

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA SANTO ANDRÉ**  
**Tecnologia em Mecânica Automobilística**

**Beatriz dos Santos Martins**  
**Victor Henrique da Matta Gonçalves**

**DESENVOLVIMENTO DE SENSOR DE CHUVA AUTOMOTIVO COM  
ACIONAMENTO AUTOMÁTICO DO LIMPADOR DE PARA-BRISA**

**Santo André**  
**2019**

**Beatriz dos Santos Martins**  
**Victor Henrique da Matta Gonçalves**

**DESENVOLVIMENTO DE SENSOR DE CHUVA AUTOMOTIVO COM  
ACIONAMENTO AUTOMÁTICO DO LIMPADOR DE PARA-BRISA**

Trabalho de Conclusão de Curso entregue a Fatec Santo André como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Mecânica Automobilística.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Orlando de Salvo Junior.

**Santo André**  
**2019**

M386d

Martins, Beatriz dos Santos

Desenvolvimento de sensor de chuva automotivo com acionamento automático do limpador de para-brisa / Beatriz dos Santos Martins, Victor Henrique da Matta Gonçalves.- Santo André, 2019. – 72f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.  
Curso de Tecnologia em Mecânica Automobilística, 2019.

Orientador: Prof.Orlando de Salvo Junior

1. Mecânica. 2. Veículos.3. Sensores de chuva.4. Atuadores. 5. Tecnologia. 6. Limpadores automáticos.7. Para-brisa. 8. Segurança. 9. Receptor de luz. I. Gonçalves, Victor Henrique da Matta. II. Desenvolvimento de sensor de chuva automotivo com acionamento automático do limpador de para-brisa.

**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:  
"DESENVOLVIMENTO DE SENSOR DE CHUVA AUTOMOTIVO COM  
ACIONAMENTO AUTOMÉTICO DO LIMPADOR DE PARA-BRISA" DOS  
ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.**

**BANCA**

PRESIDENTE:

PROF. ORLANDO DE SALVO JUNIOR 

MEMBROS:

PROF. ADRIANO RIBOLLA PROF. MARCO AURÉLIO FRÓES **ALUNOS:**BEATRIZ DOS SANTOS MARTINS VICTOR HENRIQUE DA MATTA GONÇALVES 

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaríamos de agradecer ao nosso orientador Prof. Orlando de Salvo Junior, ao Prof. Marco Aurélio Froés, que apesar de não ter sido coorientador, ajudou muito no projeto, e aos nossos colegas de classe Vinícius Godoy, por nos ajudar a decifrar os esquemas e identificar as causas do problema relacionado ao relé do veículo, e Igor Dias, por nos ajudar na montagem dos chicotes.

Gostaria de agradecer também ao meu pai, Sérgio Gaona Gonçalves, por ajudarem pesquisas e montagens de toda parte práticas, e a minha noiva Monique Guedes Carvalho, que nos ajudou com a monografia.

*“O sucesso é uma  
consequência e não um objetivo”.*

*Gustave Flaubert*

## RESUMO

Com o passar dos anos e o grande avanço tecnológico, a indústria automobilística vem buscando alternativas para aprimorar a segurança e o conforto de seus clientes. Uma dessas alternativas é o uso de sensores e atuadores no veículo, como por exemplo, o sensor de chuva cuja função é identificar gotas de chuva no para-brisa e acionar os limpadores automaticamente, sem a intervenção do condutor do veículo. Este sensor é óptico, composto por um LED emissor e um receptor de luz, e funciona através do princípio da reflexão total. Uma das suas funções, como já mencionado, é acionar o limpador de para-brisa, considerado um item de segurança, homologado pelo Conselho Nacional de Trânsito pela Lei Nº9503. O limpador constitui de palhetas e um motor que faz seu acionamento. A proposta deste estudo é desenvolver um sensor de chuva infravermelho ativo, onde um LED emissor enviará um sinal luminoso para o para-brisa do veículo, e este ricocheteará para o LED receptor, criando uma reflexão do raio. O principal objetivo é desenvolver um sensor de chuva que acione os limpadores de para-brisa automaticamente e mude sua velocidade conforme a intensidade de chuva, mostrando sua viabilidade, conforto e segurança para o motorista. Assim que a chuva interromper essa reflexão o sensor acionará o limpador, regulando a velocidade do mesmo de acordo com a intensidade da chuva, com o auxílio de um microcontrolador.

**Palavras Chaves:** Sensor de chuva, Limpador de para-brisa, Segurança.

## **ABSTRACT**

Over the years and the great technological advance, the automotive industry has been seeking alternatives to improve the safety and comfort for their customers. One of these alternatives is the use of sensors and actuators in the vehicle, such as the rain sensor whose function is to identify raindrops on the windshield and to activate the cleaners automatically without the intervention of the driver of the vehicle. This sensor is an optical sensor, consisting of a LED emitter and a receiver, and works through the principle of total reflection. One of its functions, as already mentioned, is to activate the windshield wiper, considered a safety item, approved by the National Traffic Council by Law No. 9503. The wiper consists of two blades and a motor that activates it. The proposal of this study is to develop an active infrared rain sensor, where an emitting LED will send a signal to the vehicle's windshield, which will bounce to the receiving LED, creating a reflection of the light beam. The main goal is to develop a rain sensor that automatically turns the windshield wipers on and changes their speed according to the intensity of the rain, showing its viability, comfort and safety for the driver. As soon as the rain interrupts this reflection the sensor will activate the wiper, regulating its speed according to the intensity of the rain, with the help of a microcontroller.

**Key Words:** Rain Sensor, Windshield Wiper, Safety.



## LITA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Princípio de Huygens .....	18
Figura 2: Reflexão e Refração do Raio .....	22
Figura 3: Reflexão dos Raios .....	23
Figura 4: Reflexão Total e Ângulo Crítico.....	24
Figura 5: Sensores Veiculares .....	25
Figura 6: Posição de Montagem do Sensor .....	26
Figura 7: Posicionamento e Funcionamento do Sensor.....	27
Figura 8: Princípio de Funcionamento do Sensor de Chuva.....	27
Figura 9: Modelamento Sensor Capacitivo no Software COMSOL.....	28
Figura 10: Protótipo final de Sensor Capacitivo .....	28
Figura 11: Acoplador Óptico.....	29
Figura 12: Análise de eficiência do conjunto com e sem acoplador óptico .....	30
Figura 13: Áreas de Limpeza .....	31
Figura 14: Zona A.....	32
Figura 15: Zona B.....	32
Figura 16: Motor de Acionamento .....	33
Figura 17: Mecanismo Acionador.....	34
Figura 18: Microcontrolador Atmega 328 .....	35
Figura 19: Arduino Logo.....	36
Figura 20: Arduino UNO.....	37
Figura 21: Componentes Arduino UNO.....	38
Figura 22: Módulo Relé 4 Canais.....	40
Figura 23: Sensor de Obstáculo FC51 .....	43
Figura 24: Sensor Infravermelho E18-D80NK.....	44
Figura 25: Lentes Angulares do Sensor E18-D80NK.....	44
Figura 26: Sensor Infravermelho QRE1113 .....	45
Figura 27: Montagem do Sensor e Arduino no Protoboard.....	45
Figura 28: Monitor Serial do Teste do Sensor .....	46
Figura 29: Variação dos valores no Monitor Serial com a presença do vidro.....	47
Figura 30: Painel Didático Fox .....	48
Figura 31: Terminais Faston Pré-isolados.....	49
Figura 32: Chicote Inicial.....	49

Figura 33: Esquema Desenvolvido.....	50
Figura 34: Circuito de Entrada do Intermitente (12 - 5 volts).....	51
Figura 35: Módulo Relé de 1 Canal.....	52
Figura 36: Chicote do Relé Temporizador.....	53
Figura 37: Chicote definitivo .....	54
Figura 38: Montagem final no painel com chicote definitivo .....	54
Figura 39: Fluxograma Sensor de Chuva.....	55
Figura 40: Posicionamento do Sensor no vidro.....	56
Figura 41: Fluxograma da Programação.....	58

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Valores de índices de refração de alguns materiais.....	21
Quadro 2: Percentual Mínimo de Limpeza .....	31
Quadro 3: Mapeamento de Tensão.....	50

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Equação de Plank .....	19
Equação 2: Índice de Refração .....	21
Equação 3: Lei de Snell .....	22
Equação 4: Ângulo Crítico.....	24

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 Objetivo e Motivação.....	16
1.2 Estrutura do Trabalho .....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 Origem da Luz</b> .....	<b>17</b>
2.1.1 Óptica .....	19
2.1.1.1 Óptica Geométrica.....	20
2.1.1.2 Óptica Física .....	20
2.1.2 Propagação Retilínea da Luz .....	20
2.1.3 Refração e Índice de Refração.....	21
2.1.3.1 Leis da Refração .....	22
2.1.4 Reflexão .....	23
2.1.4.1 Reflexão Total e Ângulo Crítico.....	24
<b>2.2 Sensores Veiculares</b> .....	<b>25</b>
2.2.1 Sensor de Chuva.....	26
2.3 Limpadores de Para-brisa .....	30
2.3.1 Geometria dos Sistemas .....	33
2.3.2 Motor de Acionamento .....	33
2.3.3 Mecanismo Acionador .....	34
<b>2.4 Microcontroladores</b> .....	<b>34</b>
2.4.1 Arduino .....	36
2.4.1.1 Família Arduino .....	37
2.4.2 Arduino UNO .....	37
<b>2.5 Módulo Relé de 4 Canais</b> .....	<b>38</b>
<b>3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO</b> .....	<b>41</b>
<b>3.1 Metodologia</b> .....	<b>41</b>

<b>3.2 Materiais e Componentes Utilizados .....</b>	<b>42</b>
<b>4 RESULTADOS.....</b>	<b>43</b>
<b>4.1 Sensores .....</b>	<b>43</b>
<b>4.2 Testes do Sensor QRE1113.....</b>	<b>45</b>
<b>4.3 Saídas.....</b>	<b>48</b>
<b>4.4 Teste final.....</b>	<b>55</b>
<b>5 DISCUSSÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>5.1 Dificuldades encontradas .....</b>	<b>57</b>
<b>5.2 Propostas futuras .....</b>	<b>59</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Schlegel e Schuler (2002), nos últimos anos a indústria automotiva, buscando atender a regulamentação e aprimoramento tecnológico, começou a introduzir sistemas eletrônicos que visam melhorar e aperfeiçoar o desempenho dos veículos, o conforto e sua segurança. Como exemplo destes desenvolvimentos, temos a introdução do sistema de Injeção Eletrônica, sistema ABS (*Anti-lock Breaking System*), *Airbag*, e os vidros elétricos. Contudo outras tecnologias estão chegando ao mercado brasileiro como, por exemplo, sensor de chuva. Atualmente esse sensor é encontrado apenas em modelos mais completos de maior valor.

Conforme o estudo de Otte et. al. (2010), a função deste sensor é manter o para-brisa limpo, para que o condutor e os passageiros do veículo tenham uma melhor visão, sem que seja necessária uma intervenção do motorista, ou seja, o sensor atua automaticamente, uma vez que isso aumenta o conforto e a segurança do mesmo. Afinal, nos dias atuais existem inúmeros elementos externos e equipamentos modernos competindo por atenção.

Com isso, o condutor do veículo pode dirigir sem se preocupar com acionamento e controle dos limpadores, pois o sensor também controla a velocidade do limpador, variando desde uma chuva leve até uma mais intensa. Além disso, há também outras funções que podem ser integradas, como a ligação automática dos faróis, já que seu uso é obrigatório em dias de chuva (Art. 40, Cap. III, CTB – Código de Transito Brasileiro, Lei n. 13.9290/16), fechamento dos vidros e em alguns casos, o acionamento do sistema de ar condicionado do veículo.

De acordo com Schlegel e Schuler (2002), os sensores de chuva atuais são sensores ópticos que se baseiam no princípio de reflexão e refração da luz infravermelha, que consiste em dois diodos, um emissor e um receptor que mantém um feixe de radiação infravermelho emitido e recebido por reflexão no para-brisa. Ou seja, quando há uma gota de chuva no vidro, esse feixe de radiação infravermelha é cortado e assim o raio refletido diminui, e o sensor é acionado.

## **1.1 Objetivo e Motivação**

Este trabalho é instigado pelo aprimoramento dos conhecimentos sobre sensor de chuva e suas funções integradas, buscando um melhor aprendizado sobre seu funcionamento junto aos conceitos físicos que o regem, e colocá-los em prática, pois este trabalho tem como principal objetivo desenvolver um sensor de chuva que acione os limpadores de para-brisa automaticamente e mude sua velocidade conforme a intensidade de chuva, mostrando sua viabilidade, conforto e segurança para o motorista.

Para atingir este objetivo, a proposta deste estudo é desenvolver um sensor de chuva infravermelho ativo, onde um LED emissor enviará um sinal luminoso para o para-brisa do veículo, e este ricocheteará para o LED receptor, criando uma reflexão do raio de luz. Esse circuito funcionará sempre em nível lógico alto (1), quando algo interromper a emissão e recepção dos LEDs - no caso a chuva, o sensor passa a funcionar em nível lógico baixo (0). Então será enviado um sinal de tensão para que o Arduino possa processar juntamente com sua programação, e atuar os pínos de saída para acionar os limpadores de para-brisa.

## **1.2 Estrutura do Trabalho**

Este trabalho encontra-se dividido em seis capítulos. No capítulo 1 encontram-se as razões que nos levaram a desenvolver este tema, o objetivo e uma breve introdução do que será feito. O capítulo 2 aborda os conceitos físicos e teóricos relacionados a óptica, estes que possuem suma importância para entendimento do desempenho dos sensores, abordaremos também conceitos sobre microcontroladores, em específico o Arduino, o que são, como funcionam e sua programação. No capítulo 3 será abordado o método experimental e seus componentes utilizados. O capítulo 4 traz os resultados e discussões no decorrer do projeto e os resultados esperados e alcançados. No capítulo 5 são exibidas as conclusões deste trabalho. Por fim as referências consultadas ao longo deste trabalho.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será abordada toda a base teórica necessária para o desenvolvimento do projeto, desde o estudo da óptica, refração e reflexão de luz, passando pelos limpadores de para-brisa, sensores e por fim microcontroladores.

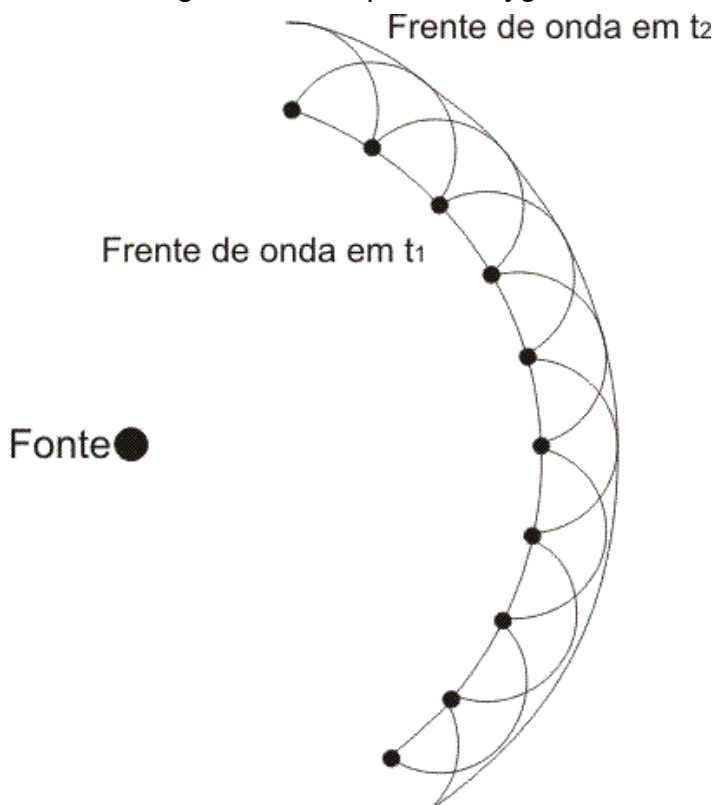
### 2.1 Origem da Luz

Os estudos de Chiquetto (1992) deduzem que a Luz é o agente físico, que atuando nos órgãos visuais produz a sensação da visão, considerado uma energia radiante, ou seja, que se propaga no formato de onda eletromagnética e em diversos meios e pode sofrer alterações de velocidade quando se propaga entre meios diferentes. No vácuo a velocidade da luz é aproximadamente  $3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$ .

Segundo Alegre (2003), uma das primeiras teorias sobre a luz é a dos antigos filósofos gregos, como Platão (427 – 347 a.C.), que disse que o olho humano emitia raios luminosos e iluminava todos os objetos, tornando assim possível vê-los. Todavia, essa teoria foi considerada um equívoco, devido a impossibilidade de não se conseguir explicar a desigualdade entre o dia e a noite.

De acordo com Gonzaga (2006), no século XVII, mais precisamente em 1678, surgem duas teorias que dividem o mundo científico, a primeira é de Christiaan Huygens (1629 - 1695), que acreditava na teoria ondulatória da luz, dizia que na propagação das ondas, cada partícula do éter transmite o seu movimento à partícula seguinte, sendo o resultado uma onda em torno do centro da partícula, ou seja, simplificada cada ponto da frente de onda pode ser interpretado como uma frente de onda secundária. Segundo Gonzaga (2006) a Figura 01 exemplifica o princípio de Huygens.

Figura 1: Princípio de Huygens



Fonte: Só Física (2019)

Em contra partida, a segunda teoria citada por Gonzaga (2006) é a teoria da onda corpuscular, defendida por Isaac Newton, que tinha como conceito que a luz era um fluxo de átomos luminosos e se propagavam de forma retilínea, e ainda pode concluir que a luz branca era composta de uma mistura de várias cores, onde correspondia a uma variedade de partículas, cada tipo correspondia a uma cor. As duas teorias conseguiram explicar muitos fenômenos durante um tempo, mas possuíam incongruência na tentativa de esclarecer outros.

Hecht (2002) relata que no final do século XIX, James Clerk Maxwell (1831-1879), físico teórico, determinou através de trabalhos dos seus colegas, que a luz se comportava como uma onda eletromagnética, portanto deveriam ocorrer os fenômenos de reflexão, refração, polarização, difração e interferência e com tudo já estudado e equações matemáticas, Maxwell conseguiu obter a velocidade da luz e determinou "A luz, é um fenômeno eletromagnético." (HECHT, 2002, p. 37).

Segundo Siqueira (2012), depois de alguns séculos sem teorias, quando tudo parecia ter se encaixado, Max Planck (1858-1947) apresentou dois artigos que estremeceram os pilares da Mecânica Clássica, baseado na termodinâmica e eletromagnetismo, propôs que a luz era emitida na forma de pacotes de energia denominados quantum (porção, em latim). E com isso, anos mais tarde Albert Einstein (1879-1955), consolidou a teoria de Planck com o seu artigo sobre o efeito fotoelétrico, que lhe rendeu, em 1921, o Prêmio Nobel da Física.

Neste conceito, cada pacote de energia possui uma quantidade de quantum ou fótons, que segundo Siqueira (2012), pode ser encontrada pela Equação 1 de Planck:

$$E = h * f \equiv E = h * \nu \quad (1)$$

No qual:

$\varepsilon$  = Nível energético

$h$  = constante de Planck (6,6 J.s)

$f$  ou  $\nu$  = Frequência ou radiação emitida

### 2.1.1 Óptica

De acordo com Gonzaga (2006), a palavra óptica tem origem no grego *optike* e significa basicamente 'relativo à visão'. Em relação à óptica procuraremos abordar, com objetividade, o estudo da luz e dos fenômenos luminosos. Estes estudos podem ser segmentados em duas vertentes:

1. *Óptica geométrica*: parte da Óptica que estuda a propagação dos raios luminosos, explicando os princípios desta área como: propagação retilínea da luz, reflexão e refração da luz.
2. *Óptica física*: analisa o comportamento ondulatório da luz. Os princípios analisados pela óptica física são: emissão, composição, absorção, polarização, interferência e difração da luz.

### **2.1.1.1 Óptica Geométrica**

A óptica geométrica é uma parte da física moderna que estuda os raios de luz que segundo Ramalho (1990 p.120) “raios de luz são linhas orientadas que representam graficamente a direção e o sentido de propagação da luz”. E esta óptica conforme Chiqueto (1992) se baseia em três fundamentos:

1. *Princípio da propagação retilínea da luz:* nos meios homogêneos a luz se propaga em linha reta.
2. *Princípio de independência dos raios de luz:* um raio de luz não interfere na propagação de outro raio de luz.
3. *Princípio de reversibilidade dos raios de luz:* quando se inverte o sentido de propagação da luz, sua trajetória muda.

### **2.1.1.2 Óptica Física**

A óptica física, segundo Halliday et. al. (2016), estuda a luz considerando-a uma onda decorrente de campos elétricos e magnéticos, levando em conta a frequência e o comprimento de onda e pode ser descrita pelas leis do eletromagnetismo clássico ou quântico. Este ramo é muito utilizado para o estudo da difração.

### **2.1.2 Propagação Retilínea da Luz**

De acordo com Matos (2013), os raios de luz são compostos por partículas chamadas de fótons, conforme a teoria de Planck, e se propagam retilineamente e em meio homogêneo. Esta teoria de propagação é um conceito solidamente estabelecido. E ainda podemos atribuir a este princípio, o conceito de reta, que significa uma linha entre dois pontos.

### 2.1.3 Refração e Índice de Refração

Chiquetto (1992) define a refração como fenômeno óptico que ocorre quando há uma mudança de direção na propagação da luz, quando esta muda de meio, como, por exemplo, do ar para a água. Isto ocorre porque a luz se propaga em diferentes meios e com velocidades diferentes. Quando os raios luminosos atingem interfaces diferentes, a mudança de velocidade de propagação em cada matéria faz com que a luz mude de direção. Mas em cada meio a luz se propagada retilineamente.

Para Gonzaga (2006), quando estudamos refração é necessário entender a mudança de velocidade e para isso é conveniente definir uma grandeza que permita fazer comparações entre a velocidade da luz nos diferentes meios. Esta grandeza é chamada de índice de refração e é representada pela letra  $n$ . O índice de refração é definido pela Equação 2.

$$n = c/v \quad (2)$$

Onde:

$c$  = velocidade da luz no vácuo (299 792 458 m/s)

$v$  = velocidade da luz no meio em questão

$n$  = índice de refração

O Quadro1 mostra os valores do Índice de refração com diferentes materiais.

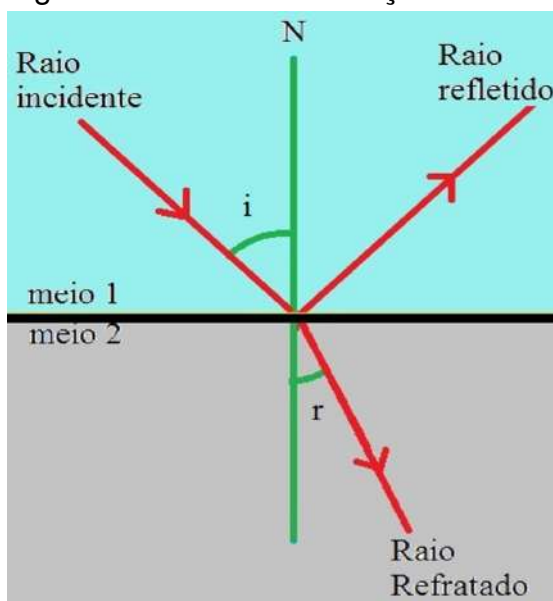
Quadro 1: Valores de índices de refração de alguns materiais

Meio material	Índices de refração (n)
Ar	1,00
Água	1,33
Vidro	1,50
Glicerina	1,90
Álcool Etilico	1,36
Diamante	2,42
Acrílico	1,49

### 2.1.3.1 Leis da Refração

Chiquetto (1992) nos lembra, que quando um raio luminoso incide na superfície que separa meios divergentes, os raios se divergem surgindo os raios incidentes, refletido e o refratado como mostra a Figura 2.

Figura 2: Reflexão e Refração do Raio



Fonte: Chiquetto (1992)

Como é explicado por Chiquetto (1992), onde o raio de incidência é a luz original, o raio de refração é o raio de incidência propagado no 2º meio, o raio de reflexão é o raio original refletido no 1º meio, e  $N$  é a linha a  $90^\circ$ , indicando uma linha normal. Os ângulos  $r$  (refratado) e  $i$  (incidente) descrevem a inclinação do feixe de luz em relação a reta normal  $N$ .

As leis da refração descrevem o comportamento do raio de incidência em outro meio em relação a  $N$  dando o raio refratado. Chiquetto (1992) relata que este comportamento é descrito por duas leis:

*Lei da refração:* o ângulo incidente ( $i$ ), refratado ( $r$ ) e a linha normal estão no mesmo plano.

*Lei da refração (Lei de Snell):* é representada pela Equação 3:

$$n_i \cdot \sin (i) = n_r \cdot \sin (r) \quad (3)$$

Onde  $n$  é uma constante que representa o índice de refração de cada meio, de acordo com Siqueira (2012). Esta constante pode variar os ângulos  $\sin(i)$  e  $\sin(r)$  deixando-os mais próximos, distantes ou no mesmo sentido da normal.

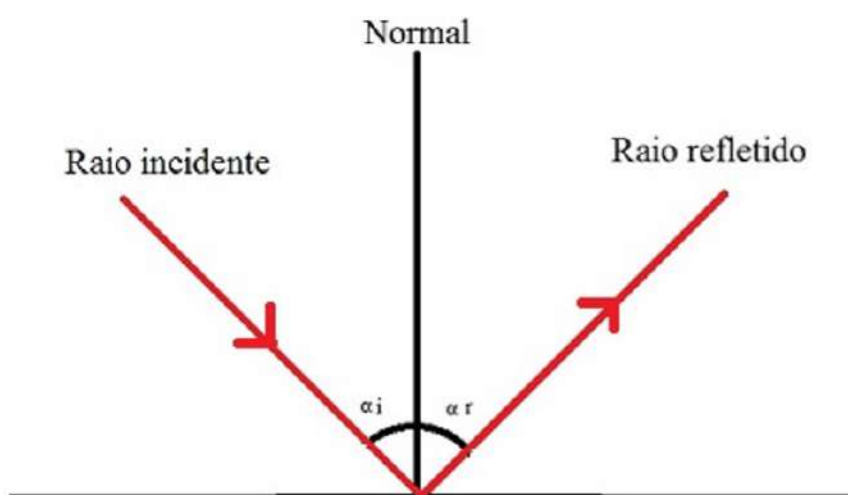
### 2.1.4 Reflexão

Halliday et. al. (2016), diz que a reflexão ocorre quando um raio luminoso atinge a superfície de outro material, uma parte do raio é desviada, e chamamos esse fenômeno de reflexão, e esta ocorre no limite entre os dois materiais, por exemplo, ar-vidro, ou, ar-água. A reflexão é representada por uma expressão que segue duas leis:

1. O raio incidente, a reta normal e raio refletido estão no mesmo plano.
2. O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão  $\theta_i = \theta_r$

Para Halliday et. al. (2016), quando o raio atinge a superfície forma um ângulo com a reta normal da superfície, e damos o nome de *ângulo de incidência*, porém esse mesmo raio é refletido para outro lado da reta normal, no mesmo plano, formando um ângulo igual ao de incidência, mas este nomeamos de *ângulo de reflexão*. Na Figura 3, é possível observar este fenômeno.

Figura 3: Reflexão dos Raios



Fonte: Halliday et. al. (2016)

### 2.1.4.1 Reflexão Total e Ângulo Crítico

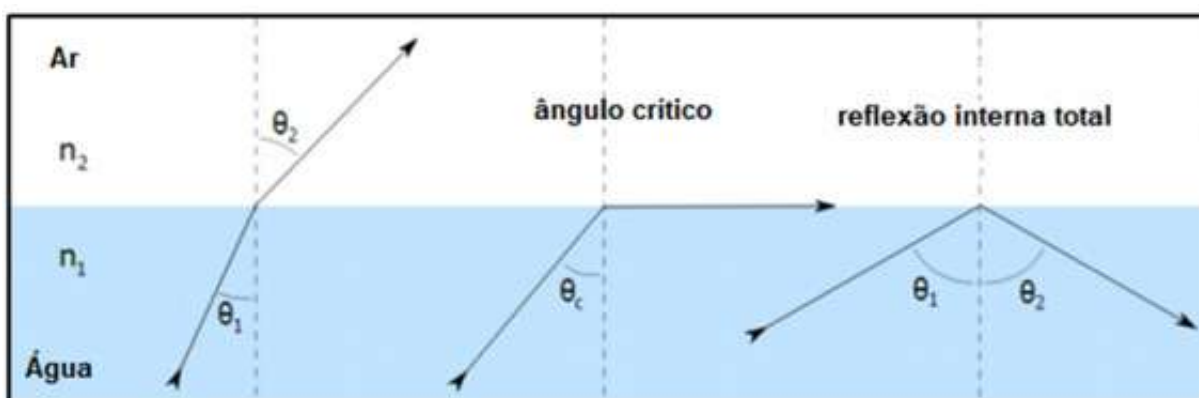
Segundo Halliday et. al. (2016) quando um raio luminoso (raio incidente) se encontra com outro meio, uma parte é refletida e outra é refratada, formando ângulos de incidência, refração e reflexão. Na medida em que o ângulo de incidência aumenta e se distancia da linha  $N$ , reta normal em relação à superfície, o ângulo de refração vai diminuindo até ficar perpendicular à linha de separação dos dois meios, este fenômeno é chamado de ângulo crítico ou ângulo limite de refração, que é descrito por Snell-Descartes como: “menor ângulo de incidência da luz em uma superfície de separação entre dois meios a partir dos quais ela é totalmente refletida”. Ângulo crítico pode ser calculado com a Equação 4.

$$\sin(c) = n_{maior}/n_{menor} \quad (4)$$

Entretanto, segundo Chiquetto (1992) quando o ângulo de incidência for maior que o ângulo crítico, ou seja, ultrapassando o ângulo crítico, não há mais refração, toda luz incidente é refletida, a isto damos o nome de Reflexão Total.

Na Figura 4 há um exemplo dos dois fenômenos:

Figura 4: Reflexão Total e Ângulo Crítico



Fonte: Vieira Albino (2018)

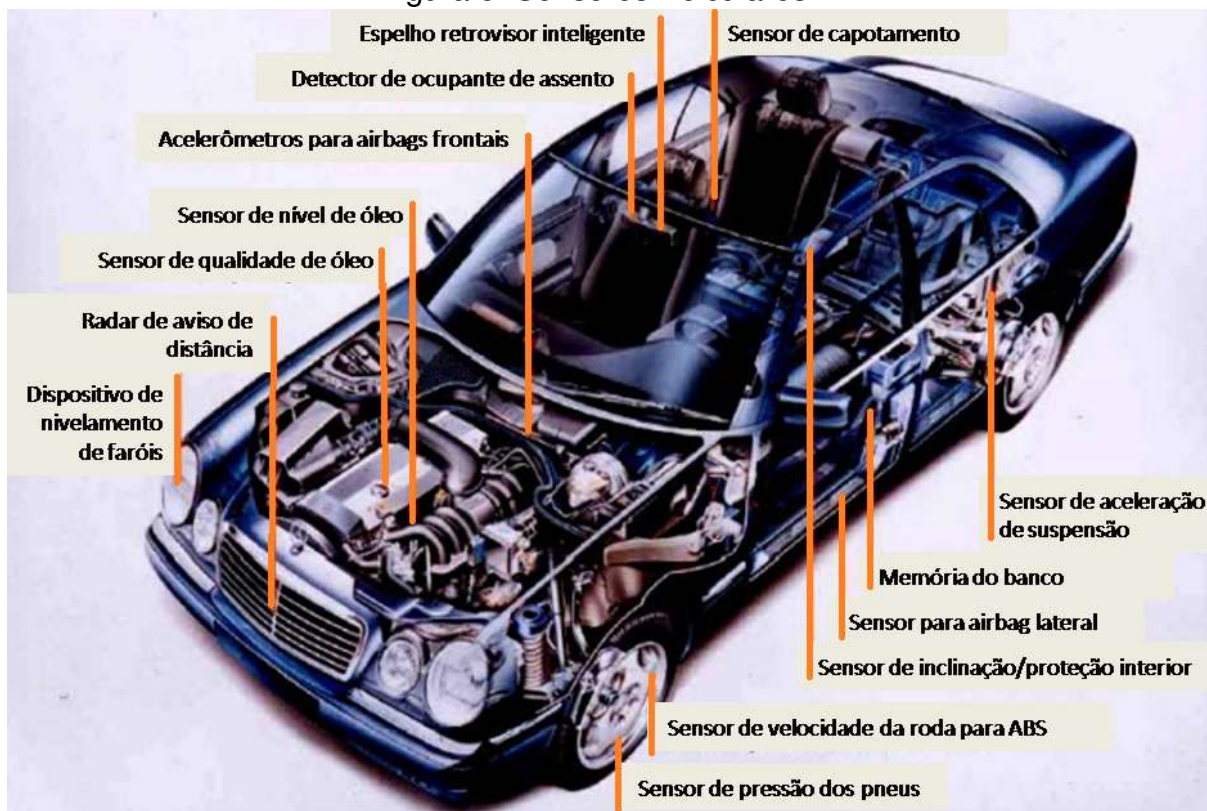


## 2.2 Sensores Veiculares

Como lembra Rocha et. al. (2015), a unidade de comando do veículo é responsável por receber os sinais dos sensores e acionar os respectivos atuadores. No meio automotivo os sensores além de mandarem um comando para os atuadores, eles são capazes de medir grandezas como posição, velocidade, pressão, força e informá-las. Com o advento tecnológico, os sensores que constituem um veículo, evoluíram consideravelmente. Alguns estão localizados na Figura 5.

- Sensor de rotação do motor (Sensor Hall e Sensor de Relutância Variável)
- Sensor de posição de abertura de válvula borboleta (*ThrottlePosition Sensor*)
- Sensor de pressão do coletor de admissão (*ManifoldAirPressure*)
- Sensor de fluxo de ar (*ManifoldAirFlow*)
- Sensores de temperatura (NTC – *NegativeTemperatureCoefficient*)
- Sensor de oxigênio nos gases de exaustão (Sonda Lambda)
- Sensor de Detonação (*Knock Sensor*)

Figura 5: Sensores Veiculares



Fonte: Rubio (2005)

Além dos sensores já embarcados de fábrica, existem os que visam o conforto e a segurança do motorista, um deles é Sensor de Chuva, o qual é o foco deste trabalho.

### 2.2.1 Sensor de Chuva

Schlegel e Schuler (2002) afirmam que o sensor de chuva é um acessório que vem crescendo na indústria automotiva, em vista do conforto e segurança, que o mesmo traz para seu usuário. Mesmo com uma tecnologia simples, este sensor ainda é muito estudado devido a sua eficiência e simplicidade, buscando sempre seu aprimoramento.

Para Otte et. al. (2010), este acessório tem como função manter o para brisa limpo de forma automática, ou seja, sem a intervenção do condutor do veículo, levando em conta, que atualmente existem inúmeros fatores modernos e externos que competem a atenção dos motoristas.

Conforme Schlegel e Schuler (2002), para que isso ocorra, atualmente, as indústrias utilizam um sensor óptico, que trabalha, por meio da reflexão total. Estes são instalados atrás do espelho retrovisor, na parte superior do para-brisa para que assim o condutor não tenha seu campo de visão comprometido.

Veja um exemplo de aplicação na Figura 6.

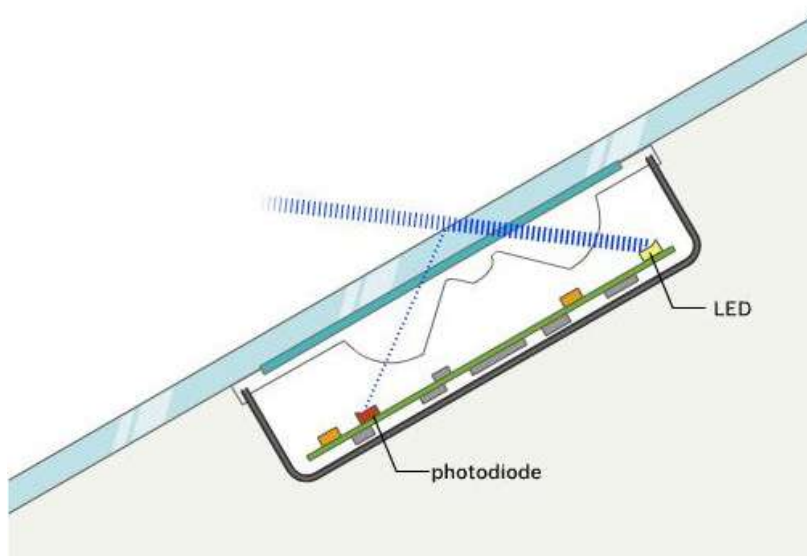
Figura 6: Posição de Montagem do Sensor



Fonte: Neves (2012)

Segundo Schlegel e Schuler (2002) o sensor é composto por um diodo emissor e um diodo receptor de luz, posicionado na diagonal para o interior do veículo, fazendo que o raio emitido pelo diodo esteja a  $45^\circ$  em relação a linha imaginária no para-brisa, ocorrendo assim o mesmo com o raio do diodo receptor, formando assim um ângulo de  $90^\circ$  em relação ao vidro, Figura 7. Este fenômeno é chamado de Reflexão Total.

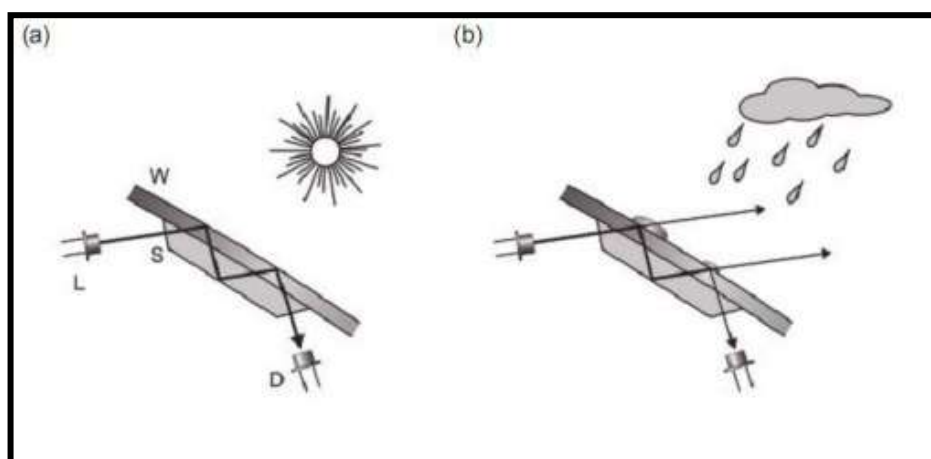
Figura 7: Posicionamento e Funcionamento do Sensor



Fonte: Como Funciona (2009)

Kajioka et. al. (1989) afirmam que quando há gotas de chuva no para-brisa, o índice de refração é alterado, aumentando assim o raio refratado e diminuindo a do raio refletido, é possível verificar esta afirmação na Figura 8. Assim, o sensor percebe esta diminuição e o sistema aciona o conjunto do limpador de para-brisa.

Figura 8: Princípio de Funcionamento do Sensor de Chuva

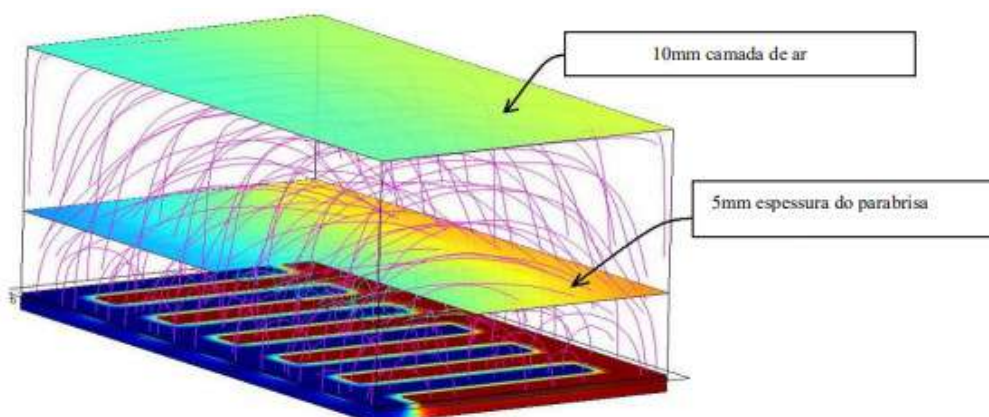


Fonte: HAUS (2010)

Apesar de o sensor óptico ser o mais utilizado atualmente, se há muitas controversas sobre o melhor tipo de sensoriamento de chuva. Pois para Kajioaka et. al. (1989), o método automático de detecção já foi pesquisado e aplicado de várias formas, como detecção da variação de energia, variação de capacitância, e de condutividade, e todos esses sistemas apresentaram falhas, e por esta razão, o sensor nunca foi realmente utilizado em massa, e ainda afirma que apesar do sistema óptico também apresentar falhas, estas ainda podem ser administradas.

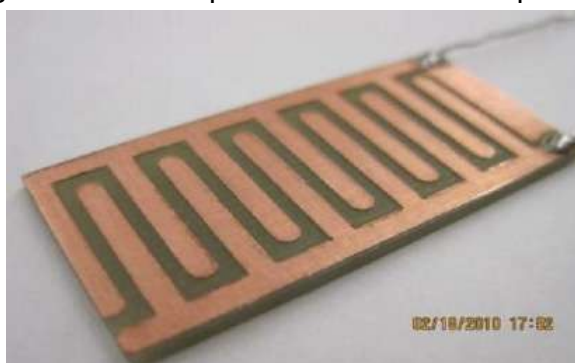
Todavia, para Otte et. al. (2010) os sensores ópticos por terem a área de sensibilidade pequena tendem a ter uma falsa detecção. Além do mais, eles dizem que os sensores capacitivos são uma solução para este defeito, pois geram um campo elétrico pela aplicação de uma tensão em seus terminais, gerando uma capacitância. Podemos observar na Figura 9 o modelamento do sensor capacitivo e o seu protótipo final na Figura 10.

Figura 9: Modelamento Sensor Capacitivo no Software COMSOL



Fonte: OTTE, QAISER, et. al. (2010)

Figura 10: Protótipo final de Sensor Capacitivo



Fonte: OTTE, QAISER, et. al. (2010)

Entretanto, Kato e Yagi (2008) dizem que o sensor óptico tem um problema em relação à área de radiação, pois esta é insuficiente para detecção. Para tanto, apontam como solução um conjunto óptico, uma lente denominada acoplador óptico, Figura 11, cuja função é aumentar a área de sensibilidade do sensor pelo conceito da reflexão especular, como é possível observar na Figura 12, e ainda com esta lente pode-se obter a precisão necessária e a sensibilidade com uma radiação que normalmente não pode ser trabalhada com lentes de vidro comuns. Contudo, segundo Kato e Yagi (2008), este acoplador foi utilizado no veículo Mitsubishi Galant Fortis, entretanto o mesmo não é utilizado em outros veículos em série.

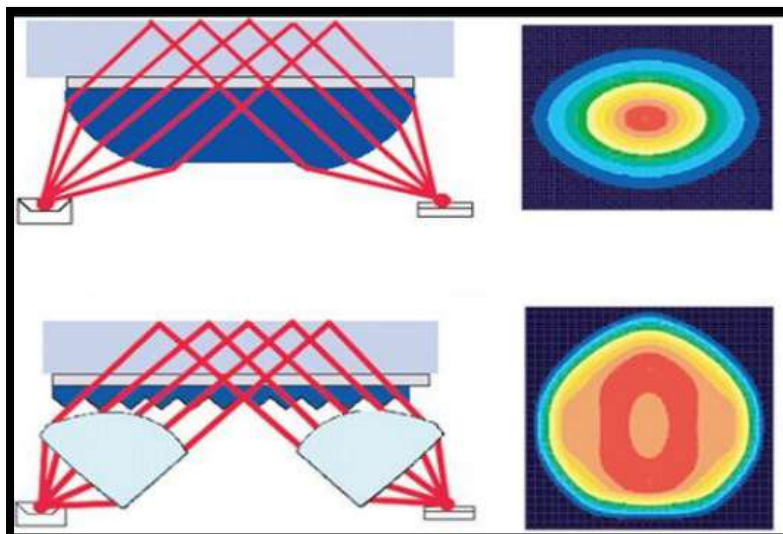
Figura 11: Acoplador Óptico



Fonte: Kato e Yagi (2008)

De acordo com Kato e Yagi (2008), o ponto de sensibilidade de pico (a área de cor vermelha à direita na Figura 12), mostra a sensibilidade do sensor sem o acoplador, porém na mesma figura é possível observar que com o acoplador (representado pelas lentes na Figura 12, na parte inferior do lado esquerdo), a área de detecção, em vermelho, aumentou até quase o limite da área de detecção, que é a zona de alta sensibilidade (a área amarela na parte direita da Figura 12).

Figura 12: Análise de eficiência do conjunto com e sem acoplador óptico



Fonte: Kato e Yagi (2008)

Portanto, ainda que existam muitas inconsistências, o sensor óptico atualmente é o sistema mais utilizado nos sensores de chuva, com uma tecnologia simples e até o momento, eficiente. Apesar das pesquisas dos sistemas dos outros sensores ainda não existe uma real aplicação destes na prática, para que assim seja possível uma comparação mais exata. E apesar de tudo, todos os sensores possuem falhas, que, segundo próprios desenvolvedores, estas são problemas em relação à óptica.

### 2.3 Limpadores de Para-brisa

Os limpadores de para-brisa são considerados itens de segurança e extrema importância como é dito na Resolução nº 224, de 9 de fevereiro de 2006, resolvida pelo “[...] CONTRAN, usando da competência que lhe confere o inciso I do art. 12 da Lei nº 9503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro - CTB, e conforme o Decreto nº 4711, de 29 de maio de 2003 [...]” (CONTRAN, 2006).

Temos como exigência do CTB:

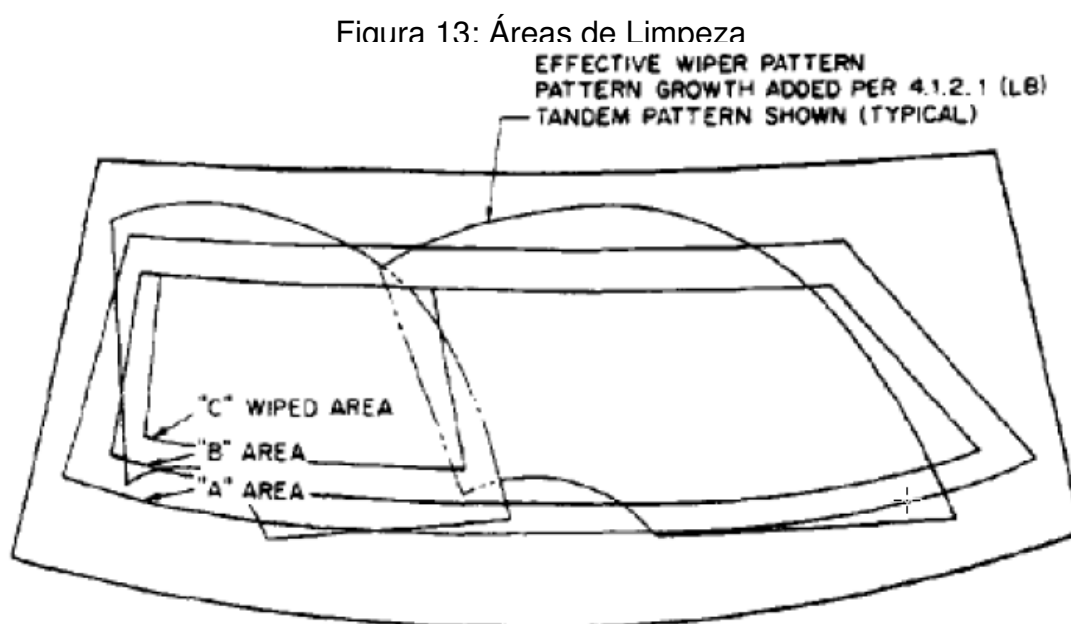
Art. 1º - Para fins de homologação, os veículos automotores destinados ao transporte de passageiros com até nove lugares sentados, incluindo o condutor, e os veículos destinados ao transporte de carga com peso bruto não superior a 3,5 ton., tendo pelo menos 4 rodas e uma velocidade máxima superior a 25 km/h. deverão estar equipados com sistemas de limpador e lavador de para-brisas que atendam as características e os requisitos de desempenho especificados no Anexo desta Resolução.

Art. 2º - Alternativamente se admitirá a homologação de veículos que cumpram com os sistemas de limpador e lavador do pára-brisa que atendam a Diretiva 78/318/EEC, emendada pela Diretiva 94/68/EEC, ou a norma FMVSS 104, de 24 de setembro de 1998. (CONTRAN, 2006, p. 1).

Como nos lembra Maciel (2010), os limpadores de para-brisa além de manterem a visibilidade removendo água, sujeira mineral, biológica e orgânica, também precisam atender algumas determinações legais que definem a área de limpeza, e estas são baseadas nas legislações americana ou européia.

No território brasileiro a resolução vigente é a CONTRAN 224/06, esta que era baseada na regulamentação americana, mas “[...] na sua última revisão em 2006, passou a ser baseada na diretiva européia, porém, aceitando como alternativa o atendimento da regulamentação americana.” (MACIEL, 2010).

Maciel (2010) explica que a Regulamentação Americana FMVSS 104 visa valores mínimos de limpeza do vidro, de acordo com o campo de visão do motorista, então são gerados três áreas de limpeza A, B e C, conforme Figura 13 e Quadro 2.



Fonte: SAE J 903 (1999)

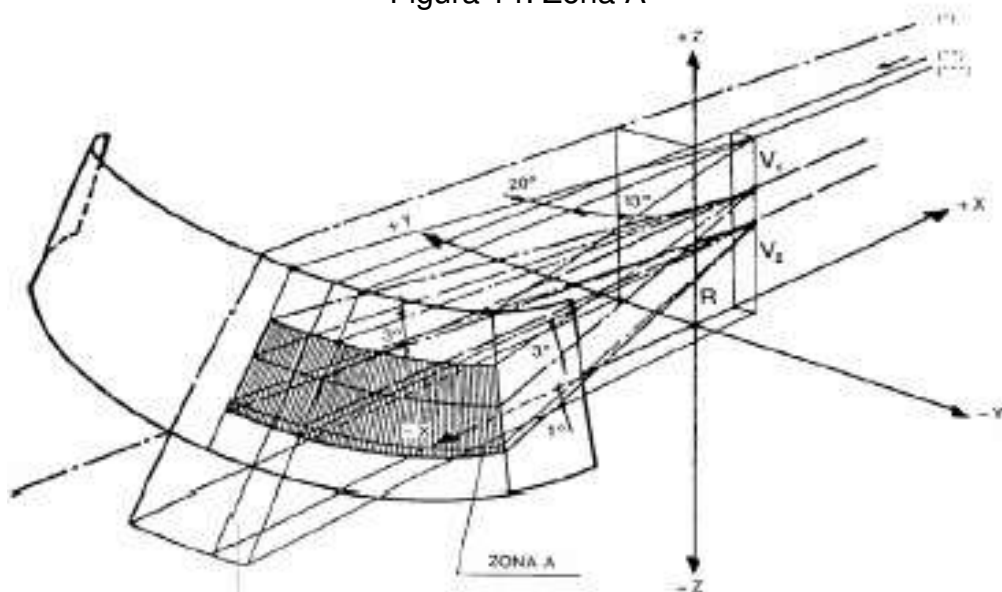
Quadro 2: Percentual Mínimo de Limpeza

Área	Percentual Mínimo de Limpeza
A	80%
B	94%
C	99%

Fonte: SAE J 903 (1999)

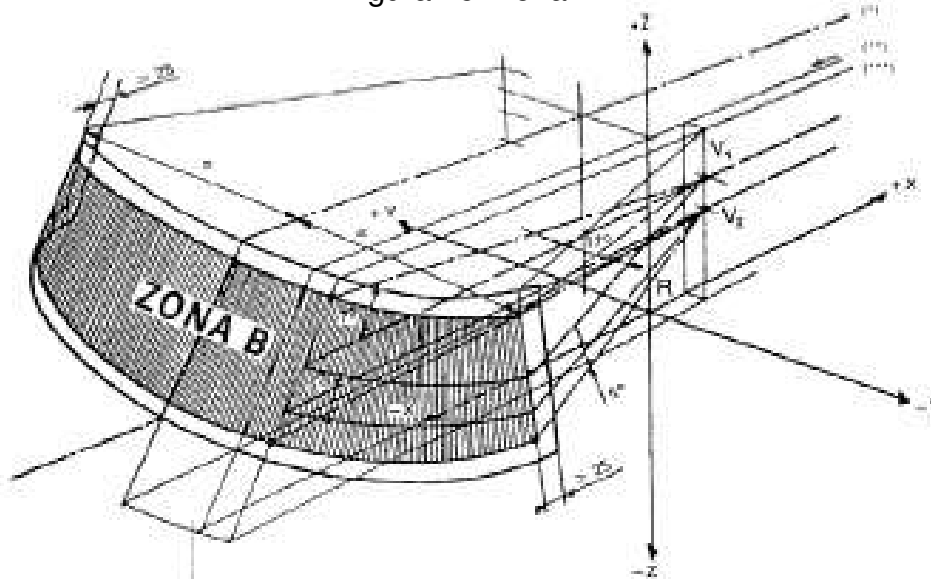
No caso da Diretiva Européia 78/318/EEC, Maciel (2010) relata que assim como na regulamentação americana, são utilizados planos projetados do campo de visão do motorista, porém com critérios diferentes. São usadas somente duas áreas de limpeza, A (Figura 14) e B (Figura 15), com 98% e 80% respectivamente.

Figura 14: Zona A



Fonte: 78/318/EEC (1978)

Figura 15: Zona B



Fonte: 78/318/EEC (1978)



### 2.3.1 Geometria dos Sistemas

Maciel (2010) lista as principais características de cada geometria dos sistemas de limpadores de para-brisa.

- Sistema Tandem: é uma das principais geometrias utilizadas, justamente por ter a melhor relação custo x benefício. É composta por dois conjuntos de braços e palhetas que operam na mesma direção.
- Sistema Oposto: este sistema atende facilmente a regulamentação, porém possui um custo elevado quando comparado ao sistema Tandem. É composto também por dois conjuntos de braços e palhetas, mas que funcionam em sentido oposto.
- Sistema Braço Único: opera com apenas um braço e uma palheta, em um ângulo de aproximadamente 180°. É considerado de baixo custo, porém não atende as regulamentações e por ser um único braço apresenta dificuldade de visibilidade em condições de chuva forte.
- Sistema Braço Pantográfico Único: este sistema também é composto por um único braço e palheta, porém seu funcionamento é através de articulações que possibilitam a criação de um ângulo entre braço e palheta.

### 2.3.2 Motor de Acionamento

De acordo com Bosch (2005), são utilizados motores de CC (corrente contínua), com um ímã permanente que faz o acionamento dos limpadores e são equipados com uma caixa redutora com sistema de engrenagem de eixo sem-fim, na Figura 16 temos um exemplo de motor.

Figura 16: Motor de Acionamento

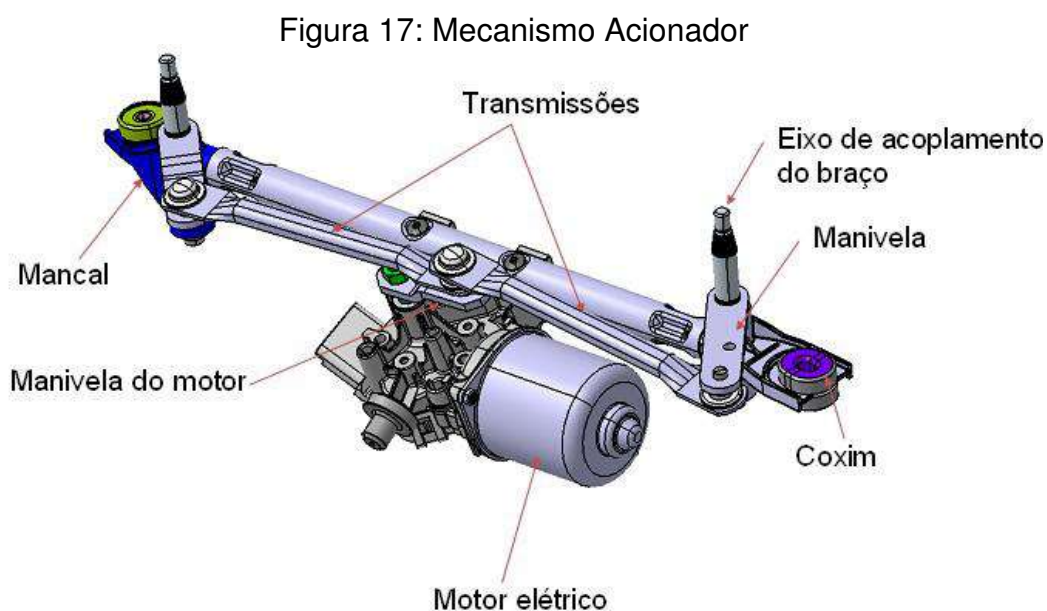


Fonte: Bosch (2013)

Bosch (2005) diz que as especificações, normalmente estabelecem rotações de 45 e 65 RPM, para frequência mais baixa e mais alta respectivamente da palheta. Outro ponto importante é determinado como o tempo que o motor com tensão total, aguenta antes de superaquecer.

### 2.3.3 Mecanismo Acionador

Como é dito por Maciel (2010), o mecanismo acionador (Figura 17) recebe a rotação do motor e transforma no movimento do braço e palheta. Esta movimentação é obtida por sistema de manivelas que acionam as transmissões que estão ligadas as manivelas acionadoras dos eixos de acoplamentos dos braços.



Fonte: Maciel (2010)

## 2.4 Microcontroladores

Assim como disse Monk (2017) um microcontrolador nada mais é do que um computador miniaturizado dentro de um chip. Além de possuir todos os recursos dos computadores domésticos, também possui memória RAM para armazenar dados, memória EEPROM ou *flash* para programas, um processador e ainda entradas e saídas em forma de pinos, que por sua vez fazem a interligação do microcontrolador com os demais componentes do meio externo.

Podendo ler tanto dados digitais, nível lógico alto e baixo (0 e 1), quanto dados analógicos, as entradas de um microcontrolador permitem a conexão de variados tipos de sensores e acionadores. Suas saídas também podem ser digitais ou analógicas, sendo possível a ligação desde LEDs, com tensão 5 ou 0 volts, e “[...] você pode usar saída para controlar dispositivos com potencias mais elevadas, tais como um motor.” (MONK, 2017, p. 06).

Monk (2017) nos lembra de que a unidade central de processamento (CPU - *Central Processing Unit*) é basicamente o cérebro do microcontrolador, responsável por controlar tudo o que acontece em seu interior. Ela é capaz de buscar dados da memória RAM, e executar instruções no programa armazenado na memória *flash*, podendo também modificar os sinais das saídas digitais. Na Figura 18 podemos observar o microcontrolador Atmega 328, normalmente usado no Arduino.

Figura 18: Microcontrolador Atmega 328



Fonte: Andrade (2011)

### 2.4.1 Arduino

De acordo com Multilógica (2018), foi desenvolvido na Itália, mais precisamente na cidade de Ivrea, no ano de 2005, o projeto Arduino tinha como objetivo principal um dispositivo para estudantes, uma espécie de plataforma de projetos de design e interação, sendo mais econômico que os sistemas de prototipagem disponíveis na época.

Na mesma cidade onde foi desenvolvido, muitos anos atrás, nos séculos X e XI, existiu um nobre conhecido por Arduino, este se auto proclamava como rei da Itália. Os desenvolvedores frequentavam um estabelecimento cujo nome era em homenagem ao nobre. “Assim o nome do Arduino (o microcontrolador) é uma homenagem ao Arduino (o bar) que por sua vez era uma homenagem ao outro Arduino (o nobre).” (Multilógica Shop, 2018, p. 26).

Segundo McRoberts (2015), o Arduino é constituído por uma placa que é composta por um microprocessador ATmel AVR, um regulador de tensão (5 volts), um cristal ou oscilador - que envia pulsos de tempo em uma frequência específica, possuem também pinos de entrada e saída, e alguns podem ter uma saída USB, para conectá-los ao PC ou Mac.

Assim como todos microcontroladores, o Arduino (Figura 19) também é programável e para tal é necessário utilizar o IDE, um software livre que permite a programação em sua linguagem nativa, que no caso é baseada em C/C++. “O IDE permite que você escreva um programa de computador, que é um conjunto de instruções passo a passo do qual você, então, deverá fazer o upload para o Arduino.” (McRoberts, 2015, p.28).

Figura 19: Arduino Logo



Fonte: Arduino (2018)

### 2.4.1.1 Família Arduino

De acordo com Multilógica (2018), existem vários Arduinos no mercado, para todas as necessidades e preferências, estes modelos são denominados Família Arduino. Alguns modelos da Família Arduino são: UNO, Mega 2560, Micro, LilyPad, Pro.

### 2.4.2 Arduino UNO

Fabricado pela empresa ATmel, o Arduino UNO, Figura 20, é o microcontrolador mais versátil do mercado e por isso se torna o mais popular, ele possui um chip de 28 pinos ligados ao soquete no meio da placa de circuito integrado. “Esse único chip contém a memória, o processador e toda eletrônica necessária aos pinos de entrada e saída” (Monk, 2017, p. 06).

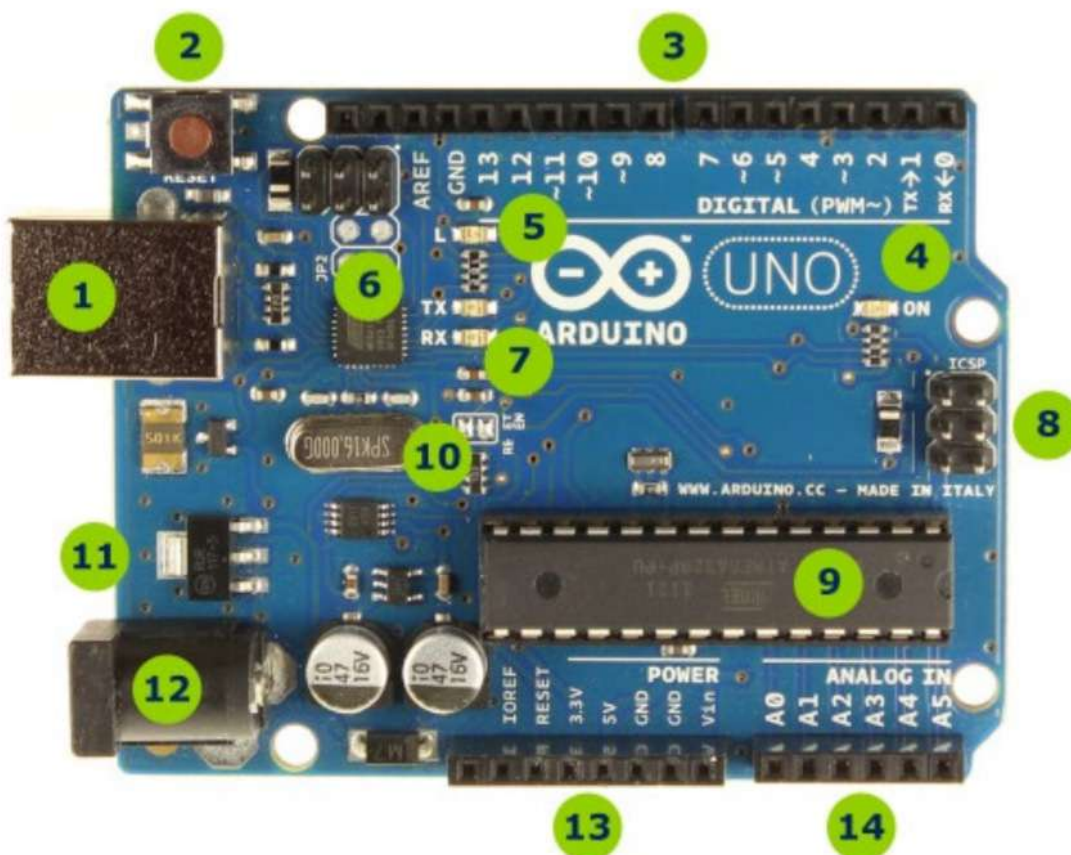
Figura 20: Arduino UNO



Fonte: Andrade (2011)

Como é citado por Monk (2017), abaixo da porta USB está o regulador de tensão, este recebe, diretamente da entrada CC (Corrente Contínua), tensões entre 7 e 12 volts, e automaticamente as converte para 5 volts contínuo. Além de a alimentação elétrica ser feita pelo conector CC - o qual é utilizado quando trabalha com baterias ou até mesmo uma fonte CC, o Arduino também pode ser alimentado através do USB, por onde é gravada a programação. Na Figura 21 há a listagem de todos componentes presentes na placa do Arduino UNO.

Figura 21: Componentes Arduino UNO



Fonte: Multilógica-Shop (2018)

1. Conector USB para o cabo tipo AB
2. Botão de Reset
3. Pinos de entrada e saída digital e PWM
4. LED verde de placa ligada
5. LED laranja conectado ao pin13
6. ATmega encarregado da comunicação com o computador
7. LED TC (transmissor) e RX (Receptor) da comunicação serial

8. Porta ICSP para programação serial
9. Microcontrolador ATmega 328, cérebro do Arduino
10. Cristal de Quartzo 16Mhz
11. Regulador de tensão
12. Conector fêmea 2,1mm com centro positivo
13. Pinos de voltagem e terra
14. Entradas analógicas

## **2.5 Módulo Relé de 4 Canais**

Segundo Vida de Silício (2019), quando trabalhamos com projetos e sistemas inteligentes, geralmente é necessário controlar algumas tensões, e para isso um componente bastante utilizado é o relé, responsável por ligar e desligar componentes através de comandos. Existem vários tipos, inclusive módulos relés, que conseguem abrigar até 16 relés em uma só placa. Um dos tipos é o modulo relé de 4 canais, utilizado para ligar e desligar aparelhos de quase todos os tipos, acionando cargas de variadas tensões e correntes, pode ser usado para acionar diretamente sensores, microcontroladores ou qualquer circuito que use lógica TTL, com limite de 10 amperes de corrente.

Vida de Silício (2019) lista as especificações do módulo relé:

- Tensão de operação: 5V DC (VCC e GND);
- Tensão de sinal: TTL - 5V DC (IN1, IN2, IN3 e IN4);
- 4 Canais;
- Possui um acoplador óptico, desacoplando o circuito de controle com o de atuação;
- Corrente típica de operação: 15~20mA;
- Os relés possuem contato NA e NF;
- Capacidade do relé: 30 V DC e 10A ou 250V AC e 10A;
- Tempo de resposta: 5~10ms;
- Indicador LED de funcionamento;
- 4 Furos de 3mm para fixação nas extremidades da placa;
- Dimensões: 71 mm x 53 mm x 20 mm.
- Pinagem:

- GND - 0V;
- IN1 - entrada controle relé 1, acionado por nível lógico baixo 0v;
- IN2 - entrada controle relé 2, acionado por nível lógico baixo 0v;
- IN3 - entrada controle relé 3, acionado por nível lógico baixo 0v;
- IN4 - entrada controle relé 4, acionado por nível lógico baixo 0v;
- VCC - 5v.

Figura 22: Módulo Relé 4 Canais



Fonte: Vida de Silício (2019)



### 3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo será abordado o desenvolvimento do projeto, bem como os materiais utilizados.

#### 3.1 Metodologia

Neste trabalho será desenvolvido um sensor de chuva com acionamento automático dos limpadores de para-brisa, e um LED no painel do veículo indicando a presença de chuva leve ou forte.

O conceito principal é o módulo (sensor + Arduino) receber um sinal da bateria (12 volts), e a partir deste sinal esperar a chegada da chuva, e assim a programação irá funcionar automaticamente. Se estiver garoando o limpador será acionado no modo intermitente, caso seja uma chuva leve o modo contínuo moderado terá seu acionamento e se for detectada chuva forte será a vez do modo contínuo rápido.

Um sinalizador será instalado no painel do veículo, indicando um aviso, uma maneira de o motorista reduzir a velocidade conforme a quantidade de chuva, com dois possíveis níveis de emissão de luz:

- Contínuo – garoa
- Piscante – chuva forte

A princípio será testado o sensor individualmente, então, feita a programação do Arduino com os pínos de entradas e saídas, e testado em uma placa de vidro, o sensor ficará posicionado atrás da placa e pequenos borrifos de água serão jogados na parte da frente do vidro, e alguns LEDs irão acender de acordo com a quantidade de água.

Após o primeiro teste na placa de vidro, o grupo irá aperfeiçoar o módulo e realizar a instalação no veículo, testando o melhor posicionamento do sensor na parte interna do para-brisa.

### 3.2 Materiais e Componentes Utilizados

- Sensor Infravermelho QRE1113
- Arduino UNO
- Modulo Relé 5 volts (de 1 e 4 canais)
- Painel Didático Fox (2003 – Volkswagen)
- Limpador de para-brisa, localizado no Painel Didático
- Relé temporizador do limpador, localizado no Painel Didático
- Chave de acionamento do limpador, localizada no Painel Didático
- Vidro 20x20x0,4cm
- Madeira
- Cola quente
- Silicone líquido
- Fios de seção nominal de 0,5 mm
- Terminais Faston Pré-isolados
- Fita dupla face
- Base de plástico
- Cabos (macho e fêmea) para Arduino
- Termo retrátil
- Suporte de metal
- Fonte de 7Vcc para alimentação do Arduino

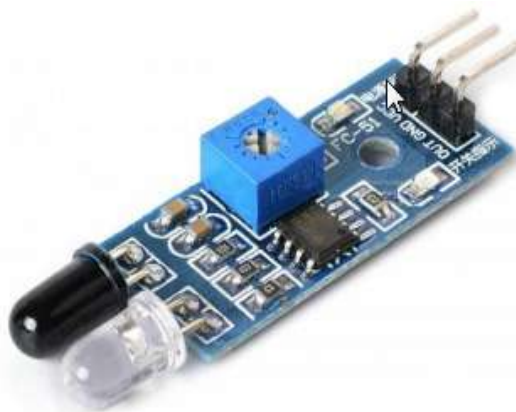
## 4 RESULTADOS

O principal foco deste capítulo é relatar os testes, a escolha dos sensores e o funcionamento do escolhido, como foi possível acionar o limpador através do Arduino, a montagem dos chicotes adicionais, e os resultados alcançados.

### 4.1 Sensores

No primeiro teste de funcionamento do sistema foi utilizado o Sensor de Obstáculo Infravermelho FC51, conforme Figura 23, este que possui um Amplificador Operacional (AO), no caso o LM393, tornando sua saída digital, onde possui somente dois níveis lógicos, baixo e alto (0 e 1).

Figura 23: Sensor de Obstáculo FC51



Fonte: Nunzio e Marsella (2016)

O sensor foi adquirido, mas devido ao fato de ser digital não foi possível desenvolver uma programação pensada inicialmente, na qual o sensor acionaria três diferentes velocidades no limpador de para-brisa.

A programação consiste em uma entrada e quatro saídas, todas conectadas ao Arduino, por ser entrada digital não seria viável acionar as devidas saídas, visto que era necessário ter três níveis distintos de informação recebida do sensor.

O segundo sensor pesquisado, o E18-D80NK conforme Figura 24, tem o funcionamento semelhante ao FC51, porém pela falta de acesso a informações precisas relacionadas a ele, optou-se por não comprá-lo e continuar as pesquisas.

Figura 24: Sensor Infravermelho E18-D80NK



Fonte: Multilógica-Shop (2019)

Este sensor possui somente uma saída digital, então levaria ao mesmo problema do anterior, mas acreditava-se que o ângulo de trabalho era o correto, devido as suas lentes angulares, como é possível observar na Figura 25. Este sensor em especial possui um alto custo em comparação ao FC51.

Figura 25: Lentes Angulares do Sensor E18-D80NK



Fonte: Multilógica-Shop (2019)

Após muitas pesquisas, *brainstorms*, dicas e conhecimento dos docentes e profissionais da área, foi encontrado um sensor analógico, com a seguinte premissa de funcionamento: quanto mais luz recebida pelo receptor, menor é a tensão de saída. Ou seja, um sensor de saída analógica onde a luz recebida pelo Led Receptor é inversamente proporcional a tensão no pino de saída. E o sensor em questão é o QRE1113 conforme Figura 26.

Figura 26: Sensor Infravermelho QRE1113



Fonte: SparkFun (2019)

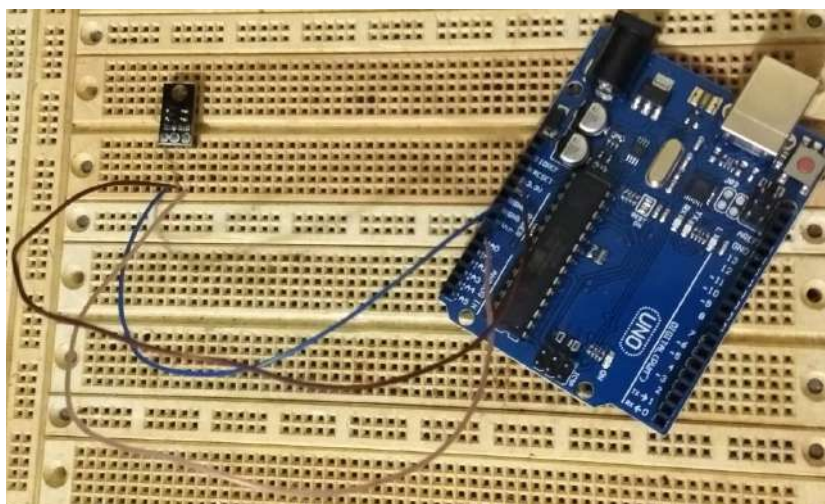
O sensor foi adquirido, contudo foi necessário verificar a funcionalidade e eficácia através de testes, porém acreditava-se que seria o sensor escolhido.

#### 4.2 Testes do Sensor QRE1113

Primeiramente o sensor foi ligado em um *protoboard* com uma interligação com o Arduino, utilizando três fios.

Sendo GND do sensor com GND do Arduino, VCC do sensor com 5V do Arduino e OUT do sensor no pino A0 do Arduino, este que lê entradas analógicas, na Figura 27 é possível verificar as ligações.

Figura 27: Montagem do Sensor e Arduino no Protoboard



Fonte: Próprios Autores (2019)

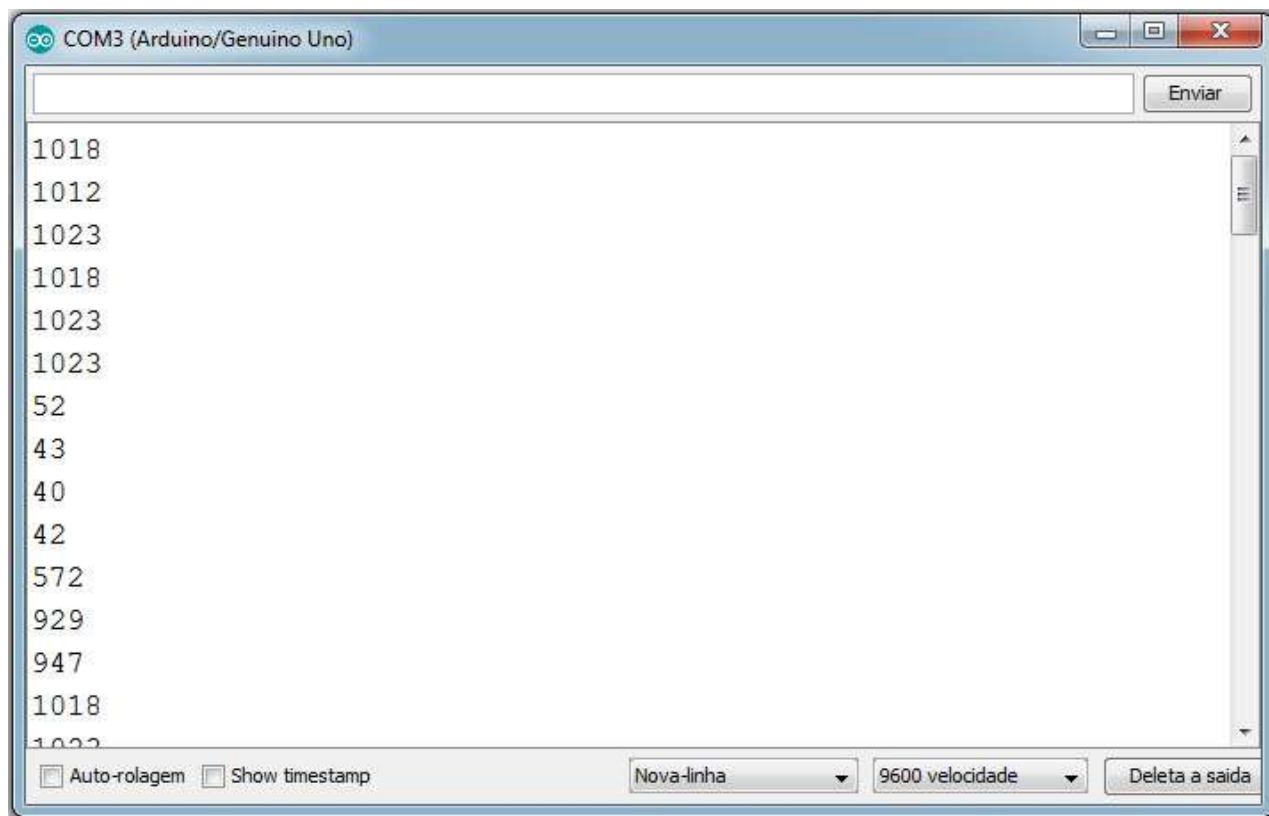
Conforme pesquisado no site do Arduino (2019) foi possível constatar sua variação com o auxílio de alguns exemplos de programação de domínio público. No caso foi usada a *AnalogReadSerial*, onde é possível analisar os valores recebidos no pino analógico do Arduino.

Todo Arduino tem uma porta chamada Serial, por onde é feita a comunicação entre o computador ou outros dispositivos e o Arduino, para ocorrer essa comunicação e acompanhar em tempo real o que ocorre no projeto é necessário entrar no Monitor Serial presente na IDE do Arduino.

Através do Monitor Serial foi possível verificar que a proposta do sensor era verdadeira. A porta Serial possui 10 Bits, sendo 1024 valores, no Monitor é possível observar valores variando entre 1023 e 0. Sendo 1023 igual a 5 volts, e valores próximos a 0 podendo chegar até 0 volts.

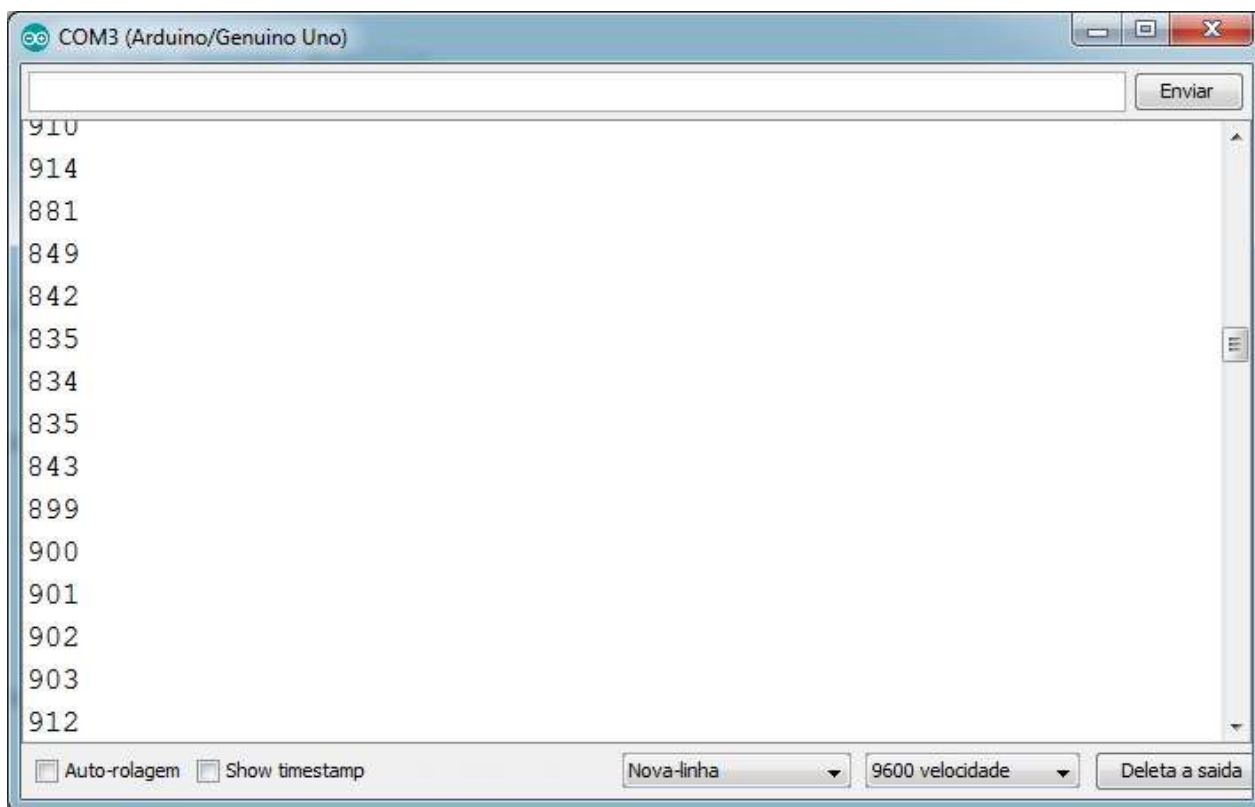
Como o sensor possui lógica invertida, quando se obtém valores próximos a 1023 significa que o receptor não está absorvendo nenhuma luz, ou seja, não existe nenhum obstáculo. E quando há valores mais baixos como de 50 até 0, significa que a luz emitida está sendo recebida total ou parcialmente, existindo assim um obstáculo. É possível visualizar esta variação na Figura 28

Figura 28: Monitor Serial do Teste do Sensor



Foi colocado um vidro transparente sobre o sensor e os valores presentes no Monitor variaram entre 830 e 920 conforme Figura 29, detectando que existe algo em sua frente, portanto o receptor absorve uma pequena quantidade de luz. Infelizmente o sensor não possui valores base de trabalho, pois é um sensor analógico não muito preciso, e sempre irá variar.

Figura 29: Variação dos valores no Monitor Serial com a presença do vidro



Fonte: Próprios Autores (2019)

Logo em seguida foram jogados pingos d'água no vidro e na direção do sensor, subindo assim os valores na tela para 1000/1010, indicando que 'quanto mais água, menos luz é recebida, e maior é a tensão'. Com a presença de água, o sensor entende que o vidro deixa de ser um obstáculo, e somente uma pequena parte dos raios do emissor é absorvida pelo receptor.

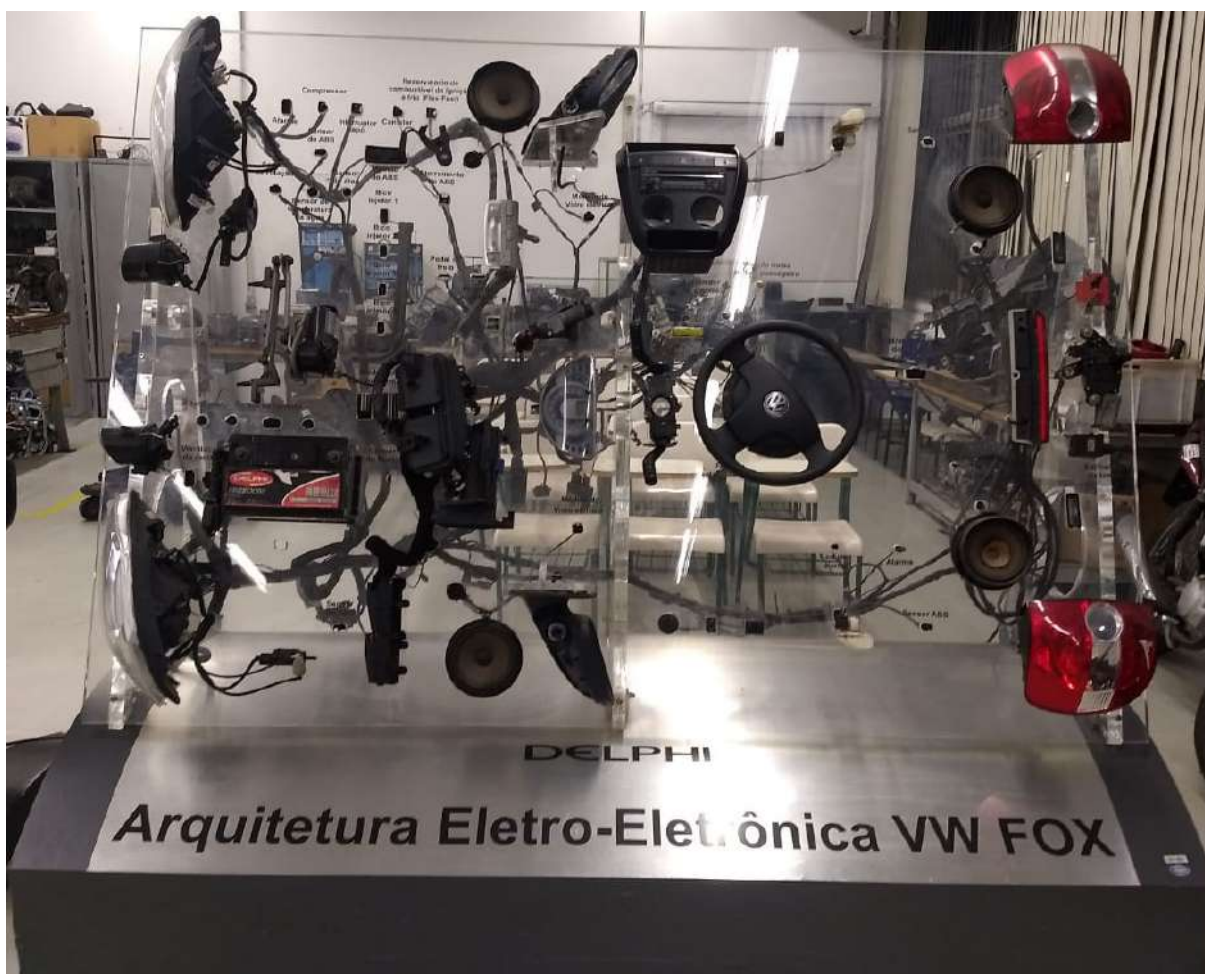
De acordo com os estudos e pesquisas foi constatado que o sensor QRE1113 está com os leds em um ângulo de 45° em relação a uma linha normal imaginária, e entre si formam um ângulo de 90°, e é por meio desta relação de ângulos que a chuva é detectada.

### 4.3 Saídas

Ao longo do projeto, foi necessário utilizar um *Shield* de Arduino, no caso um módulo relé de 4 canais, cuja finalidade é converter a tensão de saída do Arduino (5 volts), em uma tensão que pode ser possível acionar os limpadores de para-brisa (12 volts), visto que sua alimentação é advinda da bateria do veículo.

Foi necessária a abordagem de uma nova estratégia para que haja possibilidade da conclusão do projeto. Ao invés da ideia inicial de montagem ser realizada no veículo, por uma questão de facilidade e prazos determinados, em utilizar um painel didático, que possui todos componentes eletrônicos e circuitos elétricos do veículo Fox (ano 2003 - Volkswagen) Figura 30, e se encontra na Praça Técnica da Faculdade de Tecnologia de Santo André. No painel foram utilizados apenas a chave de acionamento dos limpadores, o relé do limpador e os próprios limpadores de para-brisa.

Figura 30: Painel Didático Fox



Fonte: Próprios Autores (2019)



Como um dos objetivos é manter os circuitos e cabos originais do veículo, foi preciso fazer uma adaptação, a elaboração de um chicote, acoplado ao chicote de comando dos limpadores com a finalidade de enviar os comandos de acionamento da chave do limpador para o Arduino, e enviar os sinais de saída do Arduino para o motor, para isso foi utilizado terminais *Faston* (Figura 31) e fios de sessão nominal 0,5 e 1mm. O chicote inicial (Figura 32) somente interligava o chicote de comando com a chave de acionamento dos limpadores.

Figura 31: Terminais Faston Pré-isolados



Fonte: Direct Industry (2019)

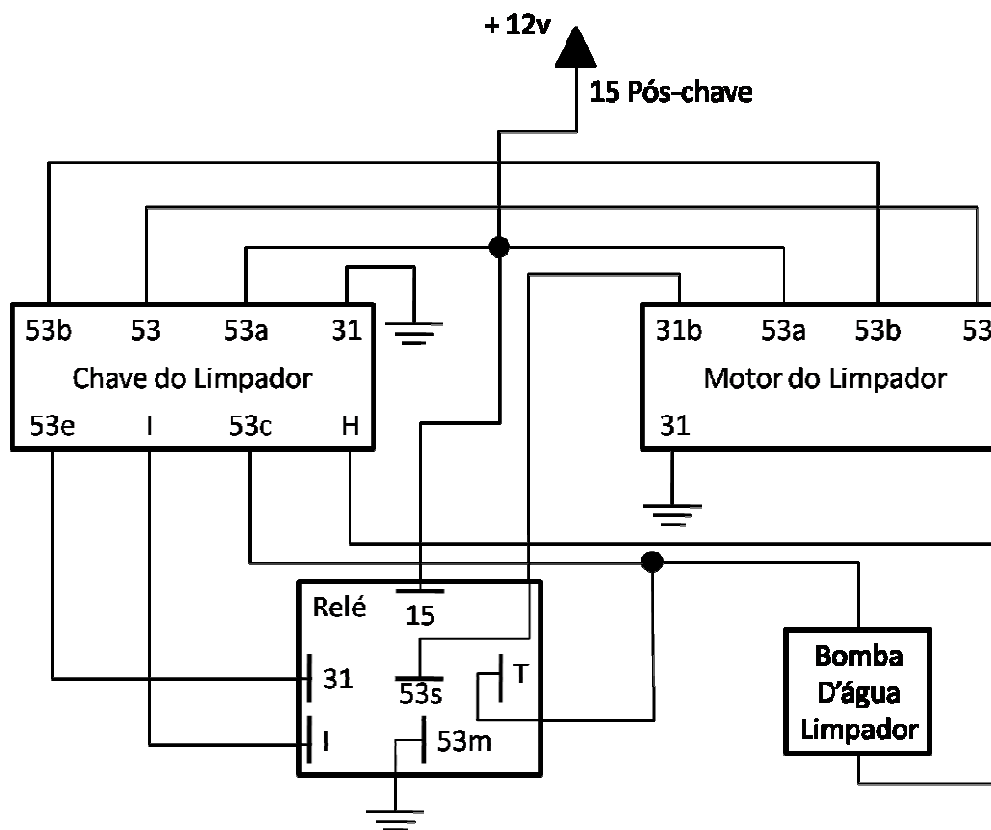
Figura 32: Chicote Inicial



Fonte: Próprios Autores (2019)

Após o estudo do esquema elétrico do Fox, foi desenvolvido um esquema de ligação, Figura 33, a qual nos baseou para a montagem do projeto.

Figura 33: Esquema Desenvolvido



Fonte: Próprios Autores (2019)

Feito isso, a próxima etapa foi conferir as tensões de entrada e saída do sistema, identificar cada fio descrito no esquema elétrico, utilizando um Multímetro, no Quadro 3 é possível observar o que foi encontrado.

Quadro 3: Mapeamento de Tensão

Descrição		Condição Lógica			
Linha/Cabo	Nome	Desligado	Intermitente	Vel. Baixa	Vel. Alta
15	Pós Chave	1	1	1	1
31	Terra	–	–	–	–
53s	Pós Chave	1	1	1	1
I	Intermitente	0	1	0	0
T	Esguicho	0	0	0	0
53	Vel. Baixa	0	0	1	0
53 <sup>a</sup>	Pós Chave	1	1	1	1
53b	Vel. Alta	0	0	0	1
53c	Esguicho	0	0	0	0

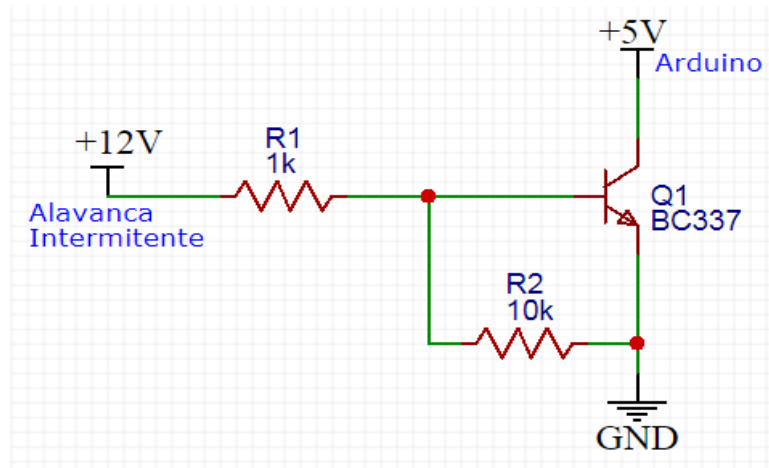
Fonte: Próprios Autores (2019)

As linhas principais que foram usadas para o sensor são: 31, I, 53a, 53 e 53b. Após a identificação das linhas necessárias, foram ligadas as saídas para o teste:

- Chicote do sensor conectado entre o chicote de comando do limpador e a chave de acionamento do limpador.
- O módulo relé conectado no chicote do sensor.
- O Arduino conectado ao módulo relé.

Para criar uma seleção de automático na chave do limpador, foi usada a função da velocidade intermitente. Quando selecionado o intermitente, o Arduino é acionado e sua programação é iniciada, porém o sinal de acionamento da chave é 12 volts, e a entrada do Arduino é 5 volts, o que causaria a queima do microcontrolador. Foi preciso a montagem de um circuito de redução de tensão, a saída deste circuito está conectada a um dos canais do módulo relé, que funciona somente como saída do Arduino, mas um de seus canais está sendo usado como entrada. É possível verificar o circuito desenvolvido na Figura 34.

Figura 34: Circuito de Entrada do Intermitente (12 - 5 volts)



Fonte: Próprios Autores (2019)

O canal In4 do módulo relé é responsável por enviar o sinal de acionamento do modo automático para o Arduino. In1, In2 e In3 são as velocidades, Intermitente, Baixa e Alta respectivamente, essas que recebem o sinal de saída do Arduino.

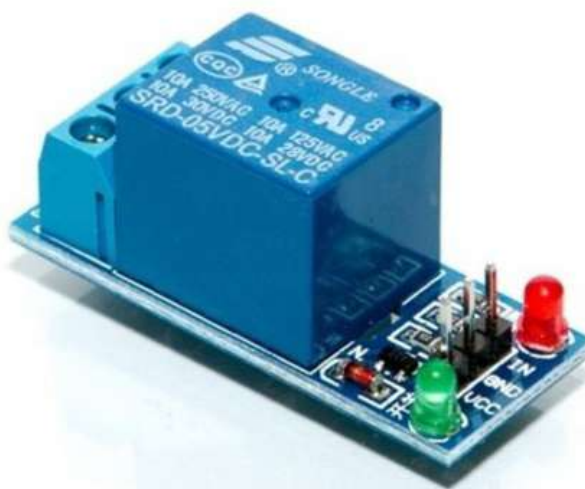
A posição do intermitente na chave do limpador aciona o Arduino, e este manda 5 volts para o módulo relé, que transforma em 12 e ativa a velocidade intermitente, funcionando normalmente. Logo após, foram testadas as duas velocidades (Baixa e Alta) que ao serem acionadas não funcionavam de modo correto, ao invés de manterem seu curso normal, ambas travavam em um determinado tempo, e a velocidade alta estava com a mesma intensidade da baixa. Ao verificar a tensão de saída de ambas, foram encontrados 2 volts na velocidade baixa e na alta 5 volts, sendo que a tensão de saída é 12 volts.

Após a realização de vários testes no painel, superficialmente o problema se encontrava no próprio relé temporizador do veículo, pois quando foi “desligado”, as velocidades baixa e alta funcionaram sem nenhuma interrupção.

Ao analisar novamente o esquema elétrico, a linha 53s é acionada pós-chave, passando pelo relé e ligada diretamente ao motor do limpador, sendo responsável pela volta dos braços a posição inicial, através da variação de pulsos negativos e positivos com 12 volts, assim interferindo nas outras velocidades quando o sensor era acionado, pois esta linha ainda se mantinha ligada com o acionamento das velocidades baixa e alta.

Para a eficácia desse problema foi usado um novo módulo relé, Figura 35, sendo somente de um canal, para desligar a linha 53s quando as velocidades baixa e alta forem acionadas.

Figura 35: Módulo Relé de 1 Canal



Foi feito um chicote para o relé temporizador do veículo, onde a linha 53s era ligada diretamente ao módulo relé de 1 canal como pode se observar na Figura 36 abaixo.

Figura 36: Chicote do Relé Temporizador

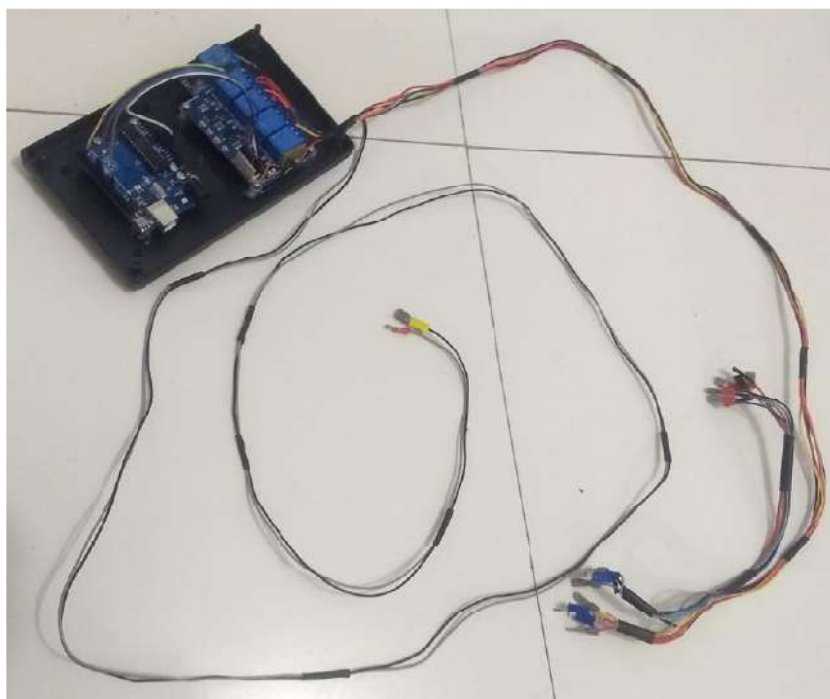


Fonte: Próprios Autores (2019)

A linha 53s, representada pelo fio preto, é cortada quando o relé é atracado. Sendo assim a programação aciona o módulo relé, funcionando o intermitente normalmente, depois a 2ª velocidade (baixa - linha 53), com isso o relé individual da linha 53s é atracado, abrindo o contato, conseqüentemente desligando a linha 53s, assim a 2ª velocidade funcionou sem interrupções, e o mesmo foi feito para a 3ª velocidade (alta - linha 53).

Após resolver o problema da linha 53s, e verificar o funcionamento do sistema, foi elaborado um novo chicote, sendo o definitivo (Figura 37), com todas as interligações: Chicote de comando, chave de acionamento, módulo relé e por fim o relé temporizador do veículo.

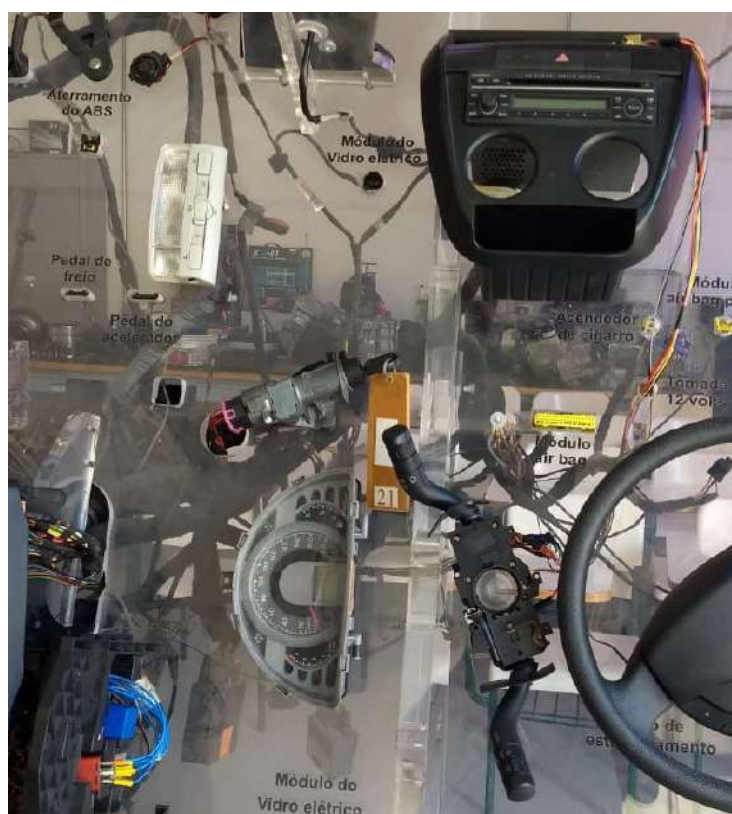
Figura 37: Chicote definitivo



Fonte: Próprios Autores (2019)

Na Figura 38 é possível visualizar a montagem final no painel didático.

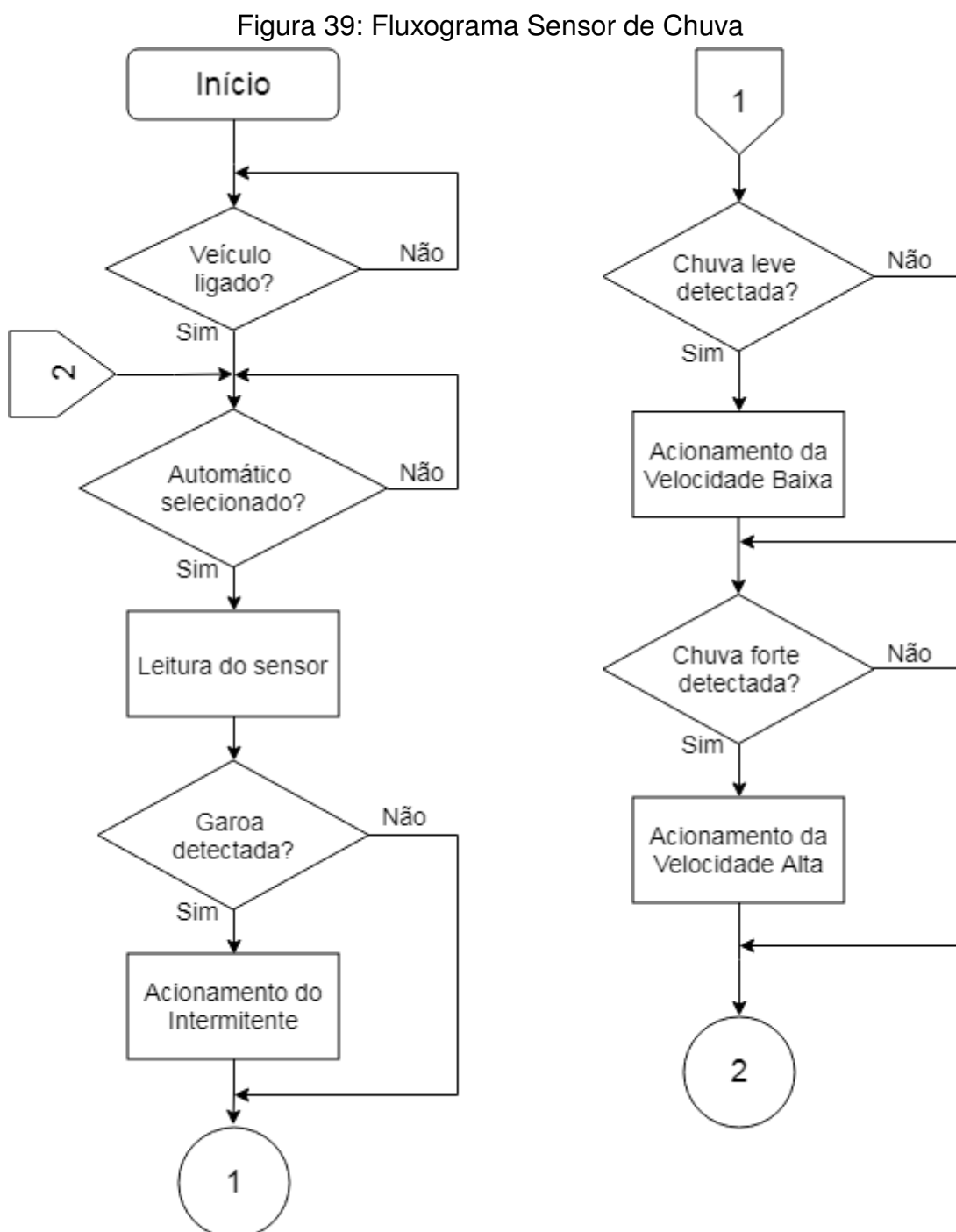
Figura 38: Montagem final no painel com chicote definitivo



Fonte: Próprios Autores (2019)

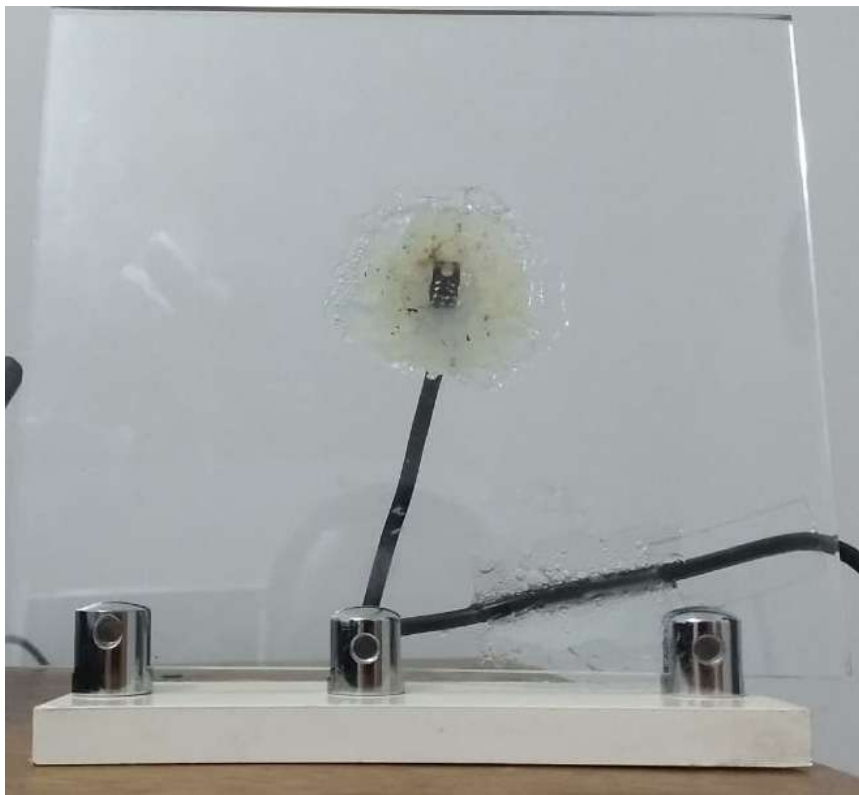
#### 4.4 Teste final

Após todos os componentes devidamente conectados, o sensor infravermelho foi “colado” em um vidro, simulando um para-brisa, porém sem limpadores, com isso foi estipulado os intervalos de acionamento de cada velocidade com base no intervalo encontrado. Conforme o fluxograma da Figura 39 é possível observar como o sensor de chuva deverá funcionar.



Para simulação da chuva, foi utilizado um borrifador com água, teoricamente uma borrifada significaria uma garoa, 2 a 3 borrifadas, uma chuva leve e de 4 a mais borrifadas uma chuva intensa, com isso acionando as velocidades intermitente, baixa e alta a medida com que a quantidade de água no vidro aumentasse. Na Figura 40, é possível analisar o posicionamento do sensor infravermelho no vidro.

Figura 40: Posicionamento do Sensor no vidro



Fonte: Próprios Autores (2019)

O resultado foi que ao borrifar a água no vidro, o sensor captava a variação de luz e acionava a velocidade de acordo com o intervalo programado, porém o mesmo não se mantinha constante, havendo variação entre o intermitente, a velocidade baixa, e a medida que aumentamos a quantidade de água, o sensor não conseguia verificar variações de luz, devido o teste ser feito em um vidro simulando um para brisa sem limpadores, assim dificultando a captação de variação de luz independentemente da quantidade de água sobre o vidro.



## 5 DISCUSSÃO

Portanto algumas alterações foram realizadas, e os objetivos foram alcançados. Ao decorrer deste trabalho os conhecimentos sobre o sensor de chuva foram aprimorados, desde os conceitos físicos, práticos e teóricos, desenvolvendo um protótipo de um sensor de chuva que aciona os limpadores conforme a intensidade da chuva.

### 5.1 Dificuldades encontradas

Na elaboração deste trabalho, foram tomadas as decisões com base nos experimentos, como a escolha do sensor infravermelho a ser utilizado, o modo como seria realizado os testes no Painel Didático, o problema no funcionamento correto das velocidades baixa e alta, devido a linha 53s, a programação do intervalo de acionamento.

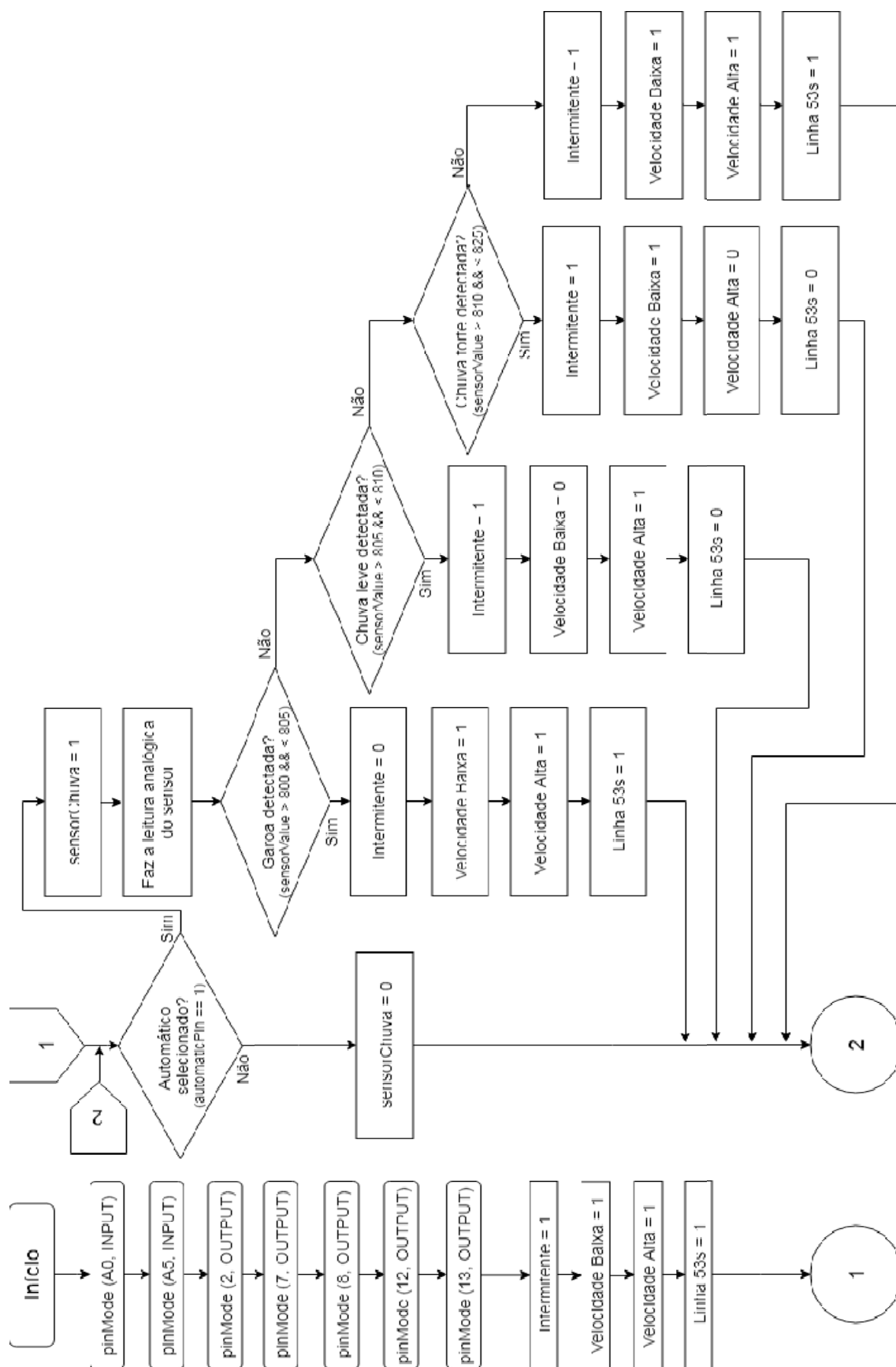
Devido à mudança de estratégia e aos prazos estipulados, não foi possível acionar as lanternas e instalar um led no painel do veículo para indicação de chuva como foi proposto no início do trabalho.

Demandou diversos ajustes na programação em função do sensor ser analógico e sua variação ser grande, não tendo um funcionamento constante, este sensor para ter êxito necessitaria de calibragem, ainda mais sendo controlado por uma programação, e calibragem demanda mais tempo, o que não seria possível no prazo de entrega do projeto. Na Figura 41 é possível analisar o fluxograma da programação e fica claro o intervalo utilizado, vale lembrar que sempre irá variar.

Outra questão é o espectro de luz do sensor, algo que foi pesquisado, mas foram encontradas poucas informações sobre o sensor, porém nos testes realizados durante o dia, o sol diminuiu o intervalo, e durante a noite, o intervalo se manteve mais alto, portanto o receptor detecta outros espectros de luz e não somente do seu emissor.

Todos esses pontos interferiram no funcionamento do sensor, por ser feito em uma bancada de testes, sem o sensor estar devidamente calibrado, e a interferência do sol, apesar destes fatores identificados ao longo dos testes o objetivo foi alcançado.

Figura 41: Fluxograma da Programação



Fonte: Próprios Autores (2019)

## 5.2 Propostas futuras

Pensando em novas estratégias a serem estudadas e aplicadas, abaixo, há algumas propostas para quem deseja dar continuidade a este projeto:

- Desenvolvimento de um novo layout, aumentando sua escala, baseado no circuito do sensor QRE1113 para implementação no veículo.
- Implementação de um GPS, comparando a velocidade do veículo com a velocidade da via, para que se necessário o condutor reduza ou não.
- Desenvolver um sensor que identifique o período do dia, detectando ou não a presença do sol, para mudar automaticamente o intervalo de acionamento na programação.

## 6 CONCLUSÃO

Ao longo deste trabalho podemos observar e entender a teoria e a prática, princípios físicos, conceitos ópticos como, por exemplo: A óptica geométrica estuda a propagação retilínea da luz, cuja base é a teoria do efeito fotoelétrico. A óptica geométrica estuda a propagação, reflexão e refração dos raios luminosos. O índice de refração assume o sentido físico de representar a interação da radiação com a matéria, relacionando a velocidade da luz em diferentes meios. O conjunto óptico funciona através do conceito de reflexão total. Para que o sensor óptico funcione é obrigatoriamente necessário se atentar ao ângulo crítico.

Outro aspecto importante é que ao desenvolvermos um sensor de chuva foi possível constatar esses princípios físicos, como a reflexão interna total, o ângulo crítico e a refração do raio luminoso, na prática, afinal são três características essenciais por trás dos sensores de chuva atuais. Além disso, foi levado em conta outros aprendizados, por exemplo: o desenvolvimento da parte elétrica de todo o projeto, a programação de um microcontrolador, interpretação de esquemas elétricos, o desenvolvimento do sensor de chuva e a melhor forma de implementação, para que por fim os objetivos finais fossem alcançados.

Por fim, os objetivos almejados neste trabalho, foram alcançados, onde o sensor de chuva desenvolvido, assim que começa a detectar a presença de água sobre um vidro, aciona os limpadores automaticamente, porém o seu controle de velocidade funcionou parcialmente como esperado devido aos fatores abordados, para melhorar o desempenho do sistema demandaria mais tempo em função da calibragem do sensor, o fato de ser um teste de bancada e a influência do sol.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, Leonardo Viera. **Estudo, Preparação e Aplicação de Fibras Ópticas Poliméricas utilizando tecnologia de Impressão 3D**. São Paulo: UNESP, 2018. Acesso em: 26 de junho de 2019.

ALEGRE, Thiago Pedro Mayer. **A Natureza da Luz: Instrumentação Para o Ensino**. São Paulo: UNICAMP, 2003. Acesso em: 17 de Novembro 2018.

ALEXANDRE, André Sobral Gomes Pontes. **Estudo e desenvolvimento de um sensor de chuva piezoeléctrico para automóveis**. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2013. Acesso em: 17 de Novembro 2018.

ANDRADE, Daniel. **Arduino in High Def Macro Pictures**. Disponível em: <<https://www.danielandrade.net/2011/09/07/arduino-in-highdef-macro-pictures/>> Acesso em: 26 de junho de 2019.

BOSCH, R. **Manual de Tecnologia Automotiva**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

BRASIL, Resolução nº 224, de 9 de fevereiro de 2006. **Conselho Nacional de Trânsito**, Código de Trânsito Brasileiro. Brasília, DF, Inciso I do art. 12 da Lei nº 9503, Decreto nº 4711. Disponível em: <<https://www.diariodasleis.com.br/busca/exibmlink.php?numlink=1-48-34-2006-02-09-224>>

CHIQUETTO, Marcos José. **Física para segundo grau**. São Paulo: Scipione, 1992.

COMO FUNCIONA. **Como funciona o sensor de chuva do limpador de para brisa**. Disponível em: <<https://comofuncionam.com.br/como-funciona-o-sensor-de-chuva-do-limpador-de-para-brisa/>> Acesso em: 26 de junho de 2019.

EUROPEAN COMISSION. **ECC/78/318**: Wiper and washer systems of motor vehicles. 1978. 32p.

GAMA, Ronaldo Siqueira Da. **Uma contribuição ao estudo dos Sensores de chuva veiculares**. São Paulo: FATEC Santo André, 2012. Acesso em: 17 de Novembro 2018.

GONZAGA, Aline Cristyna Santos. **A Geometria da Óptica Geométrica e da Óptica Física**. Brasília: USB. Acesso em: 17 de Novembro 2018.

HALLIDAY David; RESNICK Robert; WALKER Jearl. **Fundamentos de Física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HECHT, Eugene. **Óptica**. 2. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2002.790 p.

INDUSTRY, Direct. **Terminal sem solda fêmea**. Disponível em: <<http://www.directindustry.com/pt/prod/shanghai-richeng-electronics/product-50131-1039791.html>> Acesso em: 26 de junho de 2019.

KAJIOKA Hideki; FUJIMURA Keiji; FUJITA Yasuhiro. **Automatic Wiper Controller Using Optical Rain Sensor**. 1989. Acesso em: 17 de Novembro 2018.

KATO, Shinishie YAGI, Toshinori. **Development Of a Rain-Light Sensor**. Mitsubishi Motors Technical Review No 20, 2008. p. 99 - 102.

MACIEL, Patrícia Paula Braga. **Estudo do Sistema Limpador de Para-Brisa Automotivo Equipado com Palhetas tipo Flat**. São Paulo: Trabalho de conclusão de curso (Mestrado Profissional em Engenharia Automotiva) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010. p. 110. Acesso: 14 de Novembro 2018.

MATOS Gabriel; ORTEGA Marcio, **SISTEMA DE SEGURANÇA VEICULAR BASEADO EM SENSOR DE CHUVA**. São Paulo: FATEC Santo André, 2013. Acesso em: 17 de Novembro 2018.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2015. p. 512. Acesso em: 31 de Outubro 2018.

MONK, Simon. **Programando com Arduino: começando com sketches**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2017. p. 160. Acesso em: 31 de Outubro 2018

MULTILÓGIA-SHOP, Open Source Hardware. **Arduino: Guia Iniciante**. 2. v. São Paulo, s/d. Acesso em: 2 de Novembro 2018.

MULTILÓGICA- SHOP. **Sensor de Proximidade Infravermelho E18-D80NK**. Disponível em: <<https://multilogica-shop.com/sensor-de-proximidade-infravermelho-e18-d80nk>> Acesso em: 26 de junho de 2019.

NEVES, Henrique Flavio. **Volkswagen lança sensores de chuva e crepuscular: O principal intuito destes itens é aprimorar a segurança dos motoristas**. Disponível em: <<http://www.folhavoria.com.br/economia/blogs/carramotoecia/2012/03/01/volkswagen-lanca-sensores-de-chuva-e-crepuscularo-principal-intuito-destes-itens-e-aprimorar-a-seguranca-dos-motoristas/>> Acesso em: 26 de junho de 2019.

NUNZIO, Giorgio De; MARSELLA, Giovanni. **FC-51: IR Infrared Obstacle Detection Sensor Module 2 – 30cm**. Acesso em: 26 de junho de 2019.

OTTE, Eric Alexander; QAISER, Arslan; Sandhu, Ishaan; TAZABEKOV, Anuare KANG, Danny. **Capacitive Rain Sensor For Automatic Wiper Control**. MSU, 2010. Acesso em: 17 de Novembro 2018.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto e SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Os Fundamentos da Física**. 5. ed. São Paulo: Moderna, 1991.

ROCHA, Éder F.; BORDON, Maurício J.; BORTONI, Constâncio. **Aplicação de Sensores em Veículos Automotores e Tendências Futuras**. São Paulo: UniAnchieta, 2015.

RUBIO, Mario R. Gongora. **Sensores Automotivos**. São Paulo: USP, 2005. Acesso em: 26 de junho de 2019.

SAE J 903. **Passenger Car Windshield Wiper Systems**. 1999.

SCHLEGEL, Michael e SCHULER, Thomas. **Smart Rain-Light-Tunnel Sensor**, EUA: SAE Technical Paper, 2002.

SÓ FÍSICA. **Princípio de Huygens**. 2008-2019. Disponível em: <<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Ondulatoria/Ondas/principiodehuygens.php>> Acesso em: 26 de junho de 2019.

SPARKFUN. **SparkFun Line Sensor Breakout - QRE1113 (Analog)**. Disponível em: <<https://www.sparkfun.com/products/9453>> Acesso em: 26 de junho de 2019.

VIDA DE SILÍCIO. **Modulo Relé 4 canais 5 Volts**. Acesso em: 26 de junho de 2019.

**ANEXOS**

É apresentado nas próximas páginas o Data Sheet do sensor utilizado.

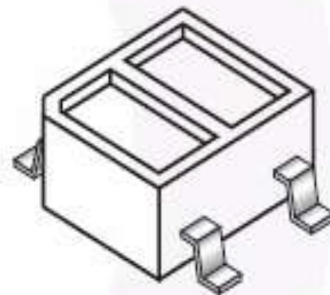
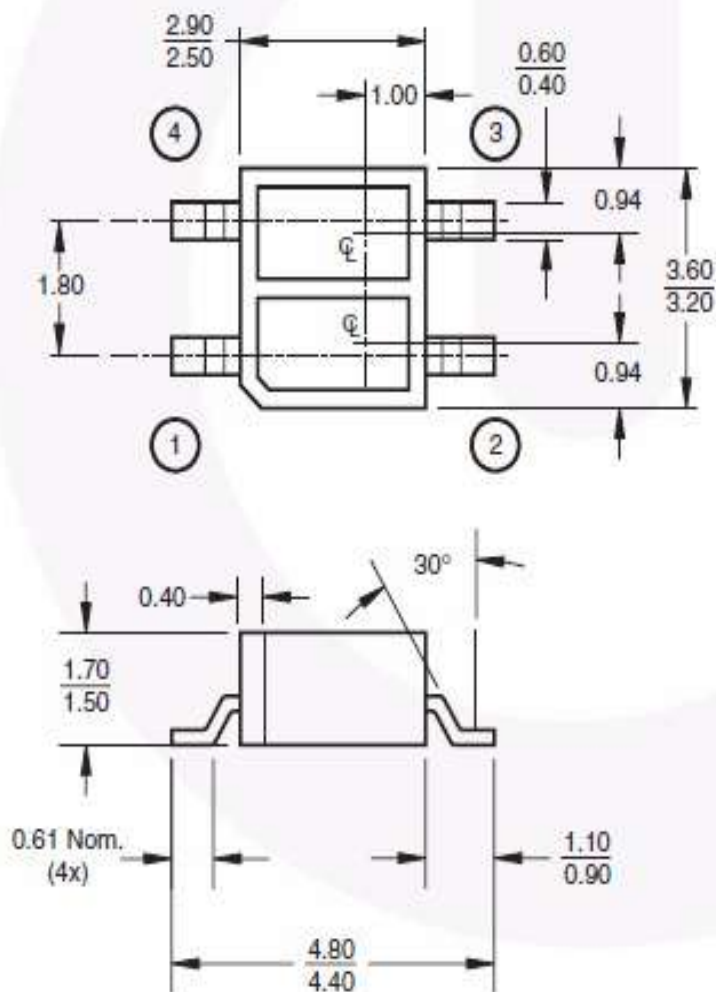


## QRE1113, QRE1113GR Miniature Reflective Object Sensor

### Features

- Phototransistor output
- No contact surface sensing
- Miniature package
- Lead form style: Gull Wing
- Two leadform options: Through hole (QRE1113)  
SMT gullwing (QRE1113GR)
- Two packaging options: Tube (QRE1113)  
Tape and reel (QRE1113GR)

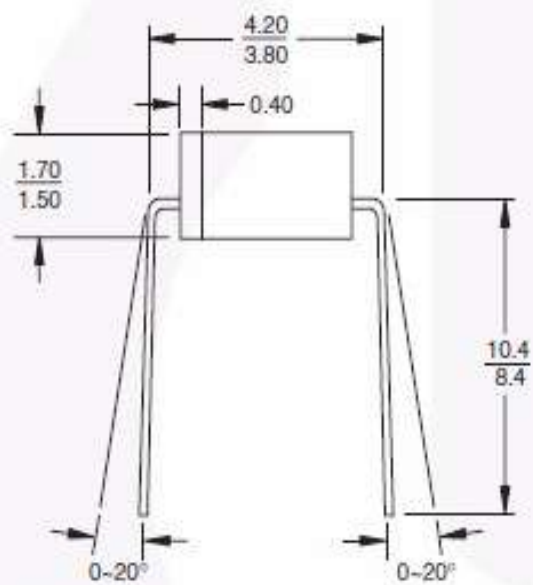
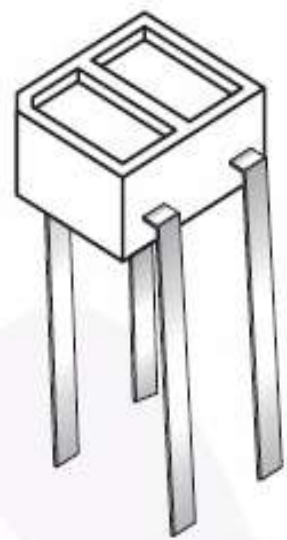
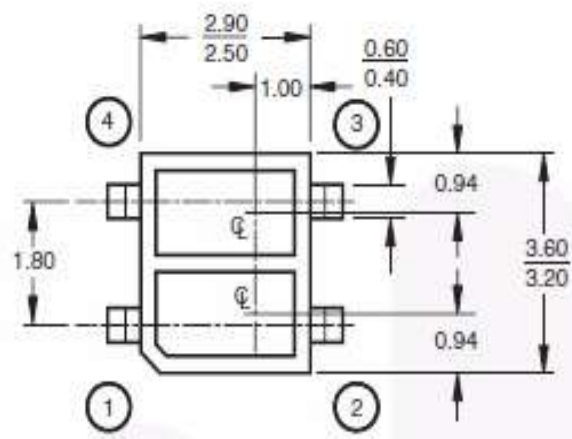
### QRE1113GR Package Dimensions



#### Notes:

1. Dimensions for all drawings are in millimeters.
2. Tolerance of  $\pm 0.15$ mm on all non-nominal dimensions

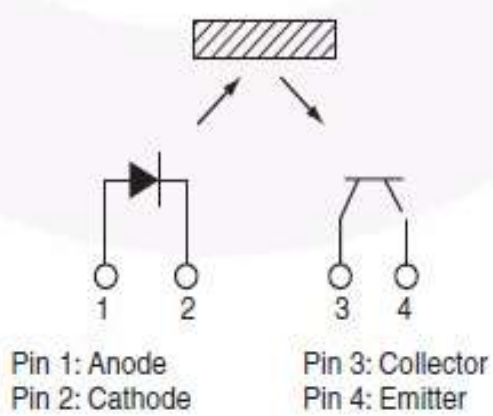
### QRE1113 Package Dimensions



**Notes:**

- 1. Dimensions for all drawings are in millimeters.
- 2. Tolerance of  $\pm 0.15$ mm on all non-nominal dimensions

### Schematic



**Absolute Maximum Ratings** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified)

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only.

Symbol	Parameter	Rating	Units
$T_{\text{OPR}}$	Operating Temperature	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
$T_{\text{STG}}$	Storage Temperature	-40 to +90	$^\circ\text{C}$
$T_{\text{SOL-I}}$	Soldering Temperature (Iron) <sup>(2,3,4)</sup>	240 for 5 sec	$^\circ\text{C}$
$T_{\text{SOL-F}}$	Soldering Temperature (Flow) <sup>(2,3)</sup>	260 for 10 sec	$^\circ\text{C}$
<b>EMITTER</b>			
$I_F$	Continuous Forward Current	50	mA
$V_R$	Reverse Voltage	5	V
$I_{\text{FP}}$	Peak Forward Current <sup>(5)</sup>	1	A
$P_D$	Power Dissipation <sup>(1)</sup>	75	mW
<b>SENSOR</b>			
$V_{\text{CEO}}$	Collector-Emitter Voltage	30	V
$V_{\text{ECO}}$	Emitter-Collector Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current	20	mA
$P_D$	Power Dissipation <sup>(1)</sup>	50	mW

**Electrical/Optical Characteristics** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
<b>INPUT DIODE</b>						
$V_F$	Forward Voltage	$I_F = 20\text{mA}$		1.2	1.6	V
$I_R$	Reverse Leakage Current	$V_R = 5\text{V}$			10	$\mu\text{A}$
$\lambda_{\text{PE}}$	Peak Emission Wavelength	$I_F = 20\text{mA}$		940		nm
<b>OUTPUT TRANSISTOR</b>						
$I_D$	Collector-Emitter Dark Current	$I_F = 0\text{mA}, V_{\text{CE}} = 20\text{V}$			100	nA
<b>COUPLED</b>						
$I_{\text{C(ON)}}$	On-State Collector Current	$I_F = 20\text{mA}, V_{\text{CE}} = 5\text{V}^{(6)}$	0.10	0.40		mA
$I_{\text{CX}}$	Cross-Talk Collector Current	$I_F = 20\text{mA}, V_{\text{CE}} = 5\text{V}^{(7)}$			1	$\mu\text{A}$
$V_{\text{CE(SAT)}}$	Saturation Voltage				0.3	V
$t_r$	Rise Time	$V_{\text{CC}} = 5\text{V}, I_{\text{C(ON)}} = 100\mu\text{A}, R_L = 1\text{k}\Omega$		20		$\mu\text{s}$
$t_f$	Fall Time			20		

**Notes:**

- Derate power dissipation linearly 1.00mW/ $^\circ\text{C}$  above 25 $^\circ\text{C}$ .
- RMA flux is recommended.
- Methanol or isopropyl alcohols are recommended as cleaning agents.
- Soldering iron 1/16" (1.6mm) from housing.
- Pulse conditions:  $t_p = 100\mu\text{s}; T = 10\text{ms}$ .
- Measured using an aluminum alloy mirror at  $d = 1\text{mm}$ .
- No reflective surface at close proximity.

## Typical Performance Curves

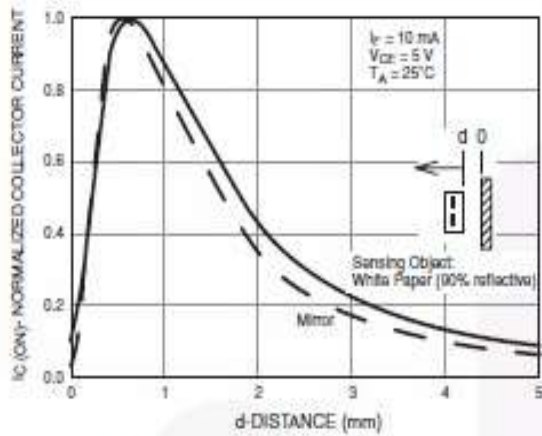


Fig. 1 Normalized Collector Current vs. Distance between device and reflector

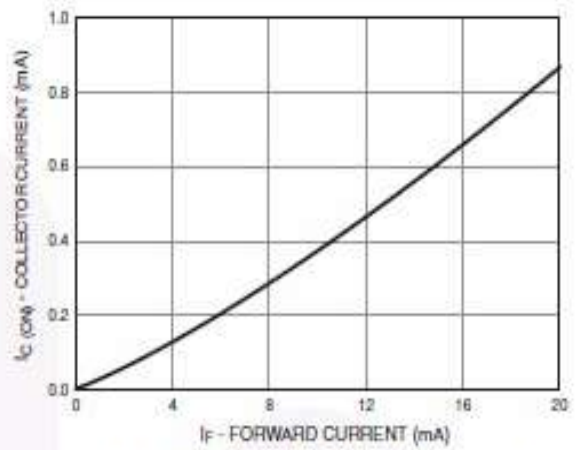


Fig. 2 Collector Current vs. Forward Current

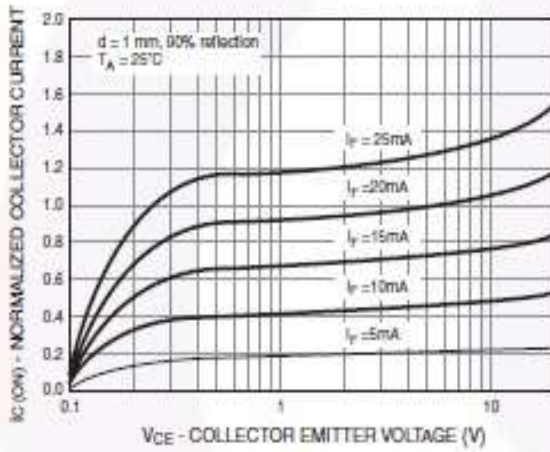


Fig. 3 Normalized Collector Current vs. Collector to Emitter Voltage

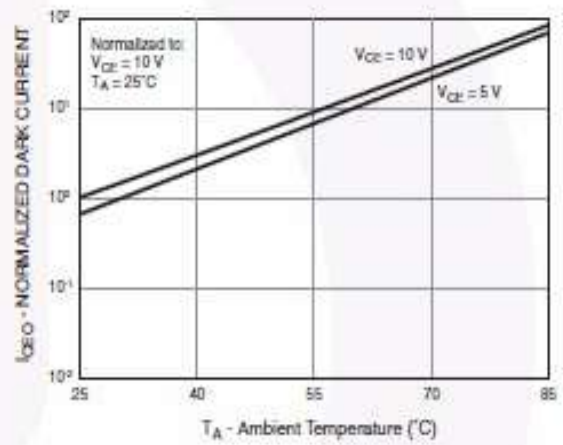


Fig. 4 Collector Emitter Dark Current (Normalized) vs. Ambient Temperature

Typical Performance Curves (Continued)

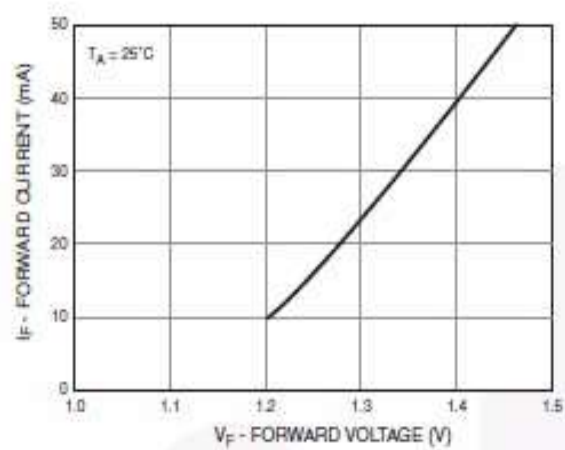


Fig. 6 Forward Current vs. Forward Voltage

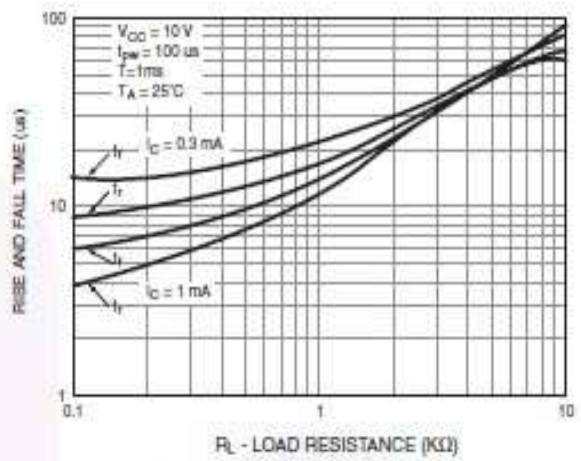


Fig. 7 Rise and Fall Time vs. Load Resistance

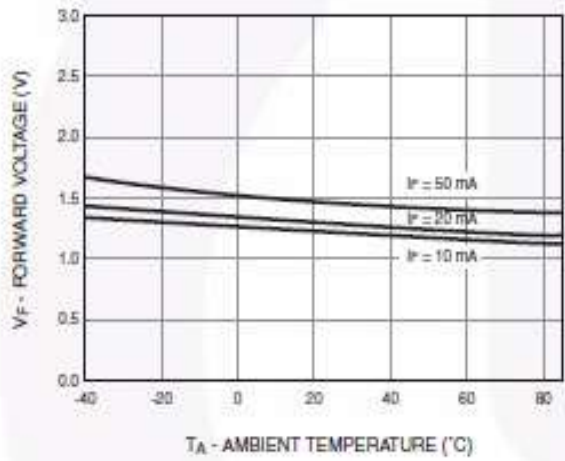


Fig. 8 Forward Voltage vs. Ambient Temperature

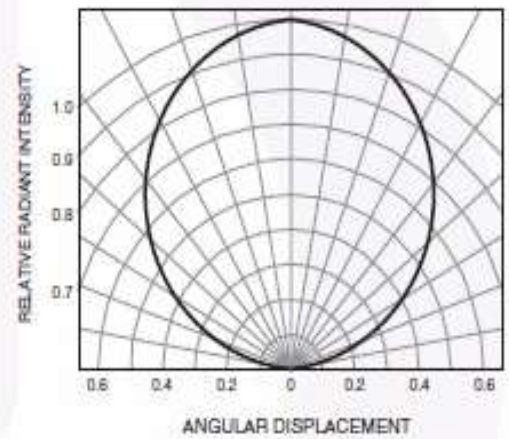
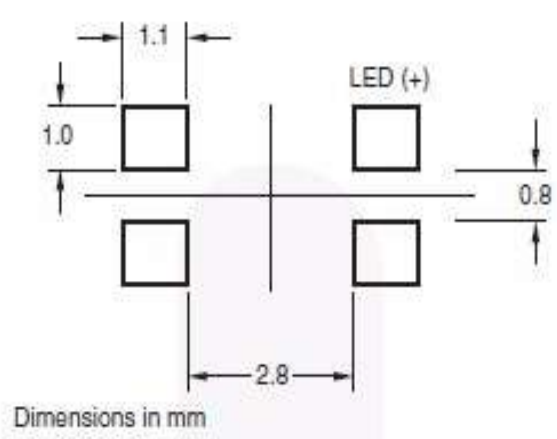
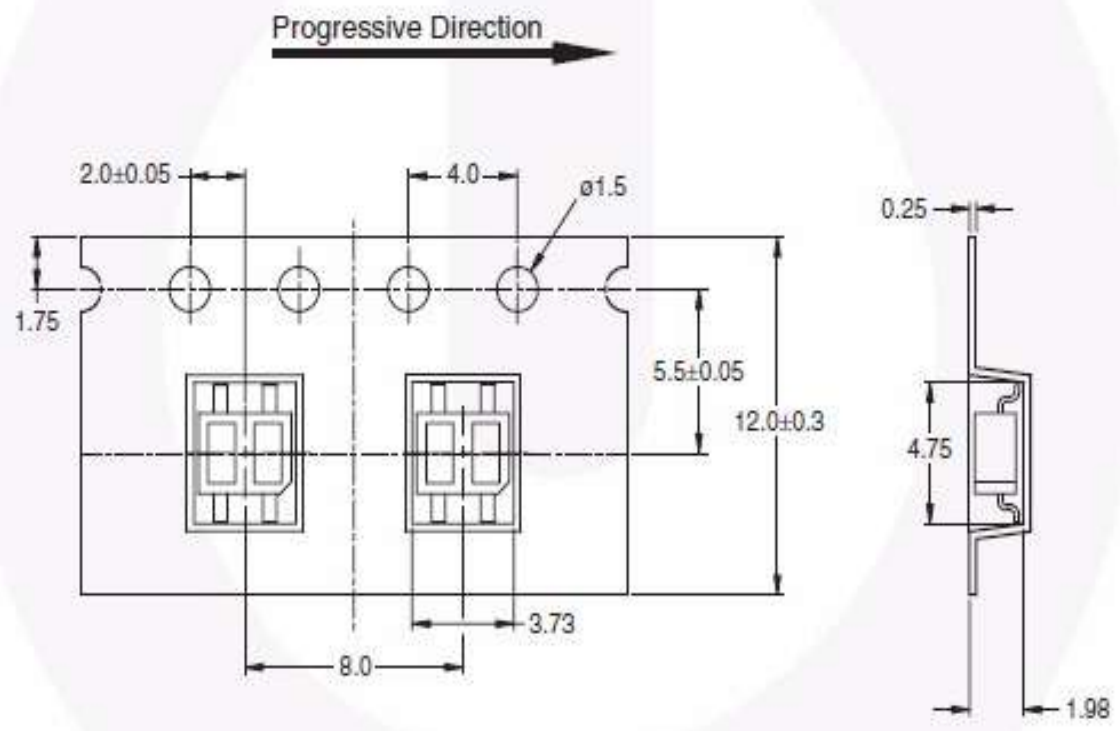


Fig. 8 Radiation Diagram

**Recommended Solder Screen Pattern for GR option (for reference only)**



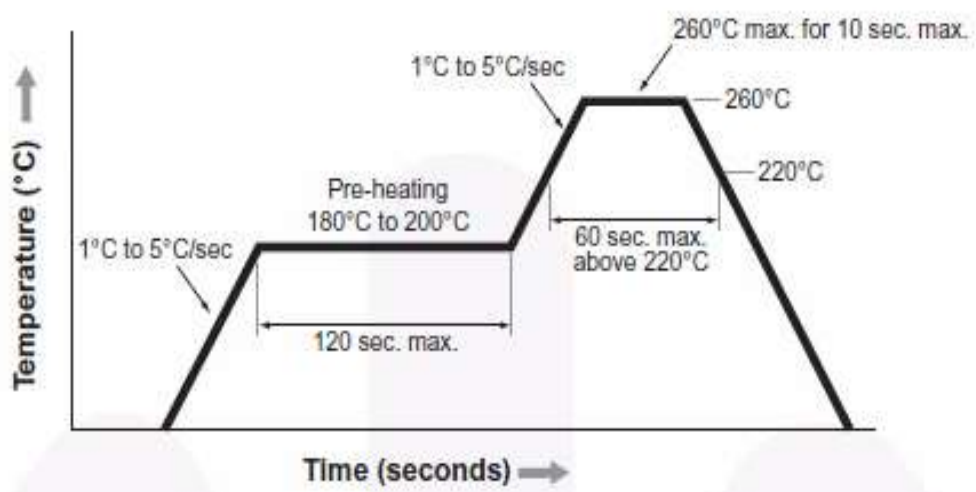
**Taping Dimensions for GR option**



General tolerance  $\pm 0.1$   
Dimensions in mm



### Reflow Profile









**Note:** Reflow soldering should not be done more than twice.



**TRADEMARKS**

The following includes registered and unregistered trademarks and service marks, owned by Fairchild Semiconductor and/or its global subsidiaries, and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

- |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Auto-SPM™                                                                         | F-PFS™                                                                            | PowerTrench®                                                                      | The Power Franchise®                                                                |
| Build it Now™                                                                     | FRFET®                                                                            | PowerXS™                                                                          | <b>power</b><br>franchise                                                           |
| CorePLUS™                                                                         | Global Power Resource™                                                            | Programmable Active Droop™                                                        | TinyBoost™                                                                          |
| CorePOWER™                                                                        | Green FPS™                                                                        | QFET®                                                                             | TinyBuck™                                                                           |
| CROSSVOL™                                                                         | Green FPS™ e-Series™                                                              | QS™                                                                               | TinyLogic®                                                                          |
| CTL™                                                                              | Gmax™                                                                             | Quiet Series™                                                                     | TINYOPTO™                                                                           |
| Current Transfer Logic™                                                           | GTO™                                                                              | RapidConfigure™                                                                   | TinyPower™                                                                          |
| EcoSPARK®                                                                         | IntelIMAX™                                                                        |  | TinyPwm™                                                                            |
| EfficientMax™                                                                     | ISOPLANAR™                                                                        | Saving our world, 1mW/WkW at a time™                                              | TinyWire™                                                                           |
| EZSWITCH™*                                                                        | MegaBuck™                                                                         | SmartMax™                                                                         | Tri-Fault Detect™                                                                   |
|  | MICROCOUPLER™                                                                     | SMART START™                                                                      | TRUECURRENT™                                                                        |
|  | MicroFET™                                                                         | SPM®                                                                              | µSerDes™                                                                            |
| Fairchild®                                                                        | MicroPak™                                                                         | STEALTH™                                                                          |  |
| Fairchild Semiconductor®                                                          | MillerDrive™                                                                      | SuperFET™                                                                         | UHC®                                                                                |
| FACT Quiet Series™                                                                | MotionMax™                                                                        | SuperSOT™-3                                                                       | Ultra FRFET™                                                                        |
| FACT®                                                                             | Motion-SPM™                                                                       | SuperSOT™-6                                                                       | UniFET™                                                                             |
| FAST®                                                                             | OPTOLOGIC®                                                                        | SuperSOT™-8                                                                       | VCX™                                                                                |
| FastvCore™                                                                        | OPTOPLANAR®                                                                       | SupreMOS™                                                                         | VisualMax™                                                                          |
| FETBench™                                                                         |  | SynFET™                                                                           | XS™                                                                                 |
| FlashWriter®                                                                      | PDP SPM™                                                                          | SynLock™                                                                          |                                                                                     |
| FPS™                                                                              | Power-SPM™                                                                        |  |                                                                                     |

\* Trademarks of System General Corporation, used under license by Fairchild Semiconductor.

**DISCLAIMER**

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION, OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS. THESE SPECIFICATIONS DO NOT EXPAND THE TERMS OF FAIRCHILD'S WORLDWIDE TERMS AND CONDITIONS, SPECIFICALLY THE WARRANTY THEREIN, WHICH COVERS THESE PRODUCTS.

**LIFE SUPPORT POLICY**

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support, device, or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

**ANTI-COUNTERFEITING POLICY**

Fairchild Semiconductor Corporation's Anti-Counterfeiting Policy. Fairchild's Anti-Counterfeiting Policy is also stated on our external website, [www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com), under Sales Support.

Counterfeiting of semiconductor parts is a growing problem in the industry. All manufacturers of semiconductor products are experiencing counterfeiting of their parts. Customers who inadvertently purchase counterfeit parts experience many problems such as loss of brand reputation, substandard performance, failed applications, and increased cost of production and manufacturing delays. Fairchild is taking strong measures to protect ourselves and our customers from the proliferation of counterfeit parts. Fairchild strongly encourages customers to purchase Fairchild parts either directly from Fairchild or from Authorized Fairchild Distributors who are listed by country on our web page cited above. Products customers buy either from Fairchild directly or from Authorized Fairchild Distributors are genuine parts, have full traceability, meet Fairchild's quality standards for handling and storage and provide access to Fairchild's full range of up-to-date technical and product information. Fairchild and our Authorized Distributors will stand behind all warranties and will appropriately address any warranty issues that may arise. Fairchild will not provide any warranty coverage or other assistance for parts bought from Unauthorized Sources. Fairchild is committed to combat this global problem and encourage our customers to do their part in stopping this practice by buying direct or from authorized distributors.

**PRODUCT STATUS DEFINITIONS**

**Definition of Terms**

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative / In Design	Datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	Datasheet contains preliminary data; supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve design.
No Identification Needed	Full Production	Datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice to improve the design.
Obsolete	Not In Production	Datasheet contains specifications on a product that is discontinued by Fairchild Semiconductor. The datasheet is for reference information only.

Rev. 140