



MÓDULO DE AQUISIÇÃO DE DADOS PARA AVALIAÇÃO DE ILUMINÂNCIAS

Flavia Ciampini (1); Antônio Álvaro Ranha Neves; (2) Paulo Sergio Scarazzato (3)

(1 e 3) Faculdade de Engenharia Civil – Departamento de Arquitetura e Construção

(2) Instituto de Física “Gleb Wataghin” – Departamento de Eletrônica Quântica

(1, 2 e 3) Universidade Estadual de Campinas CEP: 13083-970, Campinas – S.P., Brasil.

e-mail: flaviaciampini@yahoo.com.br

RESUMO

A busca por edificações eficientes, auto-sustentáveis e que permitam ao usuário, um contato com o exterior, tem impulsionado o desenvolvimento de estratégias avançadas, em diversos dispositivos, para o aproveitamento da luz natural. Um sistema de aquisição de dados, de baixo custo, foi desenvolvido, neste estudo, para possibilitar o controle da distribuição da luz natural e para avaliar o desempenho quantitativo de sistemas de redirecionamento de luz. O circuito conecta-se a porta paralela padrão de qualquer PC, e fornece 64 entradas analógicas, uma para cada sensor luminoso. O sistema é controlado através do PC usando um software de aquisição em linguagem C. Permite uma investigação contínua da iluminância, com uma definição 12-bit e um tempo de conversão inferior a 10 μ s. O sensor luminoso utilizado é um resistor (*Light Dependent Resistor*) que responde a variação da iluminância, com uma redução na resistência, quando iluminado e foi escolhido por ter uma resposta espectral similar à do olho humano. Com o uso de um divisor de tensão no circuito, foi possível traduzir a mudança na resistência em um sinal de tensão. Em seguida foram montadas as curvas de calibração para relacionar a tensão medida com os valores de iluminância.

ABSTRACT

The search for efficient, auto-sustainable constructions and that allows to the user a contact with the, outer environment, has stimulated the development of advanced strategies, in various devices, for the exploitation of the daylight. A system of low cost data acquisition was developed in this study, to make possible the control of the distribution of the natural light and to evaluate the quantitative performance of redirecting systems. The circuit connects to any standard parallel port of any PC, and supplies 64 analog inputs, one to each luminous sensor. The system is controlled through a computer using an acquisition software in C language. It therefore provides a continuous investigation of the illuminance with a 12-bit resolution and a conversion time under 10 μ s. The luminous sensor is a resistor (*Light Dependent Resistor*) that responds to the illuminance with a reduction in the resistance when illuminated and was chosen due to the spectral similarity to the human eye. As part of the circuit, a voltage divider translates the change in resistance, due to incident light into a change voltage. After that calibration curves are setup to relate the output voltage measured as a function of illuminance.

1. INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo, a busca por edificações mais eficientes e auto-sustentáveis tem impulsionado o desenvolvimento de estratégias avançadas para otimizar a distribuição de luz natural. Os esforços neste sentido, tem conduzido ao desenvolvimento de uma grande variedade de sistemas inovadores para as aberturas na fachada, inclusive para minimizar as cargas elétricas empregadas com luz artificial e refrigeração dos edifícios; dentre estes: quebra-sois, vidros especiais, películas, revestimentos e dispositivos de redirecionamento de luz; cujas propriedades necessitam ser avaliadas acuradamente para permitir uma integração eficiente nos edifícios e para que haja um aproveitamento de seu potencial quanto à eficiência energética.

Neste estudo, a quantidade utilizada para descrever o desempenho destes sistemas é a iluminância (lux), unidade de medida baseada na eficiência luminosa, que será medida dentro de maquetes em escala reduzida, com algumas tipologias de sistemas de iluminação natural, acoplados às aberturas.

Na seção 2, os protótipos da sala teste, em escala, serão apresentados, dando uma descrição de como o experimento foi desenvolvido. Na seção 3, será apresentado o Módulo de Aquisição de Dados desenvolvido para esta pesquisa. O resistor foto-sensitivo de baixo custo, denominado *Light Dependent Resistor* (LDR), utilizado como sensor luminoso no módulo de aquisição, é empregado para registrar a variação das iluminâncias no interior dos protótipos, devido à semelhança de sua resposta espectral com a do olho humano (visão fotóptica) (CIE, 1990). Em seguida, será mostrado que a iluminância e a resistência fornecida pelo resistor com a variação da luz, têm um relacionamento não-linear. Também serão explicitados, o método utilizado para obter a sensibilidade espectral do LDR e o processo da calibração dos sensores. Na última seção, será apresentado o circuito eletrônico do módulo de aquisição de dados de baixo custo, baseado em um conversor analógico-digital MAX186 (MAXIM, 1996), com resolução de 12-bit e, um tempo de conversão inferior a 10 μ s. Ligado ao MAX186, oito multiplexadores CD4151B (TEXAS INSTRUMENT, 2003) que fornecem os 64 canais de entrada. O circuito é controlado por um programa de computador escrito em linguagem C, para ler, controlar e conservar os dados. Por fim os gráficos, que mostram o funcionamento do sistema de aquisição criado.

Este sistema foi desenvolvido para permitir uma avaliação do desempenho quantitativo de dispositivos de iluminação natural e empregado para medir a iluminância obtida com o uso dos mesmos. No entanto dependendo da calibração ele poderia ser usado também para medições de temperatura. Trabalhar com um sistema de aquisição que pode avaliar a iluminância em 64 pontos é vantajoso pois fornece uma boa visão da distribuição da luz no interior do espaço. Normalmente as fotocélulas convencionais com filtros apropriados, são muito caras, por isso este sistema simples e econômico poderia ser muito útil para o ensino, pesquisas e testes preliminares.

2. OS PROTÓTIPOS

Os quatro modelos em escala reduzida de dimensões: 90 cm da largura; 180 cm no comprimento; 45 cm de altura foram construídos para estudar a distribuição da luz em ambientes profundos. As superfícies internas foram pintadas de branco para que a reflexão nas paredes fosse maximizada. Os protótipos são orientados de modo que as aberturas sejam voltadas para o norte geográfico e três dispositivos de iluminação natural, *Laser Cut Panel* (LCP) (EDMONDS, 1993) de dimensões 15cm de altura e 50cm de largura são acoplados a estas. A diferença entre os painéis é relativa à inclinação dos cortes a laser, feitos na placa acrílica, que servem para o redirecionamento da luz solar direta. Uma, das quatro maquetes construídas, é o módulo de referência, e tem acoplado em sua abertura um vidro comum de 3mm de espessura.

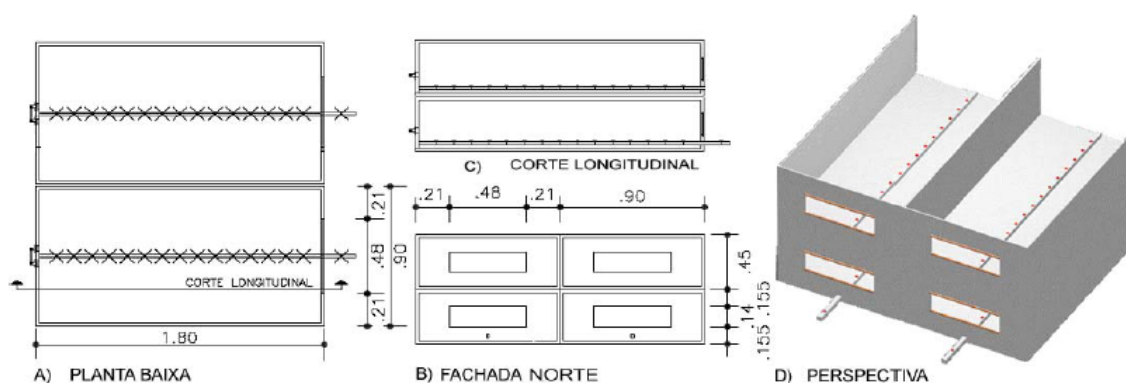


Figura 1: Planta, fachada norte, corte longitudinal e perspectiva dos protótipos onde os painéis LCP foram acoplados para medição das iluminâncias.

Em cada protótipo, 15 sensores luminosos do tipo LDR foram espaçados igualmente para a medição e dois dos sensores foram posicionados externamente (figura 1). O desempenho de cada dispositivo pode ser avaliado normalizando-se as iluminâncias obtidas com o uso dos painéis LCP pelos dados

obtidos com a utilização do vidro, para diferentes condições do céu, como será visto mais adiante, nos resultados.

3. SENSORES DE ILUMINÂNCIA E AS RESPECTIVAS CURVAS DE CALIBRAÇÃO

3.1 Light Dependent Resistor

O sensor utilizado para medir a iluminância dentro dos protótipos é um resistor tipo LDR, e responde com uma redução na resistência à um aumento nos níveis de iluminação. Sendo que este é um dispositivo semiconductor ele absorve a luz diferentemente, e por isso possui uma resposta espectral capaz de enxergar mais no infravermelho do que sensores comuns.

3.2 Determinando a Iluminância em Função da Resistência

Várias medidas foram realizadas com alguns LDRs escolhidos randomicamente do mesmo lote, de forma que suas características médias pudessem ser determinadas estatisticamente. Os valores da resistência foram adquiridos com um ohmímetro e as iluminâncias correspondentes com um luxímetro, sob diferentes níveis de iluminação. Para níveis baixos, de 100lux a 10Klux, uma lâmpada de halogênio (Halopin, OSRAM) foi usada para a calibração. Por ter uma temperatura da cor 2900K é a lâmpada que mais assemelha-se à radiação do corpo negro. Para níveis mais elevados, de 10Klux a 100Klux, utilizou-se luz solar do meio-dia, sob céu desobstruído. Na figura 2, os pontos representam os dados experimentais, enquanto a curva representa o ajuste criado pelo método dos quadrados mínimos. Note-se que a reta obtida neste gráfico log-log, representa a dependência logarítmica da iluminância em função do logaritmo da resistência.

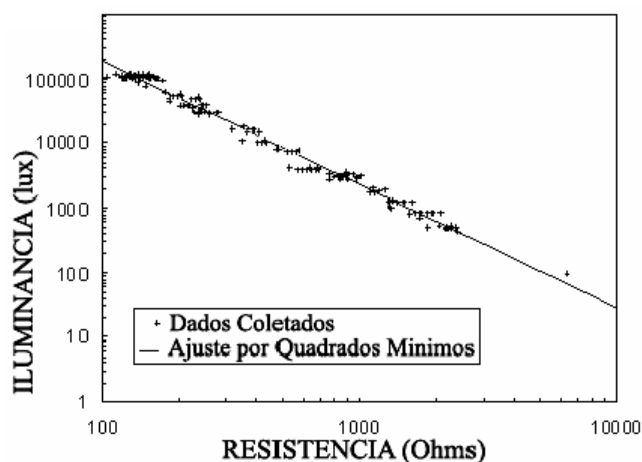


Figura 2: Calibração - iluminâncias e resistências medidas simultaneamente com um luxímetro e ohmímetro e ajustadas pelo método dos quadrados mínimos.

3.3 Determinando a Resposta Espectral do LDR

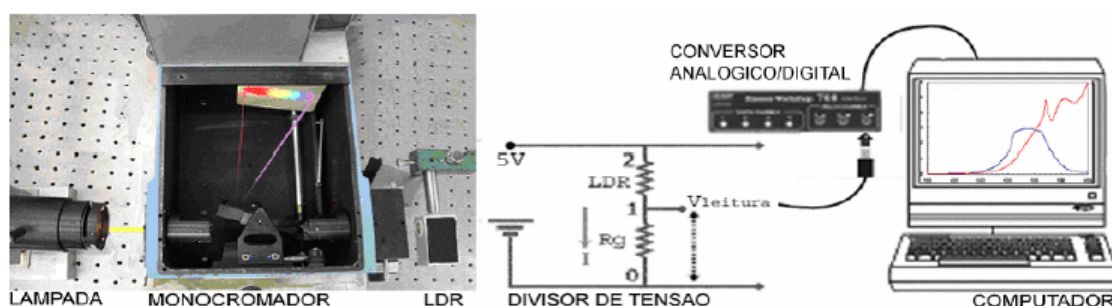


Figura 3: Sistema para obtenção de uma curva de sensibilidade experimental do LDR. Da esquerda para direita: lâmpada halopin, monocromador, LDR ou detector de silício, divisor de tensão, conversor analógico digital e computador.

Para determinar se seria adequada a utilização do LDR como sensor para medição da iluminância, sua sensibilidade espectral teve que ser medida e comparada à curva fotóptica do olho humano (CIE 86-1990). O sistema, para obtenção destes dados, foi composto: de uma lâmpada Halopin (temperatura de cor 2900K), de um monocromador (com uma grade de difração de 1180 ranhuras/mm) para medir cada comprimento de onda, de um divisor de tensão, de um conversor analógico digital e de um detector de silício, tipo pin (CIE, 1984). A instalação é mostrada na figura 3.

Com o monocromador, os comprimentos de onda emitidos pela lâmpada, que incidirão no LDR, podem ser selecionados. Assim, foi realizada a varredura dos comprimentos de 300nm até 900nm, que são focalizados com uma lente, no LDR ou no detector de silício. Para permitir a leitura dos dados de saída do LDR, a resistência foi transformada em tensão, usando um divisor de tensão (ver na seção 4.4), de acordo com a equação 1. Enfim, para passar os dados para o computador foi utilizado um conversor analógico-digital.

$$V_{out} = \frac{R_G}{R_{LDR} + R_G} V_{reg} \quad [\text{Eq. 01}]$$

A resposta do LDR medida experimentalmente ($E_{LDR}(\lambda)$), é obtida em função da quantidade de cada comprimento de onda emitido pela da lâmpada ($F(\lambda)$), multiplicada pelas perdas no monocromador e nos sistemas óticos ($M(\lambda)$), e pela resposta absoluta do detector ($D(\lambda)$). Isto é válido tanto para o detector de silício ($D_{Si}(\lambda)$) como para o LDR ($E_{LDR}(\lambda)$) de acordo com as seguintes equações:

$$F(\lambda) \cdot M(\lambda) \cdot D_{LDR}(\lambda) = E_{LDR}(\lambda) \quad [\text{Eq. 02}]$$

$$F(\lambda) \cdot M(\lambda) \cdot D_{Si}(\lambda) = E_{Si}(\lambda) \quad [\text{Eq. 03}]$$

O gráfico da figura 4 mostra a resposta experimental do LDR ($E_{LDR}(\lambda)$) e do detector de Silício ($D_{Si}(\lambda)$) (ou seja, a tensão registrada, após a varredura dos comprimentos de onda).

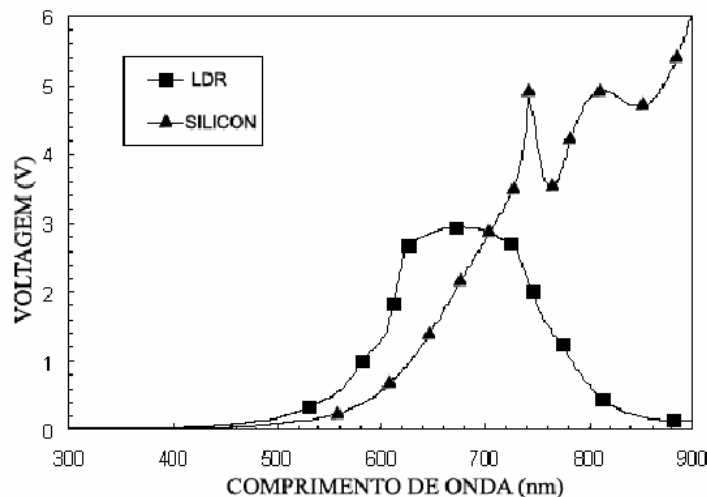


Figura 4: Tensão medida para o LDR e para o fotodiodo de silício.

Em seguida, a tensão adquirida do LDR será convertida de volta em ohms, visto que é, a resistência, que muda com a alteração na iluminância. A equação 4 é aplicada aos resultados medidos em volts para obtenção da figura 5, que representa resposta espectral do LDR. Enfim, para obtenção de uma relação Ohms-lux, resta fazer uma última correção, em função da dependência lux/ohms ser uma relação logarítmica e não linear (figura 2).

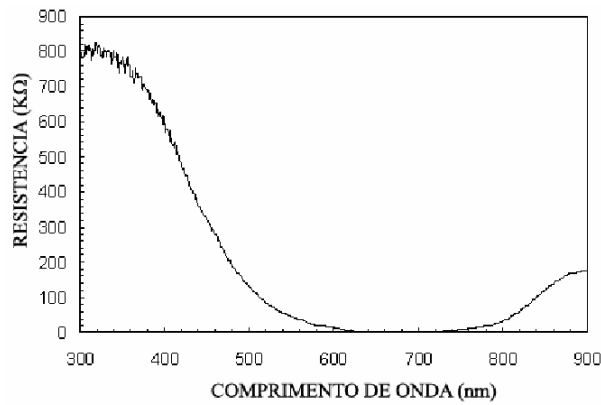


Figura 5: Conversão da voltagem medida experimentalmente para resistência

Desta forma, para obter uma curva proporcional à iluminância, é necessário, então, converter os dados da resistência (ohms), em iluminância (lux), para cada comprimento de onda. Enquanto para o fotodiodo de silício, a voltagem de saída é diretamente proporcional à iluminância, o mesmo não se verifica para o LDR, de acordo com a figura 2, onde é possível verificar que $\log(I) \propto \log(R_{LDR})$. Portanto, mediante o ajuste dos quadrados mínimos, obtêm-se o parâmetro que relaciona a iluminância com a resistência de acordo com a equação 4.

$$I = 10^{\alpha \log(R_{LDR}) + \beta} \quad [\text{Eq. 04}]$$

Onde: I é uma unidade proporcional à iluminância (visto que as constantes de proporcionalidade α e β ainda não foram incluídas), R_{LDR} é a resistência, em ohms, indicada para cada comprimento de onda (figura 5), α é o coeficiente angular e β é o coeficiente linear, como apresentado na seção 3.2. Após converter os dados medidos do LDR para I (valor proporcional à iluminância) os dados foram normalizados e comparados com os dados do fotodiodo de silício, na figura 6.

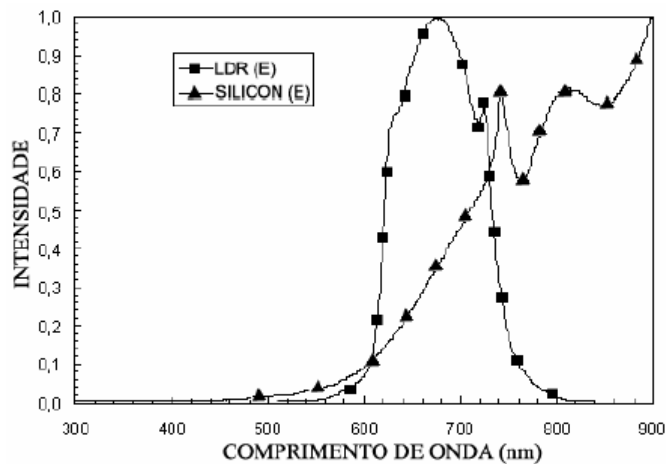


Figura 6: Resposta normalizada para o LDR e silicone em função do comprimento de onda

Note-se que a diferença entre a resposta espectral do detector ($D(\lambda)$) e aquela medida no experimento ($E(\lambda)$), deve-se à contribuição espectral da fonte luminosa e às perdas no sistema ótico ($M(\lambda)$). Considerando que a resposta do fotodiodo e do LDR foram medidas utilizando-se os mesmos equipamentos, ($M(\lambda)$) e ($F(\lambda)$) são equivalentes, para ambos os sensores. Assim, combinando as equações 2 e 3, a equação 5 é resultante:

$$D_{LDR}(\lambda) = \frac{E_{LDR}(\lambda)}{E_{SI}(\lambda)} D_{SI}(\lambda) \quad [\text{Eq. 05}]$$

Pela equação 5, a resposta espectral real para o LDR () é $LDR D$) é obtida dividindo-se a resposta espectral medida para o LDR, pela resposta experimental do fotodiodo e multiplicando-a pela sua resposta espectral real, obtida no catálogo do fabricante (NEWPOT CORPORATION, 2004) (fig. 7).

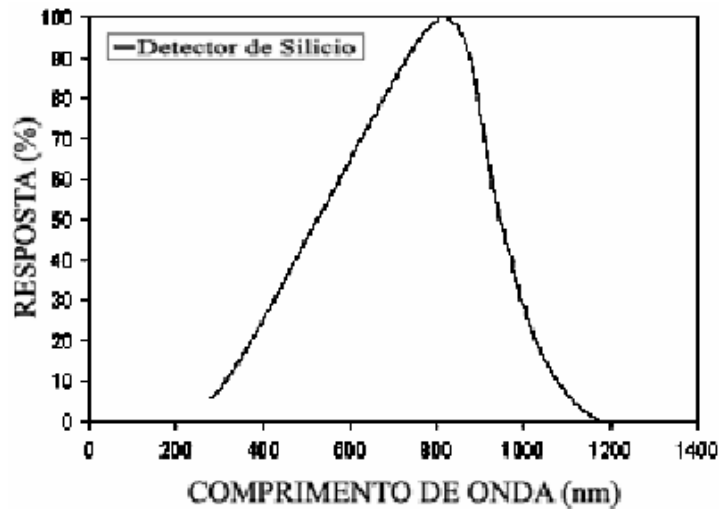


Figura 7: Resposta espectral normalizada para o fotodiodo de silício do fabricante.

Por fim, na figura 8, foram traçadas as três curvas: do espectro normalizado da resposta do olho humano para a visão fotóptica; da resposta do LDR; e aquela do fotodiodo de silício, fornecida pelo fabricante. Nesta figura, observa-se que a resposta espectral para o olho humano e aquela do LDR são muito próximas, tendo, a do LDR, uma sensibilidade máxima em torno de 650nm. Pelo fato da diferença não ser muito grande é possível corrigi-la, com a calibração deste detector, mediante uso de um luxímetro, já que o espectro solar tem uma distribuição espectral conhecida. Desta forma, fica provada a compatibilidade deste detector para a medição de iluminâncias.

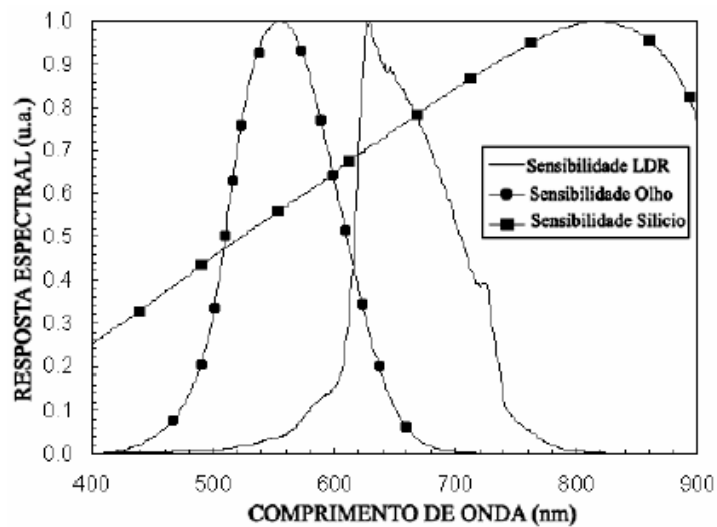


Fig. 8: Resposta espectral normalizada para olho humano fotóptico, LDR e fotodiodo de silício.

4. MÓDULO DE AQUISIÇÃO DE DADOS – O CIRCUITO ELETRÔNICO

A figura 9 mostra o diagrama esquemático para a construção do circuito do módulo de aquisição de dados. Um conversor analógico digital de 12-bit da Maxim, o MAX186, (MAXIM, 1996) foi adotado devido às familiaridades com trabalhos anteriores (SIMMONDS, 1997). O circuito é conectado à porta paralela (DB25). O MAX186 é protegido por dois operadores amplificacionais quádruplos, LM324N, (PHILIPS, 2003) atuando como *buffers* e cada um dos oito canais está ligado a uma entrada no multiplexador, CD4051B, (TEXAS INSTRUMENT, 2003) que permitem aumentar o número de

canais de entrada. Sendo que, a cada multiplexador, é possível conectar oito sensores de luz (LDRs), desta forma o sistema de aquisição passa a trabalhar com 64 sensores luminosos.

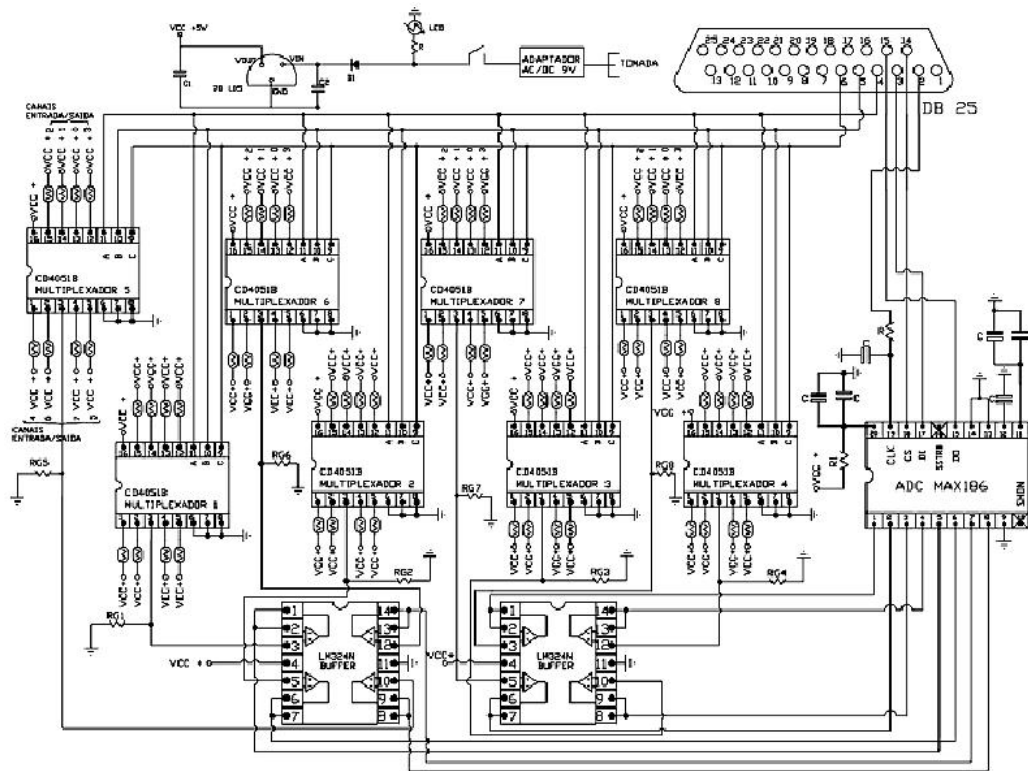


Figura 9: Módulo de aquisição de dados 4.1 A Comunicação no Conversor Analógico Digital

A energia é fornecida à unidade, por um adaptador AC/DC (+9V), e o diodo D1 serve para impedir danos caso as conexões sejam acidentalmente invertidas. O regulador de tensão é um 78L05, que converte a tensão da fonte (+9V) para +5V (VCC+). Esta tensão regulada é necessária para fornecer energia a todos os componentes integrados (CI), incluindo o MAX186 e o divisor de tensão do LDR.

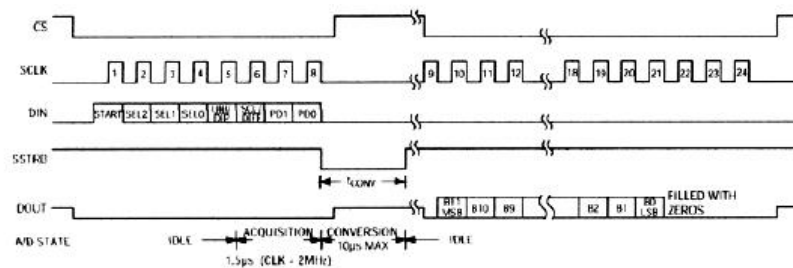


Figura 10: Diagrama de cronometragem de bits, com a seqüência de funcionamento do MAX186.

Toda a comunicação no conversor analógico digital (CAD) é através dos três pinos, CLK (cronometragem), DI (entrada de dados) e DO (saída de dados). Os dados são controlados utilizando uma série de disparos de pulsos. Primeiramente, para começar a leitura de dados, é necessário acionar a linha do CS (seleção do chip), ligando e desligando a tensão neste ponto, e então enviar um byte de dados em DIN, que configurará qual o canal no CAD que deve ser lido, dependendo dos valores em SEL0, SEL1, e SEL2 (tabela 1). Pode também ser configurado para que as leituras sejam unipolar ou bipolar (UNI/DIP), e se a leitura deve ser única ou diferencial (SCL/DIFF), neste caso foram utilizadas as leituras única e unipolar. Então, após 10 μ s o CAD termina a sua conversão, e fornece 12 pulsos de disparo a fim ler a linha DO de saída de dados do CAD. Desta maneira, se todos os bits recebidos em SEL 2, SEL 1 e SEL 0 forem 0, o canal a ser digitalizado será o CH0. A relação entre os bits recebidos e o canal lido são apresentados na tabela 1. Para este circuito, a leitura foi escolhida como única e unipolar, então os bits enviados serão sempre 1 (SIMMONDS, 1997).

Tabela 1 – Canais de leitura: Os bits enviados ao CAD em SEL 2, SEL 1 e SEL 0 selecionam o canal a ser digitalizado .Os bits que entram nos pinos A, B e C do CD4051B definem o canal lido.

SEL2	SEL1	SEL0	CH0	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	A	B	C
0	0	0	*								0	0	0
1	0	0		*							0	0	1
0	0	1			*						0	1	0
1	0	1				*					0	1	1
0	1	0					*				1	0	0
1	1	0						*			1	0	1
0	1	1							*		1	1	0
1	1	1								*	1	1	1

4.2 O Buffer

Aumentar a impedância do sistema é importante para evitar a perda do sinal, por isso dois *buffers* (LM324N) foram conectados ao CAD para protegê-lo (figura 11A). A tensão da fonte (+5V) foi alimentada no pino 4 e o pino 11 foi aterrado. Cada canal do CAD recebe dados em somente um canal. Na tabela II são mostradas as ligações entre as saídas do LM324N e o canal do MAX186.

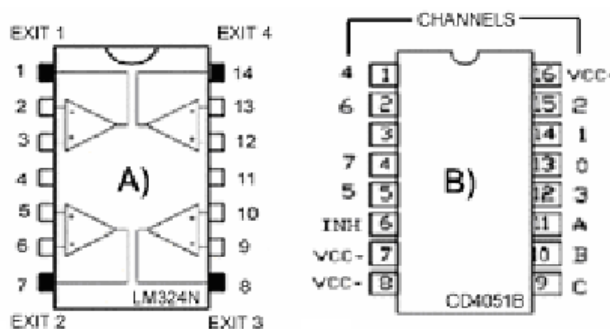


Figura 11: A) Operador amplificadoral quádruplo LM324N B) Multiplexador CD 4051B.

Tabela II - Os canais do CAD e as ligações aos *buffers*.

Channel ADC MAX 186	BUFFER	LM 32 4N
CH0	Buffer1	OutPut1
CH1	Buffer1	OutPut2
CH2	Buffer1	OutPut3
CH3	Buffer1	OutPut4
CH4	Buffer2	OutPut1
CH5	Buffer2	OutPut2
CH6	Buffer2	OutPut3
CH7	Buffer2	OutPut4

4.3 O Multiplexador

Aos dois *buffers*, foram conectados oito o multiplexadores CD4051B (figura 11B). Este componente é o responsável por permitir ao circuito ter 64 canais de entradas análogas. A cada multiplexador são ligados oito LDR nos canais de 0 a 7. O CD4051B tem oito canais e três entradas binárias A, B e C que selecionam um dos oito canais (0 a 7) a serem lidos. Todos os multiplexadores são conectados pelos pinos 9,10, 11 à porta paralela da impressora através dos pinos 4, 5 e 6 do conector DB25. A tabela I mostra os comandos para os bits que devem estar nos pinos A, B e C para definir qual canal será lido. A fonte de alimentação é introduzida pelo pino 16 e aterrado nos pinos 7 e 8. O canal INH (inibidor) é conectado ao DB25 e sua função é bloquear todos os canais, que não foram utilizados.

4.4 O Divisor de Tensão

A cada multiplexador foi anexado um divisor de tensão (figura 12), de modo que a resposta para a variação da resistência do LDR (em função da iluminância) fosse convertida em volts como apresentado na seção 2, de modo que a tensão pudesse ser digitalizada pelo MAX186. Um divisor de tensão possui dois resistores em série, neste caso, um deles varia com a luz incidente (RLDR) e o outro resistor (RG) é fixo, e é responsável pelo ganho na tensão, fornecida na saída (Vleitura).

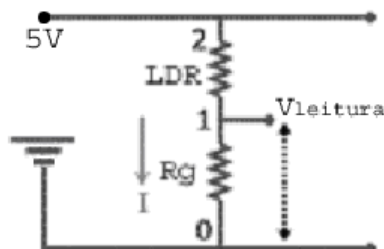


Figura 12: Divisor de tensão

Os valores estimados para cada resistor, RG, são aqueles que representam a mesma iluminância para as 16 posições dos LDR., interiores aos protótipos (figura 1A). A iluminância esperada em cada um dos 16 pontos foi medida com um luxímetro, MINOLTA T10, (MINOLTA, 2003) durante o períodos do meio-dia, de novembro a dezembro (figura 13A) e destes valores os resistores RG1 a RG8 foram escolhidos, (figura 13B).

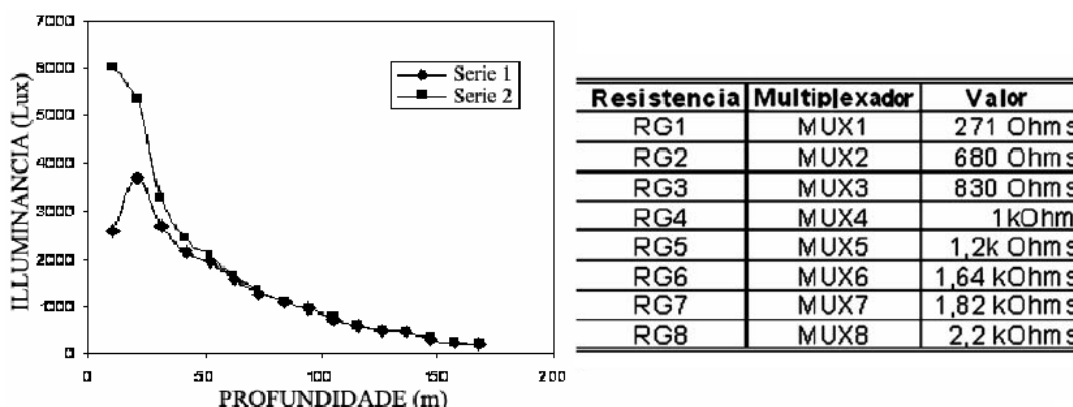


Figura 13 A e B: Da esquerda para direita. Em A Iluminância medida dentro dos protótipos, entre novembro e fevereiro. Em B os valores das resistências para o divisor de tensão.

Como a tensão de entrada no circuito divisor de tensão foi de 5V, a iluminância estimada deveria ter uma leitura de aproximadamente de 2,5V (metade da escala de fundo) então isto implicaria que $RLDR = RG$, de acordo com a equação do divisor de tensão (Equação 1). Se $RLDR < RG$ a leitura seria menor do que 2,5V e se $RLDR > RG$ a leitura seria maior que 2,5V. É importante notar que desta maneira a variação da resistência, e portanto da voltagem, aumentará se a iluminância incidente no sensor aumentar, e vice versa, possibilitando então a voltagem, de aumentar e diminuir igualmente, numa mesma escala, de acordo com a variação da iluminância. As medidas são feitas dentro de quatro protótipos, sendo que dois contém 15 sensores, cada um, e os outros dois possuem um sensor extra do lado de fora (figura 1D). Os resistores escolhidos eram tais que, os sensores 1 e 2 tiveram o mesmo RG, para os sensores 3 e 4 o mesmo, para os sensores 5 e 6, e assim por diante. Assim o primeiro multiplexador, com a resistência RG1, recebe todos os sensores 1 e 2 dos quatro protótipos (figura 13B), pois o nível do iluminância é da mesma ordem de grandeza, para todos os módulos, nas proximidades da janela. Seguindo este princípio no segundo multiplexador são ligados os sensores 3 e 4 e assim por diante. Na figura 9, os diagramas esquemáticos do circuito mostram os 64 LDRs unidos aos 8 multiplexadores. A ordem da aquisição de dados vai da janela para o interior do modulo. Cada sensor é lido cinco vezes e o valor registrado é a média destes valores. Para fazer a leitura de todos os LDRs (são 320 leituras) e calcular a média, o circuito emprega 90 segundos no total. Por fim os dados são armazenados em um arquivo.

5. RESULTADOS E CONCLUSÃO

Como descrito na seção 2, este sistema de aquisição de dados foi utilizado, para medição das iluminâncias em protótipos para avaliação quantitativa de um dispositivo de iluminação natural, o LCP, que objetiva otimizar a distribuição da luz solar no interior dos edifícios (CIAMPINI, SCARAZZATO, 2005). O resultado das medições das iluminâncias, obtidas com o uso com um painel de vidro comum de 3mm, com um LCP com cortes de 0° e 13 para o dia 29/03/2005, sob céu claro são mostradas na figura 14, onde são apresentados os gráficos da variação do logaritmo das iluminâncias, em função da distância da abertura dentro do protótipo. (O detalhe na figura 14A, mostra a iluminância obtida no fundo dos protótipos). Na figura 14A, o gráfico logaritmo mostra o desempenho de um vidro comum, de um LCP de 0° e de um LCP de 13° para o horário de meio dia. Nas figuras 14 B e C, o gráfico é o resultado de todas as iluminâncias medidas durante o dia, (a cada 10 minutos), de 8:00 as 18:00h. As cores quentes representam as regiões dentro do modulo que receberam mais luz (os sensores indicaram maiores iluminâncias). Comparando A e B percebe-se que o LCP de 13°(figura 14B) distribui melhor a iluminação, no horário de 8:30 as 13:00h, o LCP de 0°, no mesmo período, cria iluminâncias muito elevadas nas proximidades da abertura gerando ofuscamento.

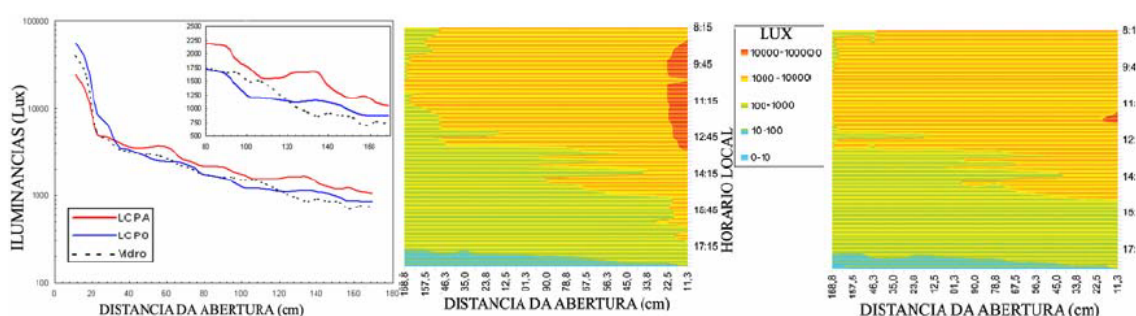


Figura 14 A, B e C: Variação do logaritmo das iluminâncias, em função da distancia da abertura. Em A apenas para 12:00h. Em B (LCP de 0°) e em C (LCP de 13°) para todos os horários.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CIAMPINI F., SCARAZZATO P.S. (2005) “Simulação e Otimização de Painéis Defletores de Luz em Campinas” In: VIII Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído, ENCAC-2005, Maceió.
- COMMISSION INTERNACIONAL DE L’ECLARIAGE- CIE (1994) “Determination of the spectral Responsivity of Optical Radiation Detectors” n°64, France.
- COMMISSION INTERNACIONAL DE L’ECLARIAGE- CIE (1990), “CIE 1988 2° Spectral Luminous Efficiency Function for Photopic Vision”.
- EDMONDS R.I. (1993) “Performance of laser cut light deflecting panels in daylight applications” Solar Energy Material and Solar Cells. V 29 I. February pp1-26.
- MAXIM (1996) “Low-Power, 8-Channel, Serial 12-Bit ADCs”. <http://www.maxim-ic.com>. Acesso em 10/03/2005.
- MINOLTA T10 (2003) Illuminance Meter T-10/ T-10M Instruction Manual <http://www.conicaminolta.com>. Acesso em 10/03/2005.
- NEWPOT CORPORATION (2004) The Newport Resource. <http://www.newport.com>. Acesso em 10/03/2005.
- PHILIPS (2003) “Integrated Circuits Data Sheet LM124/224/324/324A/SA534/LM2902 Low power quad op amps” <http://www.semiconductors.philips.com> Acesso em: 10/03/2005.
- SIMMONDS, P. (1997) “Compact low-Cost PC-based DAQ Module”. Eletronics. January Austrália.
- TEXAS INSTRUMENT (2003) “CD4051B, CD4052B, CD4053B” <http://www.ti.com> Acesso em 10/03/2005.