

AUTOMATIZAÇÃO DE LIMPADORES DE PÁRA-BRISA PELO PRINCÍPIO DA REFLEXÃO ÓTICA

Edvaldo Rodolfo do Amaral Ribeiro¹, Dr. Egberto Munin¹

¹ UNIVAP – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Av. Shishima Hifumi 2911
12244-000 São José dos Campos - SP, edvaldorodolfo@uol.com.br, munin@univap.br

Resumo- Este artigo aborda o princípio ótico de funcionamento de um *Sensor de Chuva automotivo*, assim conhecido, utilizado nos sistemas limpadores de pára-brisa automáticos. Propomos um elemento sensor, a partir de um componente acessível no mercado, já que tais sistemas possuem sua tecnologia restrita às indústrias automotivas e estes sistemas não são comercializados separadamente de veículos originais. Através de ensaios realizados com vidros comuns e pára-brisas reais, estudamos o princípio ótico envolvido e a performance do sensor proposto; dados estes, necessários para a implementação de um sistema completo. E finalmente, apresentamos a Concepção de um sistema completo capaz de operar com o sensor estudado. Ressalta-se a solução criativa e original encontrada para o problema da saturação (e inoperância) do sensor quando em *visada direta* com o Sol, já que o mesmo opera na faixa do infravermelho e a radiação solar é rica de raios neste espectro.

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

Área do Conhecimento: III- ENGENHARIAS – (Engenharia Elétrica).

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. Estes sistemas operam tanto em *dias* como em *noites de chuva*, mantendo o pára-brisa sempre com boa 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 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 colado junto ao pára-brisa do veículo (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 pára-brisa, claro sofrendo refração e alguma atenuação, segundo as considerações de Lambert-Bouguer (GERTHSEN; KNESER; VOGEL, 1998)(MOURE, 2006). Ao encontrar o limiar da face externa do pára-brisa com o ar, parte do feixe continua se propagando pela atmosfera (com nova refração) enquanto outra parte retorna ao sensor por reflexão, segundo Snell-Descartes (BUENO;

HIBLER, 2006)(GUERRINI; SCHIEL, 2006). O sinal retornado é medido, *memorizado* e passa a ser monitorado (INJETRONIC, 2005). Com a incidência de água no lado externo do pára-brisa o padrão de retorno do sinal é perturbado devido à mudança da característica refrativa do sistema (GUERRINI; SCHIEL, 2006). Essa perturbação é percebida por um circuito/dispositivo e usada para comandar o sistema limpador do veículo.

Provavelmente por razões comerciais, este dispositivo só é encontrado em modelos de luxo (ou importados) e em veículos *originais 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:

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) Propor um *sensor de chuva* ótico, implementado com componente de fácil acesso comercial e estabelecer os parâmetros necessários à sua utilização em um sistema completo e c) Conceber um sistema completo, com seus elementos principais, que opere a partir do sensor estudado.

Metodologia

Primeiramente, selecionou-se como elemento sensor para teste e possivelmente para o sistema completo, o componente OPB708, da Optek Technology Inc. Trata-se de um sensor de objetos

refletivos ao infravermelho, componente destinado preliminarmente à contagem de peças em esteiras de linhas de produção. O mesmo opera na faixa do infravermelho ($\lambda = 935 \text{ nm}$). Considerou-se este componente bastante apropriado ao projeto, pois integra as funções de transmissor (foto-diodo) e receptor (foto-transistor) num único dispositivo. Não é difícil de ser encontrado no mercado e possui em seu invólucro orifício bi-alongado para fixação ajustável.

Submeteu-se o sensor escolhido aos ensaios que são descritos e discutidos a seguir. Os ensaios foram realizados utilizando-se um paquímetro MITUTOYO com precisão de 0,05 mm, um multimetro MINIPA modelo ET-1610 de 6.000 contagens e impedância de entrada de $10 \text{ M}\Omega$, uma década resistiva DIALKIT, modelo DR-6, com range de 0 a 999.999 Ohms e um proto-board de uso geral.

Um ensaio preliminar foi realizado em bancada, à temperatura ambiente em local fechado e com luz artificial fluorescente. Teve como objetivo comprovar o princípio de funcionamento do sistema e do sensor escolhido. Um vidro comum, de espessura aleatória, foi disposto na posição horizontal e o sensor foi colocado abaixo dele rente à sua superfície inferior, conforme Figura 1. Nesta disposição foi possível depositar água na superfície superior do vidro e testar o sensor quanto à recepção do sinal nas condições vidro-ar e vidro-água. O método consiste em monitorar a tensão VCE (V_{out}) do foto-transistor/receptor: quanto menor for a tensão VCE maior é a excitação do transistor e, portanto, mais intenso é o sinal que refletiu na interface vidro-Ar (ou vidro-água) e retornou através do próprio vidro. O sensor foi polarizado com tensão de 12 Vdc conforme tensão padrão nos automóveis brasileiros. Utilizou-se $R_c = 10 \text{ K}\Omega$ e R_d foi ajustado de forma a fornecer ao diodo-emissor uma corrente direta ($I_d F$) de 40mA, que é recomendada pelo fabricante do componente.

A seguir, buscou-se conhecer um parâmetro importante ao funcionamento do sensor ótico: a espessura dos pára-brisas atuais. Dentre as Resoluções do CONTRAN e de outros órgãos públicos pertinentes ao assunto (CONTRAN; DENATRAN; INMETRO) não foi encontrada uma regulamentação específica para o quesito *espessura* dos pára-brisas. Foi feito então um levantamento em meio ao mercado automotivo. Constatou-se que os mesmos são construídos no padrão laminado (duas *fatias de vidro* unidas por uma camada polimérica transparente) de espessuras finais não inferiores a 5 mm e não superiores a 7 mm. Constatou-se ainda que a grande maioria dos pára-brisas conta com sua parte superior dotada de escurecimento *em dégradé*. Haveria, portanto, a necessidade de se

estudar a performance do sensor proposto quanto à espessura e à transparência dos pára-brisas.

Nesta etapa, surgiu um problema: os vidros laminados são difíceis de serem cortados em pedaços, o que tornaria dispendiosa e pouco produtiva a tarefa de amostrar a variedade de espessuras e transparências necessária para os ensaios. Optou-se então por fazer esse estudo em duas etapas: primeiro, ensaiar o sensor com vidro comum, variando-se espessura e transparência. Em seguida, ensaiar apenas algumas amostras de vidro laminado. As informações levantadas com vidro comum poderiam ser comparadas, analisadas e validadas, pela amostragem com vidro laminado.

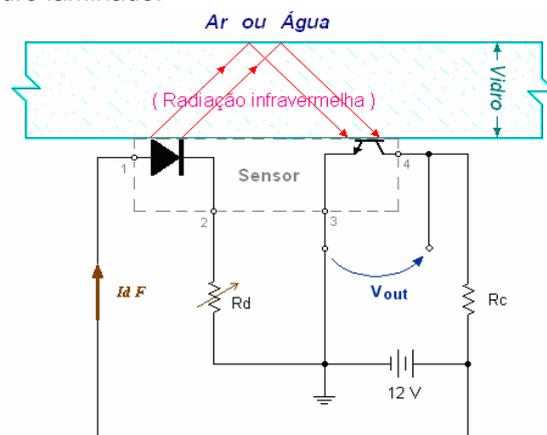


Figura 1: Esquema físico/elétrico para os ensaios Preliminar, vidro comum e laminado (pára-brisa).

Procedeu-se a primeira etapa de ensaios, com vidros comuns, transparentes e planos, nas mesmas condições do ensaio preliminar e conforme a Figura 1. Para simular a variável *Espessura*, foram utilizadas 3 amostras de vidro comum, plano e transparente, nas espessuras de 5, 6 e 8 mm. Segundo profissionais do ramo da vidraçaria, não há vidros de 7 mm no mercado. As amostras tiveram suas espessuras medidas de forma a se conhecê-las com maior exatidão. A amostra intitulada "5 mm" possuía 4,95 mm de espessura; a amostra intitulada "6 mm" media 5,85 mm e a amostra intitulada "8 mm"; 7,80 mm.

Para simular a variável *Transparência*, foram adicionadas às amostras faixas de películas (filmes) de escurecimento, de transparências conhecidas: uma de 20% e outra de 35%, deixando ainda uma terceira faixa em cada amostra sem adição de película, onde assumiu-se transparência próxima ao 100%. Vale ressaltar que estes níveis de transparência são mensurados para o espectro visível e que o sensor estudado opera na faixa do infravermelho. Mas o intuito do ensaio é estudar o comportamento do sensor a níveis diferentes de transparência no meio de transmissão e acredita-se que estas películas também proporcionem um efeito de escurecimento sensível ao sensor.

Uma terceira variável foi introduzida ao ensaio: o Resistor de polarização do foto-transistor do sensor (R_c). Três valores diferentes para o resistor de polarização foram adotados: 22K Ω , 56K Ω e 100K Ω . As variáveis do ensaio ficaram, portanto, assim dispostas: 3 espessuras de vidro; 3 níveis de transparência; 3 polarizações para o sensor e a condição "Vidro-Ar" ou "Vidro-Água" que seria ensaiada. Todos os dados coletados nos ensaios com vidro comum são mostrados na Tabela 2. A figura 3 enfoca o desempenho do sensor no vidro de 6 mm.

Seguindo o plano de ensaios elaborado, procedeu-se então com os ensaios com vidro laminado, que foram executados nas mesmas condições dos ensaios "Preliminar" e com "Vidro Comum". Desta vez, utilizando pedaços de pára-brisas reais, retirados de veículos acidentados. Mesmo tendo sido retiradas de tais veículos, as amostras ensaiadas eram livres de trincas ou ranhuras, em ambas as faces. Como quesito "Transparência/Escurecimento", desta vez buscou-se ensaiar a própria faixa em dégradé dos pára-brisas. O resistor R_c também foi variado conforme os valores já adotados.

A maioria das amostras, de diversas espessuras e níveis de escurecimento, foram ensaiadas. Porém não acrescentaram dados valiosos ao trabalho porque tratavam-se de amostras com dimensões físicas reduzidas, onde o parâmetro "Transparência/Escurecimento" ficava limitado a um segmento muito pequeno da faixa dégradé dos pára-brisas. Um ensaio completo foi realizado, porém, em uma dada amostra porque esta continha toda a faixa de Transparência (ou Escurecimento) de seu pára-brisa original: desde a região de transparência máxima (destinada à visão direta do motorista) até o tom mais escuro do dégradé. Além do que, esta amostra possuía 5,75 mm de espessura e o seu ensaio poderia ser comparado diretamente com o do vidro comum de 5,85 mm, intitulados "6 mm". Para se ter um maior detalhamento e uma maior certeza neste ensaio, a amostra foi dividida em 4 faixas de transparência e

Tabela 2: Resultados dos ensaios com vidro comum (valores em volt).

Transparência	100%			35%			20%			
	R_c (Ohms) =	22K	56K	100K	22K	56K	100K	22K	56K	100K
Vidro de 5 mm	Vce Vidro-Ar	9,96	7,00	3,50	9,96	7,12	3,60	10,05	7,22	3,90
	Vce Vidro-Água	10,63	8,72	6,60	10,67	8,80	6,85	10,78	9,14	7,10
	Tensão de Contraste	0,67	1,72	3,10	0,71	1,68	3,25	0,73	1,92	3,20
Vidro de 6 mm	Vce Vidro-Ar	10,13	7,49	4,36	10,15	7,55	4,57	10,24	7,75	4,70
	Vce Vidro-Água	10,88	9,33	7,52	10,88	9,42	7,66	10,91	9,56	7,80
	Tensão de Contraste	0,75	1,84	3,16	0,73	1,87	3,09	0,67	1,81	3,10
Vidro de 8 mm	Vce Vidro-Ar	11,22	10,27	9,10	11,26	10,36	9,16	11,26	10,37	9,22
	Vce Vidro-Água	11,38	10,60	9,83	11,44	10,83	10,17	11,45	11,05	10,22
	Tensão de Contraste	0,16	0,33	0,73	0,18	0,47	1,01	0,19	0,68	1,00

cada faixa foi ensaiada em três pontos diferentes. A média aritmética deste trio compôs o valor representativo da faixa. Os resultados deste ensaio estão na tabela 3 e na figura 4.

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

Tabela 1: Resultados do ensaio preliminar.

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	Menos Infravermelho refletido	11,62
Tensão de Contraste	(4) - (3)	0,60

Tabela 3: Resultados dos ensaios com pára-brisa real (valores em volt).

Transparência assumida	Transparente			levemente escuro			moderadamente esc.			bastante escuro		
	Rc (Ohms)	22K	56K	100K	22K	56K	100K	22K	56K	100K	22K	56K
Vce Vidro-Ar	10,48	8,44	5,97	10,60	8,72	6,35	10,55	8,59	6,17	10,52	8,55	6,15
Vce Vidro-Água	10,65	9,00	7,26	11,01	10,19	8,07	10,82	9,14	6,83	10,93	9,13	6,77
Tensão de Contraste	0,17	0,57	1,29	0,41	1,47	1,72	0,27	0,55	0,67	0,42	0,58	0,62

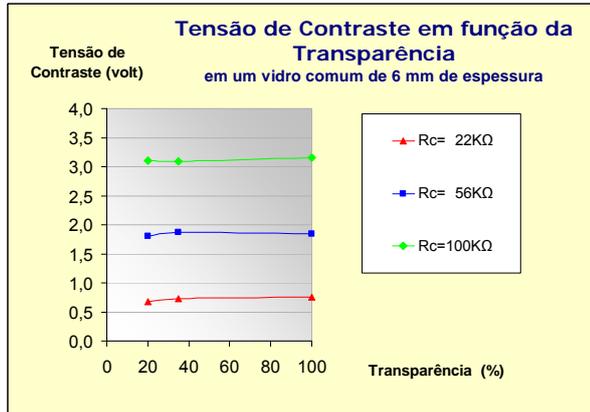
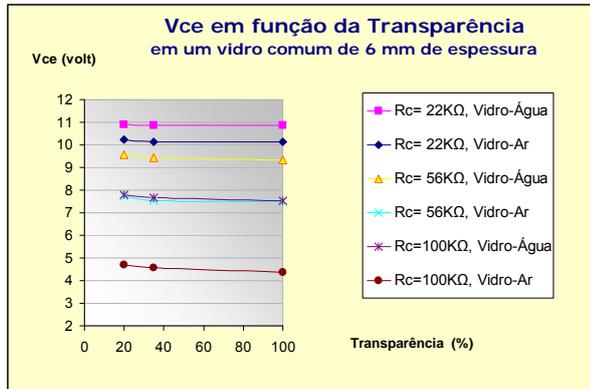


Figura 3: Vce e Tensão de Contraste em função da Transparência, em um vidro comum de 6 mm de espessura, e com o sensor em três polarizações diferentes.

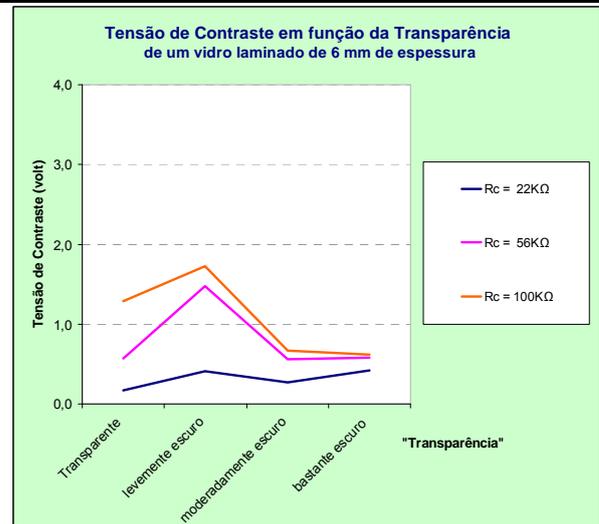
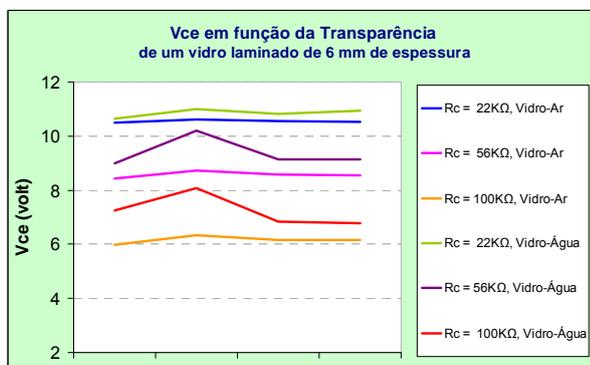


Figura 4: Vce e Tensão de Contraste em função da Transparência, em um vidro laminado de 6 mm de espessura, e com o sensor em três polarizações diferentes.

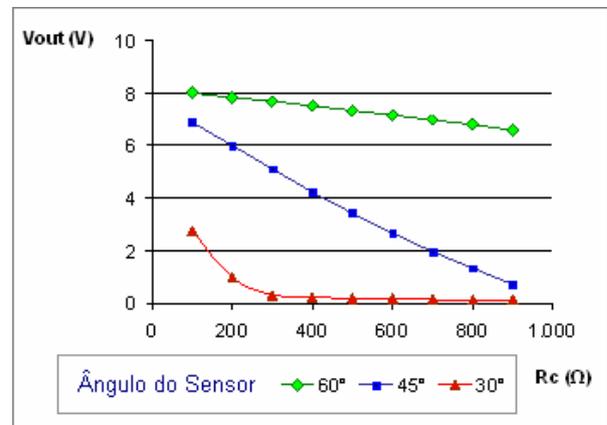


Figura 5: Resposta do sensor à incidência solar em função de Rc (ângulos medidos a partir da horizontal).

Discussão

Analisemos o ensaio preliminar, pela tabela 1. Na condição de vidro-ar (3), 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) que chamamos de Tensão de Contraste, que será usado para a detecção de água no lado externo do pára-brisa.

Para a etapa de ensaios com vidro comum, em uma análise global dos dados, notamos que quanto mais se aumenta a espessura do vidro mais o sensor proposto tende a operar na sua região de corte (do foto-transistor), pois as tensões de Vce são maiores. Isto já era esperado, pois em espessuras maiores os raios infravermelhos têm que percorrer uma distância maior, em ida e volta. Em relação à transparência, os valores são muito próximos e em relação a Rc, a variação é acentuada.

Em uma análise mais detalhada, tomemos como exemplo os dados levantados com o vidro de 6 mm, ilustrados em gráficos na figura 3. Verifica-se que há pouca influência da Transparência nas tensões de trabalho do sensor, seja na condição vidro-ar, vidro-água ou na Tensão de Contraste. Todos os níveis de tensão permanecem praticamente sem nenhuma ou com muito pouca alteração sob a influência dessa variável (dentro do intervalo ensaiado de 20% a 100%). Em contrapartida, olhando-se diretamente a tabela 2, nota-se certa relação dos valores em função da Espessura do vidro. Quanto maior a espessura, maiores são as tensões de trabalho do sensor significando que este recebe pouco sinal infravermelho refletido e opera na região mais próxima do Corte.

A maior variação nos valores, no entanto, está em relação ao resistor de polarização (Rc). Tanto pelos gráficos quanto pela tabela de resultados, nota-se que a tensão Vce alterou-se da ordem de 200% e a tensão de contraste, da ordem de 300% com essa variável. A influência do resistor de polarização é clara: quanto maior Rc, menores são as tensões de trabalho e maior a tensão de contraste, o que favorece a percepção da *situação de chuva* por um circuito posterior.

No caso particular do vidro de 8 mm, o sensor proposto se mostrou mais limitado, operando na região de corte em praticamente todas as situações. Mesmo variando-se Rc, a Tensão de Contraste ficou reduzida em apenas 1 volt. Isto provavelmente porque, segundo dados do fabricante, o componente possui seu ápice de atuação a uma distância de 3,81 mm do objeto ser refletido. Isto justifica sua performance a 8 mm: bem menos eficiente do que operando a 5 ou 6 mm, que são valores mais próximos dos 3,81 mm recomendados. No entanto, esses dados não são preocupantes para o projeto visto

que as espessuras dos pára-brisas situam-se em até 7 mm, como já mencionado.

Aplicando a técnica da *Interpolação* entre os dados provenientes dos vidros de 6 e 8 mm, podemos estimar o desempenho do sensor atuando sob um vidro de 7 mm. Um exemplo dessa interpolação é mostrado no gráfico da figura 6, onde a Tensão Vce e a Tensão de Contraste são colocadas em função justamente da Espessura do vidro.

Ao final dos ensaios com pára-brisa real, olhando-se pelos gráficos da figura 4, o que se vê é uma aparente disparidade entre os valores obtidos com o vidro comum de 6 mm e o laminado da mesma espessura. Porém, numa análise mais detalhada dos níveis de tensão Vce na condição de vidro seco, percebe-se que os mesmos não apresentam variação significativa em função do escurecimento, desde a região mais clara até a região mais escura. Isso é significativamente importante por dois motivos. Primeiro, porque vái de encontro ao que já vinha sendo evidenciado desde os ensaios com o vidro comum: que o sensor proposto, operando no espectro do infravermelho, não enfrenta problemas de operação com o escurecimento no espectro do visível dos vidros. E segundo, porque indica que o sistema, quando montado, sempre partirá de um Vce fixo, um "ponto de partida" conhecido, que é muito mais manipulável pelo resistor de polarização (Rc) do que dependente da região do pára-brisa onde o sensor seja instalado.

As maiores variações ocorreram quando na situação vidro-água. Nota-se que também para o vidro laminado ocorrem as tensões de contraste, importantes para o funcionamento de um sistema completo. E esta demonstrou-se novamente ser maior quanto maior for o resistor Rc.

No entanto, é importante notar que a tensão de contraste, por alguma razão, ficou especialmente prejudicada com o sensor operando nas regiões mais escuras do pára-brisa. Isto pode estar indicando uma certa deficiência do componente proposto em operar nas regiões mais escuras do pára-brisa na função de detecção de água, que não é a sua função original. Estas regiões são muito próximas às bordas superiores do pára-brisa e, portanto, estas são as regiões onde o sensor não deve ser instalado.

E finalmente, como nos testes com vidro comum, notou-se que a variável mais potente capaz de influenciar no desempenho do sensor foi o resistor de polarização Rc. Este possui tanto a capacidade de melhorar quanto piorar o desempenho do mesmo. Provavelmente, este elemento do sistema como um todo, será usado como fator de ajuste do sistema porque é capaz

de compensar, inclusive, os efeitos das demais variáveis estudadas.

Analisando o último ensaio, pela Figura 5, observou-se que o foto-transistor permaneceu próximo à região de Corte quando posicionado a 60°. Em outras palavras, a 25° de diferença angular para a incidência solar, o Sol praticamente não excita o foto-transistor. Em contra partida, o mesmo passou a operar praticamente na Saturação quando posicionado a 30°. Em outras palavras, 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 em Visada Direta. Já na posição de 45°, o sensor trabalhou 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 (erroneamente) *máxima recepção do sinal* e o sistema não perceberia uma condição de *início de chuva*.

Podemos notar que o sensor se comportou melhor quando posicionado a 45° e concluiu-se que uma 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 (relativos à horizontal), 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.

Mas o fato é que, uma vez que o sensor será posicionado rente ao pára-brisa e apontando para fora do veículo, e estando o automóvel em movimento constante, é impossível evitar que o sensor não se posicione na condição de visada direta com o Sol. O que se pensou então para solucionar este problema é utilizar dois sensores, cada um com uma orientação angular diferente, de forma que se um deles for saturado pela ação do Sol o outro ainda permanecerá em funcionamento.

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 conseguimos uma diferença angular de 38°. Assim, mesmo que um deles esteja completamente saturado pela

ação do Sol, o outro estará a 38° de diferença angular e estará ativo.

Estima-se assim estar solucionando o problema da saturação do sensor com a radiação solar.

Descrição do sistema:

Diante de todas as informações pesquisadas e levantadas elaborou-se algumas premissas, que deverão ser seguidas pelo sistema:

- Trabalhar com a tensão padrão dos automóveis brasileiros, que é de 12 volts;
- Ser capaz de posicionar os sensores em local, no pára-brisa, que não prejudique substancialmente a visibilidade original do pára-brisa do veículo;
- Ser capaz de ser instalado e operar na maior quantidade possível dos automóveis de circulação nacional;
- Ser capaz de operar de forma autônoma, ligando, desligando e se ajustando à necessidade de limpeza conforme a demanda de chuva;

E baseado nestas premissas e em todos os dados levantados neste trabalho, elaborou-se então um diagrama de blocos para o sistema, que é mostrado na figura 7. Nele vemos um Comparador, os sensores, Referência, a Lógica de Controle e, finalmente, as Paletas Limpadoras, que pertencem ao veículo.

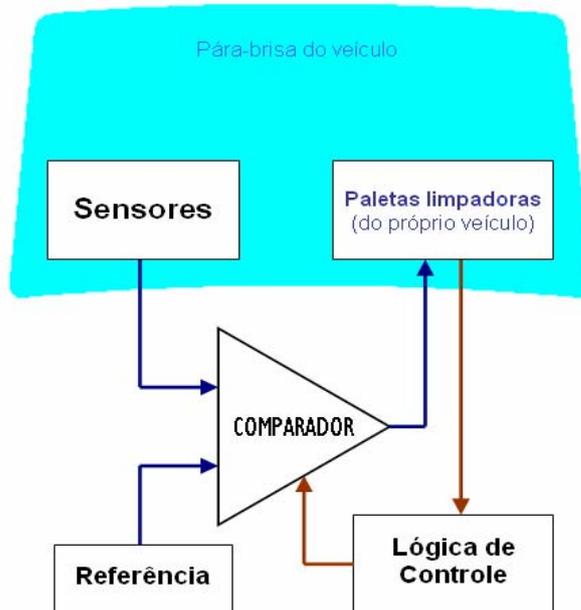


Figura 7: Diagrama em Blocos do Sistema

O coração do sistema é o Comparador: nele devem chegar de forma ininterrupta os sinais coletados pelos sensores e um nível de referência para comparação. No bloco Referência deve haver o ajuste de Sensibilidade, capaz de deixar o equipamento mais ou menos sensível à incidência da chuva e determinar o momento de

entrada em operação. No bloco Sensores, os sinais dos dois sensores são coletados e somados através de uma porta OU analógica, mostrada na figura 8. Como já dito, o intuito de se ter dois sensores é promover a continuidade do funcionamento do sistema mesmo durante a incidência de sol diretamente sobre um dos sensores.

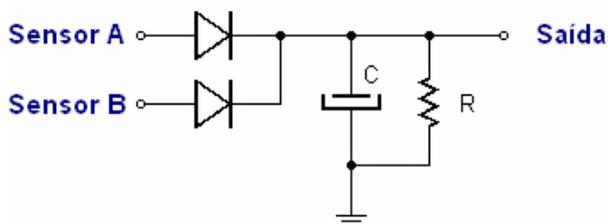


Figura 8: Porta OU analógica para a soma dos sinais dos dois sensores.

Sempre que o sinal dos sensores for superior à referência o Comparador sinalizará esta condição em sua saída, ao mesmo tempo em que este mesmo sinal comandará o funcionamento das Paletas Limpadoras. A Lógica de Controle monitora em que momento as paletas completam seu ciclo de limpeza (que é próprio do sistema original do veículo) e verifica a condição do Comparador. Enquanto o pára-brisa permanecer “molhado”, perdurará a sinalização do Comparador, dando continuidade ao processo de limpeza, que só cessará quando o pára-brisa estiver finalmente na condição “seco”.

Alterações no ciclo podem ser necessárias para uma perfeita limpeza em função da demanda da chuva. Neste caso, implementos deverão ser adicionados ao bloco Lógica de Controle. Porém, a necessidade de tais implementos só será evidenciada durante a execução prática de um protótipo, com ensaios e ajustes de performance.

Conclusão

O presente trabalho atingiu plenamente seus objetivos: demonstramos o princípio de funcionamento do sensor ótico de chuva. Indicamos por sucessivos testes que o componente escolhido (OPB708) tem condições elétricas e óticas, de ser utilizado como sensor em um projeto de automatização de limpadores de pára-brisa, desde que não seja instalado nas regiões mais escuras do pára-brisa. E, com o conjunto de informações coletadas em pesquisados e levantadas através dos ensaios, conseguimos oferecer uma concepção do que seria um sistema completo, descrito através de Diagrama de Blocos.

Ressalta-se a importância do último ensaio, a céu aberto, onde foi constatada a vulnerabilidade do componente à radiação solar, em se tratando

de um componente sensível ao espectro do infravermelho. E mais importante ainda, exalta-se a solução encontrada para este problema: a de se utilizar dois sensores colocados em angulações diferentes.

E, finalmente, acredita-se que o Conceito de sistema apresentado, bem como todo o conjunto de informações contidas neste trabalho, sirvam como fundamentos para a construção de um protótipo que se torne efetivamente operante em 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) Acesso em 23 jul. 2006.

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br/resolucoes>. Acesso em: 9 mai. 2007.

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.

DENATRAN - Departamento Nacional de Trânsito. Disponível em: <http://www.denatran.gov.br>. Acesso em: 9 mai. 2007.

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.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 12 mai. 2007.