

# AUTOMATIZAÇÃO DE LIMPADORES DE PÁRA-BRISA PELO PRINCÍPIO DA REFLEXÃO ÓTICA — RESULTADOS PRELIMINARES

**Edvaldo Rodolfo do Amaral Ribeiro<sup>1</sup>, Dr. Egberto Munin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Univap – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo – Av. Shishima Hifumi 2911  
12244-000 São José dos Campos - SP, ed.2005@ig.com.br

<sup>2</sup> Univap – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – Av. Shishima Hifumi 2911  
12244-000 São José dos Campos - SP, munin@univap.br

**Resumo-** Apresentamos neste artigo o princípio de funcionamento de um *sensor de chuva* automotivo moderno, utilizado nos atuais sistemas limpadores de pára-brisa automáticos. Apresentamos também um modelo se dispositivo implementado a partir de um sensor infravermelho disponível no mercado, já que tais sistemas só são encontrados em veículos de luxo *originais de fábrica*. Num primeiro ensaio, comprovamos o princípio de funcionamento e a validade do modelo sugerido. No segundo ensaio, determinamos os parâmetros técnicos necessários para a sua utilização futura num sistema completo. Ressalta-se ainda, a solução original encontrada para o problema da saturação do sensor pela ação do Sol, já que o sensor opera na faixa do infravermelho e a radiação solar é rica de raios neste espectro, com intensidade suficiente para levar o sensor à saturação total.

**Palavras-chave:** Reflexão, refração, automatização de limpadores de pára-brisa, sensor de chuva, infravermelho.

**Área do Conhecimento:** III- ENGENHARIAS

## Introdução

Um opcional para automóveis bastante interessante é o sistema limpador automático de pára-brisa, onde bastam algumas gotas d'água no pára-brisa do veículo para o sistema entrar em ação automaticamente deixando o pára-brisa novamente limpo e só parando quando cessar a precipitação, deixando o pára-brisa com alto grau de visibilidade para o motorista. Em meados da década de 70, nos Estados Unidos, o modelo empregado como elemento sensor para detectar a chuva constituía-se de dois pontos de um circuito elétrico interrompido expostos na superfície externa do veículo através de trilhas de cobre intercaladas. A presença de água fazia o fechamento do circuito que comandava as paletas limpadoras. Este sistema apresentava o sério problema da corrosão, pois ficava exposto à ação do tempo e ao atrito das próprias paletas limpadoras.

Atualmente, este sistema de sensoriamento foi substituído por um conjunto óptico emissor-receptor (THIESLERA, 2005)(INJETRONIC, 2005). Neste dispositivo, um feixe luminoso é aplicado no pára-brisa pelo lado de dentro do veículo e na direção do ambiente exterior. Este feixe atravessa o vidro segundo as considerações de Lambert-Bouguer (GERTHSEN; KNESER; VOGEL, 1998)(MOURE, 2006) e, ao encontrar a face externa do pára-brisa, parte do feixe continua se propagando pela atmosfera enquanto outra parte retorna ao sensor pelo fenômeno da Reflexão da Luz segundo Snell-Descartes (BUENO; HIBLER,

2006)(GUERRINI; SCHIEL, 2006). O sinal retornado é medido e monitorado (INJETRONIC, 2005). Com a incidência de água no lado externo do pára-brisa o padrão de recebimento do sinal é alterado devido à mudança das características refrativas do sistema (GUERRINI; SCHIEL, 2006). Essa diferença no sinal recebido é detectada e usada para comandar o sistema limpador.

Porém, provavelmente por razões comerciais, este dispositivo só é encontrado em modelos de luxo (ou importados) e original de fábrica. Por uma pesquisa no comércio local e em âmbito nacional via internet, através de palavras-chave como *limpador automático, kit, acessório*, etc., pôde-se constatar que não existe hoje no mercado, um sistema alternativo que possa ser adquirido e instalado em qualquer automóvel.

Os objetivos deste trabalho são dois: a) Demonstrar o princípio de funcionamento de um sensor de chuva automotivo moderno, baseado no fenômeno da Reflexão da luz no sistema vidro-ar/vidro-água. b) Apresentar um modelo de *sensor de chuva* ótico implementado com componentes comerciais, estabelecendo seus parâmetros próprios, necessários à sua utilização futura num sistema limpador de pára-brisa automático.

## Materiais e Métodos

Primeiramente, decidiu-se pela utilização do componente OPB708 (Optek Technology, Inc.) como sensor piloto para os ensaios (e potencial para a implementação do sistema). Trata-se de um componente destinado preliminarmente à

contagem de peças em linha de produção através da reflexão de feixe na faixa do infravermelho ( $\lambda$  maior que 800 nm). Considerou-se este componente muito apropriado ao projeto, pois integra as funções de transmissor (foto-diodo) e receptor (foto-transistor) num mesmo dispositivo. Não é difícil de ser encontrado no mercado e possui em seu invólucro orifício para fixação ajustável.

Depois, submeteu-se o sensor escolhido aos ensaios que são descritos e discutidos a seguir. Os testes foram realizados utilizando-se um multímetro UNI-T modelo DT830B, uma década resistiva DIALKIT, modelo DR-6, com range de 0 a 999.999 Ohms e um proto-board de uso geral. Utilizou-se como vidro um segmento de vidro transparente, reto, liso de 3 mm de espessura.

O primeiro ensaio teve como objetivo comprovar o princípio de funcionamento do sistema e avaliar a validade do modelo sugerido. Tal ensaio foi realizado em bancada, à noite, em ambiente fechado com luz artificial fluorescente. O vidro foi disposto na posição horizontal e o sensor, abaixo dele, foi colocado rente à sua superfície inferior, conforme Figura 1. Nesta disposição foi possível depositar água na superfície superior do vidro.

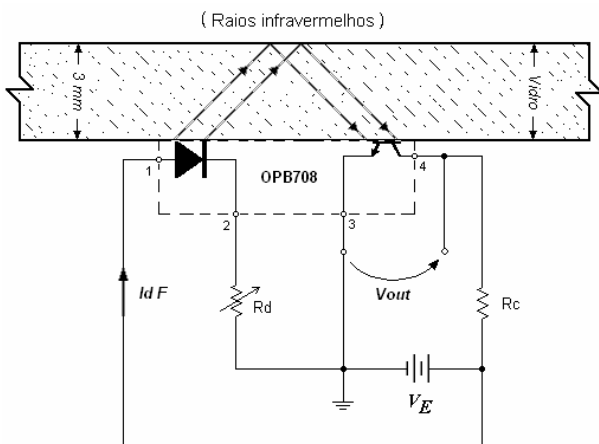
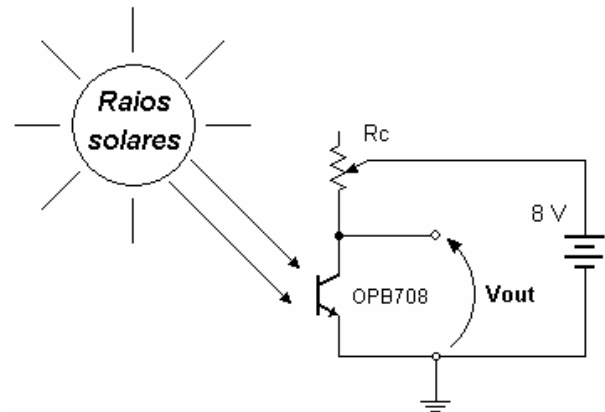


Figura 1: Esquema de montagem para o primeiro ensaio.

O sensor foi polarizado com tensão de 12 Vdc conforme tensão padrão nos automóveis brasileiros. Utilizou-se  $R_c=10K\Omega$  e  $R_d$  foi ajustado de forma a fornecer ao diodo-emissor uma corrente direta ( $I_dF$ ) de 40mA, que é recomendada pelo fabricante do componente. O método consistiu em monitorar o sistema pela tensão VCE ( $V_{out}$ ) do foto-transistor/receptor: quanto menor for a tensão VCE maior é a excitação do transistor e, portanto, maior é o retorno do sinal que refletiu na interface vidro-Ar ou vidro-água e que retornou através do próprio vidro. Em contra partida, quanto maior for a tensão VCE mais cortado o transistor

estará e, portanto, menor é o retorno do sinal refletido na interface.

O segundo ensaio foi realizado ao ar livre, num dia de céu aberto e Sol considerado forte (sem medição) conforme ilustrado na Figura 2.



a.

b.

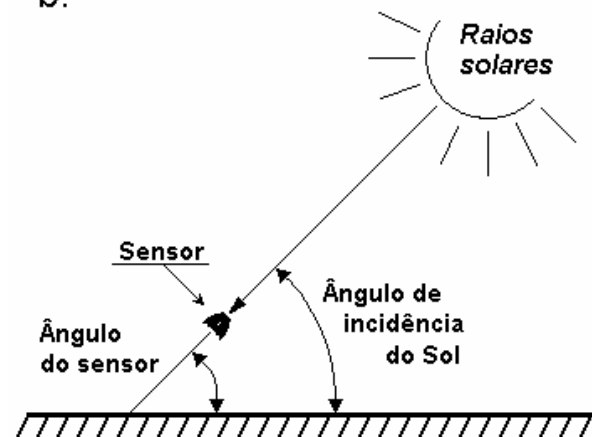


Figura 2: Ensaio de Resposta do sensor à radiação solar: a) Esquema elétrico e b) Esquema físico.

O objetivo foi determinar o quanto o componente usado como sensor é vulnerável à radiação solar, já que o mesmo opera no espectro do infravermelho e visto que um sistema implementado em um veículo estará constantemente submetido à radiação solar. Para tanto, polarizou-se apenas o foto-transistor do sensor e a sua excitação foi exercida pelos raios solares. O procedimento adotado foi dispor o sensor em 3 posições angulares diferentes, medidas em relação à horizontal e, conseqüentemente, em relação à incidência solar. A resistência  $R_c$  foi variada para se testar o foto-transistor em mais de um ponto quiescente. O

ângulo de incidência solar durante o ensaio era de 35° em relação à horizontal.

## Resultados

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos no 1° experimento. A seguir, a Figura 3 ilustra os resultados do 2° ensaio:

Tabela 1: Resultados do 1° experimento

Condição	Comentário	Vout (Volts)
(1) Sem vidro / Corte total	Circuito óptico aberto	11,76
(2) Saturação induzida por espelho	Circuito óptico fechado	0,20
(3) Vidro-Ar	Infravermelho refletido	11,02
(4) Vidro-Água	Gotas pequenas e grandes	11,62
Tensão de Contraste	(4) - (3)	0,60

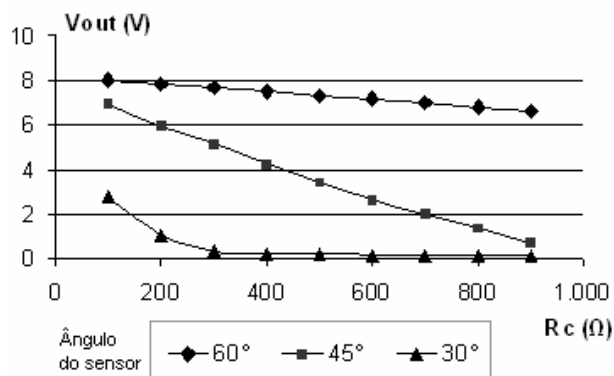


Figura 3: Resposta do sensor a uma incidência solar a 35° (ângulos medidos a partir da horizontal), em função de Rc.

Realizou-se ainda um levantamento, no mercado, das espessuras dos pára-brisas automotivos atuais. Constatou-se que tais pára-brisas são construídos, por exigência da lei vigente, no padrão laminado, onde duas fatias de vidro são coladas por uma fatia intermediária: uma camada gelatinosa transparente cuja função é reduzir a fragmentação do pára-brisa em caso de colisão. As espessuras finais dos pára-brisas situam-se entre 5 e 7 mm graças a esta constituição.

## Discussão

Analisando o 1° ensaio, na condição (3) de vidro-ar, temos a condição onde o sistema deverá trabalhar na maior parte do tempo: grande parcela do sinal infravermelho se dispersa no ambiente externo ao vidro (ar) e uma determinada parcela é refletida pela fronteira externa e retorna ao sensor. Essa parcela é captada pelo sensor, que passa a trabalhar numa região ligeiramente afastada da região de Corte do foto-transistor. Na condição (4) de vidro-água, temos a perda ainda maior do sinal emitido, proporcionada pela presença da água no lugar da camada de ar, onde o foto-transistor passa a trabalhar praticamente em sua região de corte. Portanto, é justamente esta perda de sinal (entre as situações 4 e 3 da Tabela) o que chamamos de Contraste, que será usado para a detecção de água no lado externo do pára-brisa. Cabe lembrar que a perda de sinal se dá, em se tratando da tensão de coletor, na razão inversa; ou seja, quanto maior a reflexão/captação de sinal menor é a tensão de coletor, porque o foto-transistor está conduzindo mais.

Analisando o 2° ensaio, observou-se que o foto-transistor permaneceu próximo à região de Corte quando posicionado a 60°, ou seja: a 25° de diferença angular, o Sol praticamente não excita o foto-transistor. Em contra partida, o mesmo passou a operar praticamente na Saturação quando posicionado a 30°, na posição testada mais diretamente orientada para o Sol, com apenas 5° de diferença angular, mostrando que o sol tem grande poder de excitação sobre este sensor se ambos estiverem diretamente orientados. Já na posição de 45°, o sensor trabalhou (finalmente) na região ativa linear; neste caso a diferença angular é de 10°.

Isso mostrou a influência danosa dos raios solares ao bom desempenho do sensor. Ou seja, o mesmo não funcionará bem nos momentos em que estiver diretamente orientado para o Sol, já que o veículo estará sempre em movimento. Nesta condição, o sensor (saturado pela excitação solar e não pelos seus próprios raios emitidos) indicaria *máxima recepção do sinal* e o sistema não perceberia uma condição de *início de chuva*, quando ainda há Sol.

Podemos notar que o sensor se comportou melhor quando posicionado a 45° e concluiu-se que a diferença angular de 10° é suficiente para tirar o sensor da condição prejudicial da influência solar e que seja uma boa margem de segurança para se projetar o sistema. Lembrando que esses 10° foram calculados pela diferença do ângulo de 45° de posicionamento do sensor pelos 35° de incidência solar, admite-se que ela seja válida de forma tridimensional, ou seja: qualquer que seja a posição do sol em relação ao veículo, se o sensor

estiver *distanciado angularmente* ao mínimo de 10°, ele funcionará bem.

No entanto, é impossível evitar que o automóvel, em movimento constante, não se posicione nesta condição, o que levaria o sensor a saturar de quando em vez. O que se pensa então para sanar este problema é utilizar dois sensores, cada um com uma orientação angular distinta, de forma que nunca ambos fiquem saturados ao mesmo tempo. Checando os dados do fabricante do sensor, verifica-se que o componente, pela sua própria geometria, emite sua radiação num ângulo de 19° em relação à direção para onde está apontando. Se dois sensores serão usados e se os posicionarmos emitindo na direção contrária um do outro conseguimos uma diferença angular de 38°. Assim, mesmo que um deles esteja completamente saturado pela ação do Sol, o outro estará a 38° de distância angular e estará ativo. Estima-se assim estar resolvendo o problema da saturação do sensor com a radiação solar.

Já o levantamento das espessuras dos pára-brisas foi realizado após os experimentos. Assim, o 1° ensaio, que levanta a Tensão de Contraste, deverá ser repetido com amostras de vidros nas espessuras levantadas, para que as tensões medidas sejam as mais próximas da situação real quanto possível.

## Conclusão

O presente trabalho teve seus objetivos atingidos: demonstramos o princípio de funcionamento do sensor ótico de chuva e serviu, ainda, para indicar que o componente escolhido (OPB708) tem condições de ser usado como elemento sensor em um projeto de automatização de limpadores de pára-brisa.

Ressalta-se a importância ainda maior do segundo teste, em campo, onde se constatou a deficiência do componente à radiação solar, o que já era esperado em se tratando de um componente sensível ao espectro do infravermelho, que existe em abundância na radiação solar. Mais importante ainda, a solução encontrada para este problema, a de se utilizar dois sensores dispostos em angulações diferentes.

Estes resultados deverão agora ser apurados, numa etapa seguinte a esse trabalho, em uma nova bateria de testes tendo como foco a adaptação do modelo apresentado a um veículo.

## Referências

BUENO, L. L; HIBLER, I. – Física para os cursos de Agronomia e Zootecnia - Departamento de Física do Centro de Ciências Exatas da Fundação Universidade Estadual de Maringá ([www.dfi.uem.br/salva.php?id=agrozoo.pdf](http://www.dfi.uem.br/salva.php?id=agrozoo.pdf) – acessado dia 23/07/2006).

COSTA, A. C. Verificação experimental da lei da refração em ótica geométrica. IFGW - Instituto de Física Gleb Wataghin - UEC. Disponível em: <http://www.ifi.unicamp.br/~accosta/f429-15.html>. Acesso em: 23 jul.2006.

GERTHSEN, C; KNESER; VOGEL, H. Física. Fundação Calouste Gulbenkian. 2ª Edição. Capítulos 4, 9, 10 e 11. 1998.

GUERRINI, I. M; SCHIEL, D. Programa Educ@r - CDCC USP-SC. Disponível em: <http://www.educar.sc.usp.br/optica>. Acesso em: 23 jul.2006.

INJETRONIC Tecnologia Automotiva. Disponível em: <http://www.injetronic.com.br>. Acesso em: 20 dez.2005.

MOURE, A. Construção de um protótipo de densitômetro ósseo para uso em clínica de grandes animais. CEFET-PR. Disponível em: [http://www.labiem.cpgei.cefetpr.br/Members/humberto/dissertations-thesis/moure\\_2001.pdf](http://www.labiem.cpgei.cefetpr.br/Members/humberto/dissertations-thesis/moure_2001.pdf). Acesso em: 23 jul.2006.

THIESLERA, K. J. LED's como sensores de luz. Revista Elektor, edição n°41. Bolina grupo editorial. págs. 48 a 57. 2005.