gravação, a plataforma irá mostrar que foi um sucesso, conforme a figura 37.

Figura 37: Pickit Programmer



Fonte: Autor

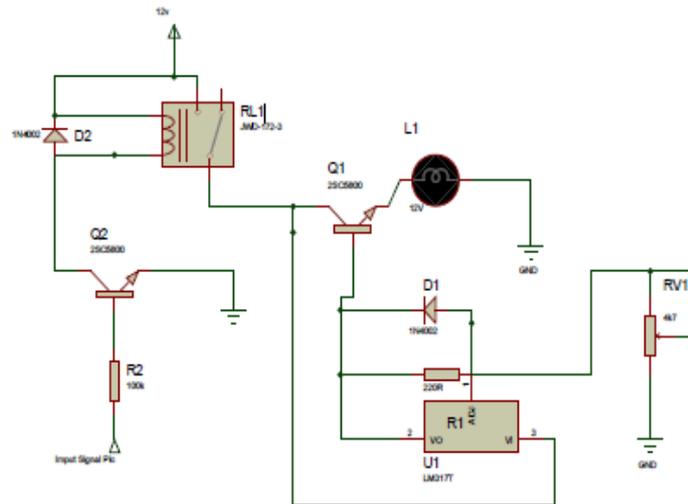
7. Software finalizado

Respeitando os passos estabelecidos pelo fluxograma, o *software* foi programado para mostrar em tempo real a intensidade luminosa da lâmpada conforme os dados coletados durante o processo de queima da lâmpada, a ECU aciona os leds conforme os valores preenchidos na programação para avisar o momento de troca da lâmpada.

A placa simuladora de fluxo luminoso tem a função de diminuir e aumentar a luminosidade produzida pelo filamento (o fluxo luminoso é controlado pelo potenciômetro embutido na placa) a ponto de apenas executar a simulação necessária para ativar os parâmetros de aviso estabelecidos pelo *software*.

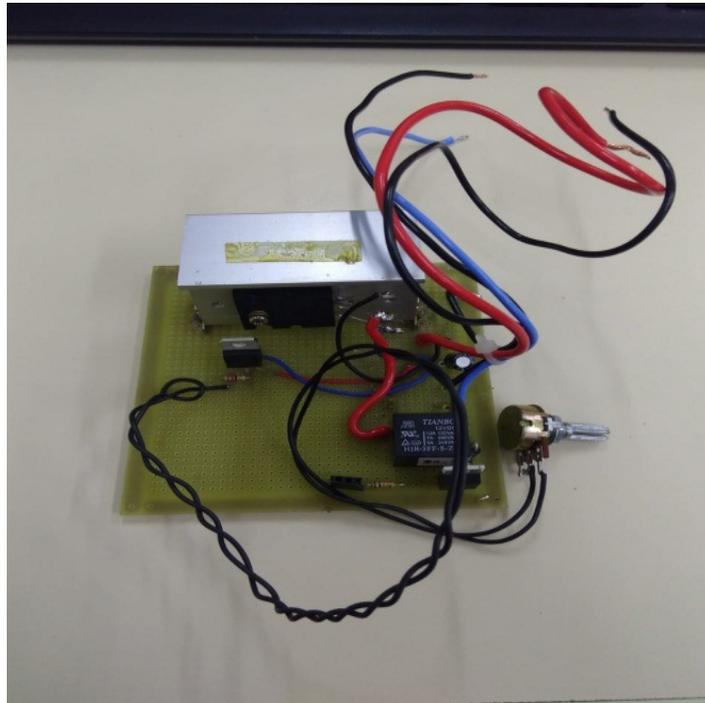
As figuras 38 e 39 representam o esquema elétrico e a placa criada após a análise do esquema.

Figura 38: Esquema elétrico placa simuladora de desempenho luminoso



Fonte: Autor

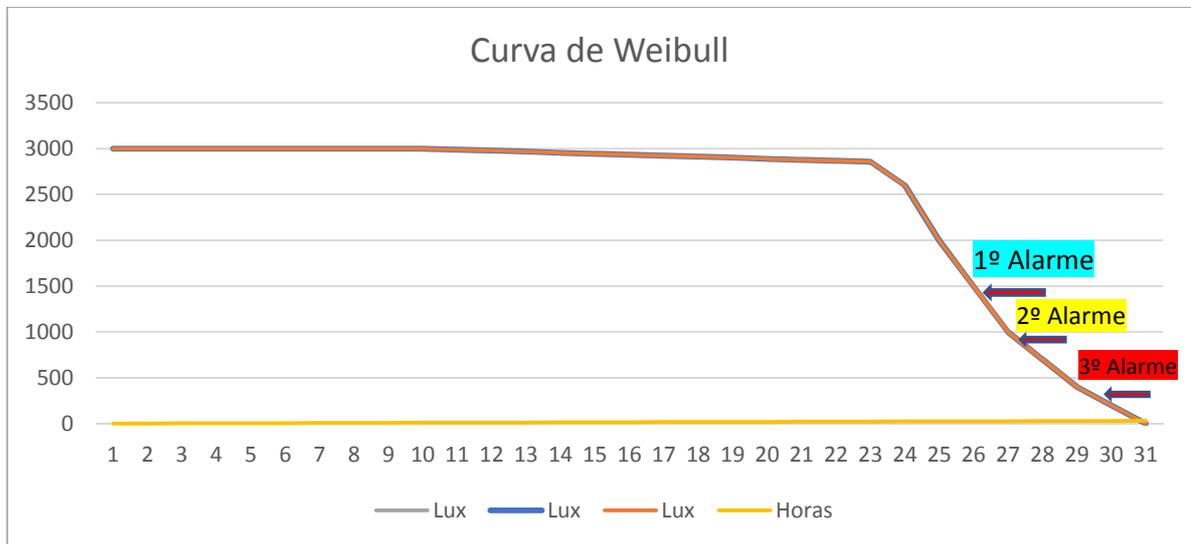
Figura 39: Placa simuladora de desempenho luminoso



Fonte: Autor

O gráfico 08 representa a Curva de *Weibull* projetada com relação aos dados propostos pelo fluxograma do projeto.

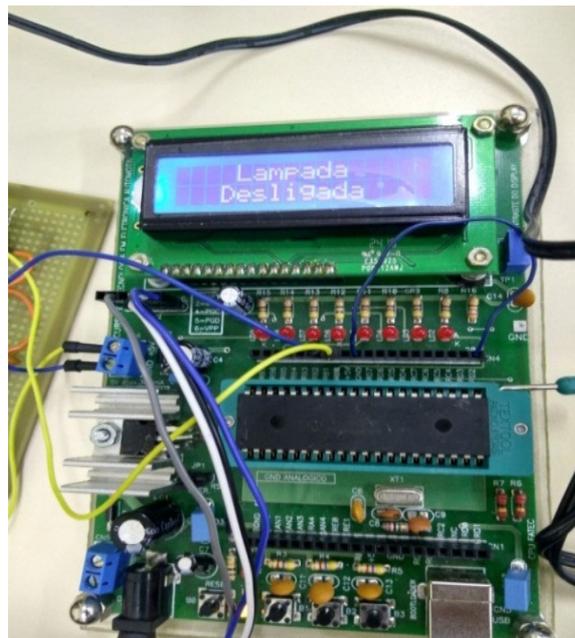
Gráfico 08: Curva de *Weibull* do projeto



Fonte: Autor

A figura 40 representa o momento que o software é ligado, sinalizando que a lâmpada está desligada e o monitoramento ainda não foi inicializado.

Figura 40: Monitoramento desligado



Fonte: Autor

A figura 41 representa o momento que o monitoramento é ligado, a partir do momento que o botão RE0 foi pressionado para ligar a lâmpada.

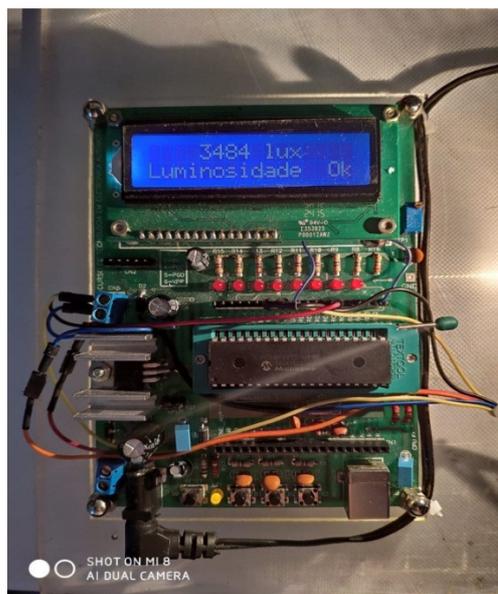
Figura 41: Monitoramento ligado



Fonte: Autor

A figura 42 representa o momento que o monitoramento confirma que a luminosidade da lâmpada está acima do valor de 1500 lux estabelecido pelo fluxograma.

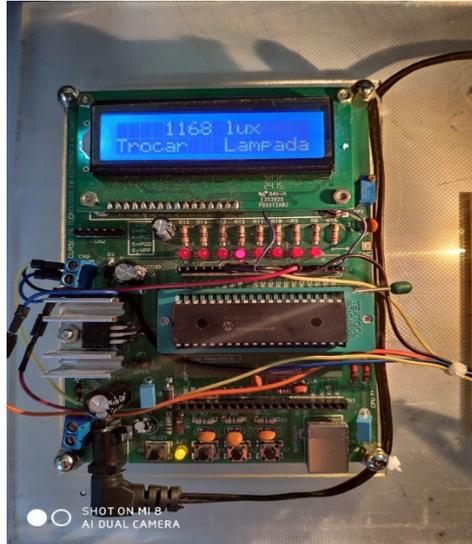
Figura 42: Lâmpada sem eminência de queima



Fonte: Autor

A figura 43 representa o momento que o monitoramento confirma que a luminosidade da lâmpada está abaixo do valor de 1500 lux estabelecido pelo fluxograma, com um LED vermelho ligado sinalizando o primeiro aviso.

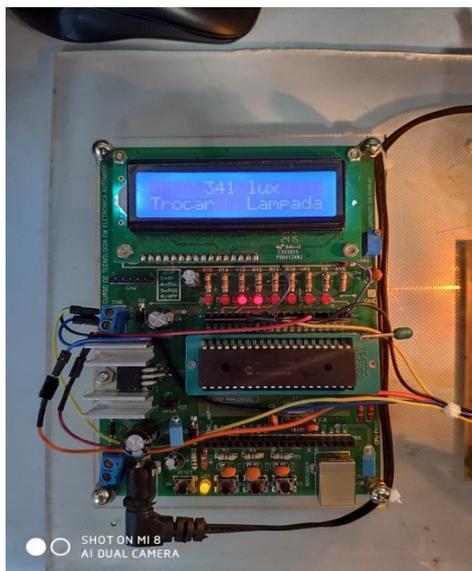
Figura 43: Primeiro aviso de eminência da queima



Fonte: Autor

A figura 44 representa o momento que o monitoramento confirma que a luminosidade da lâmpada está abaixo do valor de 1000 lux estabelecido pelo fluxograma, com os dois LED vermelhos ligados sinalizando o segundo aviso.

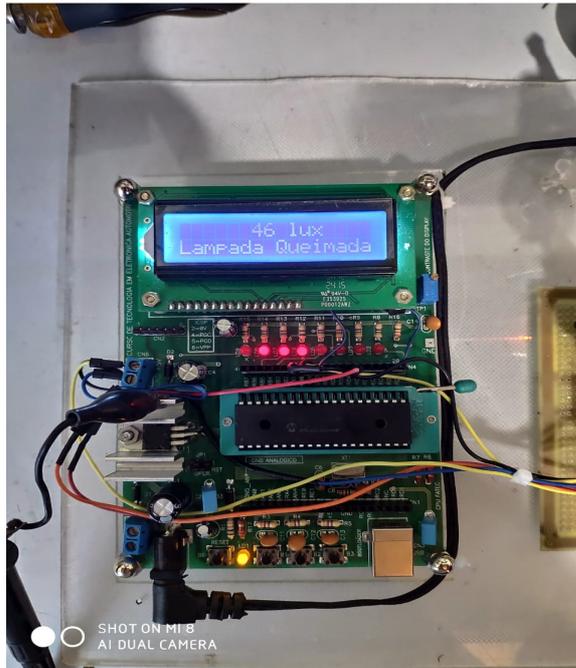
Figura 44: Segundo aviso de eminência da queima



Fonte: Autor

A figura 45 representa o momento que o monitoramento confirma que a luminosidade da lâmpada está abaixo do valor de 200 lux estabelecido pelo fluxograma, com os três LED vermelhos ligados sinalizando que a lâmpada está queimada.

Figura 45: Aviso de lâmpada queimada



Fonte: Autor

A base acrílica da giga teste tem 45,5 centímetros de comprimento e 23 centímetros de largura, com o espaço preenchido pela placa ECU com o pic 18F4550 (local onde está armazenado o *software* de monitoramento de eminência de queima), a placa que transforma 5V em 3.3V que alimenta o luxímetro (placa de ligação entre luxímetro e placa ECU), lâmpada de seta marca Philips para produzir a luminosidade do teste, placa simuladora de fluxo luminoso e fonte 12V para ligar toda a giga de teste.

O *software* possui apenas os parâmetros da coleta de dados referente aos testes com a lâmpada ligada constantemente, para os testes com os parâmetros de seta foram apenas para mostrar graficamente o comportamento da lâmpada.

A figura 46 representa a giga de teste com todas as placas desenvolvidas e componentes importantes para o funcionamento deste projeto.

Figura 46: Giga de teste



Fonte: Autor

8. Considerações finais

Através deste trabalho, notamos que a comunicação I2C proporciona vantagens de tempo e praticidade para criação de projetos que demandem da linguagem de programação, e de fato, após a criação do *software* para o monitoramento da lâmpada, podemos concluir que linguagem de programação é a evolução no presente e futuro do ramo eletrônico.

Diante as coletas de dados, presenciamos com clareza como é o comportamento de uma lâmpada conforme sua luminosidade é influenciada pelo tempo e tensão aplicada sobre ela, gerando diferentes gráficos conclusivos da curva de *Weibull*, que possibilitaram encontrar os parâmetros chaves para o *software* alertar antecipadamente a eminência de queima da lâmpada.

Apesar do *software* estar limitado para os parâmetros encontrados da lâmpada de seta marca Philips, o conceito pode ser realizado para qualquer marca de lâmpada incandescente automotiva e residencial, pois os comandos realizados

na comunicação I2C (utilizando o TSL2561) são os mesmos para comunicar o luxímetro com o *pic* e os valores “estabelecidos” para ativar o alerta da eminência de queima são ajustáveis no *software* de acordo com o desejo do usuário.

8.1 Propostas futuras

Encontrar os parâmetros da eminência de queima de outras marcas de lâmpadas automotivas. O *software* terá a função do usuário escolher qual a marca e tipo da lâmpada automotiva para que o programa realize o monitoramento;

O microcontrolador consegue monitorar até três lâmpadas ao mesmo tempo (de acordo com os endereços possíveis de utilização conforme o *datasheet* do luxímetro TSL2561, que são 0x29, 0x39 e 0x49), ou seja, apenas um *pic* consegue fazer até três monitoramentos.

9. Referências

ABNT NBR ISSO/CIE, 8995-1. **Ofuscamento**. Disponível em: <http://edsonjosen.dominiotemporario.com/doc/NBR%20ISO_CIE%208995_1.pdf>. Acesso em: out. 2018.

America, Bulb. **Lâmpada 1 polo e 2 polos**. Disponível em: <<https://www.bulbamerica.com/pages/what-is-the-difference-between-a-ba15d-base-and-a-bay15d-base1157>>. Acesso em: out. 2018.

Arduino, oficial site. **Sobre nós**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/AboutUs>>. Acesso em: out. 2018.

Arduino, oficial site. **Nossa política**. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Main/Policy>>. Acesso em: out. 2018.

Braga, C.Newton. **Lâmpadas incandescentes**. Disponível em: <<http://www.newtonbraga.com.br/index.php/almanaque-tecnologico/201-l/7546-lampadas-incandescentes-alm331>>. Acesso em: set. 2018.

Catálogos, Alper. **Localizações luzes dianteira e traseira**. Disponível em: <<http://images.canaldapeca.com.br/catalogos/alper.pdf>>. Acesso em: out. 2018.

Comunicações, Trucão. **Lei do farol**. Disponível em: <<http://www.penaestrada.com.br/lei-do-farol-aceso-duvidas/>>. Acesso em: set. 2018.

Garagem, 360. **Philips evolução das lâmpadas**. Disponível em: <<https://garagem360.com.br/philips-evolucao-iluminacao-carros/>>. Acesso em: nov. 2018.

Guerreiro, R. Marcos. **Lâmpadas Automotivas Modos de Falha**. Philips, 2015.

HBM, Grande Coreia. **Painel veicular moderno**. Disponível em: <<https://blog.grandecoreia.com.br/luzes-do-painel-do-carro-quis-sao-e-o-que-representam/>>. Acesso em: set. 2018.

Ivaneko, Fernando. **Lâmpada 1 polo**. Disponível em: <<https://www.maosaoauto.com.br/2015/11/lampada-de-um-polo/>>. Acesso em: out. 2018.

Ivanenko, Fernando. **Lâmpada 2 polos**. Disponível em:
<<https://www.maosaoauto.com.br/2015/10/lampada-de-dois-polos/>>. Acesso em:
out. 2018.

Lopez, P.Guilherme. **Fotografia Thomas Edison**. Disponível em:
<<http://realidadesimulada.com/thomas-edison-e-a-invencao-da-lampada-fatos-e-consideracoes/>>. Acesso em: set. 2018.

Resolução Contran. Disponível em:
<<http://www.denatran.gov.br/images/Resolucoes/Resolucao6672017.pdf>> .
Acesso em: Abril. 2019.

Silva, L. Mauri. **Luz Lâmpadas & Iluminação**. Rio de Janeiro: editora Ciência Moderna, 2004.

TAOS, **Datasheet TSL2560/TSL2561**. Disponível em:
<<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/203053/TAOS/TSL2560.html>>
Acesso em: maio.2019

10. Apêndices

Apêndice A *Software*: Comunicação I2C

*/*Liga a transmissão I2C com o dispositivo TSL2561*/*

```

Soft_I2C_Start();           // Início de transmissão I2C

Soft_I2C_Write(0x72);      // Pareamento do dispositivo TSL2561, deve se unir
                           // 0x39(7 bits) + comando de escrita 0(1 bit) = 0x72

Soft_I2C_Write(0x80);      // Comando para iniciar a transmissão 0x80

Soft_I2C_Write(0x03);      // Comando para iniciar a transmissão 0x03

Soft_I2C_Stop();           // Para a transmissão I2C

delay_ms(500);             // Aguarda 0,5 segundo

while(Estado!= 0)          // Enquanto o botão RE0 não for pressionado
                           // novamente para desligar lâmpada e sistema,
                           // entra no Laço While (I2C)

    {

Soft_I2C_Start();          // Inicializa a transmissão I2C

Soft_I2C_Write(0x72);      // Pareamento do dispositivo TSL2561, deve-se unir
                           // 0x39(7 bits) + comando de escrita 0(1 bit) = 0x72

Soft_I2C_Write(0xAC);      // Acesso a variável DataLow do canal 0, deve-se
                           // configurar os 4 primeiros bits para leitura, visto
                           // que 0x0C é fixo

Soft_I2C_Start();          // Restart da transmissão I2C

Soft_I2C_Write(0x73);      // Configuração da transmissão para leitura, deve-se
                           // unir 0x39(7 bits) + comando de leitura 1(1 bit) =
                           // 0x73

DataLow = Soft_I2C_Read(0); // Grava a leitura do registrador 0x0C dentro da
                           // variável DataLow

Soft_I2C_Stop();           // Para a transmissão I2C

delay_ms(100);             // Aguarda 0,1 segundo

Soft_I2C_Start();          // Inicializa a transmissão I2C

Soft_I2C_Write(0x72);      // Pareamento do dispositivo TSL2561, deve-se unir
                           // 0x39(7 bits) + comando de escrita 0(1 bit) = 0x72

```

```
Soft_I2C_Write(0xAD);           // Acesso a variável DataHigh do canal 0, deve-se
                                // configurar os 4 primeiros bits para leitura, visto que
                                // 0x0D é fixo

Soft_I2C_Start();               // Restart da transmissão I2C

Soft_I2C_Write(0x73);           // Configuração da transmissão para leitura, deve-se
                                // unir 0x39(7 bits) + comando de leitura 1(1 bit) =
                                // 0x73

DataHigh = Soft_I2C_Read(0);     // Grava a leitura do registrador 0x0D dentro da
                                // variável DataHigh

Soft_I2C_Stop();                // Para a transmissão I2C

delay_ms(100);                  // Aguarda 0,1 segundo

/*Encerra a transmissão I2C*/ /*Valor Coletado e guardado nas váriaveis DataHigh e DataLow*/
```

Apêndice B *Software*: Programa do monitoramento de lâmpada

/*Nome do Arquivo: Monitoramento_de_Lâmpada.c

* Processador: PIC18F4550

* Opção de Clock: HS 20MHz (externo)

* Compilador: mikroC PRO for PIC v.5.6.1

* Autores: Leonardo Crespo, Rafael de Barros e Thiago dos Santos

* Data: v1 - 19/Junho/2019

* Descrição: Projeto de Conclusão de Curso - Sistema de Monitoramento de Lâmpada*/

// Início da Configuração dos pinos (LCD)

sbit LCD_RS at RD1_bit;

sbit LCD_EN at RD0_bit;

sbit LCD_D4 at RD4_bit;

sbit LCD_D5 at RD5_bit;

sbit LCD_D6 at RD6_bit;

sbit LCD_D7 at RD7_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISD1_bit;

sbit LCD_EN_Direction at TRISD0_bit;

sbit LCD_D4_Direction at TRISD4_bit;

sbit LCD_D5_Direction at TRISD5_bit;

sbit LCD_D6_Direction at TRISD6_bit;

sbit LCD_D7_Direction at TRISD7_bit

// Fim da Configuração dos pinos (LCD)

// Início da Configuração dos pinos (I2C)

```
sbit Soft_I2C_SCL      at RB1_bit;
sbit Soft_I2C_SDA     at RB0_bit;
```

```
sbit Soft_I2C_SCL_Direction at TRISB1_bit;
sbit Soft_I2C_SDA_Direction at TRISB0_bit;
```

// Fim da Configuração dos pinos (I2C)

```
bit oldstate;                // Variável de Flag
unsigned char Estado = 0;    // Variável Global com finalidade de ligar e desligar
                             // o sistema
teclas()                    // Função teclas tem a finalidade de ligar e desligar
                             // a lâmpada e o sistema
{
if (Button(&PORTE, 0, 1, 1)) // Leitura do botão RE0 em 1ms com nível lógico 1
{
oldstate = 1;                // Sobe a flag para 1
}
if (oldstate && Button(&PORTE, 0, 1, 0)) // Flag em nível lógico 1 e botão RE0 em nível
                                         // lógico 0(Leitura em 1ms)
{
Estado = ~Estado;           // Inverte variável Estado
oldstate = 0;                // Desce flag para 0
}
}
}
```

// Fim da Função teclas

```
main()                      // Início do main
{
```

/*Declaração de Variáveis e Strings*/

```

unsigned char txt1[15] = "lux";
unsigned char txt2[15] = "Monitoramento";
unsigned char txt3[15] = "de Lampada";
unsigned char txt5[17] = "Trocar  Lampada";
unsigned char txt6[17] = "Luminosidade  Ok";
unsigned char txt7[17] = "Lampada Queimada";
unsigned char txt8[8] = "Lampada";
unsigned char txt9[10] = "Desligada";
unsigned char txt10[10] = " Ligada  ";
unsigned int Channel0;
unsigned int DataHigh, DataLow;
unsigned int txt4[10];
oldstate = 0;

```

/*Configuração de Registradores*/

```

TRISB = 0x0F;           /* Configura os pinos RB0, RB1, RB2 e RB3 como
                          entrada*/ /*Configura os pinos RB4, RB5, RB6 e
                          RB7 como saída*/

TRISC7_bit = 0;        // Configura o pino RC7 como saída

ADCON0 = 0x01;         // Configura ADCON0

ADCON1 = 0x0F;         // Configura ADCON1

ADCON2 = 0x18;         // Configura ADCON2

TRISE0_bit = 1;        // Configura RE0 como entrada

PORTC.RC7 = 0;         // RC7 será o responsável por enviar o nível lógico
                          para ligar e desligar a lâmpada, inicia em 0

Lcd_Init();            // Inicializa LCD

Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);   // Limpa LCD

Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); // Desliga o cursor

```

```

while(1) // Laço infinito principal
{
while(Estado == 0) // Enquanto o botão RE0 não for pressionado para
d ligar lâmpada e sistema
{
Lcd_Out(1,5,txt8); // Na linha 1 e coluna 5 escreve "Lampada"
Lcd_Out(2,4,txt9); // Na linha 2 e coluna 4 escreve "Desligada"
PORTB = 0b11111111; // Todos os Led's da placa ECU Fatec contidos no
d PORTB ficam apagados
teclas(); // Chama a função teclas
} // Laço Infinito enquanto o botão RE0 não for
pressionado

```

/*Botão RE0 foi pressionado*/ /*Sistema e Lâmpada Ligada*/

```

PORTC.RC7 = ~PORTC.RC7; // RC7 muda de nível lógico e envia o sinal para que
a lâmpada seja ligada

Lcd_Out(2,4,txt10); // Na linha 2 e coluna 4 escreve "Ligada", nota-se
que Lampada ainda continua no LCD

delay_ms(2000); // Aguarda 2 segundos

Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Limpa LCD

Lcd_Out(1,2,txt2); // Na linha 1 e coluna 2 escreve "Monitoramento"

Lcd_Out(2,3,txt3); // Na linha 2 e coluna 3 escreve "de Lâmpada"

delay_ms(2000); // Aguarda 2 segundos

Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Limpa LCD

```

/*Liga a transmissão I2C com o dispositivo TSL2561*/

```

Soft_I2C_Start();           // Início de transmissão I2C

Soft_I2C_Write(0x72);      // Pareamento do dispositivo TSL2561, deve se unir
                           // 0x39(7 bits) + comando de escrita 0(1 bit) = 0x72

Soft_I2C_Write(0x80);      // Comando para iniciar a transmissão 0x80

Soft_I2C_Write(0x03);      // Comando para iniciar a transmissão 0x03

Soft_I2C_Stop();           // Para a transmissão I2C

delay_ms(500);             // Aguarda 0,5 segundo

while(Estado!= 0)          // Enquanto o botão RE0 não for pressionado
                           // novamente para desligar lâmpada e sistema,
                           // entra no Laço While (I2C)
{
    Soft_I2C_Start();       // Inicializa a transmissão I2C

    Soft_I2C_Write(0x72);   // Pareamento do dispositivo TSL2561, deve-se unir
                           // 0x39(7 bits) + comando de escrita 0(1 bit) = 0x72

    Soft_I2C_Write(0xAC);   // Acesso a variável DataLow do canal 0, deve-se
                           // configurar os 4 primeiros bits para leitura, visto
                           // que 0x0C é fixo

    Soft_I2C_Start();       // Restart da transmissão I2C

    Soft_I2C_Write(0x73);   // Configuração da transmissão para leitura, deve-se
                           // unir 0x39(7 bits) + comando de leitura 1(1 bit) =
                           // 0x73

    DataLow = Soft_I2C_Read(0); // Grava a leitura do registador 0x0C dentro da
                           // variável DataLow

    Soft_I2C_Stop();        // Para a transmissão I2C

    delay_ms(100);         // Aguarda 0,1 segundo

    Soft_I2C_Start();       // Inicializa a transmissão I2C

    Soft_I2C_Write(0x72);   // Pareamento do dispositivo TSL2561, deve-se unir
                           // 0x39(7 bits) + comando de escrita 0(1 bit) = 0x72

    Soft_I2C_Write(0xAD);   // Acesso a variável DataHigh do canal 0, deve-se
                           // configurar os 4 primeiros bits para leitura, visto que
                           // 0x0D é fixo

    Soft_I2C_Start();       // Restart da transmissão I2C

```

```

Soft_I2C_Write(0x73); // Configuração da transmissão para leitura, deve-se
                        unir 0x39(7 bits) + comando de leitura 1(1 bit) =
                        0x73

DataHigh = Soft_I2C_Read(0); // Grava a leitura do registrador 0x0D dentro da
                              variável DataHigh

Soft_I2C_Stop(); // Para a transmissão I2C

delay_ms(100); // Aguarda 0,1 segundo

/*Encerra a transmissão I2C*/ /*Valor Coletado e guardado nas variáveis DataHigh e DataLow*/

Channel0 = 56*DataHigh+DataLow; // Realiza a execução da fórmula(Default datasheet
                                TSL2561), sendo que o resultado será guardado
                                na variável Channel0

IntToStr(Channel0,txt4); // Converte a variável Channel0(Inteiro) para uma
                          String, afim de mostrar o valor correto no LCD

Delay_ms(100); // Aguarda 0,1 segundo

Lcd_Out(1,10,txt1); // Na linha 1 e coluna 10 escreve "Lux"

Lcd_Out(1,3,txt4); // Na linha 1 e coluna 3 escreve String Channel0

if(Channel0>1500) // Se a String Channel0 for maior que 1500 entra na
                 condição

    {

    Delay_ms(1000); // Aguarda 1 segundo

    Lcd_Out(2,1,txt6); // Na linha 2 e coluna 1 escreve "Luminosidade Ok"

    Delay_ms(100); // Aguarda 0,1 segundo

    PORTB = 0b11111111; // Todos os Led's da placa ECU Fatec contidos no
                        PORTB ficam apagados

    Delay_ms(100); // Aguarda 0,1 segundo

    }

if(Channel0<=1500&&Channel0>1000) // Se a String Channel0 for menor que 1500 e maior
                                  que 1000 entra na condiçã {

    Delay_ms(1000); // Aguarda 1 segundo

    Lcd_Out(2,1,txt5); // Na linha 2 e coluna 1 escreve Trocar Lampada

    Delay_ms(100); // Aguarda 0,1 segundo

    PORTB = 0b11101111; // Acende um Led na placa ECU Fatec (RB4)

    Delay_ms(100); // Aguarda 0,1 segundo

```

```

    }
    if(Channel0<=1000&&Channel0>200) // Se a String Channel0 for menor que 1000 e
                                     // maior que 200 entra na condição
    {
        Delay_ms(1000); // Aguarda 1 segundo
        Lcd_Out(2,1,txt5); // Na linha 2 e coluna 1 escreve "Trocar Lampada"
        Delay_ms(100); // Aguarda 0,1 segundo
        PORTB = 0b11001111; // Acende dois Led's na placa ECU Fatec (RB4 e
                             // RB5)
        Delay_ms(100); // Aguarda 0,1 segundo
    }
    if(Channel0<=200) // Se a String Channel0 for menor que 200 entra na
                      // condição
    {
        Delay_ms(1000); // Aguarda 1 segundo
        Lcd_Out(2,1,txt7); // Na linha 2 e coluna 1 escreve "Lampada
                             // Queimada"
        Delay_ms(100); // Aguarda 0,1 segundo
        PORTB = 0b10001111; // Acende três Led's na placa ECU Fatec (RB4, RB5
                             // e RB6)
        Delay_ms(100); // Aguarda 0,1 segundo
    }
    Delay_ms(1000); // Aguarda 1 segundo
    teclas(); // Chama a função teclas
    } // Fim do Laço While (I2C)
    Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR); // Limpa LCD
    Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF); // Desliga o cursor
    PORTC.RC7 = ~PORTC.RC7; // RC7 muda de nível lógico e envia o sinal para que
                             // a lâmpada seja desligada

} // Fim do Laço infinito principal
} // Fim do main

```