

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DE SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva**

Ronaldo Siqueira da Gama

**Uma contribuição ao estudo dos
Sensores de chuva veiculares**

Santo André – São Paulo

2012

Ronaldo Siqueira da Gama

**Uma contribuição ao estudo dos
Sensores de chuva veiculares**

*Monografia apresentada ao Curso de
Tecnologia em Eletrônica Automotiva da
FATEC Santo André, como requisito
parcial para conclusão do curso em
Tecnologia em Eletrônica Automotiva.*

Orientador: Prof. Wesley M. Torres.

*Coorientador: Prof. Dr. Reginaldo de J.
Farias.*

Santo André – São Paulo

2012

Dedico este trabalho aos meus pais pelo sempre presente amor e respeito, a minha esposa Priscila companheira desta e outras jornadas que me ensina a olhar o mundo com otimismo; aos meus filhos Isabela e Bernardo razões de minha vida que sempre me lembram o que realmente me importa nesta existência e aos meus amigos que sempre estiveram próximos durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS.

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus por mais esta experiência.

Aos meus professores pela transmissão de conhecimentos, mas principalmente ao meu orientador, Prof. Wesley Torres, ao Prof. Dr. Reginaldo J. Farias, coorientador e também ao Prof. Dr. Edson C. Kitani, pelo apoio, sugestões ao trabalho e aulas inspiradoras que, com certeza, serão de grande valia no futuro; também aos colegas de sala que durante a jornada dividiram experiências, angústias e entusiasmos e ainda aos colaboradores e funcionários da Fatec Santo André pela sempre solícita ajuda.

Finalmente gostaria de agradecer a todos que a vida coloca em nosso caminho e que sempre contribuem na construção da nossa história.

“O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, e sim, na intensidade com que acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.”

Fernando Pessoa.

RESUMO.

Os Sistemas de Conforto, Conveniência e Segurança têm tido cada vez mais importância na concepção de projetos de veículos automotores. E pode-se dizer que em um cenário de competidores cada vez mais hábeis e consumidores mais exigentes, estes sistemas realizam papel de agregadores de valor ao produto e elemento diferencial frente à concorrência.

Este trabalho tem *a priori* a intenção de ser uma contribuição ao estudo dos princípios que regem o funcionamento dos ainda raros sensores de chuva veiculares no mercado.

Palavras chaves: Sistemas de Conforto, Conveniência e Segurança; Sensor de chuva, acessórios.

ABSTRACT

Systems of body, entertainment and safety have been increasingly important in the design of automotive projects, and we can say, that in a scenario of increasingly skilled competitors and demanding consumers, these systems perform the role of value aggregators to the product and differential element in front of competition. This work has, at first, the intention of being a contribution to the study of the principles governing the operation of the still rare automotive rain sensors on the market.

Keywords: systems of comfort, Convenience and security; Rain Sensor, accessories.

Lista de ilustrações e figuras.

Figura 1 Cronologia dos avanços da eletrônica em veículos. Adaptado de (MAREK, TRAH, <i>et al.</i> , 2003)	15
Figura 2 Cronologia dos avanços em tecnologia de sensores Adaptado de (MAREK, TRAH, <i>et al.</i> , 2003)	15
Figura 3- Desenvolvimento Setorial do mercado de Sensores Adaptado de (INTECHNO CONSULTING, 2008).	16
Figura 4 Processo de engenharia reversa Adaptado de (RAJA e FERNANDES, 2008)	17
Figura 5 Propagação em forma de onda Extraído de (HECHT, 2002)	19
Figura 6 Representação esquemática da excitação e transição com a emissão de um fóton. Adaptado de (HECHT, 2002)	22
Figura 7 Propagação retilínea da luz Extraído de (LANDSBERG, 1976)	23
Figura 8 Princípio de independência dos raios luminosos extraído de (GREGO, 2011)	24
Figura 9 Fenômeno da refração. Adaptado de (HASSE, 2011)	25
Figura 10 Fenômeno da refração da Luz numa interfase ar água.Extraído de (UNIVERSIDAD DE LOS ANDES)	25
Figura 11 Modelo de forças atuantes na distorção de uma nuvem eletrônica .extraído de (HECHT, 2002)	29
Figura 12 Fenômeno da Dispersão extraído de (ALUNOS ONLINE, 2012)	30
Figura 13 Fenômeno da reflexão Adaptado de (UNIVERSIDAD DE LOS ANDES)	31
Figura 14 Reflexão especular (a) e Reflexão Difusa (b) Adaptado de (HECHT, 2002)	31
Figura 15 Refração de um raio em um ângulo próximo(a) e superior ao ângulo crítico. Extraído de (UOL Educação, 2012).	32
Figura 16 Ângulo de incidência se aproximando do ângulo crítico extraído de (FÍSICA MODERNA, 2007)	33
Figura 17 Foto de um raio próximo a condição de reflexão total Extraído de (UNIVERSIDAD DE LOS ANDES)	33
Figura 18 Onda esférica alterada por lente esférica Extraído de (HECHT, 2002)	34
Figura 19 Feixe desviado por uma lente. Extraído de (ALUNOS ONLINE, 2012)	35
Figura 20 Interface em um circuito de Sensoreamento Adaptado de (FRADEN, 2004)	36
Figura 21 Representação de circuito de interface (a) e circuito equivalente (b) (FRADEN, 2004)	36
Figura 22 Posição de montagem do sensor de chuva (KATO e YAGI, 2008)	38
Figura 23 Perturbação das linhas de campo Adaptado de (OTTE, QAISER, <i>et al.</i> , 2010)	39

Figura 24 Modelamento sensor capacitivo no software COMSOL adaptado de (OTTE, QAISER, <i>et al.</i> , 2010).	40
Figura 25 Protótipo final de sensor capacitivo. Extraído de (OTTE, QAISER, <i>et al.</i> , 2010)	40
Figura 26 Corpo de sensor de chuva. Extraído de (KATO e YAGI, 2008)	41
Figura 27 Acoplador óptico. Extraído de (KATO e YAGI, 2008)	41
Figura 28 Análise de eficiência do conjunto com e sem acoplador óptico Adaptado de (KATO e YAGI, 2008)	42
Figura 29 Funcionamento do sensor de chuva FUJITSU adaptado de (KAJIOKA, FUJIMURA e FUJITA, 1989)	42
Figura 30 Sensor FUJITSU adaptado de (KAJIOKA, FUJIMURA e FUJITA, 1989)	43
Figura 31 Princípio de funcionamento do sensor de chuva. Extraído de (HAUS, 2010)	43
Figura 30 Curva intensidade de chuva x velocidade das palhetas (KAJIOKA, FUJIMURA e FUJITA, 1989)	44
Figura 32 Estudo do comportamento da Chuva. Adaptado de (KAJIOKA, FUJIMURA e FUJITA, 1989)	44
Figura 33 Sensor óptico Patenteado por Hochstein adaptado de (HOCHSTEIN, 1989)	47
Figura 34 Sensor Óptico de Sugiyama adaptado de (SUGIYAMA, 1993)	47
Figura 35 Sistema Patenteado por Purvis adaptado de (PURVIS, 1993)	48
Figura 36 Processo de modulação de um sinal. Extraído de (HASSE, 2011)	49
Figura 37 Processo de modulação de um sinal extraído de (HASSE, 2011)	49
Figura 38 Codificação da Informação. Extraído de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)	51
Figura 39 Exemplo de codificação. Extraído de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)	51
Figura 40 Endereço e Dados codificados em zero	52
Figura 41 Endereço e dados com um bit codificado em nível 1	52
Figura 42 Circuito Emissor. Extraído de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)	53
Figura 43 Fluxograma do emissor. Adaptado de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)	54
Figura 44 Distância de recepção em função frequência do transmissor adaptado de (WAITRONY OPTOELECTRONICS LIMITED).	55
Figura 45 Diagrama de Blocos do receptor infravermelho PIC 1018 SMB Adaptado de (WAITRONY OPTOELECTRONICS LIMITED)	56
Figura 46 Circuito receptor. Adaptado de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)	57
Figura 47 Sinal capturado no Osciloscópio de transmissão válida	57
Figura 48 Fluxo de dados do receptor. Adaptado de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)	58
Figura 49 Placa com a montagem experimental	59

Figura 50 Suportes construídos para fixação do emissor e o receptor em um ângulo de 45°.	60
Figura 51 Conjunto montado simulando a montagem em para-brisa	60
Figura 52 Sinal capturado em testes referente a chuva no pára-brisa	61

LISTA DE TABELAS.

Tabela 1- Relações de Maxwell para materiais transparentes no espectro visível (HECHT, 2002).....27.

LISTA DE ABREVIACOES.

ULEV's	Ultra Low Emission Vehicles.
VDA	Verband der Automobilindustrie.
Θ_i	Ângulo de incidência.
Θ_t	Ângulo de transporte.
CA	Corrente Alternada.
a.c	Antes da era cristã.
VT	Valid Transmission.

SUMÁRIO.

1- Introdução.....	14
1.1- Objetivos e motivação.....	17
1.2- Organização e metodologia.....	18
2- Revisão da Literatura.....	19
2.1- Natureza da luz.....	19
2.2- A interação da luz com a matéria.....	22
2.2.1- Princípio da propagação retilínea da luz.....	23
2.2.2- Princípio da independência dos raios luminosos.....	23
2.2.3- Lei da refração da luz.....	24
2.2.4- Dispersão e Absorção.....	28
2.2.5- Reflexão interna e externa.....	30
2.2.6- Reflexão interna total.....	32
2.2.7- Lentes.....	34
2.3- Sensor de chuva.....	35
2.3.1- Definição.....	35
2.3.2- Técnicas de Medição da luz.....	36
2.3.3- Função.....	37
2.3.4- Funcionamento e tendências em desenvolvimento.....	38
2.4- Conclusões preliminares.....	45
3.3- Circuito do Emissor.....	50
3.4- Circuito do Receptor.....	55
3.5- Montagens e Dispositivos.....	59
4- CONCLUSÕES E DISCUSSÕES.....	62
4.1- Resultados Obtidos.....	62
4.2- Dificuldades Encontradas.....	62
4.3- Implementações e Melhorias Futuras.....	63
4.4- Outros comentários.....	63
5 Referências bibliográficas.....	64
6- ANEXOS.....	67
6.1 Esquema elétrico.....	67

1-INTRODUÇÃO.

O uso de sistemas eletrônicos de conforto tem crescido em número e em importância nas últimas décadas.

Desde os primeiros sistemas de ignição eletrônica, passando pelos sistemas de injeção eletrônica, gerenciamento eletrônico, ao atual foco de desenvolvimento que é a criação dos veículos de ultrabaixa emissão (*Ultra low emission vehicles (ULEV's)*), o valor relativo da eletrônica embarcada nos automóveis passou de aproximadamente 0% por volta de 1970 para valores em torno de 20% em um automóvel médio ano / modelo 2000. Para um automóvel de luxo, essas estimativas são até maiores. A eletrônica pode ser considerada a responsável pela maioria das inovações e, assim, contribuir para diferenciação da marca frente aos seus competidores. (MAREK, TRAH, *et al.*, 2003)

Dados da Associação da indústria automotiva Alemã (*Verband der Automobilindustrie (VDA)*) indicavam em 2001 um volume mundial de 55,6 milhões de automóveis e caminhões fabricados anualmente (apud MAREK, TRAH, *et al.*, 2003). Em 2010, relatório setorial da mesma fonte chama a atenção para um crescimento da produção mundial em 2009 superando todas as previsões, no qual, mercados como Brasil, Índia, Turquia e China registraram crescimentos expressivos de 13%, 17%, 21% e incríveis 47% respectivamente (VDA-VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE, 2010).

“Essencialmente, todos os sistemas eletrônicos desenvolvidos para gerenciamento eletrônico de motores ou para sistemas de conforto ou conveniência, necessitam de um ou mais sensores fornecendo sinais ao processo” (MAREK, TRAH, *et al.*, 2003).

Assim, é bastante razoável supor que o desenvolvimento das novas tecnologias eletrônicas nos automóveis mantenha estreita correlação de desenvolvimento com as novas tecnologias de sensoriamento, e que crescimentos no mercado automotivo sejam acompanhados por igual expansão do mercado de sensores.

Pela observação das figuras 1 e 2 pode-se verificar o surgimento de tecnologias relevantes em ambos os mercados ao longo dos últimos anos.

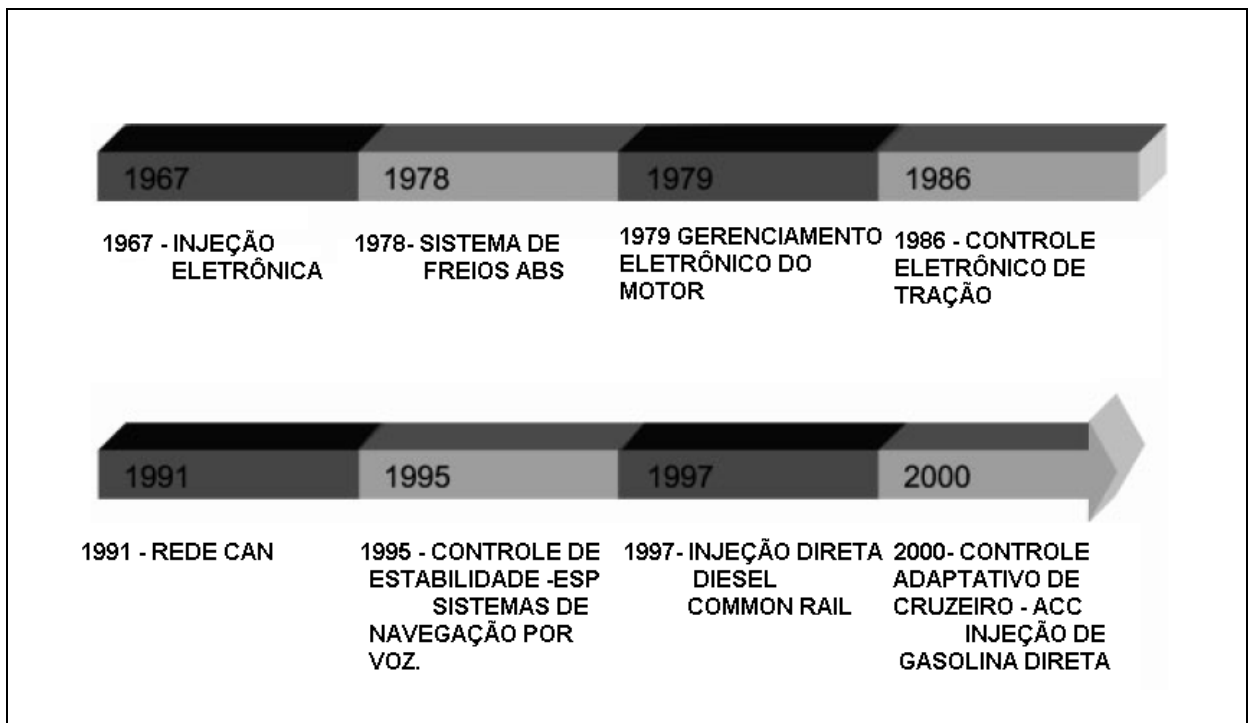


Figura 1 Cronologia dos avanços da eletrônica em veículos. Adaptado de (MAREK, TRAH, *et al.*, 2003)

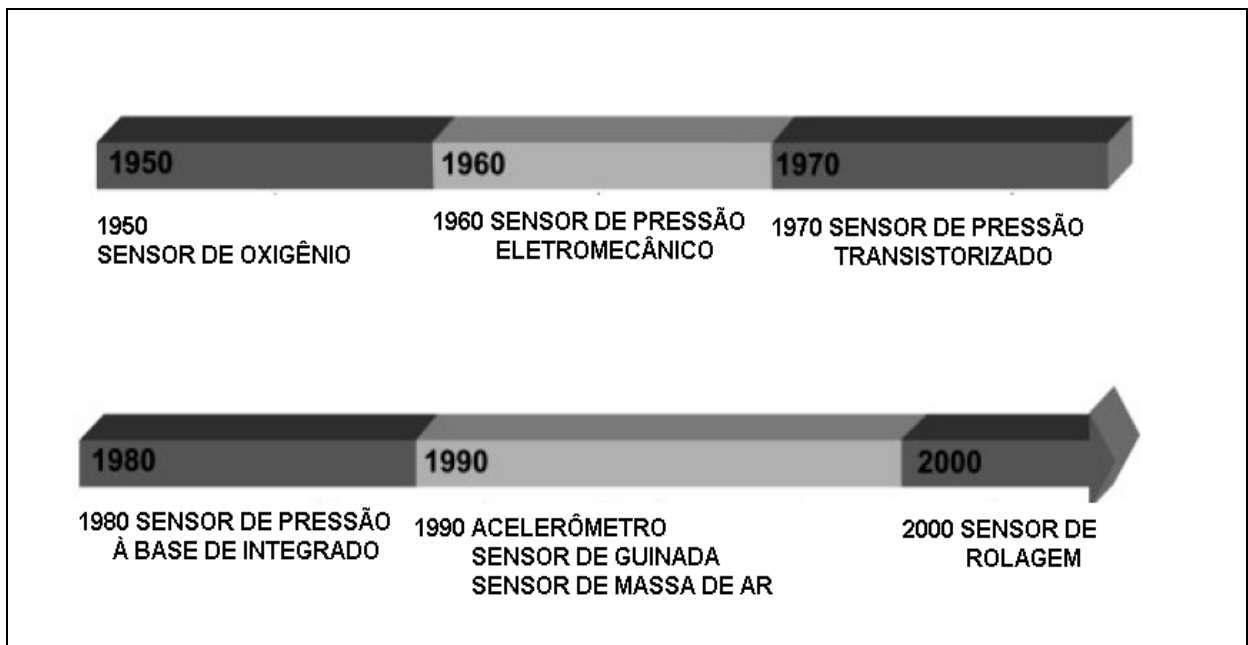


Figura 2 Cronologia dos avanços em tecnologia de sensores Adaptado de (MAREK, TRAH, *et al.*, 2003)

Estudos de mercado apontavam em 2008 que o mercado de sensores automotivos representava a maior fatia do mercado global de sensores, com participação de 25% em um mercado mundial de U\$ 50,6 bilhões, portanto, um mercado de U\$ 13,3 bilhões. (INTECHNO CONSULTING, 2008).

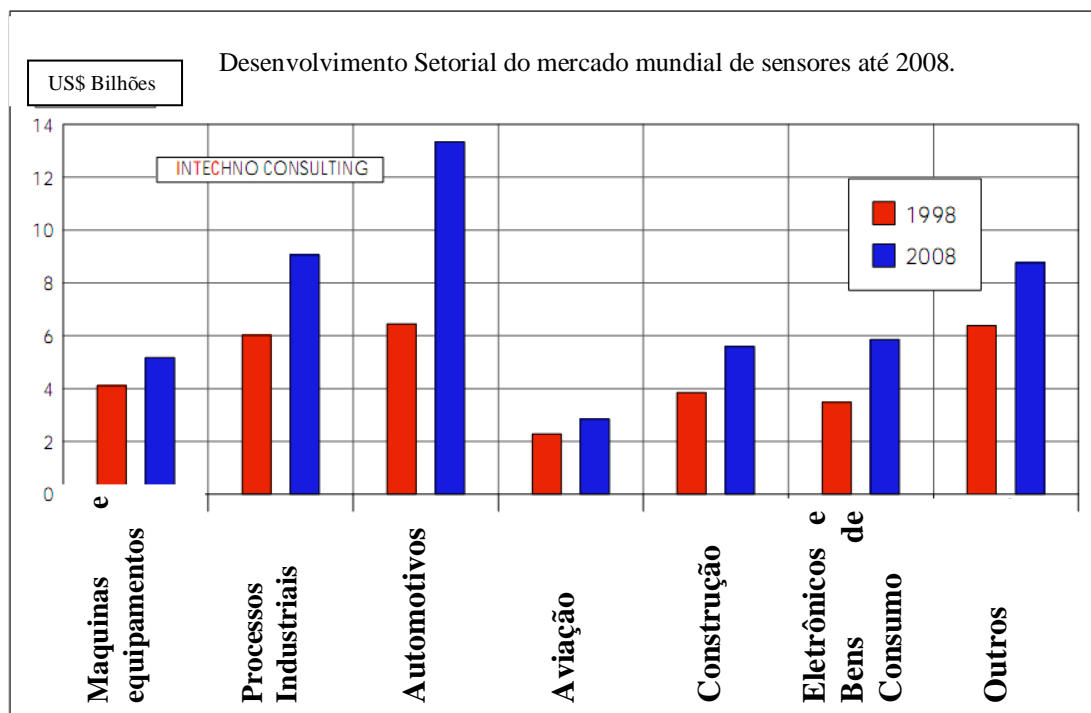


Figura 3- Desenvolvimento Setorial do mercado de Sensores Adaptado de (INTECHNO CONSULTING, 2008).

Outro ponto bastante relevante é que um sensor automotivo pelas próprias condições de extrema competitividade inerentes ao setor, tenda a custar menos em relação a outros sensores para uma grande parte de aplicações e, se assim considerada, a participação em termos de volume tende a crescer (MAREK, TRAH, *et al.*, 2003).

Isto posto, fica inegável a importância do mercado de sensores e em especial o de sensores automotivos.

1.1- Objetivos e motivação.

Este trabalho é motivado principalmente pelo desejo de adquirir melhores conhecimentos sobre sensores. Assim, o estudo dos sensores de chuva pareceu-nos um interessante ponto de partida. Portanto, pretende-se entender os princípios físicos que regem seu funcionamento, conhecer alguns pontos falhos e verificar a viabilidade da aplicação de algum conceito com o objetivo de melhorar alguma deficiência estudada, podendo assim contribuir para uma melhor visão sobre o assunto, utilizando para isso, como ponto de partida, a *práxis* do conceito de engenharia reversa definido como:

“Um processo de analisar um objeto ou sistema existente (hardware ou software) para identificar seus componentes e suas inter-relações para investigar como ele funciona, afim de redesenhá-lo ou produzir uma cópia , sem se ter acesso ao projeto a partir do qual ele foi originalmente concebido” (RAJA e FERNANDES, 2008).

Na fig. 4 abaixo é exemplificado um processo de Engenharia reversa.

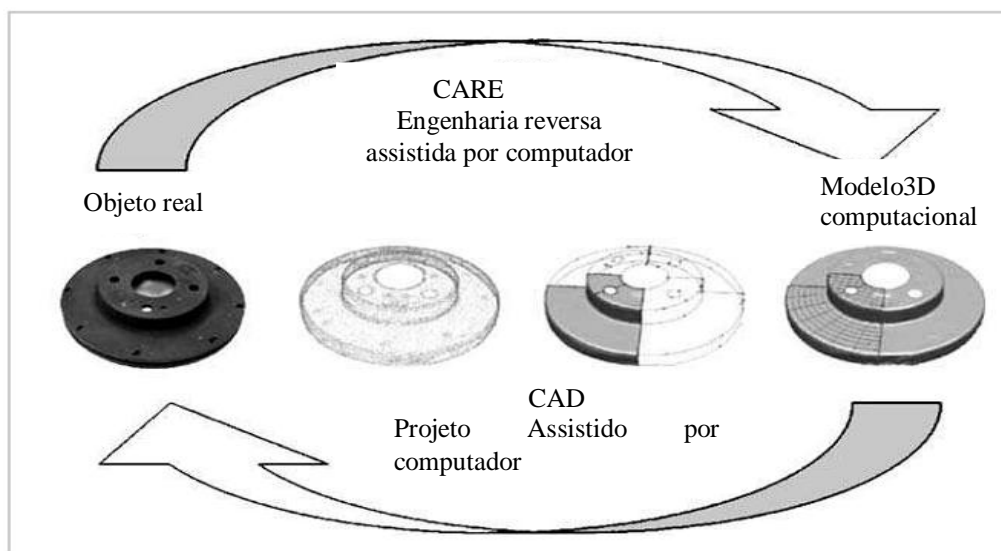


Figura 4 Processo de engenharia reversa Adaptado de (RAJA e FERNANDES, 2008)

1.2- Organização e metodologia.

Este trabalho está assim dividido; no capítulo 1 é feita uma introdução que tem por objetivo explicitar os motivos que levaram a esta monografia. O capítulo 2 discorrerá *ab initio* sobre uma revisão de alguns conceitos físicos de óptica. Estes mostrar-se-ão de vital importância para uma perfeita compreensão das metodologias e soluções empregadas no desenvolvimento de um aparato óptico e da real complexidade dos problemas, sempre dando ênfase ao conceito teórico e apresentando fórmulas e equações quando indispensáveis, prontas, e sem ater-se a deduções, uma vez que a natureza deste trabalho é outra e estas podem ser encontradas em literatura específica, para, em seguida, explicar o funcionamento do sensor de chuva, e discorrer sobre algumas das soluções empregadas no mercado pelas equipes de desenvolvimento.

O capítulo 3 será dedicado à descrição das metodologias utilizadas na pesquisa de construção de um modelo experimental com o objetivo de melhorar alguma incorreção porventura verificada nos sistemas existentes, sempre tendo como referencial que estas tecnologias devam ser, de preferência, facilmente encontradas no mercado, econômicas e, se possível, inovadoras.

No capítulo 4 serão apresentadas as conclusões e resultados deste trabalho.

E finalmente no capítulo 5 pode-se encontrar referências aos materiais e bibliografia consultados que alicerçaram este trabalho e ainda contém valioso material a ser explorado por aqueles que desejem estudar mais sobre o assunto, visto que o objetivo deste trabalho não é o de esgotar o assunto, mas, conforme já frisado, contribuir para o estudo dos sensores de chuva veiculares.

2- REVISÃO DA LITERATURA.

Este capítulo faz uma revisão teórica de alguns conceitos físicos os quais mostrar-se-ão de grande valia para a compreensão de pontos que serão abordados mais adiante.

2.1- Natureza da luz.

Desde as primeiras investigações científicas acerca da real natureza da luz e dos princípios que a regem, os físicos debruçam-se sobre duas teorias conflitantes.

De um lado, defensores da teoria corpuscular da luz tendo como principais expoentes Newton e Descartes, defendiam a natureza da luz como um fluxo de partículas luminosas, as quais viajariam segundo as leis da mecânica newtoniana .

Do outro lado, os defensores da teoria ondulatória da luz como Huygens e Euler, defendiam a natureza da luz como ondas portadoras de energia que se propagariam em forma de superfícies esféricas.



Figura 5 Propagação em forma de onda Extraído de (HECHT, 2002)

As duas teorias conseguiam explicar alguns fenômenos, mas por outro lado, possuíam inconsistências na tentativa de explicar outros tantos.

Segundo (HECHT, 2002) “*O principal problema para Newton em relação à teoria ondulatória era a propagação retilínea da luz, inexplicável em termos de ondas que se propagam em todas as direções*” e isto, aliado ao seu grande prestígio pessoal e de suas teorias da mecânica gozado à época, fez Newton e a grande maioria dos cientistas manterem-se dentro dos marcos da teoria corpuscular.

Os que argumentavam contra a teoria corpuscular, afirmavam:

- Ser impossível que partículas viajassem à velocidade da luz; já estimada na época pelos experimentos de Romer em 1676;
- Caso a luz fosse uma emissão de partículas, Euler (1746) argumentava que pela razão de o sol emitir uma absurda quantidade de radiação em todas as direções permanentemente, seria notório seu esgotamento com o passar do tempo. (LANDSBERG, 1976).

Mais tarde, Michael Faraday em 1846, descobriu que o plano de polarização de uma molécula poderia ser alterado quando submetida a um campo magnético intenso (LANDSBERG, 1976).

Após ele, embasado nos estudos de estudos de Hertz, James Clerk Maxwell, sintetizou todo o conhecimento científico da época sobre eletricidade e magnetismo em um conjunto de equações matemáticas, e conseguiu calcular teoricamente a velocidade da luz e concluir sentenciando “*A luz, é um fenômeno eletromagnético*” (HECHT, 2002).

Segundo Maxwell, o índice de refração de um meio é dado por :

$$n = c/v \equiv \sqrt{\epsilon\mu/\epsilon_0\mu_0} \quad \text{Eq.01}$$

.para a qual:

c = Velocidade da luz no vácuo ;

v = Velocidade da luz no meio ;

μ = Permeabilidade magnética do meio ;

ϵ = Permissividade dielétrica do meio;

n = Índice de Refração do meio;

ϵ_0 = Permissividade dielétrica do vácuo = $8,85419 \cdot 10^{-12}$ As / Vm;

μ_0 = Permeabilidade magnética do vácuo = $1,256637 \cdot 10^{-6}$ Vs / Am.

Quando parecia que havia se chegado a um consenso, em 14 de dezembro de 1900, Max Karl Ernst Ludwig Planck, apresentou uma nova teoria sobre os fenômenos microscópicos. Os princípios da mecânica quântica, na qual ele propunha que a luz fosse emitida de forma descontínua, ou melhor, em pacotes de energia denominados *quantum* (do latim quantidade , porção).

Logo em seguida, em 1905, o conceito de pacotes de energia foi validado por Albert Einstein em seu trabalho sobre o efeito fotoelétrico, que deu a Einstein o prêmio Nobel de Física em 1921.

Por este conceito, cada um destes pacotes possuiria uma quantidade de energia bem definida denominada de *fótons* que pode ser calculada pela equação de Planck abaixo:

$$\varepsilon = h * f \equiv \varepsilon = h * \nu, \quad \text{Eq.02}$$

na qual:

ε = Nível energético ;

h = constante de Planck = $6,6 \cdot 10^{-34}$ J.s ;

f OU ν = Frequência ou radiação emitida .

Assim, um átomo em seu estado natural tende a permanecer na configuração eletrônica de energia mínima, denominado de **estado fundamental**.

Ao receber uma perturbação energética, o átomo passa para um nível energético maior, em níveis determinados, com um nível de energia definida denominado de **estado excitado**. Porém, este estado é extremamente instável e o átomo tende a retornar ao seu estado fundamental, e algumas vezes esta transição é acompanhada pela emissão de luz, e essa energia do *fóton* liberado na transição corresponde a uma frequência bem determinada conhecida como **frequência de ressonância**. Essas transições são responsáveis pelas emissões de luz no infravermelho e no ultravioleta (HECHT, 2002).

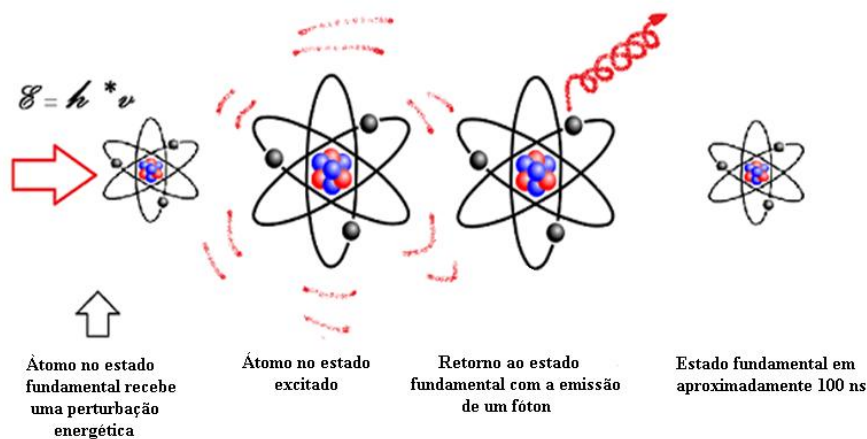


Figura 6 Representação esquemática da excitação e transição com a emissão de um fóton.

Adaptado de (HECHT, 2002)

A partir de então, os físicos incorporaram dois aspectos da natureza da luz, conhecidos como dualidade onda partícula no modelo quântico da luz, ou seja, em certas situações a luz se comporta como partícula e, em outras, se comporta como onda.

Assim, *“a maioria dos fenômenos ópticos podem ser estudados e explicados com razoável precisão através das primeiras leis fundamentais da óptica quando o comprimento da onda é pequeno em relação à dimensão dos objetos. Por outro lado, a óptica física permite tratamentos mais precisos em quaisquer dimensões e que, de fato, é suficiente tratar a luz como onda eletromagnética”*(WELFORD,1991).

2.2- A interação da luz com a matéria.

Nos próximos tópicos este trabalho discorre sobre os princípios que regem a interação da luz com a matéria.

2.2.1- Princípio da propagação retilínea da luz.

Em um meio homogêneo, a luz se propaga em linha reta.

Este é um conceito intuitivo e encontra-se solidamente estabelecido e que se acredita ser conhecido desde 300 a.c. Também atribui-se a este princípio, o próprio conceito de reta como linha que representa a distância mais curta entre 2 pontos.

Um pouco a mais de estudo mostra que esta lei deixa de ser válida para fontes pontuais, partindo de orifícios muito pequenos, fato este, explicado pelo fenômeno da difração.

Na figura 7 o fenômeno pode ser melhor visualizado.

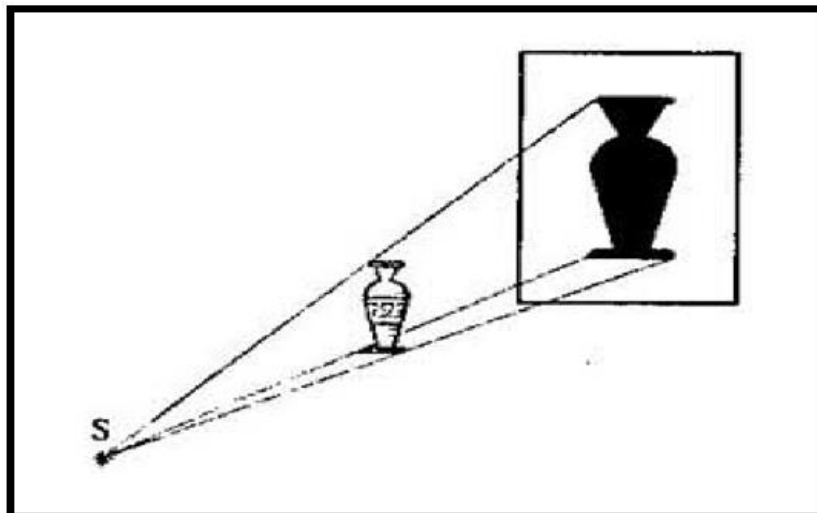


Figura 7 Propagação retilínea da luz Extraído de (LANDSBERG, 1976)

2.2.2- Princípio da independência dos raios luminosos.

Um fluxo luminoso pode ser decomposto em vários raios independentes (isto pode ser feito com a ajuda de um prisma , por exemplo) , sendo que seus efeitos também são independentes.

Na figura 8 pode-se visualizar o exposto.

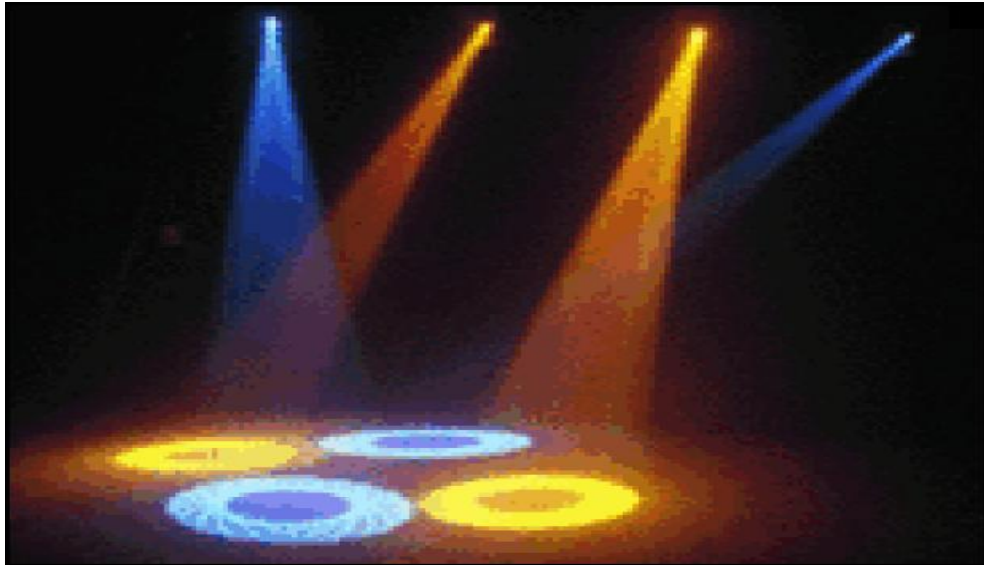


Figura 8 Princípio de independência dos raios luminosos extraído de (GREGO, 2011)

2.2.3- Lei da refração da luz.

O raio incidente e o raio refratado se encontram em um plano e os ângulos de incidência e de refração estão relacionados pela **lei de Snell** como

$$n_i * \text{sen } i = n_r * \text{sen } r \quad \text{Eq. 3}$$

Na qual ***n*** é uma constante que não depende dos ângulos de incidência e de refração , e sim das características do meio e da frequência da luz .

Na figura 9 abaixo a qual ilustra o exposto, o fenômeno pode ser melhor visualizado.

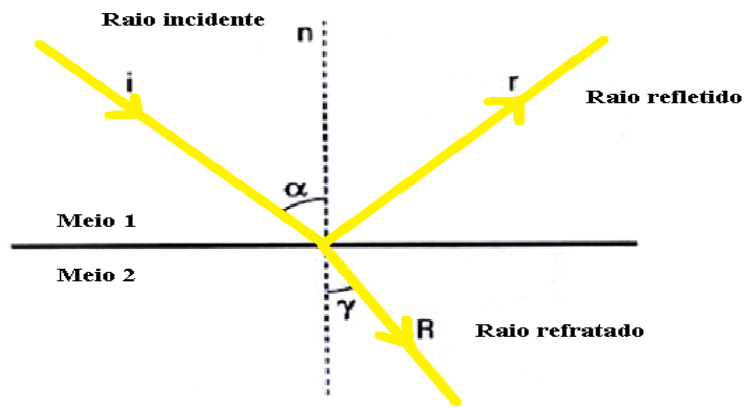


Figura 9 Fenômeno da refração. Adaptado de (HASSE, 2011)

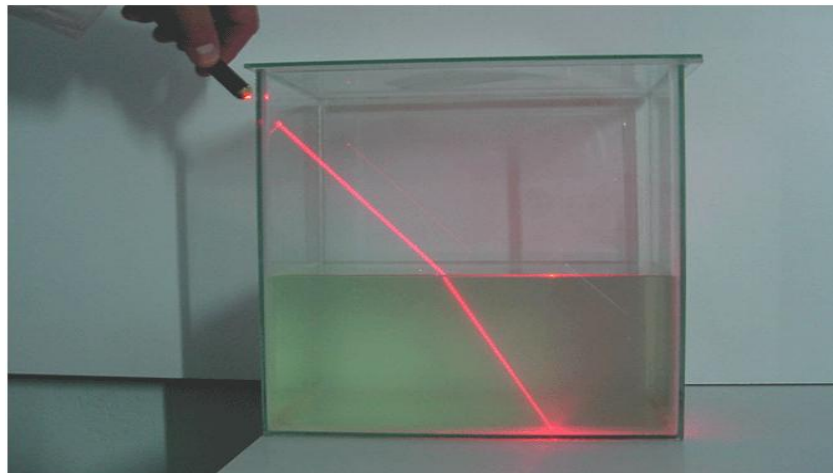


Figura 10 Fenômeno da refração da Luz numa interfase ar água.Extraído de
(UNIVERSIDAD DE LOS ANDES)

Retomando o conceito de Maxwell:

$$n = c/v \equiv \sqrt{\varepsilon\mu/\varepsilon_0\mu_0} \quad \text{Eq.01}$$

E fazendo :

$$n = c/v \equiv \sqrt{\varepsilon\mu/\varepsilon_0\mu_0} \equiv \sqrt{K_e K_m} \quad \text{Eq.04}$$

Para :

K_e = Constante dielétrica;

K_m = Constante magnética;

ε = Permissividade dielétrica do meio;

ε_0 = Permissividade dielétrica do vácuo = $8,85419 \cdot 10^{-12}$ As / Vm;

μ = Permeabilidade magnética do meio e

μ_0 = Permeabilidade magnética do vácuo = $4\pi \cdot 10^{-7}$ Vs / Am.

Sendo este último a representação do índice de refração em termos de permissividade dielétrica e permeabilidade magnética do meio respectivamente, é uma grandeza adimensional, complexa com a parte real para materiais transparentes e complexa quando ocorre absorção.

Na página seguinte é encontrada uma tabela com as relações de Maxwell para alguns materiais transparentes no espectro visível.

	Relações de Maxwell	
	Gases a 0° C e 1 atm	
Substância	$\sqrt{K_e}$	n
Ar	1,000294	1,000293
Hélio	1,000034	1,000036
Hidrogênio	1,000131	1,000132
Dióxido de Carbono	1,00049	1,00045
	Líquidos a 20° C	
Benzeno	1,51	1,501
Água	8,96	1,333
Etanol	5,08	1,361
Tetraclorocarbano	4,63	1,461
	Sólidos a temp. Ambiente	
Diamante	4,06	2,419
Sílica fundida	1,94	1,458

Tabela 1- Relações de Maxwell para materiais transparentes no espectro visível (HECHT, 2002)

Valores de K_e para as menores frequências possíveis.

2.2.4- Dispersão e Absorção.

Um átomo pode reagir de duas maneiras diferentes quando recebe a energia de um *fóton*.

Pode rapidamente transformar a energia recebida em energia mecânica, mais especificamente, em energia térmica, neste caso diz-se que houve **Absorção Dissipativa** .

Já quando a energia do *fóton* incidente não é suficiente para levar a um estado de transição, (e devemos lembrar que os possíveis níveis excitação possuem valores determinados e não são valores discretos), levando apenas à uma vibração em sua nuvem eletrônica .

*“A luz dispersa desse modo é composta por fótons que se propagam com a mesma energia do fóton incidente, ou seja, limitando-se apenas a alterar sua direção de propagação. A isto denomina-se **Dispersão**”* (HECHT, 2002).

Essa vibração em torno da sua posição de equilíbrio, chamamos de **Frequência de Ressonância** do material, e é dada por:

$$\omega_0 = \sqrt{K/m_e} \quad \text{Eq.05}$$

Na qual, temos:

m_e = massa do elétron .

k = constante relacionada com as forças de ligação

ω_0 =Frequência de oscilação natural ou de Ressonância

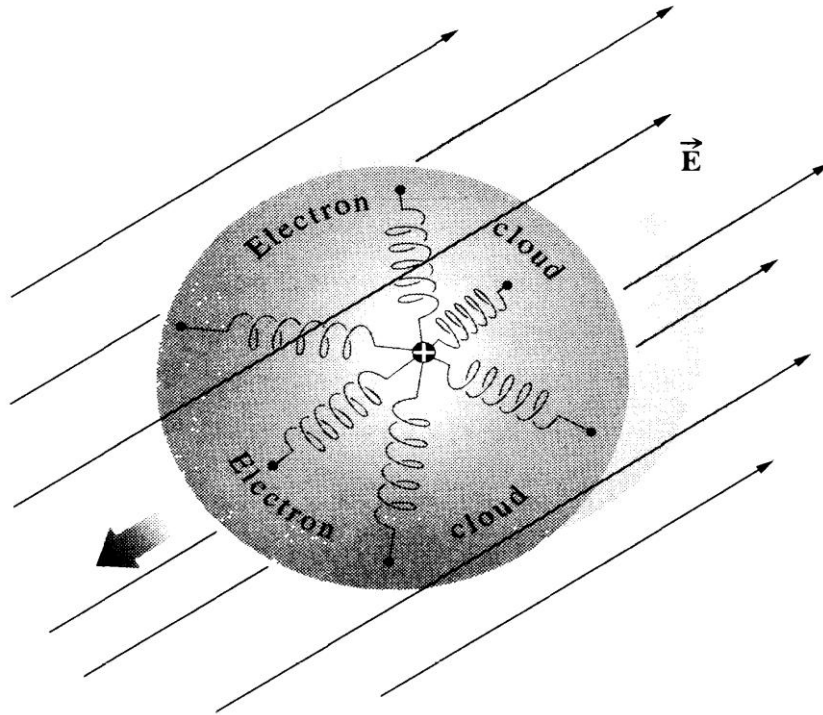


Figura 11 Modelo de forças atuantes na distorção de uma nuvem eletrônica
.extraído de (HECHT, 2002)

É importante salientar que conforme (HECHT, 2002), o índice de refração n de qualquer substância tem várias transições, implicando assim em múltiplas possíveis frequências de ressonância.

Substâncias transparentes são as que possuem frequências características fora do espectro visível.

“Os vidros têm frequência de ressonância no ultravioleta, assim, se a luz branca atravessar um prisma de vidro, sua componente azul enxergará um índice de refração maior que o que verá sua componente vermelha, sendo, por isso, mais desviada e, além disso, a amplitude das vibrações eletrônicas e por conseguinte, o fenômeno da dispersão aumentam com a frequência e diminuem em relação a densidade do meio” (HECHT, 2002).

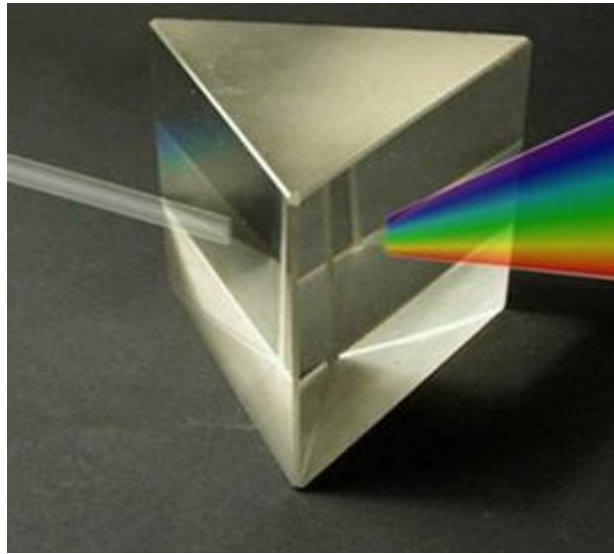


Figura 12 Fenômeno da Dispersão extraído de (ALUNOS ONLINE, 2012)

2.2.5- Reflexão interna e externa.

Este fenômeno encontra explicação no fato de que quando um feixe luminoso incidir em um material denso, contínuo e homogêneo, portanto, com seus átomos densamente arranjados, provocando dispersão da luz em todas as direções, essas sub-ondas dispersas anular-se-ão mutuamente, restando apenas, a direção de emissão do feixe .

Quando há mudança do meio, uma parte da energia é retrodispersa, e a esse fenômeno chamamos **Reflexão**.

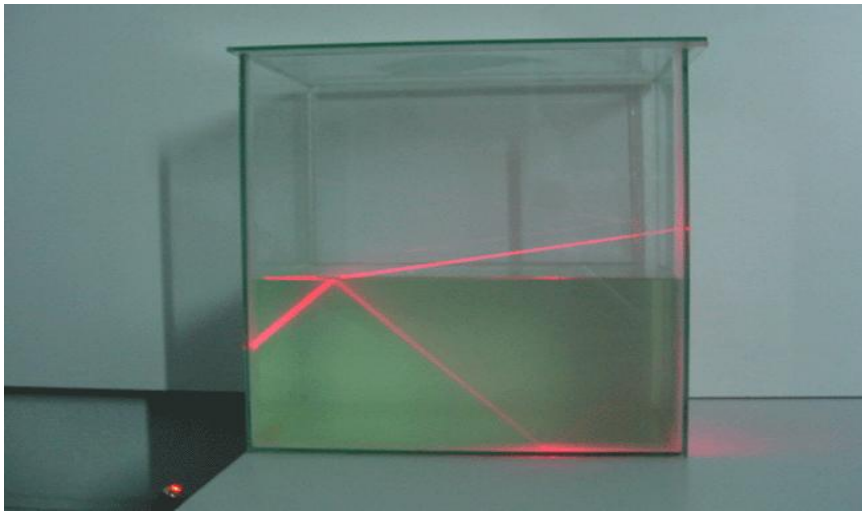


Figura 13 Fenômeno da reflexão Adaptado de (UNIVERSIDAD DE LOS ANDES)

Outro fator que pode influenciar na reflexão é a rugosidade da superfície em relação ao comprimento da onda incidente, ou seja, uma superfície polida gerará a denominada reflexão especular, enquanto que uma superfície rugosa gerará a denominada reflexão difusa. Ambas as reflexões podem ser visualizadas na figura.

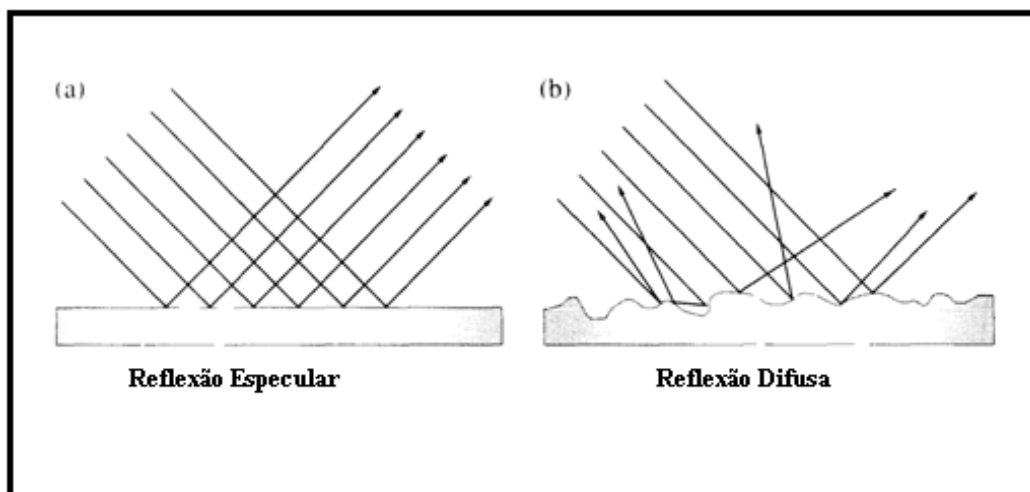


Figura 14 Reflexão especular (a) e Reflexão Difusa (b) Adaptado de (HECHT, 2002)

2.2.6- Reflexão interna total.

Como visto anteriormente, para um raio incidente em um meio, uma parte se transporta / refrata e outra parte se reflete conforme pode ser observado nas figuras 10(a) e 10(b) acima, e a medida que aumentamos θ_i , (ângulo de incidência), a parte do raio transportada se aproxima da tangente da separação entre os meios e aumenta-se assim a energia do raio refletido atingindo seu máximo quando $\theta_t = 90^\circ$, daí surge a definição de **ângulo crítico** que é o valor de θ_i que leva a $\theta_t = 90^\circ$.

Para melhor compreensão do exposto, pode-se observar nas figuras 14, 15 e 16 os fenômenos de refração e reflexão.

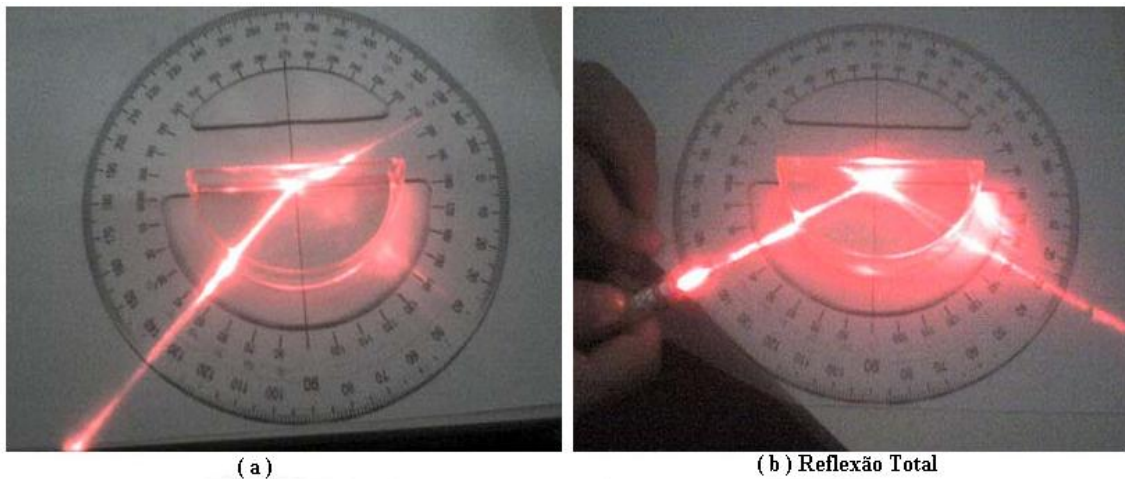


Figura 15 Refração de um raio em um ângulo próximo(a) e superior ao ângulo crítico.

Extraído de (UOL Educação, 2012).

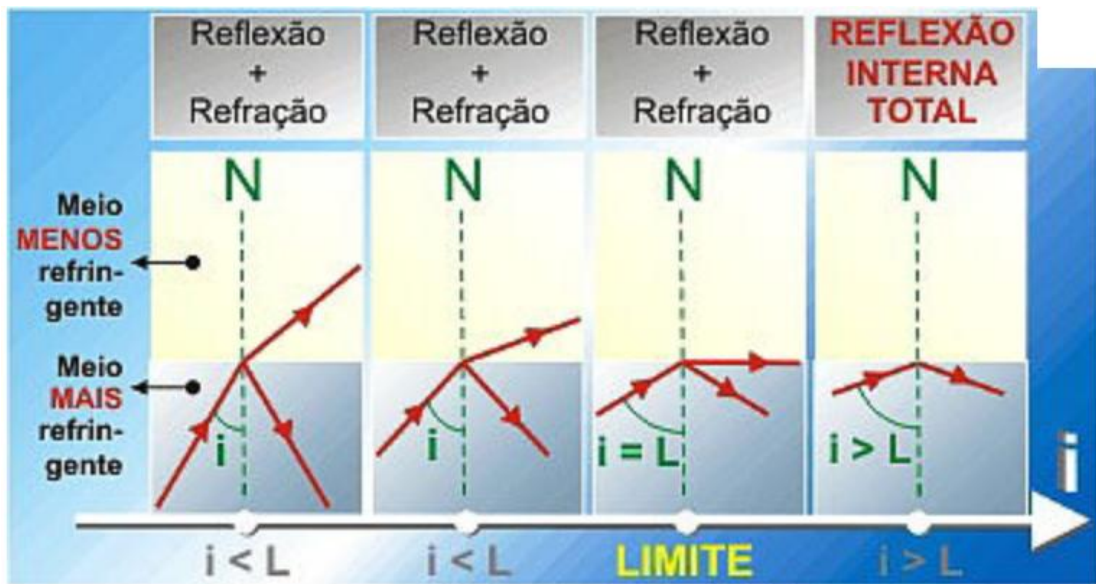


Figura 16 Ângulo de incidência se aproximando do ângulo crítico extraído de (FÍSICA MODERNA, 2007)

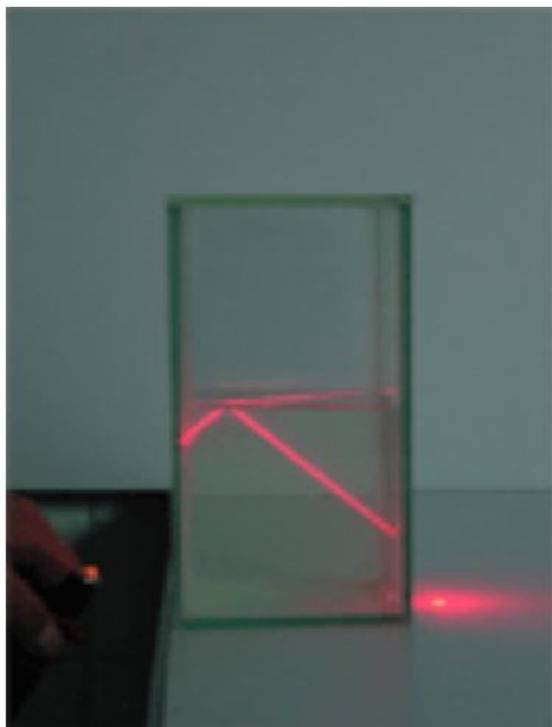


Figura 17 Foto de um raio próximo a condição de reflexão total

Extraído de (UNIVERSIDAD DE LOS ANDES)

“Assim:

$$\text{sen } i = 1/n \quad \text{Eq. 6}$$

é menor que 45° para qualquer vidro óptico e provavelmente para qualquer sólido transparente” (WELFORD, 1991).

Também, segundo (HECHT, 2002) o ângulo crítico do vidro é de aproximadamente 42° .

2.2.7- Lentes.

Um último conceito que notaremos ser útil mais adiante, é o conceito de lentes definido por (HECHT, 2002) como :

“Um elemento que atua por refração, introduzindo descontinuidades no meio em que a luz se propaga inicialmente e que reconfigura a distribuição da energia transmitida” .

De fato, pela observação das figuras 17 e 18, podemos perceber que a frente extrema da onda esférica ao atingir primeiro a lente esférica diminui sua velocidade, pois, já encontra-se em um meio denso, enquanto, as extremidades da onda por ainda estarem em um meio menos denso, continuam sua trajetória com velocidade maior que o centro da onda. Uma aproximação para esse conceito é imaginarmos que a frente da onda desloca-se como um plano .

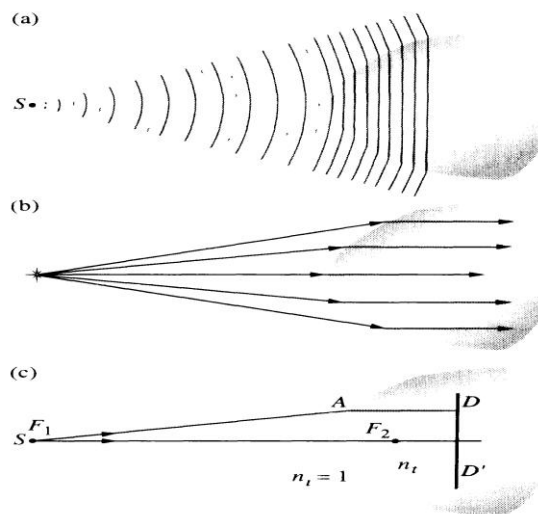


Figura 18 Onda esférica alterada por lente esférica Extraído de (HECHT, 2002)

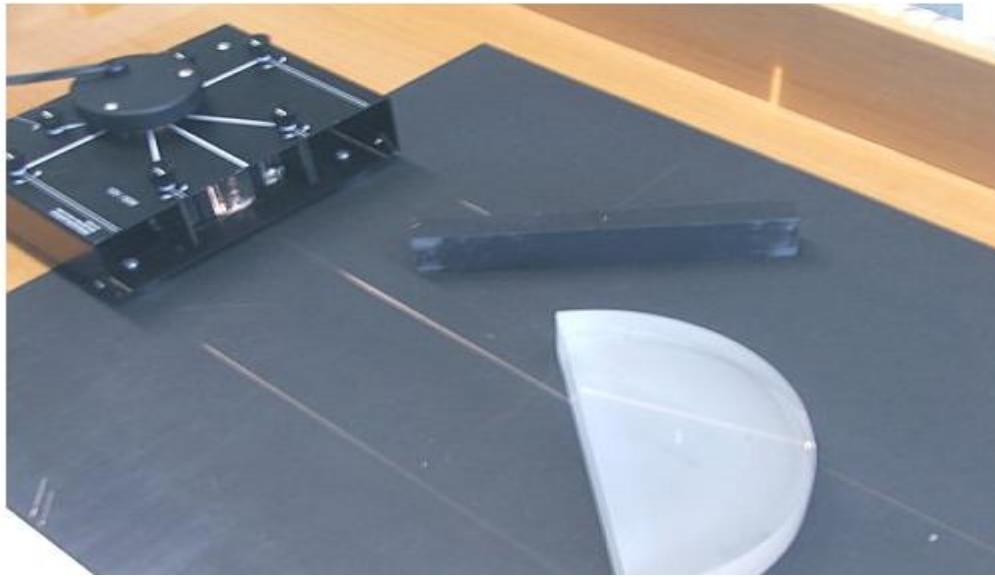


Figura 19 Feixe desviado por uma lente. Extraído de (ALUNOS ONLINE, 2012)

2.3- Sensor de chuva.

2.3.1- Definição.

Um sensor pode ser definido como um instrumento que recebe e responde a algum estímulo ou sinal, com o propósito de convertê-lo em um sinal elétrico compatível com um circuito eletrônico e, como não funciona sozinho, é sempre parte um sistema maior (FRADEN, 2004).

O projetista na maioria absoluta das vezes não é capaz de conectar diretamente o sinal do sensor aos circuitos, seja por este sinal ser de intensidade muito baixa ou ser portador de ruído, e precisa, desta forma, tratar este sinal, condicionando-o para posterior uso.

Dentre os principais condicionadores podemos citar alguns como: Casamento de impedâncias, amplificação de sinais, grampeamento, ceifamento de sinais, enfim, uma série de circuitos de interface podem vir a ser necessárias a medida que o projeto avança.

As figuras 19 e 20 ilustram o exposto.

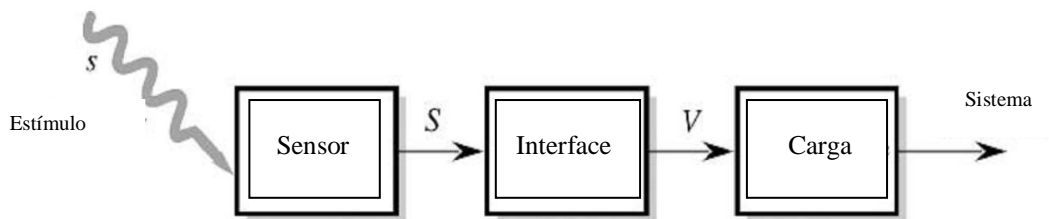


Figura 20 Interface em um circuito de Sensoriamento Adaptado de (FRADEN, 2004)

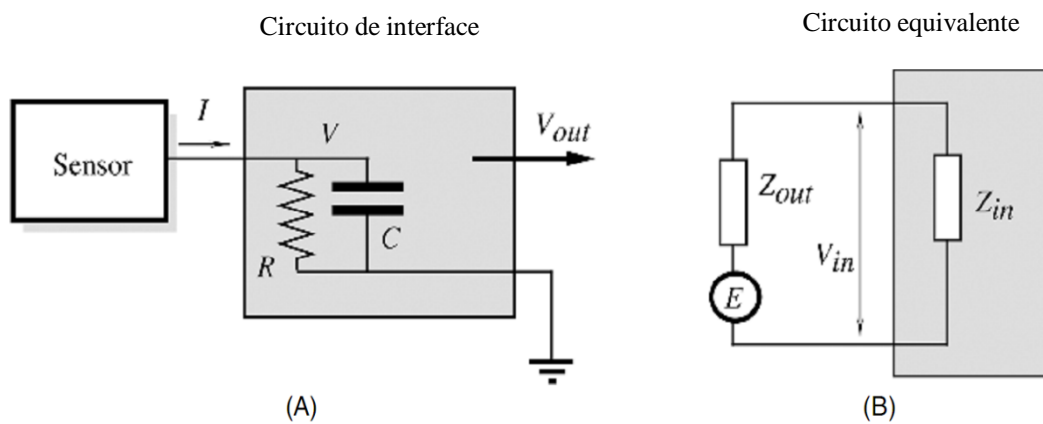


Figura 21 Representação de circuito de interface (a) e circuito equivalente (b) (FRADEN, 2004)

Um sensor também pode ser chamado de transdutor à medida que converte uma forma de energia em outra. No nosso caso, a luz como já foi visto, é uma radiação eletromagnética com comprimento na região do espectro visível de 400 a 700 nm, e vimos também que o índice de refração assume o sentido físico de representar a interação dessa radiação com a matéria .

2.3.2- Técnicas de Medição da luz.

Podem-se enumerar algumas das técnicas de medições ópticas destacadas por (CRC PRESS, 1999).

- Interferometria: mede-se a atenuação de um sinal causada pela perturbação desse meio;
- Métodos de desvio: Fazem uso da **lei de Snell** comparando o desvio de um raio na interface de dois meios diferentes;
- Método do Ângulo crítico: faz-se a medição a partir dos conceitos de potência óptica;
- Microscopia: mede-se a diferença entre a luz transmitida através e ao redor de uma partícula.

Detectores de luz podem ainda ser divididos em duas grandes categorias:

- **Quantum Detectors** , que convertem a radiação luminosa em um sinal eletrônico e,
- **Thermal Detectors**, que medem a energia absorvida e transformada em energia térmica.

Os *quantum detectors* são os mais usados por apresentarem melhor desempenho (NEWNES, 2005) .

No segmento automotivo, os sensores do tipo optoeletrônicos têm sido o tipo mais utilizado de sensores de chuva (OTTE, QAISER, *et al.*, 2010).

2.3.3- Função.

A função do dispositivo é manter a área envidraçada à frente do condutor limpa, de forma automática, liberando assim, a atenção do condutor de mais uma tarefa, visto que isso aumenta a segurança e o conforto no automóvel; uma vez que os motoristas atualmente possuem inúmeros fatores externos e modernos dispositivos eletrônicos competindo por sua atenção (OTTE, QAISER, *et al.*, 2010).

Utiliza-se para isto sensores ópticos, geralmente montados no pára-brisa, atrás do espelho retrovisor para não comprometer o campo de visão do condutor do veículo.

Pela observação da figura 20 pode-se visualizar a posição de montagem de um sensor de chuva no automóvel

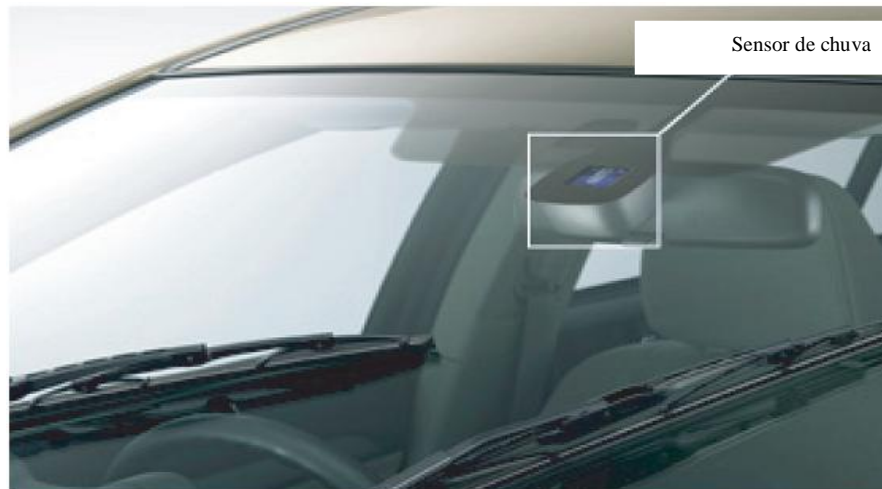


Figura 22 Posição de montagem do sensor de chuva (KATO e YAGI, 2008)

Ainda, para evitar que um possível embaçamento interno dos vidros chegue até os elementos ópticos e prejudique o funcionamento do sistema, (BMW-PLANET.COM, 2009) explica que vários automóveis da marca possuem um sistema de aquecimento interno ao conjunto que impede a condensação internamente ao conjunto sensor.

2.3.4- Funcionamento e tendências em desenvolvimento.

O sistema de sensoriamento mais eficiente parece ainda assunto controverso, pois, de acordo com (KAJIOKA, FUJIMURA e FUJITA, 1989), a evolução dos métodos de detecção automática de chuva passou por detecção da variação de energia, variação de capacitância, e de condutividade, e que, todos estes sistemas apresentavam muitas falhas e que, por essa razão, sua utilização em massa nunca ocorreu de fato, e afirmam que os sistemas ópticos são os que, apesar de também apresentarem inconsistências, estas podem ser melhor administradas.

Já para (OTTE, QAISER, *et al.*, 2010) , os sistemas ópticos tendem à falsa detecção por possuírem uma área de sensibilidade muito pequena; além de requererem circuitos complexos; extrema precisão de fabricação e terem custo proibitivo.

Além disso, afirmam que a solução para tal, consiste na substituição dos detectores ópticos por sensores capacitivos que geram um campo elétrico (que atravessa o vidro que é um material não magnético, por isso, não interfere nas linhas de campo) pela aplicação de uma tensão CA (corrente alternada) em seus terminais que por sua vez gera uma capacitância dada por :

$$C = (A * \epsilon) / d \quad \text{Eq. 7}$$

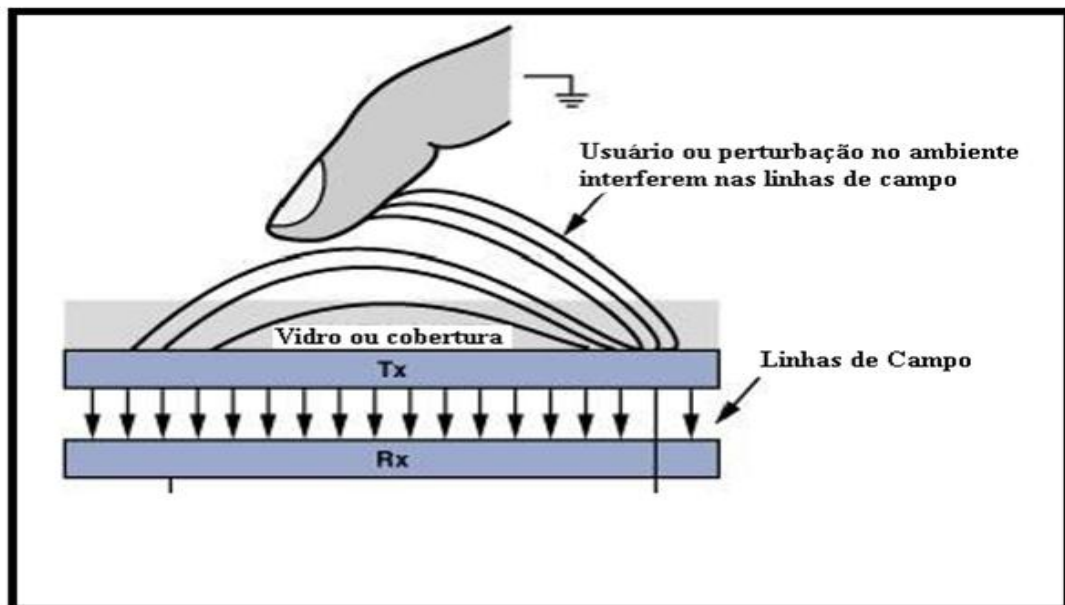
Na qual temos:

A = área da placa do capacitor;

ϵ = permissividade dielétrica do meio ;

d = distância entre as placas / condutores.

Nas figuras 23, 24 e 25 o exposto pode ser melhor compreendido.



Perturbação das linhas de campo (OTTE, QAISER, *et al.*, 2010)

Figura 23 Perturbação das linhas de campo Adaptado de (OTTE, QAISER, *et al.*, 2010)

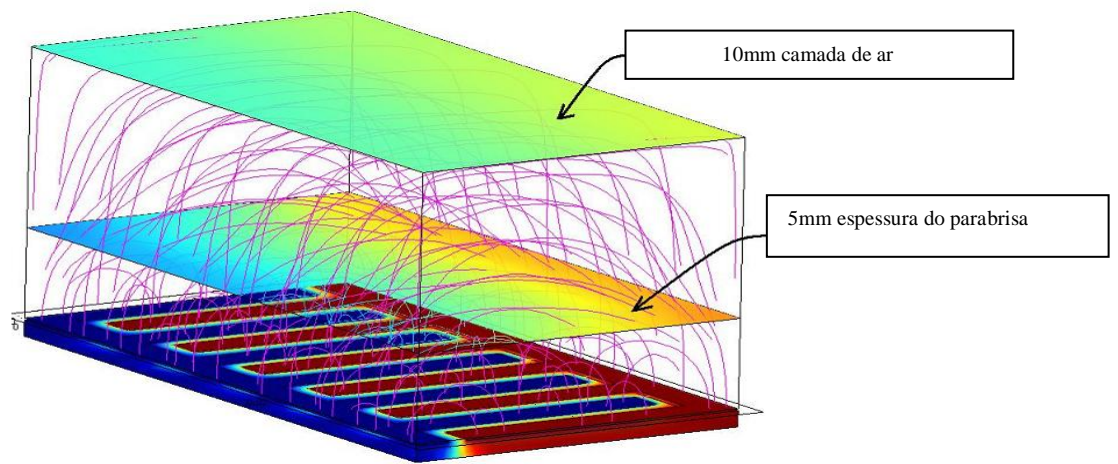


Figura 24 Modelamento sensor capacitivo no software COMSOL adaptado de (OTTE, QAISER, *et al.*, 2010).

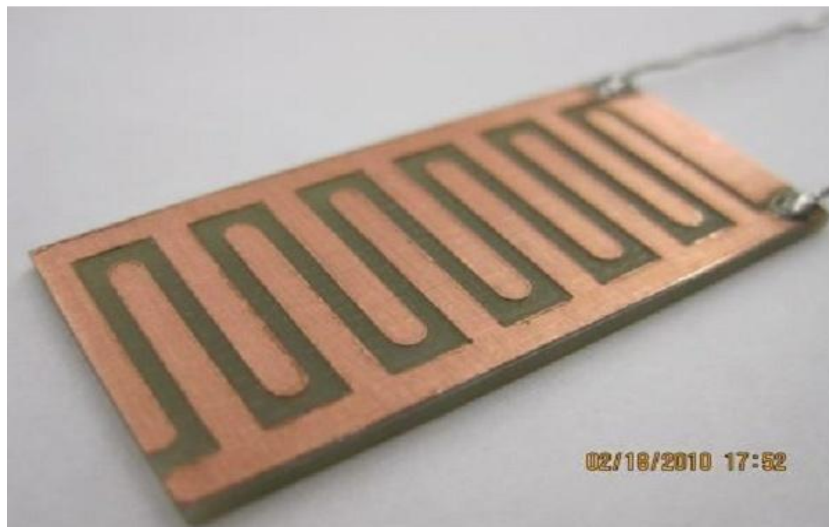


Figura 25 Protótipo final de sensor capacitivo.
Extraído de (OTTE, QAISER, *et al.*, 2010)

Já para (KATO e YAGI, 2008), que apesar de utilizarem em seus veículos os detectores ópticos, afirmam que o problema com estes equipamentos reside no fato de a área sensível ser insuficiente, além de problemas com a não uniformidade da sensibilidade. Para tanto, adotaram como solução um conjunto óptico com uma lente denominada acoplador óptico, que nada mais é, que uma **lente de fresnell** com a função de aumentar a área sensível do conjunto pelo conceito da **reflexão especular**.

Nas figuras 26, 27 e 28 abaixo pode-se visualizar o acima exposto.



Figura 26 Corpo de sensor de chuva. Extraído de (KATO e YAGI, 2008)

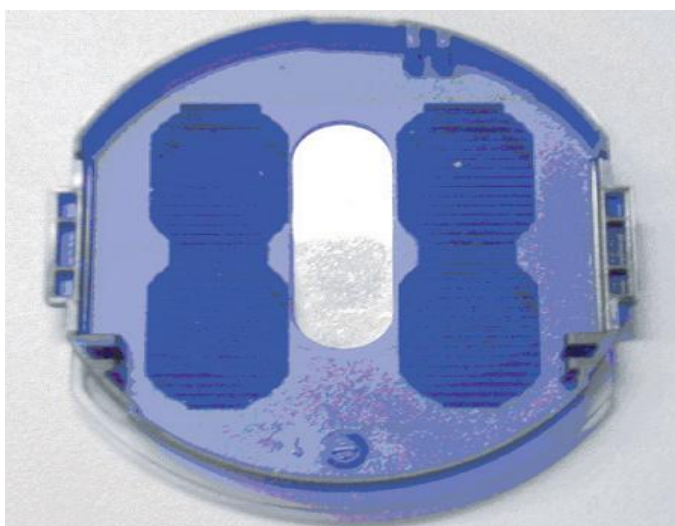


Figura 27 Acoplador óptico. Extraído de (KATO e YAGI, 2008)

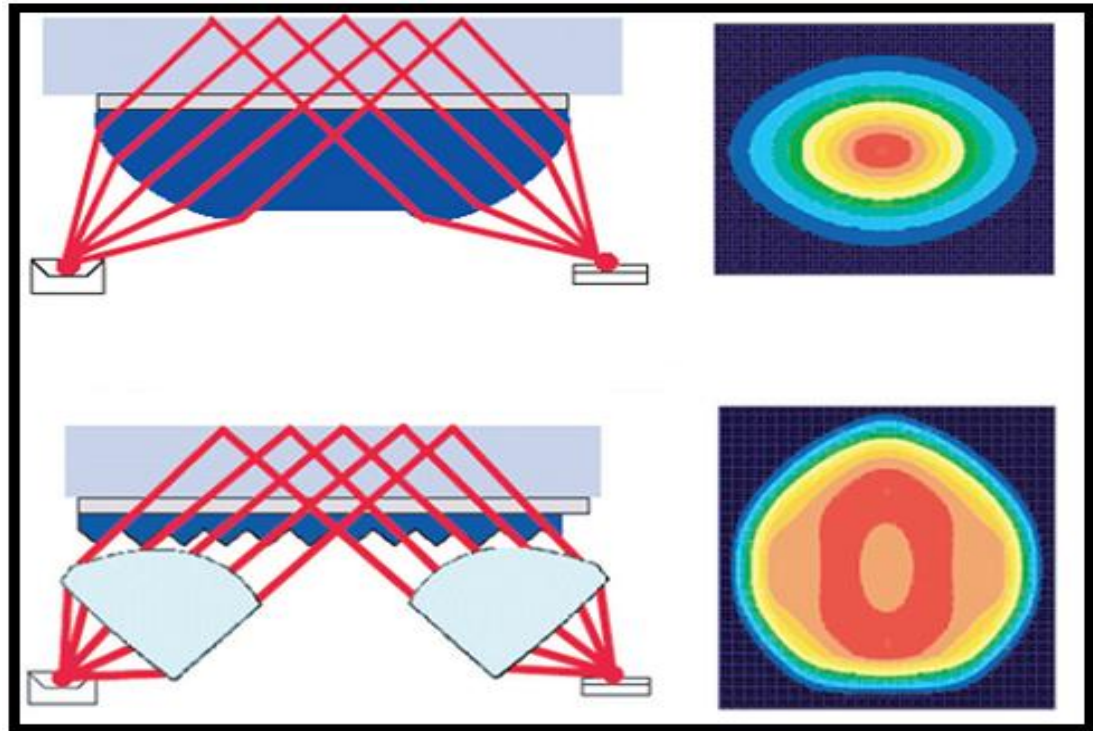


Figura 28 Análise de eficiência do conjunto com e sem acoplador óptico
Adaptado de (KATO e YAGI, 2008)

As figuras 29 e 30 abaixo demonstram o conceito do funcionamento de um sistema um pouco diferente que parte do conceito de gotas cruzando um feixe luminoso desenvolvido por (KAJIOKA, FUJIMURA e FUJITA, 1989).

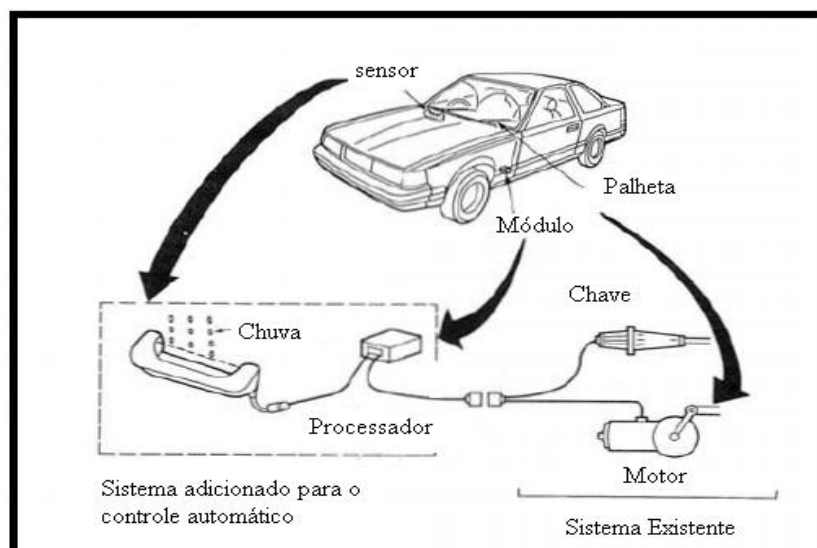


Figura 29 Funcionamento do sensor de chuva FUJITSU adaptado de (KAJIOKA, FUJIMURA e FUJITA, 1989)

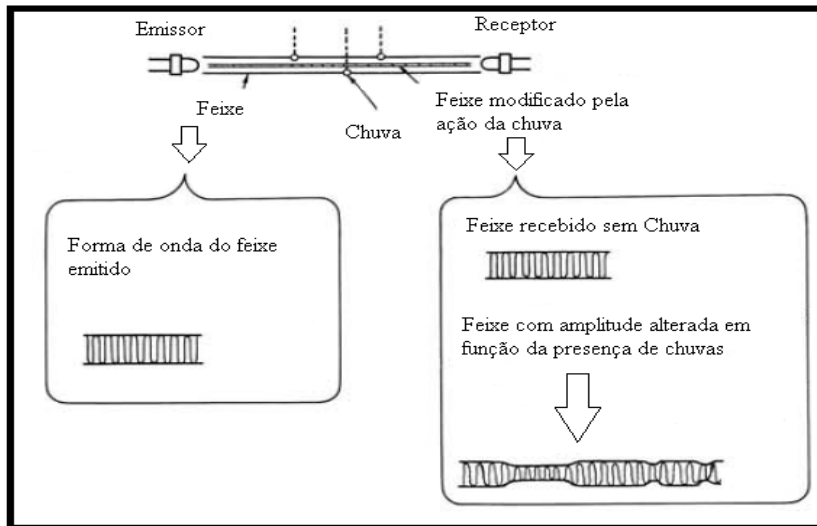


Figura 30 Sensor FUJITSU adaptado de (KAJIOKA, FUJIMURA e FUJITA, 1989)

O fato é que os sistemas ópticos são na atualidade o sistema construtivo dos modernos sensores de chuva mais utilizado, e funcionam pelo conceito da **reflexão total**, no qual, temos um par de diodos, sendo um emissor de infravermelho (como vimos, o vidro possui **frequência de ressonância** no ultravioleta, podendo se tornar até opaco a esta faixa de onda, logo, a escolha lógica é diminuir o comprimento da onda a ser transmitida) o qual, emite um feixe de raios infravermelho acima do **ângulo crítico** do vidro. Desta forma, temos para um sistema sem perturbações externas (gotas de chuva acumuladas no pára-brisa), **potência óptica máxima**, com a conseqüente **reflexão interna total**, do raio emitido a ser percebida pelo dispositivo foto receptor.

Quando existe a presença de gotas de chuva no pára-brisa, o **índice de refração** do meio é alterado, aumenta-se assim a **potência óptica** do **raio refratado** e diminui-se a do **raio refletido**, o foto receptor percebe esta perturbação do sistema e o sistema está pronto para acionar o conjunto mecânico do limpador de pára-brisa.

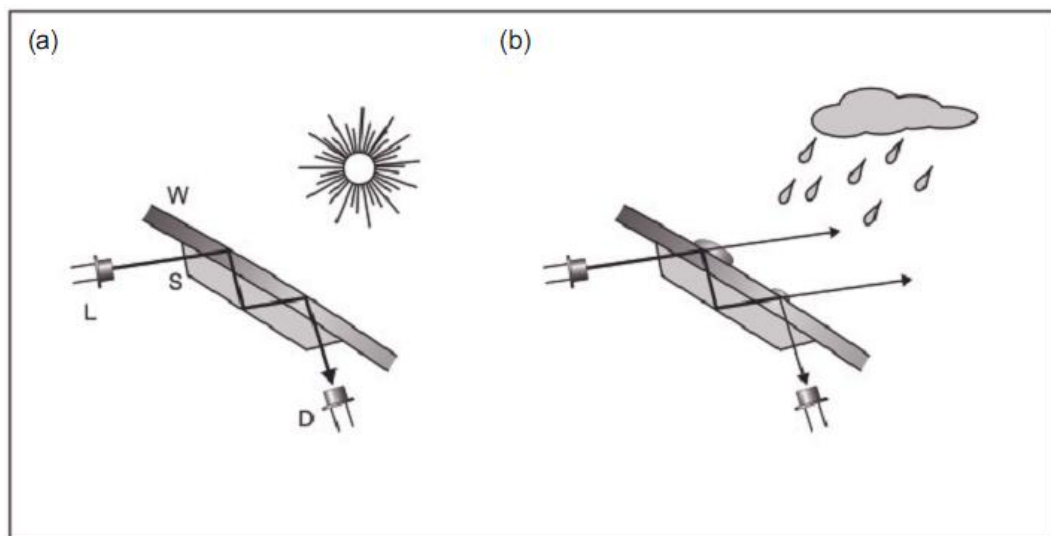


Figura 31 Princípio de funcionamento do sensor de chuva. Extraído de (HAUS, 2010)

Finalmente, devemos considerar uma última variável a ser considerada no desenvolvimento de um sensor de chuva, que é o comportamento da chuva.

As gotas de chuva acumuladas sobre o pára-brisa do automóvel têm efeito bastante danoso à visibilidade do condutor, pois, a luz do ambiente externo somada a luz oriunda dos faróis de outros veículos, pelo fenômeno da **dispersão**, podem causar ofuscamento, efeito este potencializado durante a condução noturna.

Pela figura abaixo, podemos contemplar o estudo realizado por (KAJIOKA, FUJIMURA e FUJITA, 1989) sobre o comportamento da chuva realizado em um simulador, e pode-se observar como se relacionam a intensidade da chuva, com seus respectivos diâmetros de gota máxima, mínima e modal e a velocidade necessária das palhetas para manter o campo visual do condutor limpo.

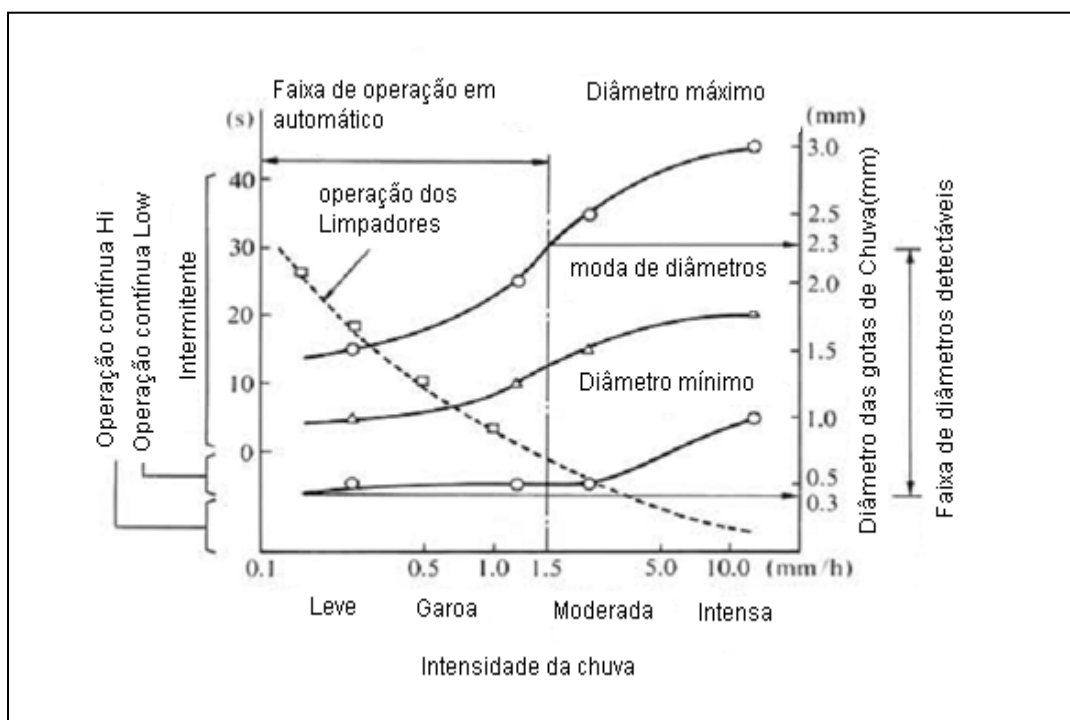


Figura 32 Estudo do comportamento da Chuva. Adaptado de (KAJIOKA, FUJIMURA e FUJITA, 1989)

Pela análise da figura acima podemos perceber que os diâmetros médios das gotas variam diretamente com a intensidade da chuva, e que a sensibilidade dos sensores deve prever uma variação considerável de diâmetros.

2.4- Conclusões preliminares.

Durante o desenvolvimento da revisão bibliográfica, os conceitos por si só iam estabelecendo algumas correlações com os fenômenos. Com o propósito de explicitá-los, vamos listar algumas conclusões preliminares que certamente serão importantes no desenvolvimento de qualquer aparato óptico.

- A luz é um fenômeno bastante complexo, mas, para a maioria das aplicações, conceitos bem mais simples como os da óptica geométrica podem ser usados;
- Os vidros possuem frequências características ou de ressonância na região do ultravioleta, parecendo, para estes comprimentos de onda, como opacos, ou pelo menos, desviando mais a componente azul do que a vermelha;
- O fenômeno da dispersão explica a opacidade do vidro para essa banda de frequências;
- Como o azul não é o espectro indicado, o infravermelho passou a ser a escolha dos desenvolvedores;
- Os sensores de chuva comercializados atualmente, em sua maioria absoluta, utilizam-se do conceito de reflexão interna total;
- Para que um conjunto óptico funcionando pelo conceito de reflexão interna total funcione adequadamente, é de suma importância atentar-se para ângulos de incidência acima do ângulo crítico;
- O ângulo crítico para os vidros situa-se por volta dos 42 °;
- Os diâmetros médios das gotas variam diretamente com a intensidade da chuva, e que, a sensibilidade dos sensores deve prever uma variação considerável de diâmetros;
- Todos os sistemas estudados até o presente momento possuem incorreções, que, de acordo com os relatos de seus próprios desenvolvedores, essas incorreções encontram-se no campo da óptica.

3-METODOLOGIA EXPERIMENTAL.

Este capítulo tem por finalidade descrever os procedimentos utilizados na construção de um modelo experimental para estudo de uma alternativa técnica com o objetivo de dirimir algumas das incorreções apontadas nos trabalhos e em algumas patentes estudadas.

3.1- Fundamentação Teórica.

Conforme pudemos observar nos estudos dos sistemas anteriores, a quase totalidade dos problemas mencionados referem-se a interferências de luz externa como a luz Solar, por exemplo, que por sua intensidade pode inibir o disparo de um conjunto óptico ou em outros casos provocar falsos disparos. Outrossim, devemos nos ater ao fato que automóveis são ambientes bastante hostis aos equipamentos eletrônicos onde os cuidados com a supressão de interferências eletromagnéticas e ruídos deve ser uma constante preocupação do projetista.

Ruídos conforme (HASSE, 2011) são ondas eletromagnéticas que tendem a perturbar a transmissão e o processamento de sinais de mensagem em um sistema de comunicação.

Assim, podemos observar em (HOCHSTEIN, 1989) que afirma no registro de sua patente que a grande maioria dos problemas com sensores emitindo infravermelho ocorrem quando operam sob luz solar direta ou mesmo em condições de intensa luz ambiente, em que essa radiação pode facilmente interferir no detector inibindo sua atuação ou em outros casos provocando falsos disparos, uma vez que existem uma grande sorte de fontes capazes de emitir infravermelho em intensidades que poderiam interferir no sistema.

A solução adotada por ele, então, foi a de isolar emissor e receptor dentro de pequenos tubos que teriam a função de realizar um tipo de blindagem do conjunto emissor receptor.

A figura 33 mostra o conjunto patenteado por Hochstein.

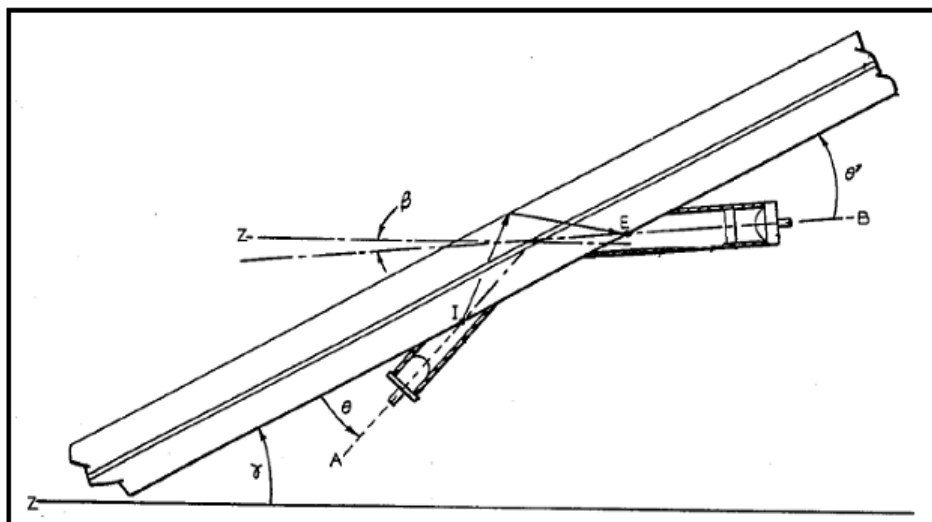


Figura 33 Sensor óptico Patentado por Hochstein adaptado de (HOCHSTEIN, 1989)

Outro que relata incorreções no funcionamento do seu aparato em patente é (SUGIYAMA, 1993) que também afirma que a luz exterior pode interferir no seu conjunto causando comportamentos indesejados como disparos falsos e inibições.

Desta vez, a solução adotada é um circuito eletrônico de controle com o objetivo de tratar o sinal amplificando-o e depois filtrando e comparando-o com sinais de referência afim de eliminar as incorreções.

A figura 32 ilustra o diagrama de blocos do sistema citado.

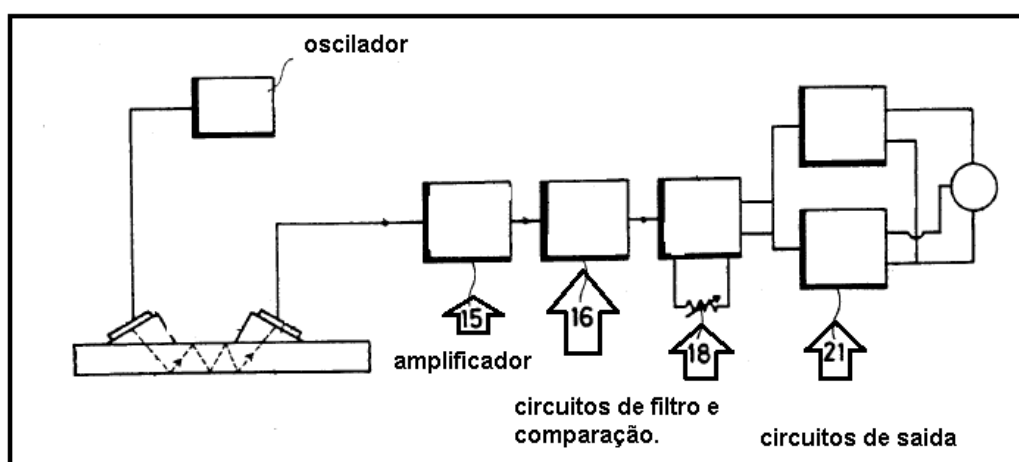


Figura 34 Sensor Óptico de Sugiyama adaptado de (SUGIYAMA, 1993)

Ainda em outras patentes foram mencionadas incorreções originadas de problemas como condensação e sujeira atrapalhando o acoplamento dos raios como podemos citar em (PURVIS, 1993), que adotou como solução tubos para orientação dos raios.

Na figura 35 pode-se compreender melhor a solução patenteada.

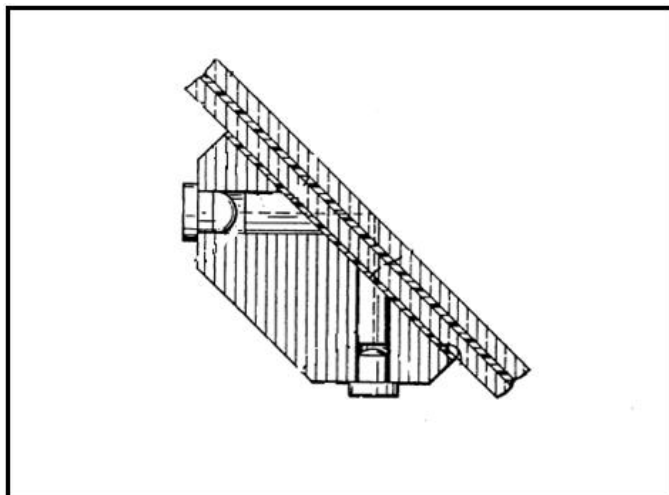


Figura 35 Sistema Patentado por Purvis adaptado de (PURVIS, 1993)

Assim, como foi verificada uma enormidade de problemas referentes à transmissão com confiabilidade do sinal nos sistemas estudados, este trabalho, pretende estudar a viabilidade de se agregar robustez à transmissão do sinal por meio de modulação e codificação do sinal a ser transmitido.

“Modulação é definida como a alteração sistemática de uma forma de onda, chamada portadora, de acordo com as características de uma outra forma de onda, chamada de sinal modulante ou mensagem. O objetivo fundamental da modulação é produzir uma onda modulada, portadora de informação, cujas propriedades sejam mais adequadas para a transmissão da informação por um canal de comunicações” (YACOUB, LING, et al., 1992).

Na modulação, o sinal modulado é enviado através do meio, executando as operações necessárias ao sinal.

Na recepção, o sinal modulado é recebido pelo demodulador que realiza uma operação inversa à do modulador obtendo novamente a informação original.

Abaixo são listadas algumas situações onde é vantajoso realizar a modulação de um sinal segundo (CESF- INSTITUTO DE ENSINO SUPERIOR FUCAPI, 2009) a saber:

- Na transmissão de voz, se os dois sinais forem enviados ao mesmo tempo pelo canal, não será possível distinguir a informação na recepção (Isto acontece por que os canais de voz ocupam a mesma banda passante (300 Hz a 4 KHz));
- Sinais de baixas frequências possuem uma capacidade ruim de radiação e por esse motivo sinais de voz são deslocados para altas frequências;
- Quando diferentes sinais de voz são modulados em diferentes frequências, é possível transmití-los juntos sem que haja interferência;
- Se o rádio é usado como meio de transmissão, o sinal de rádio deve ser enviado através de uma antena, e o tamanho da antena diminui à medida que a frequência do sinal aumenta. Por exemplo, para transmitir um sinal de voz em banda básica, a antena deve ter cerca de 5.000 metros;
- Por estas razões, a modulação é uma importante transformação no sinal realizada em todos os sistemas de comunicação.

Nas figuras 36 e 37 é exemplificado um processo genérico de modulação.

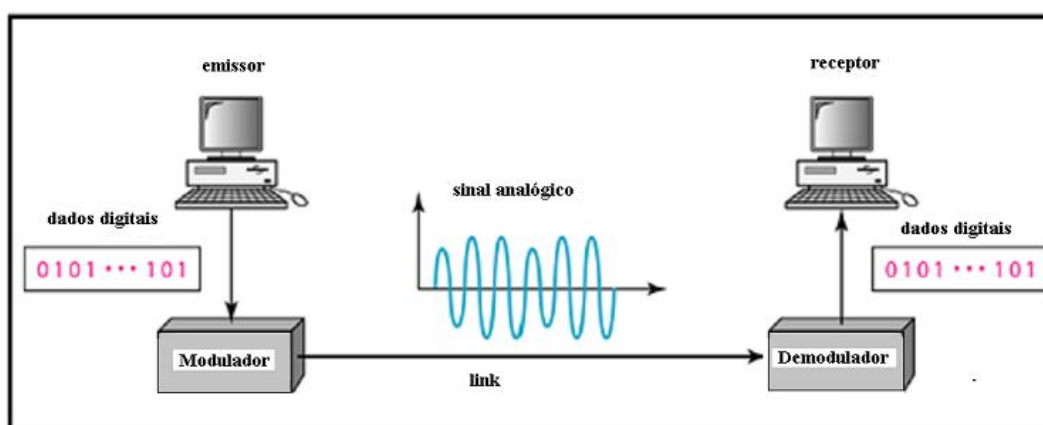


Figura 36 Processo de modulação de um sinal. Extraído de (HASSE, 2011)

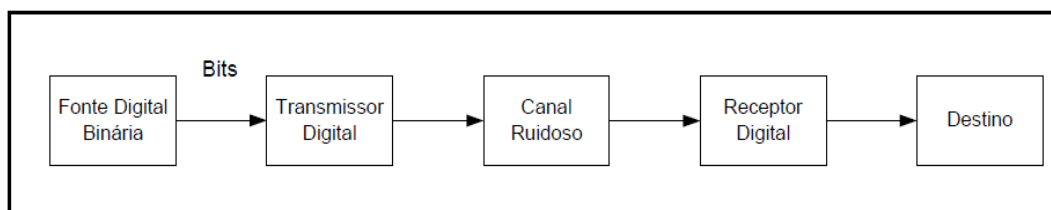


Figura 37 Processo de modulação de um sinal extraído de (HASSE, 2011)

Outro grau de robustez investigado pelo trabalho foi a adição de um processo de codificação à informação a ser transportada. Desta maneira a informação passa a possuir um código que, se não identificado pelo receptor, torna o envio da informação não válido.

3.2- O Modelo Experimental.

Neste trabalho optou-se por implementar um modelo experimental de maneira prática e sempre atento ao custo que uma implementação comercial poderia ter. Deste modo, optou-se por componentes mais econômicos e de fácil localização no comércio.

3.3-. Circuito do Emissor.

Numa primeira abordagem, foi vislumbrada a adoção do conhecido protocolo de comunicação RC-5 desenvolvido pela empresa Philips, amplamente conhecido no mercado pela sua robustez e capacidade de transmissão da informação, porém, a medida que o estudo se desenvolvia, outras opções muito mais simples e acessíveis foram conhecidas.

Então, foi utilizado um codificador HT 12 A, fabricado pela empresa Holtek que possui variadas aplicações e diversas funcionalidades como:

- Boa imunidade a ruídos;
- Baixo consumo;
- Requer numero mínimo de componentes externos;
- Portadora de 38 KHz para transmissão via infra vermelho.

Este codificador possui 8 *bits* destinados ao endereçamento que podem ser ajustados em 2^8 diferentes combinações, mais 4 *bits* destinados aos dados a serem transmitidos que também possuem 2^4 possibilidades de combinações.

Quando o codificador recebe os dados, ele automaticamente os modula em uma portadora de 38 KHz e transmite serialmente os 12 *bits* (endereços e dados), mais um *bit* de sincronização.

Na figuras 38 e 39 pode ser melhor exemplificado o processo de codificação.

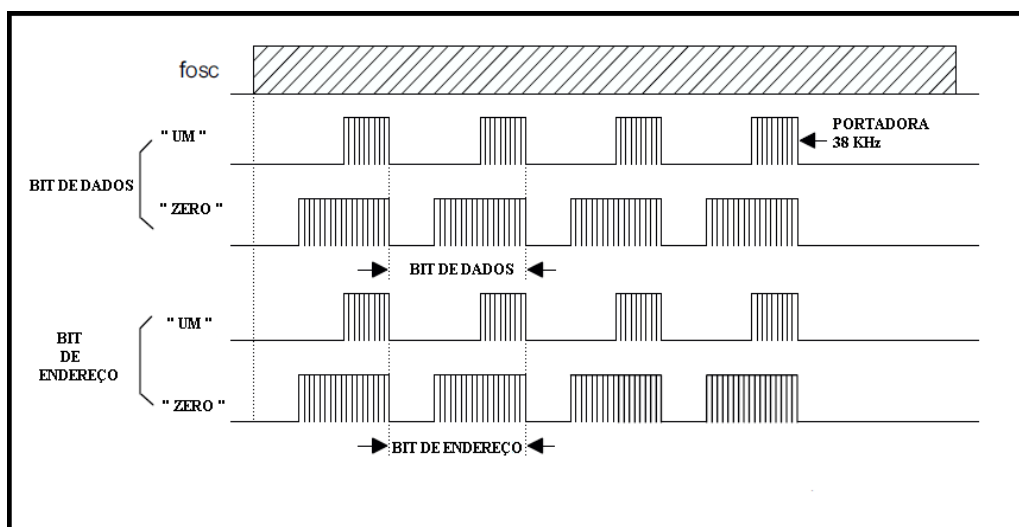


Figura 38 Codificação da Informação. Extraído de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)

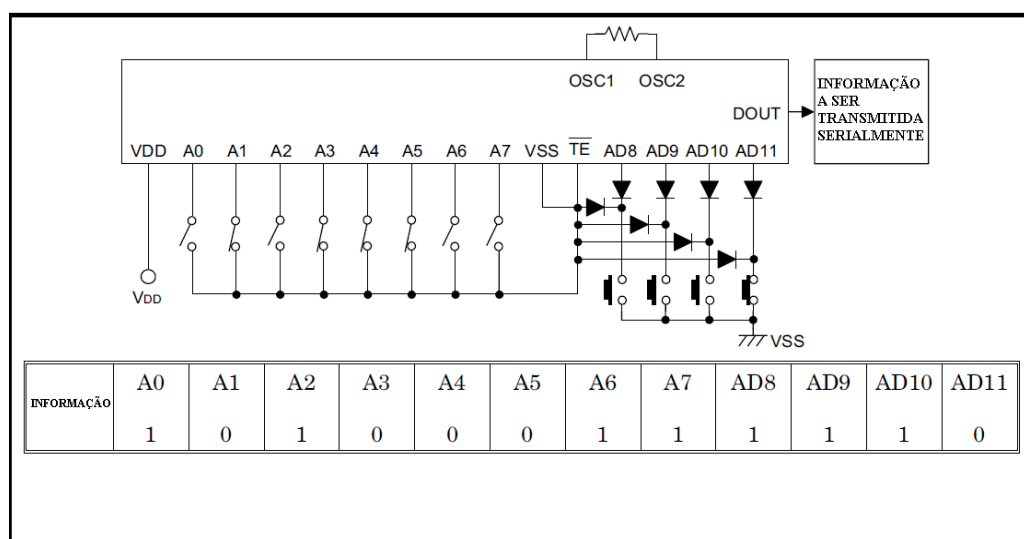


Figura 39 Exemplo de codificação. Extraído de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)

Neste trabalho optou-se por codificar endereço e dados em nível 0, assim, na figura 40 pode ser observada uma saída com todos os dados em nível lógico 0 enquanto a imagem da figura 41 mostra uma simulação com o bit A1 em nível 1.

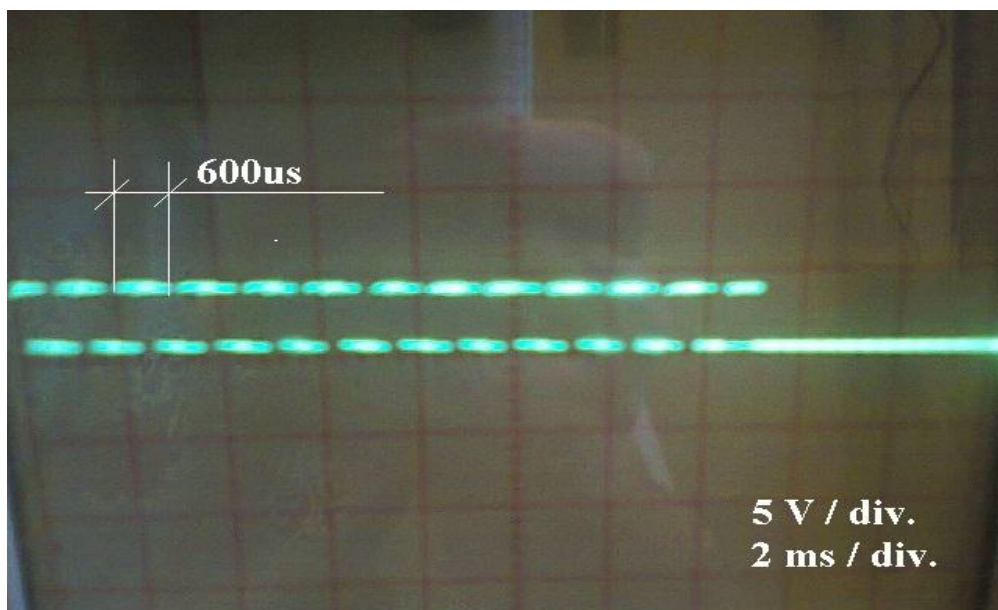


Figura 40 Endereço e Dados codificados em zero

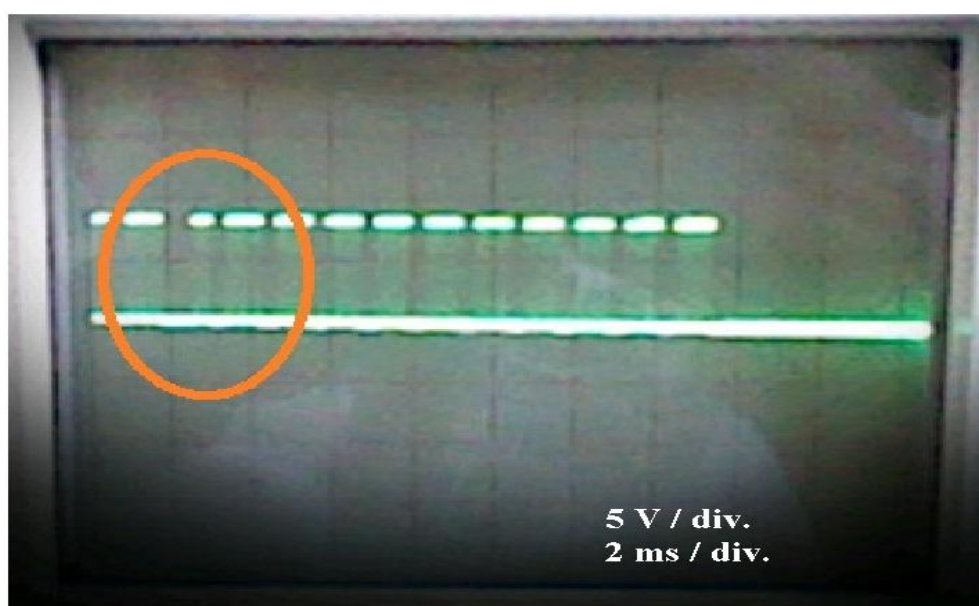


Figura 41 Endereço e dados com um bit codificado em nível 1

Por último, na figura 42 pode ser observado o circuito elétrico do emissor completo conforme implementado.

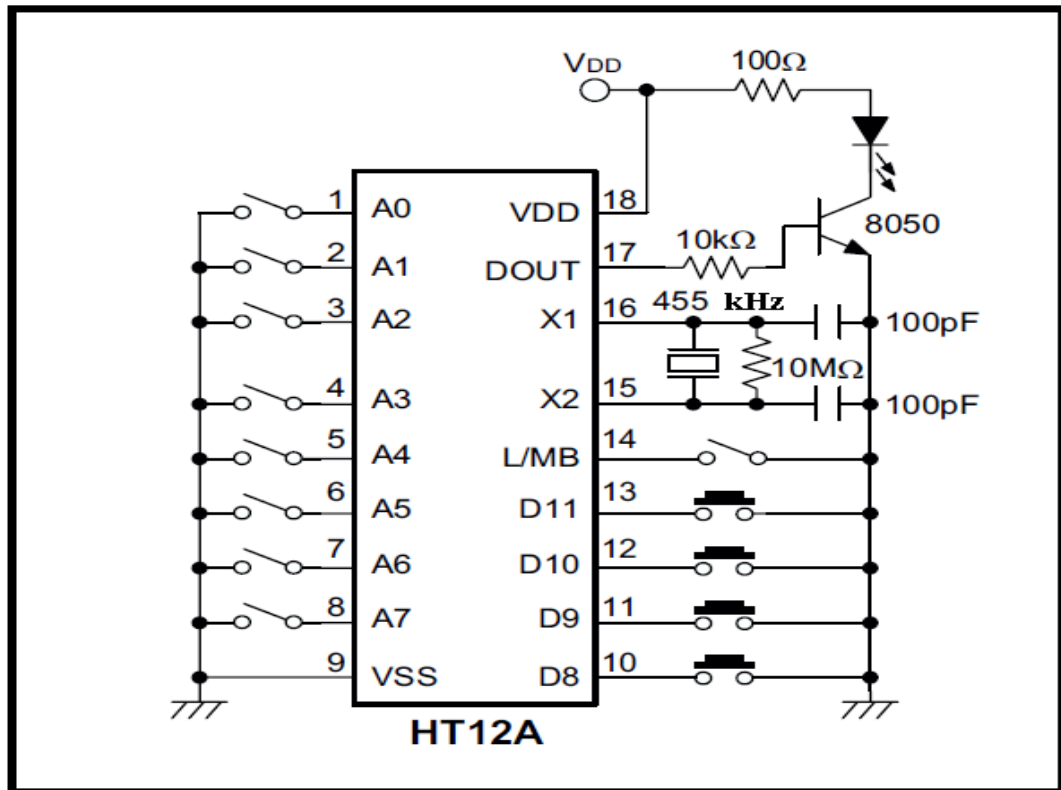


Figura 42 Circuito Emissor. Extraído de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)

O circuito receptor funciona de maneira bastante simples, sendo a presença de dados nas portas D8 a D11 o gatilho que inicia o processo de modulação e codificação da informação, e enquanto a informação permanecer na porta a transmissão será reenviada continuamente.

Caso os dados da porta sejam retirados no meio da transmissão, a chave L / MB flutuante ou em Vdd seta o emissor para completar o envio e repetir o ultimo código enviado por redundância.

No fluxograma da figura 43 pode ser compreendido o exposto.

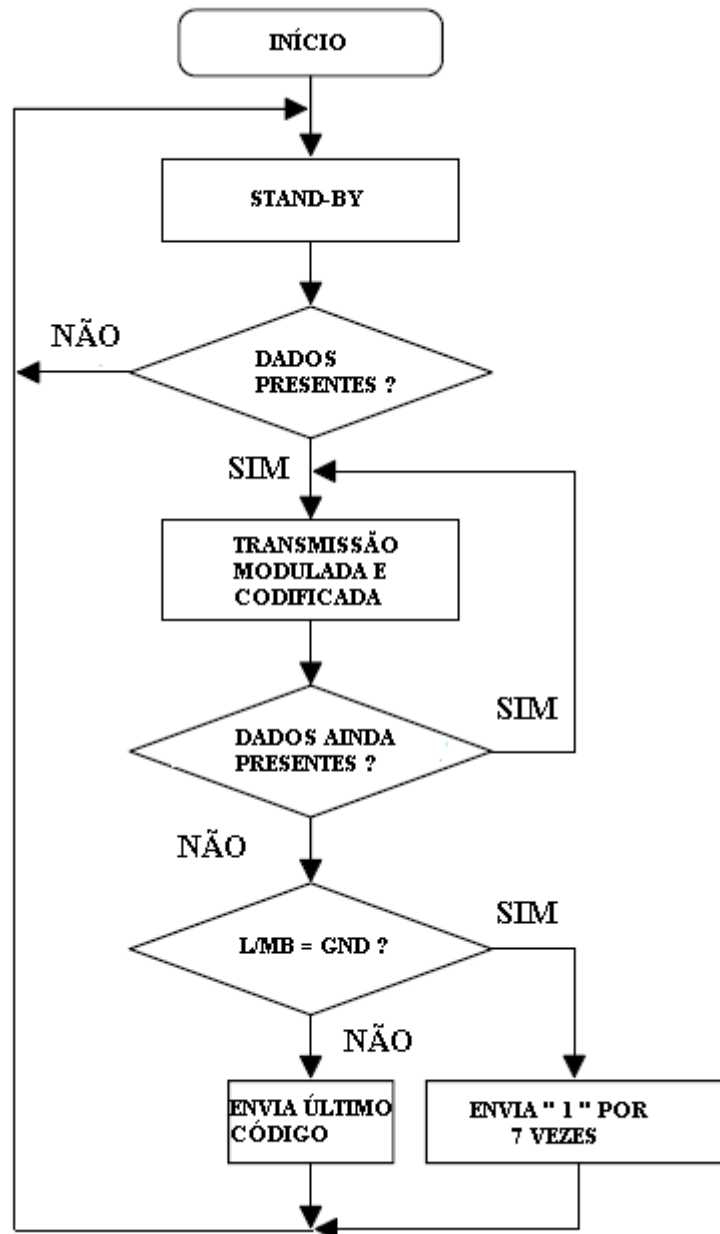


Figura 43 Fluxograma do emissor. Adaptado de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)

3.4- Circuito do Receptor.

A função do circuito receptor é a de fazer a função reversa do emissor, ou seja, ele recebe a informação via infravermelho serialmente, realiza primeiramente um filtro de frequência, e para isto foi utilizado um receptor de infravermelho PIC 1018 SMB da Waitrony comumente utilizado em aplicações com controle remoto, o qual incorpora um completo circuito receptor com importantes características das quais podemos citar:

- Implementa um filtro passa faixa com frequência central de 37,9 KHz;
- Alta imunidade a ruídos;
- Amplificador de sinal;
- Comparador Schmitt trigger;
- Capacidade de recepção de até 16 m;
- Boa imunidade à interferências da luz ambiente.

Nas figuras 44 e 45 podem ser observados o comportamento do receptor em função da frequência e o diagrama de blocos do receptor, respectivamente.

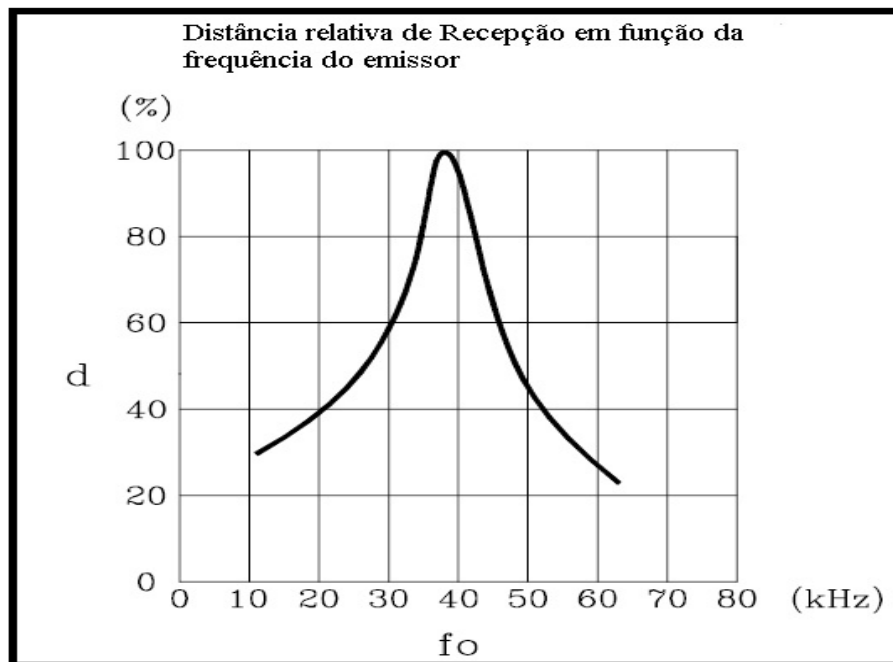


Figura 44 Distância de recepção em função frequência do transmissor adaptado de (WAITRONY OPTOELECTRONICS LIMITED).

DIAGRAMA DE BLOCOS DO RECEPTOR INFRA VERMELHO

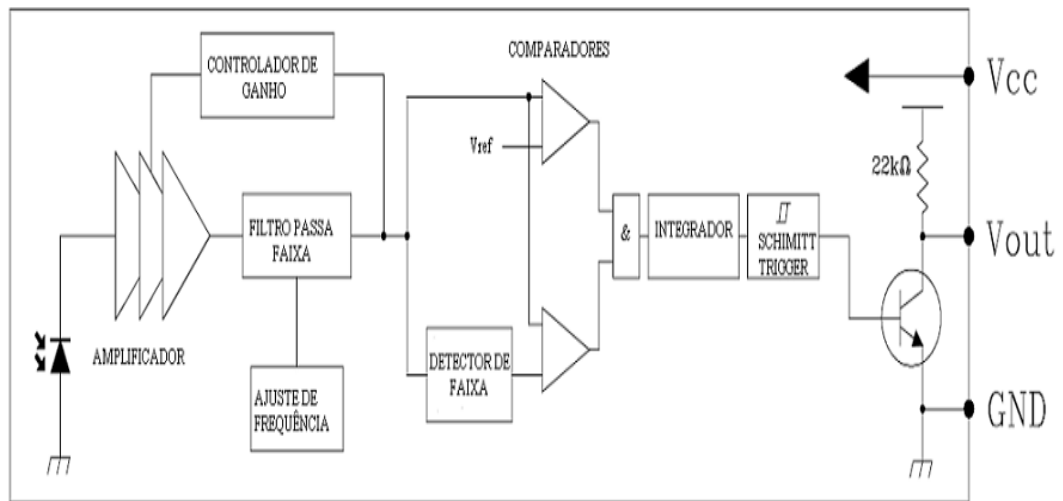


Figura 45 Diagrama de Blocos do receptor infravermelho PIC 1018 SMB

Adaptado de (WAITRONY OPTOELECTRONICS LIMITED)

Em seguida, a informação segue serialmente para o decodificador HT 12 D.

O decodificador HT 12 D é um dispositivo construído com a finalidade de fazer par com os codificadores da série 12. E para correta operação, o par codificador/decodificador escolhido deve possuir o mesmo número de *bits* de dados e endereços, além do mesmo código de endereço e estar ajustado para uma frequência de vibração de 1/3 da frequência do emissor, sendo que este ajuste é conseguido pela alteração, em função da tensão de alimentação do conjunto, do valor do resistor entre os terminais OSC1 e OSC2 no receptor. .

O decodificador recebe a mensagem serialmente contendo endereço e dados programados no codificador. Essa informação é então comparada por três vezes consecutivamente com a informação de endereço pré-programada no decodificador, e caso não sejam encontradas diferenças, os dados contidos na informação de entrada são decodificados e disponibilizados nos pinos de saída de dados e a saída VT (valid transmission) vai a nível alto para indicar que a transmissão foi recebida corretamente.

Na figura 46 pode-se observar o circuito do receptor como implementado. Já na figura 47, pode ser observado o sinal de transmissão válida capturado no osciloscópio, sinal este devido a não presença de chuva. .

Também é importante frisar que este sinal de transmissão válida é o sinal que nos interessa por inibir a atuação mecânica do limpador de para-brisa.

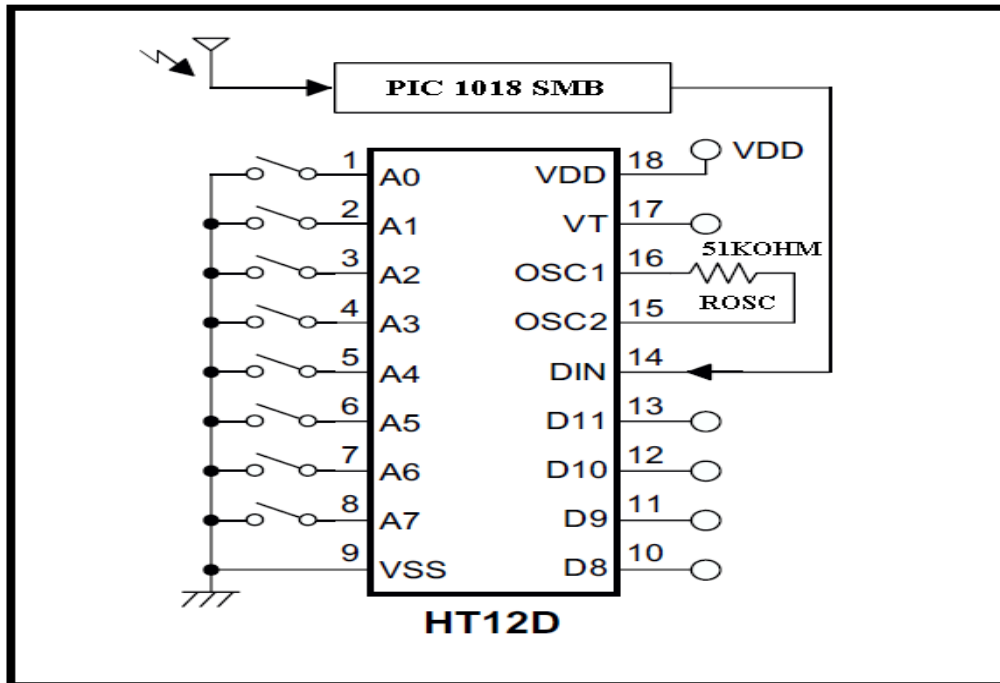


Figura 46 Circuito receptor. Adaptado de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)

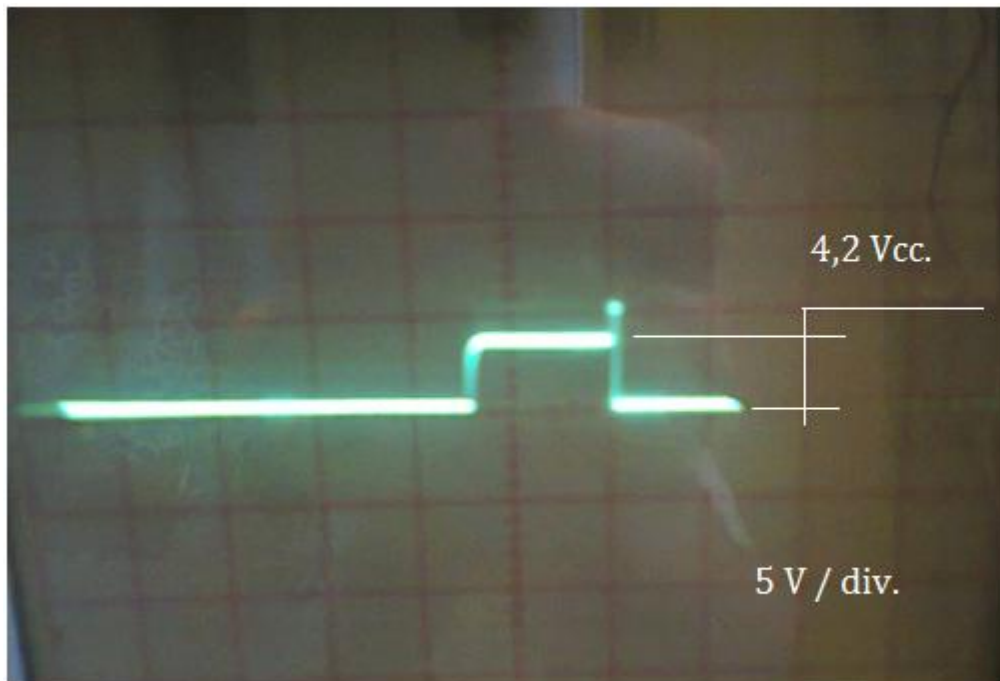


Figura 47 Sinal capturado no Osciloscópio de transmissão válida

A lógica do receptor também é muito simples e a partir da recepção dos dados em DIN, o código de endereço recebido é armazenado e conferido por três vezes por redundância com o valor programado nas portas A0 a A7 e, caso não sejam detectadas discrepâncias, os dados são disponibilizados nas portas D8 a D11 e um pulso de transmissão válida é enviado na porta VT.

Na figura 48 é disponibilizado o fluxo de dados do receptor.

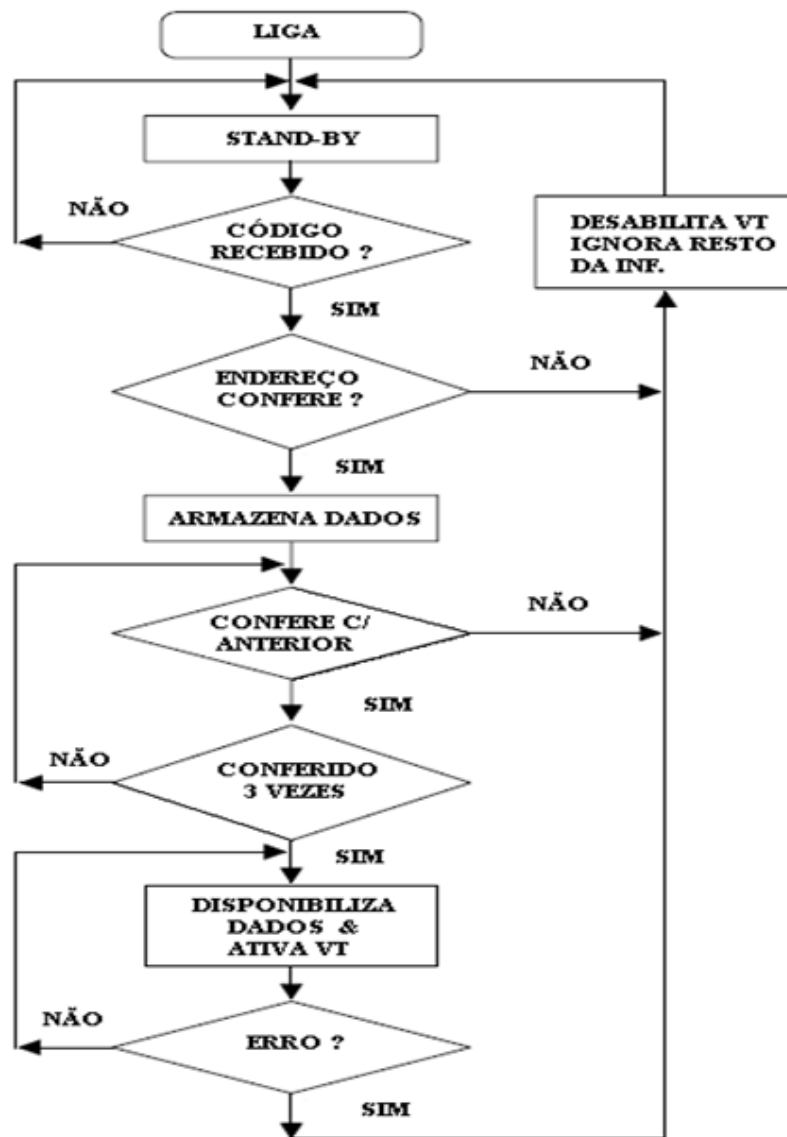


Figura 48 Fluxo de dados do receptor. Adaptado de (HOLTEK SEMICONDUCTOR INC., 2000)

3.5- Montagens e Dispositivos.

Para finalização dos testes do modelo experimental, foi realizada a implementação do circuito em uma placa de testes conhecida no mercado como *ProtoBoard*, bem como foi necessária a construção de suportes que garantissem o correto posicionamento do emissor e do receptor, que deviam estar a uma posição de aproximadamente 45° em relação ao vidro, uma vez que, conforme já citado, o ângulo crítico para o vidro situa-se em torno de 45° .

Nas figuras 49, 50 e 51 é possível a visualização do aparato montado.

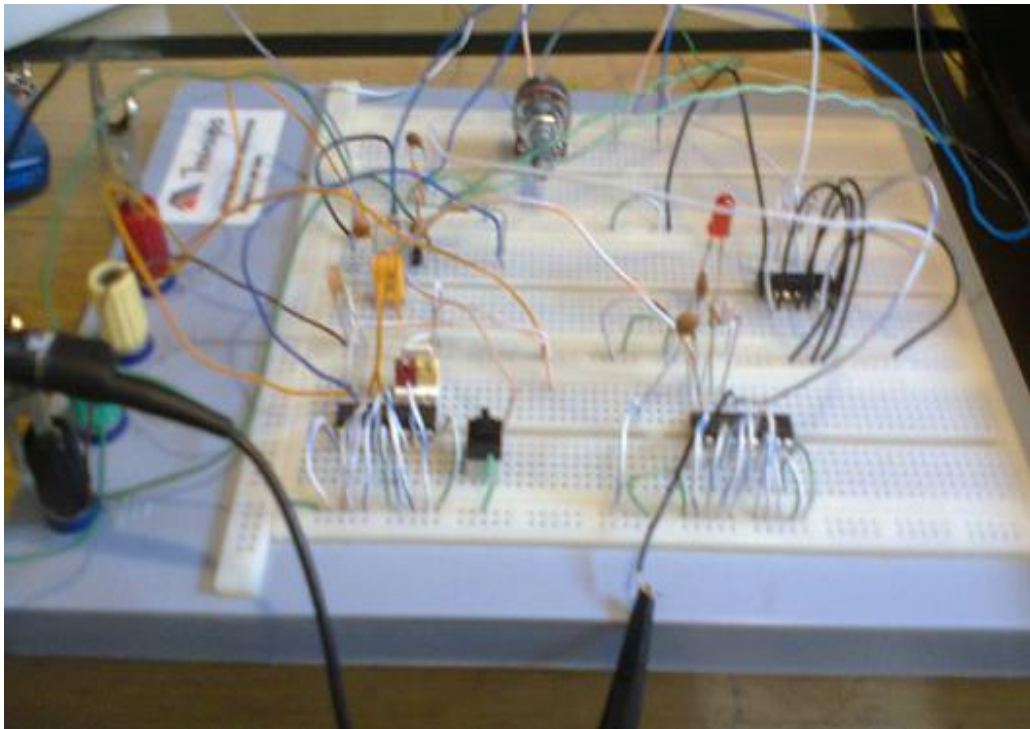


Figura 49 Placa com a montagem experimental

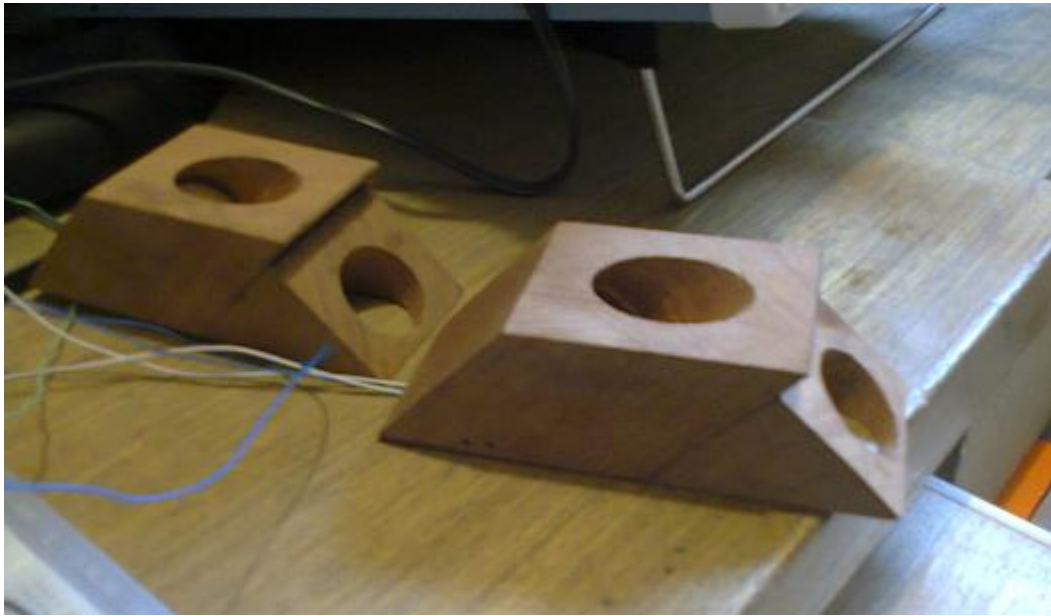


Figura 50 Suportes construídos para fixação do emissor e o receptor em um ângulo de 45°.

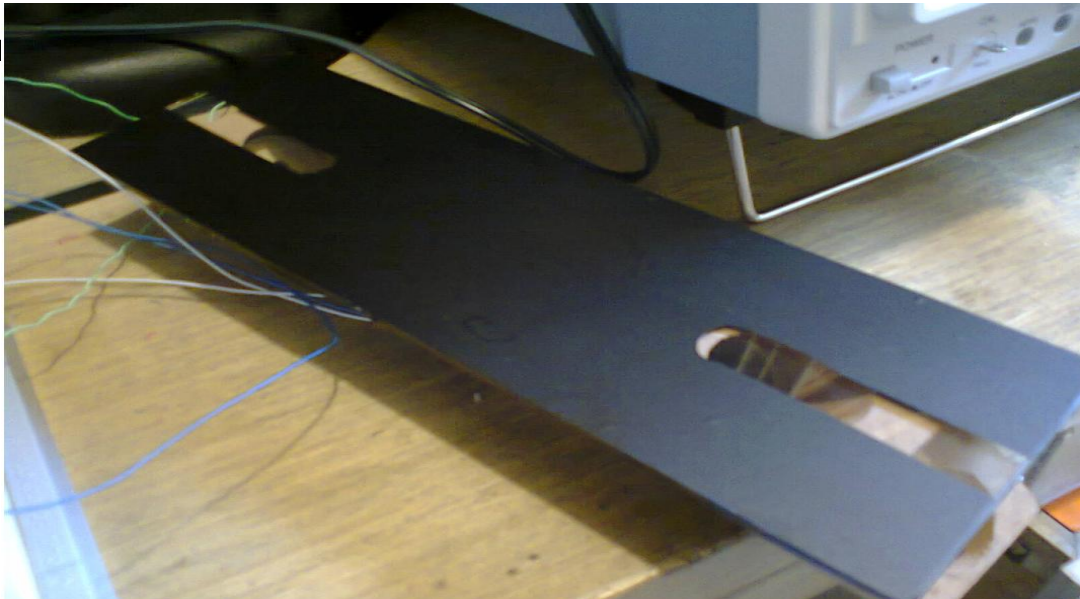


Figura 51 Conjunto montado simulando a montagem em para-brisa

Finalmente, sob a ação de gotas de chuva sobre o vidro, o sistema deve detectar essa perturbação no sinal emitido e não indicar que a transmissão foi válida, estando assim, pronto para atuar os limpadores de para-brisa.

Na figura 52 é mostrado o sinal capturado no experimento referente a uma perturbação do sinal por presença de chuva.

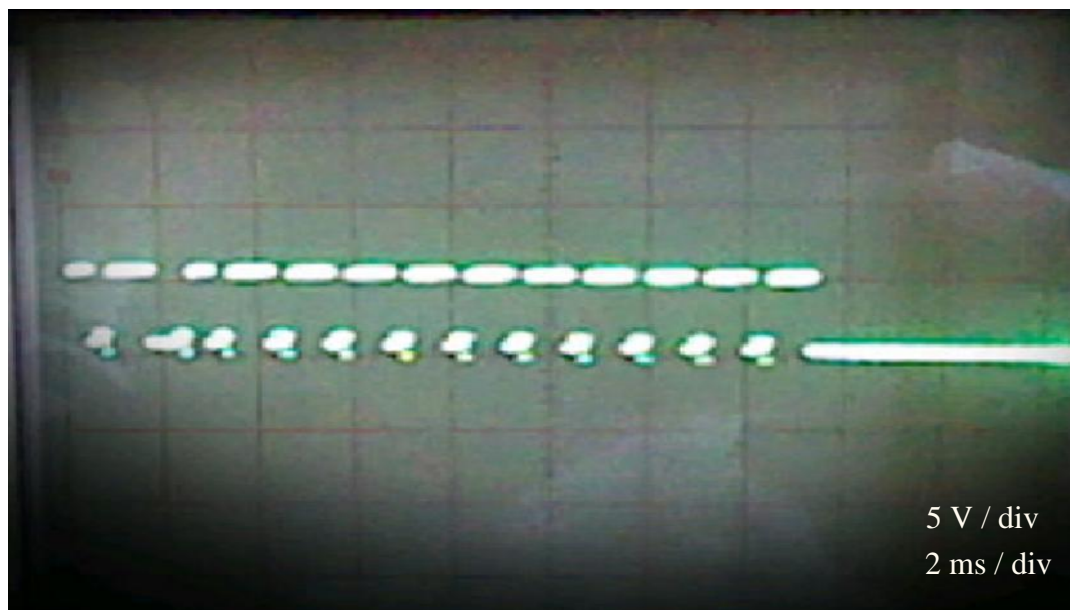


Figura 52 Sinal capturado em testes referente a chuva no pára-brisa

4- CONCLUSÕES E DISCUSSÕES.

Este capítulo discorre sobre as conclusões a que este trabalho chegou, relata algumas das dificuldades encontradas e como não poderia deixar de ser faz sugestões sobre tópicos que poderiam ser implementados a título de melhorias ou implementações futuras.

4.1- Resultados Obtidos.

Conforme relatado em proposta inicial, os objetivos deste trabalho eram o incremento de conhecimento referente aos princípios físicos que governam o funcionamento dos sensores de chuva veiculares e também a validação do uso de alguma tecnologia eletrônica com o propósito de melhorar alguma deficiência levantada pelas pesquisas do trabalho.

De fato, julgo que os objetivos deste trabalho, acima citados foram plenamente alcançados, e por que não dizer, que até superaram as expectativas iniciais uma vez que a metodologia aplicada mostrou-se plenamente funcional agregando extrema robustez à transmissão do sinal.

4.2- Dificuldades Encontradas.

Um aspecto da construção do modelo experimental proposto neste trabalho pode ser classificado como dificuldade, ou obstáculo ao perfeito funcionamento do modelo, que foi a exacerbada robustez do sinal transmitido, e para resolvê-la foi implementado um controle de potência do sinal emitido através de um potenciômetro linear conectado em série com o emissor infravermelho com o objetivo de reduzir a intensidade do sinal emitido, uma vez que sem este tipo de tratamento a perturbação causada pela presença de chuva no pára-brisa não possuía intensidade suficiente para causar o disparo do sistema.

4.3- Implementações e Melhorias Futuras.

No decorrer da implementação deste trabalho surgiram várias alternativas de implementação ou objetos de estudo que pela própria natureza deste trabalho, não foram testadas e nem sequer analisadas com mais atenção.

Listo abaixo, algumas destas idéias que podem ser utilizadas por aqueles que se interessem na continuação deste trabalho.

- Testar um sistema de modulação implementado via *software*;
- Construir um modelo real para teste montado em um veículo, considerando os efeitos da curvatura do vidro, o fato de em um automóvel real tratar-se de um trioptro .
- Implementar um sistema com controle de iluminação integrado e
- Pesquisar novas técnicas mais atuais em sistemas de transmissão de informações.

4.4- Outros comentários.

Aqui cabem mais alguns comentários sobre os resultados obtidos. O leitor poderá observar, por exemplo, que os sinais das figuras 47 e 51 são ricos em demonstrar os testes de transmissão válida e o teste referente à simulação de chuva no para-brisa.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALUNOS ONLINE. **Alunos online**, 2012.

Disponível em: <<http://www.alunosonline.com.br/fisica/dispersao-luz.html>>.

Acesso em: 08 jun. 2012.

BMW-PLANET.COM.

<http://www.bmw-planet.com/diagrams/release/en/zinfo/SCM61611295.htm>.

bmw-planet, 18 ago. 2009.

Disponível em:

<<http://www.bmw-planet.com/diagrams/release/en/zinfo/SCM61611295.htm>>.

Acesso em: 01 set. 2011.

CESF- INSTITUTO DE ENSINO SUPERIOR FUCAPI, 18 set. 2009.

Disponível em: <[HTTP://WWW.CESF.BR](http://WWW.CESF.BR)>.

Acesso em: 05 nov. 2011.

CRC PRESS. **Measurements , Instrumentation and Sensors handbook**.

N.W., Boca Raton, FL: CRC Press LLC, 1999.

FÍSICA MODERNA. **FÍSICA MODERNA**, 2007.

Disponível em: <http://fisicamoderna.blog.uol.com.br/arch2007-11-11_2007-11-17.html>.

Acesso em: 08 jun. 2012.

FRADEN, J. **Handbook of Modern Sensors - Physics , designs and Applications**. 3 °.

ed. New york , Berlin ,Heidelberg: Springer Verlag.Inc, 2004.

HASSE, D. <http://static.schoolrack.com/files>, 2011. Disponível em: <<http://static.schoolrack.com/files>>.

Acesso em: 06 nov. 2011.

HAUS, J. **Optical sensors Basics and Applications**. Betz Druck GmbH: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010.

HECHT, E. **ÓPTICA**. 2º. ed. LISBOA: FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN, 2002.

HOCHSTEIN, P. A. **ELECTRO-OPTICAL WINDSHIELD MOISTURE SENSING**. 4,798,956, 17 JAN 1989.

HOLTEK SEMICONDUCTOR INC. **HT12A/HT12E series of encoders**. Hsinchu, Taiwan, p. 13. 2000.

INTECHNO CONSULTING.

Worldwide Analyses and Forecasts for Sensors Markets until 2008 - Press Release. Basle,SwitzerLand. 2008.

KAJIOKA, H.; FUJIMURA, K.; FUJITA, Y. **Automatic wiper controller using optical rain sensor**. Fujitsu Ten. [S.l.]. 1989.

KATO, S.; YAGI, T. Mitsubishi Motors Technical Review nº 20. **Development of rain light sensor**, 2008.

LANDSBERG, G. S. **ÓPTICA**. MOSCOU: MIR, v. I e II, 1976.

MAREK, J. et al. **Sensors for Automotive Applications**. [S.l.]: WILEY-VCH, v. 4, 2003.

MUNDO EDUCAÇÃO. **Mundo educação**, 2012. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com.br/fisica/decomposicao-luz-branca.htm>>. Acesso em: 08 jun. 2012.

NEWNES. **Sensor Technology Handbook**. Oxford: Elsevier Inc., 2005.

OTTE, E. A. et al. **Capacitive Rain Sensor for automatic Wiper control**. Hyundai Kia América Technical Center, Inc. michigan. 2010.

PURVIS, M. B. **WINDOW MOUNTED OPTICAL MOISTURE SENSOR HAVING LIGHT PIPES WITH DISTAL ENDS**. 5,262,640, 16 nov. 1993.

RAJA, V.; FERNANDES, K. J. **Reverse Engineering an industrial perspective**. London: Springer-Verlag, 2008.

SUGIYAMA, M. **RAINDROP SENSOR**. 5,203,207, 20 abr. 1993.

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.

FACULTAD DE CIENCIAS - LABORATORIO DE DEMONSTRACIONES DE FISICA. Disponível em:

<<http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/labdemfi/optica/html/optica.html>>.

Acesso em: 08 jun. 2012.

UOL Educação. **UOL Educação**, 2012. Disponível em:

<<http://educacao.uol.com.br/planos-aula/medio/fisica-reflexao-total-da-luz.jhtm>>.

Acesso em: 08 jun. 2012.

VDA- VERBAND DER AUTOMOBILINDUSTRIE. **Global Demand for Automobiles**. Frankfurt. 2010.

WAITRONY OPTOELECTRONICS LIMITED. **pic 1018smb infrared receiver module DATASHEET**. [S.l.].

WELFORD, W. T. **USEFUL OPTICS**. CHCAGO AND LONDON: THE UNIVERSITY CHICAGO PRESS, 1991.

YACOUB, M. D. et al. **EE882 LABORATÓRIO DE COMUNICAÇÃO I**. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

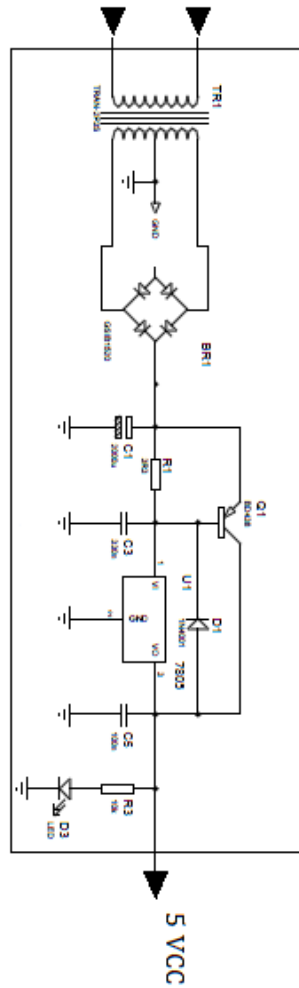
FACULDADE DE ENG. ELÉTRICA E COMPUTAÇÃO. CAMPINAS. 1992.

6- ANEXOS.

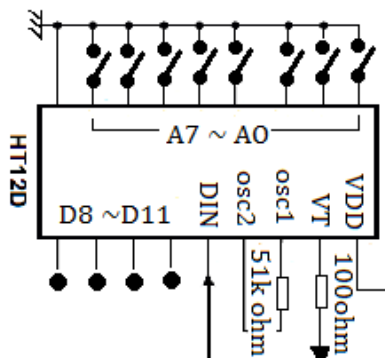
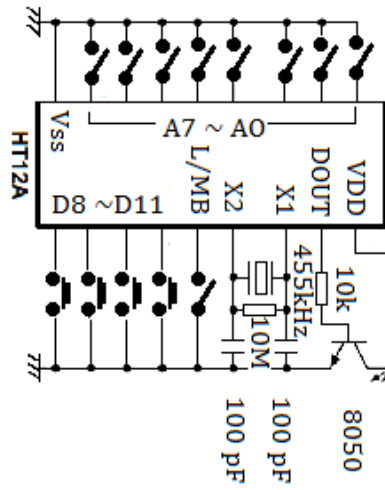
6.1 Esquema elétrico.

Anexo na próxima página, pode ser visualizado o esquema elétrico do modelo experimental implementado.

Fonte 110 Vca ~ 5 Vcc



VDD 5kohm 100 ohm



PIC 1018 smb