

3

Componentes e características do sistema *multitouch*

Multi-touch ou *multitouch* é uma técnica de interação entre o homem e o computador que permite aos usuários computarem sem utilizar os equipamentos convencionais disponíveis nos computadores e que são utilizados para a manipulação de entrada de dados (por exemplo, mouse e teclado).

Basicamente, um sistema *multitouch* consiste em uma tela para o toque com os dedos ou outros objetos postos sobre a superfície, um programa computacional para o reconhecimento de pontos de contato sobre a superfície e programas feitos para utilizar os dados fornecidos pelo programa que faz o reconhecimento. Os componentes do sistema *multitouch* desenvolvidos neste trabalho serão descritos a seguir.

3.1

Circuitos elétricos

Dois circuitos elétricos foram utilizados neste trabalho. O primeiro, para estudar a intensidade luminosa dos LEDs em função da corrente aplicada, e o segundo para definir um tipo de conexão ou interface entre o sistema de iluminação e a fonte do computador utilizada para alimentar o circuito. Isso foi feito de forma a minimizar a potência dissipada pelo circuito elétrico e maximizar a intensidade luminosa da luz emitida pelos LEDs. Esses pontos serão discutidos nos próximos parágrafos.

3.1.1

Intensidade da luz emitida pelo LED

O circuito mostrado na Figura 3.1 foi utilizado para medir a intensidade luminosa dos LEDs em função da intensidade da corrente elétrica que é aplicada no circuito. Isso é feito variando-se o valor da resistência do resistor variável, R_{var} , que pode ser ajustado entre 0 e 100 ohm.

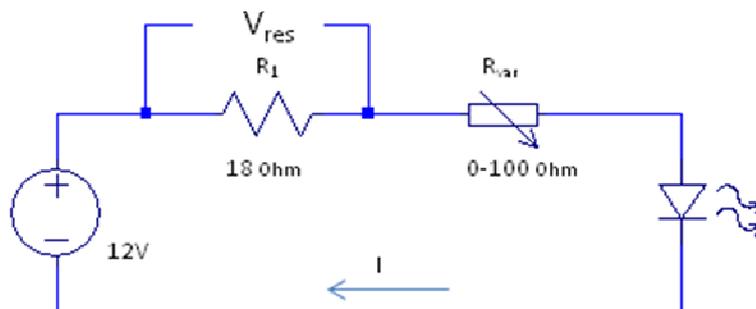


Figura 3.1 – Diagrama do circuito elétrico utilizado para testar o comportamento do LED com a variação da corrente elétrica.

A diferença de tensão V_{res} aplicada entre os terminais do resistor R_1 em função da corrente I , que circula o circuito, foi calculada pela lei de Ohm, como mostrado na Equação 3.1.

$$V_{res} = I \times R_1 \quad (3.1)$$

No circuito mostrado na Figura 3.1, a voltagem V_{res} pode ser ajustada alterando-se o valor do resistor variável empregado. No alcance de operação do resistor, entre 0 e 100 ohms, pode-se alterar a corrente I que passa pelo circuito entre 80 a 580 mA.

Com o circuito mostrado na Figura 3.1, foram realizados experimentos para LEDs de 5 mm e de 10 mm de diâmetro para determinar o comportamento da intensidade da luz emitida pelos LEDs em uma condição na qual os LEDs experimentavam um mesmo valor de corrente por um intervalo de tempo igual a 5 minutos antes das medições, a fim de garantir que estivessem em equilíbrio térmico.

A medida da intensidade de luz produzida pelo LED, para cada valor de V_{res} , foi registrada utilizando um fotoespectrômetro modelo USB200 da Ocean Optics [25]. Em geral, esse sistema é constituído de um fotoespectrômetro, uma fibra óptica e um programa instalado em um computador. A detecção dos espectros de luz é feita por uma micro-lente localizada na extremidade da fibra óptica. Os passos utilizados para a determinação de V_{res} com esse sistema de medida serão descritos nos próximos parágrafos.

A Figura 3.2 mostra a configuração da montagem experimental utilizada nos testes. O circuito da Figura 3.1 foi montado em um *protoboard*, onde pode ser observado a resistência de 18 ohm com capacidade de 5w, em branco, e o resistor

variável de 0 até 100 ohm em azul. O LED foi posicionado na extremidade da placa apontando para cima. A fibra óptica, fixada por meio de um suporte, conectada ao fotospectrômetro, foi posicionada a uma distância de 10 cm da extremidade do LED. Dessa forma, foi evitada a saturação do fotospectrômetro durante as medidas dos espectros de luz emitidos pelos LEDs.

O multímetro, conectado entre os terminais da resistência de 18 ohms, foi utilizado para monitorar a corrente que circula no circuito. Os valores das voltagens registradas no multímetro foram utilizados para determinar a relação entre a corrente que passa no circuito e a intensidade de luz emitida pelo LED. Essa montagem experimental foi utilizada para medir a intensidade de luz emitida pelos LEDs de 5 e 10 mm de diâmetro.

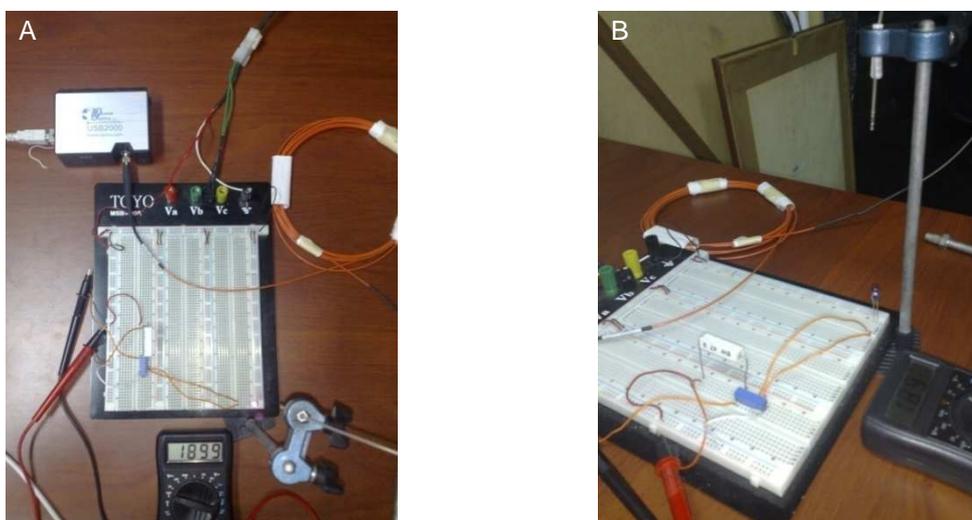


Figura 3.2 – Montagem para medida da intensidade luminosa dos LEDs. Visão geral da configuração com o LED de 5 mm (A). Detalhe mostrando o resistor de 18 ohm de 5w (branco) e o resistor variável em azul. Fibra óptica conectada ao fotospectrômetro e fixada no suporte metálico (B).

3.1.2 Conexão dos LEDs

De modo geral, existem dois tipos de circuitos ou ligações que podem ser utilizados para fornecer corrente elétrica para os LEDs: envolvendo ligações em paralelo e em série. Tais tipos de circuitos serão descritos a seguir.

Na ligação em paralelo, ilustrada na Figura 3.3, cada LED é polarizado por um resistor próprio. Dessa forma, se um resistor ou um dos LEDs for danificado, os demais LEDs do circuito continuarão a funcionar.

Uma desvantagem desse tipo de ligação reside no fato de que cada resistor deve ser submetido a uma voltagem suficientemente alta a fim de possibilitar a alimentação do LED com a intensidade desejada. Isso implica um consumo maior de energia e a conseqüente geração de calor, que é dissipado por cada um dos resistores R_3 mostrados na Figura 3.3.

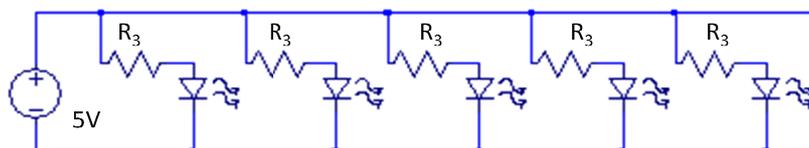


Figura 3.3 – Esquema de ligação de um conjunto de cinco LEDs em paralelo.

Nesse tipo de circuito com ligação em paralelo, a corrente que é fornecida pela fonte de alimentação é igual ao produto do número de LEDs presentes no circuito pela corrente que passa em cada LED.

A Figura 3.4 apresenta um circuito com ligação em série. Nesse tipo de circuito, um conjunto de LEDs é polarizado por um único resistor, reduzindo, dessa forma, o consumo de energia e a produção de calor dissipado pelo mesmo.

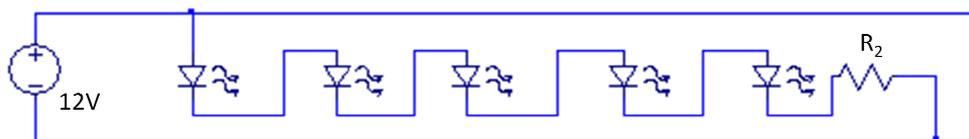


Figura 3.4 – Esquema de ligação de um conjunto de cinco LEDs em série com um resistor.

Contudo, os valores elevados de corrente necessários para a operação dos LEDs de alta intensidade luminosa sobrecarregam os resistores utilizados para polarizá-los e geram uma quantidade relativamente elevada de calor que pode danificar os componentes eletrônicos do circuito, as trilhas do circuito impresso e até mesmo o acrílico utilizado nos experimentos.

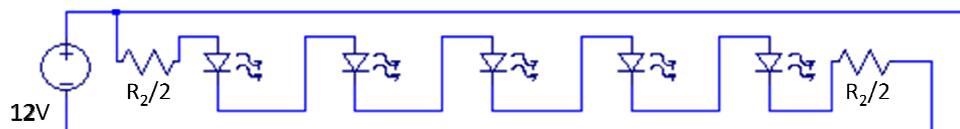


Figura 3.5 – Esquema de ligação de cinco LEDs em série com dois resistores.

O uso de dois resistores ligados em série, como mostrado na Figura 3.5, possibilita uma melhor distribuição do calor dissipado pelos resistores, quando comparado ao circuito mostrado na Figura 3.4. Nessa configuração feita com dois resistores, o valor da voltagem em cada um dos resistores é reduzido pela metade sem alterar a quantidade luz que é emitida por cada LED.

A potência dissipada pelos resistores R_2 é calculada pela Equação 3.2.

$$P = \frac{V^2}{R_2} \quad (3.2)$$

P é a potência dissipada no resistor, V é a voltagem nos terminais da resistência, e R_2 , o valor da resistência.

Com o uso de dois resistores, a potência P , que é dissipada por cada um dos resistores, pode ser calculada utilizando a Equação 3.2, substituindo V por $V/2$ e R_2 por $R_2/2$, ou seja:

$$P = \frac{\left(\frac{V}{2}\right)^2}{\frac{R_2}{2}} = \frac{2V^2}{4R_2} = \frac{V^2}{2R_2} \quad (3.3)$$

Com base na Equação 3.3, o uso de dois resistores faz com que cada um dos resistores dissipe metade da potência que antes era concentrada num único resistor presente no circuito. Isso possibilita o emprego de resistores de menor capacidade e uma área de troca de calor melhor distribuída.

3.2 Iluminador de LEDs IR

Em cada uma das laterais de 70 cm da placa de acrílico, foi fixado um perfil em U de alumínio com 66 cm de largura, 2,5 cm de profundidade e 1,1 cm de altura, no qual foram fixados, através de furos na face menor, os circuitos com os LEDs.

Para os LEDs de 5 mm foram utilizados 3 circuitos contendo 8 LEDs cada, com espaçamento de 2,5 cm entre cada LED. Nos LEDs de 10 mm, foram utilizados 4 circuitos contendo 5 LEDs cada, com um espaçamento de 3,5 cm entre cada LED. Essa configuração pode ser vista na Figura 3.6.

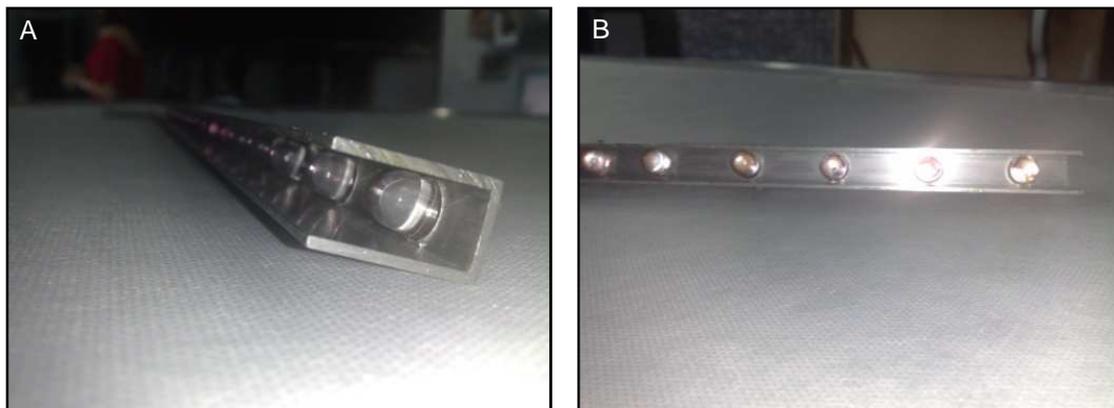


Figura 3.6 – Montagem e fixação dos LEDs de 10 mm no perfil em U de alumínio. Vista lateral (A). Vista frontal (B).

Para avaliar a uniformidade e intensidade da luz produzida pelos iluminadores, uma grade regular formada por 8 pontos de largura e 6 pontos de altura foi projetada sobre a superfície do acrílico ocupando uma área total de 80 cm de largura por 60 cm de altura. O perfil em U de alumínio contendo os LEDs foi fixado em diferentes ângulos em relação à face de uma das laterais do acrílico. Para cada configuração testada foi medida a intensidade média da luz capturada pela filmadora produzida pelo toque de um dedo sobre cada um dos 48 pontos da grade.

Para facilitar a visualização dos resultados, uma imagem de 400 pixels de largura por 300 pixels de altura foi feita utilizando uma interpolação bilinear entre os valores em cada ponto da grade, para cada configuração testada.

3.3 Tela

Uma placa de acrílico de 100 cm de comprimento, 70 cm de largura e 8 mm de espessura foi utilizada como base da tela. Tal placa foi fixada em uma moldura de madeira MDF com dimensões externas iguais a 112 cm de comprimento, 73 cm de largura e 5 cm de espessura. As características mecânicas, térmicas e ópticas dessa placa de acrílico são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características do acrílico utilizado neste trabalho:

Valor	Comentário
Propriedades físicas e mecânicas	

Densidade	1.19 gcm ⁻³	Norma: ASTM D792
Resistência	54 MPa	Norma: ASTM D638
Alongamento e quebra	2.4 %	Norma: ASTM D638
Elasticidade	2.8 GPa	Norma: ASTM D638
Resistência à flexão	81 MPa	Norma: ASTM D790

Propriedades térmicas

Temperatura máxima (ar) de operação	73 °C	
Deflexão (1.8 MPa)	73 °C	Norma: ASTM D648

Propriedades ópticas

Transmissividade (visível)	92 %	Norma: ASTM D1003
Índice de refração	1.498	

A tela de acrílico foi revestida com parafina em gel a fim de possibilitar um melhor acoplamento óptico decorrente do contato físico dos dedos com a placa de acrílico (Figura 3.7). O índice de refração da parafina utilizada é igual a 1,48.

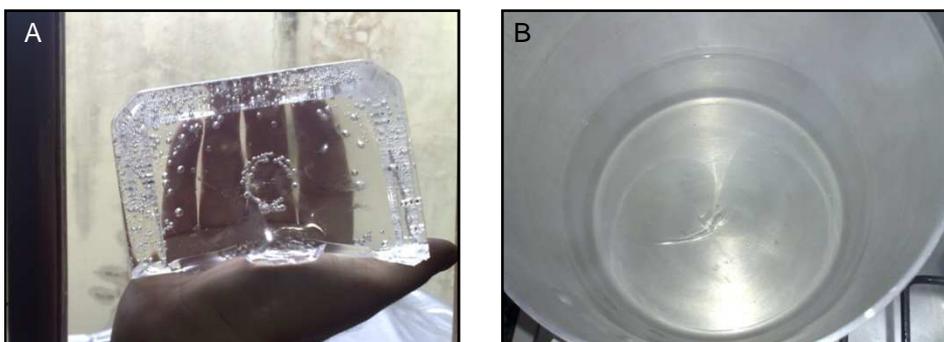


Figura 3.7 – Aspectos da parafina em gel. Temperatura ambiente (A). Parafina em gel cristal derretida a uma temperatura de 80°C (B).

O revestimento foi feito derretendo-se a parafina a uma temperatura de 80°C e espalhando o líquido com uma espátula sobre a superfície da placa de acrílico.

Quatro lâmpadas acesas, de 250 W, foram posicionadas a uma distância de aproximadamente 30 cm da placa de acrílico para pré-aquecer a superfície da mesma antes da aplicação da parafina. Esse procedimento evitou deformações na placa e manteve a temperatura da parafina alta o suficiente para formar uma película uniforme na superfície da placa de acrílico.

Anteparos foram postos nas laterais da placa para evitar que a parafina derretida escorresse pelas bordas do acrílico. A Figura 3.8 mostra o acrílico durante a etapa de pré-aquecimento:



Figura 3.8 – Placa de acrílico sendo pré-aquecida por 4 lâmpadas de 250 W posicionadas sobre a placa.

Como o acrílico e a parafina são translúcidos, eles não retêm as imagens geradas pelo projetor. Foram então testados diversos tipos de materiais para fornecer uma superfície difusa que possibilitasse a projeção da imagem na tela e que não interferisse no fenômeno da reflexão interna total confinada (FTIR). Para tanto, o material escolhido deveria possuir as seguintes propriedades:

- Permitir que a imagem projetada sobre ele fosse visível pelo lado oposto do material (*back projection*).
- Ao sobrepor o material sobre a parafina, não deve haver acoplamento óptico entre eles.
- Permitir o acoplamento óptico com a parafina quando for pressionado contra a mesma.
- Ao deixar de ser pressionado contra a parafina, o acoplamento óptico entre o material e a parafina deve ser interrompido.

Tal material, além de servir como superfície de projeção, também protege a camada fina de parafina aplicada sobre a tela de acrílico. Uma vez escolhido o material, constituído de um tecido sintético de náilon, este foi tensionado e fixado em uma moldura de alumínio que foi fixada sobre a estrutura de MDF, a qual suporta a placa de acrílico.

A moldura de MDF, contendo a placa de acrílico revestida com a parafina e a tela de projeção, foi suspensa a uma altura de 100 cm do chão com o uso de 4 perfis de alumínio em L, com 100 cm de altura, 5 cm nas laterais e 1,5 mm de espessura.

Uma caixa feita de MDF de dimensões iguais a 112 cm de altura, 73 cm de largura e 7 cm de espessura foi utilizada como base de sustentação de toda a estrutura. Isso conferiu maior rigidez à estrutura, assim como ofereceu o suporte necessário para os espelhos e a câmera utilizados nos experimentos (Figura 3.9).

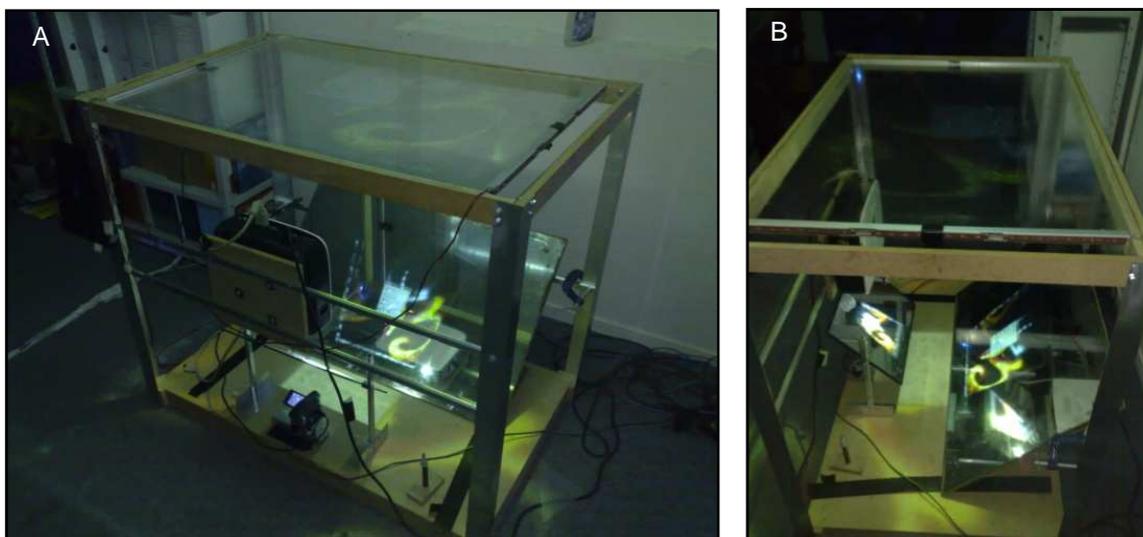


Figura 3.9 – Montagem de calibração com a caixa de MDF. Vista lateral (A). Vista frontal (B).

3.4 Projektor

A Figura 3.10 (A) mostra o projetor Sony VPL-EX4 utilizado neste estudo. O projetor possui uma lente de comprimento de foco curto, que permite a projeção de uma imagem de 42 polegadas medidas diagonalmente, a uma distância de 130 cm da extremidade da lente. O gráfico da Figura 3.10 (B) mostra a relação entre a distância da tela e o tamanho da imagem projetada por esse projetor. A linha vermelha representa a imagem com o zoom ótico da lente no máximo e, a azul, com o zoom ótico no mínimo.

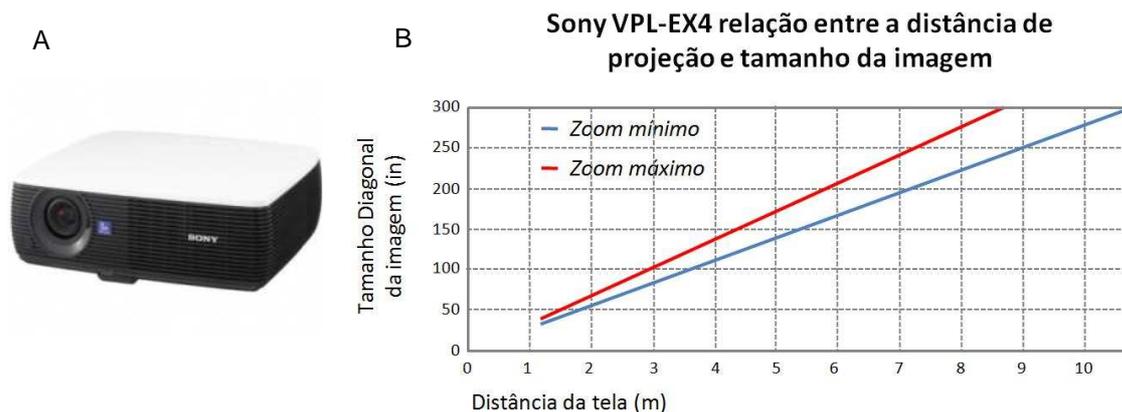


Figura 3.10 – O projetor Sony VLP-EX4 utilizado neste estudo (A). Gráfico mostrando a relação entre o afastamento do projetor da tela e o tamanho da imagem projetada (B).

Como a distância necessária para formar uma imagem de 42 polegadas no acrílico é de 130 cm, maior que a altura da estrutura utilizada (100 cm), duas configurações foram testadas utilizando-se diferentes arranjos de espelhos para determinar a distância apropriada para a formação das imagens.

Na primeira configuração, mostrada na Figura 3.11A, foi posicionado um espelho no centro da base inferior da estrutura formando um ângulo igual a 45 graus em relação ao piso. Tanto o projetor como a câmera filmadora foram fixados horizontalmente em relação a essa estrutura, a uma distância de 30 cm da lateral dos pés da mesma.

Na segunda configuração, a estrutura física utilizada foi construída para confinar todos os componentes físicos nela contidos. Para tal, o projetor e a câmera filmadora foram fixados em uma das laterais da estrutura de 112 cm por 100 cm e direcionados para piso. Um dos espelhos, posicionado dentro dessa estrutura e inclinado em um ângulo igual a 45 graus em relação ao piso, foi utilizado para projetar as imagens na lateral oposta, onde são refletidas por um segundo espelho inclinado em um ângulo igual a 90 graus em relação ao primeiro espelho. Esse procedimento foi feito para possibilitar a projeção das imagens no topo da mesa. Esse sistema de montagem de espelhos é ilustrado na Figura 3.11B.

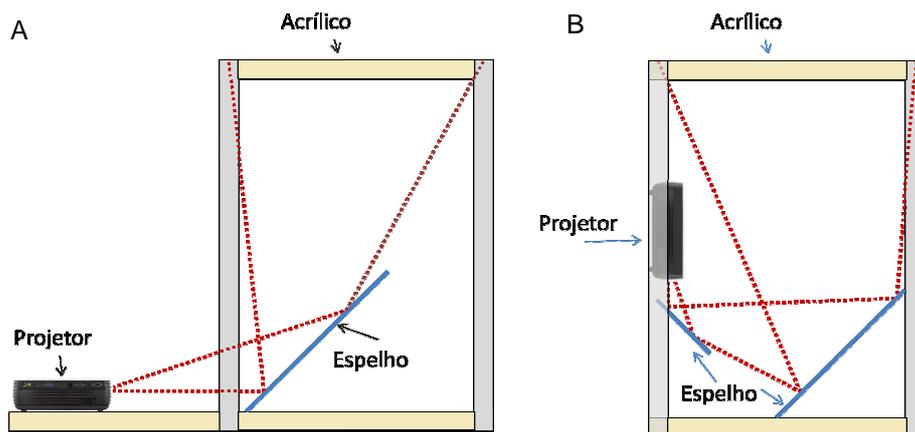


Figura 3.11 – Sistema de montagem dos espelhos para projeção de imagens na superfície da mesa. Configuração feita com um espelho e o projetor fora da estrutura (A). Configuração utilizando dois espelhos com o projetor no interior da estrutura (B).

3.5 Câmera

A Figura 3.12A mostra a filmadora DV Sony Modelo DCR-H21 [33] utilizada para o registro de imagens. Essa filmadora permite uma taxa de captura de vídeo de 29,97 quadros por segundo, com uma resolução de 720 x 480 pixels entrelaçados horizontalmente.

A Figura 3.12B mostra a curva de sensibilidade desta filmadora na faixa do espectro da luz entre 400 e 1400 nm. A curva em vermelho representa a sensibilidade da câmera quando o modo NightShot é ativado, aumentando a sensibilidade da câmera na faixa de 850 a 950 nm. A curva em azul representa a câmera sem o modo NightShot.

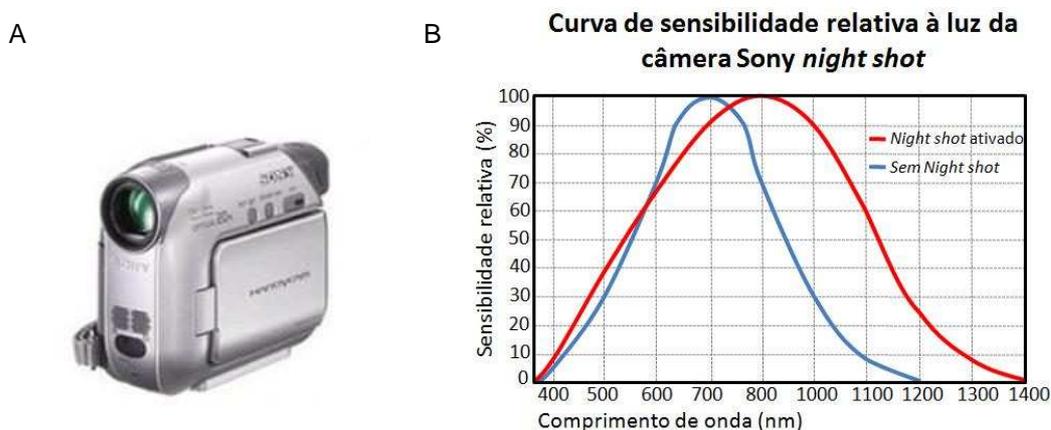


Figura 3.12 – A filmadora digital Sony DCR-H21 (A). Curva de sensibilidade para a faixa de comprimento de ondas entre 400 e 1400 nm (B). A linha vermelha representa a sensibilidade da câmera no modo NightShot e a linha na cor azul a sensibilidade no modo convencional de uso.

A câmera vem equipada com o “NightShot® Plus Infrared System”, o que torna a câmera sensível à luz infravermelha na faixa de 850 a 950 nm, que é emitida pelos LEDs utilizados nas medidas.

Quando o modo NightShot da câmera é ativado, um filtro de vidro interno da câmera, conhecido como ICF (IR Cut Filter), é deslocado do caminho óptico da luz que passa entre a lente da câmera e o CCD onde a imagem é registrada. Esse filtro corrige o tom das cores que atingem o CCD e bloqueia o espectro de luz na região do infravermelho e do ultravioleta que passaram pela lente da câmera [30]. A Figura 3.13 mostra este efeito:

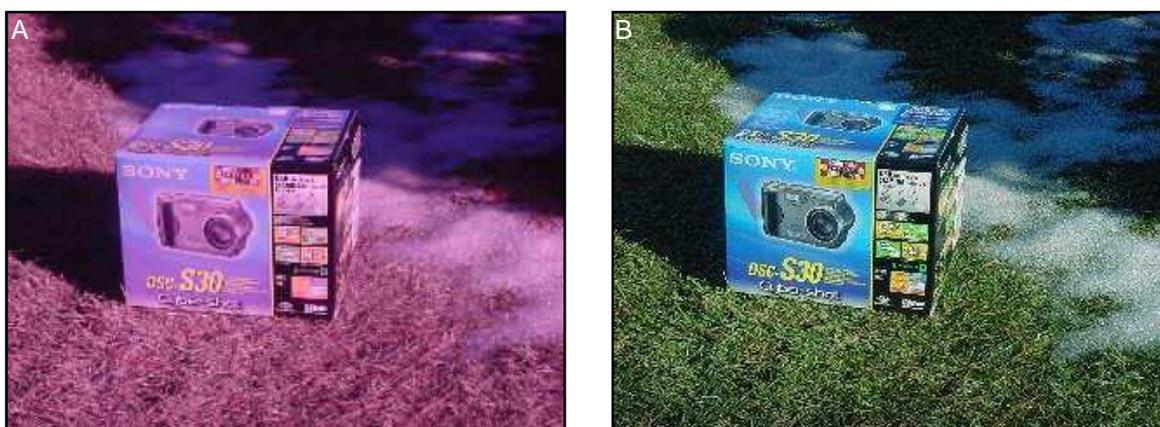


Figura 3.13 – Efeito do filtro ICF sobre as cores da imagem capturada pela câmera. Imagem de uma câmera Sony com o ICF removido, causando distorção nos tons das cores (A). Imagem normal capturada com o ICF (B).

Para evitar a interferência da luz emitida pelo projetor nas imagens capturadas pela filmadora, um filtro foi colocado sobre o sistema de lentes da câmera. Um filme fotográfico Kodak Kodacolor de 35 mm foi utilizado para esse propósito. Basicamente, o filtro foi obtido expondo-se o filme virgem à luz solar e velando o mesmo pelos processos convencionais utilizados na revelação de filmes fotográficos.

No espectro de luz entre 400 e 700 nm, esse filtro permite cerca de 4% da transmissão na faixa do espectro visível e cerca de 85% da luz no espectro do infravermelho de 910 até 1000 nm. A Figura 3.14A mostra a maneira como o filtro foi posicionado sobre o sistema de lentes da câmera, e na Figura 3.14B a curva de transmitância de luz por comprimento de onda do filtro.

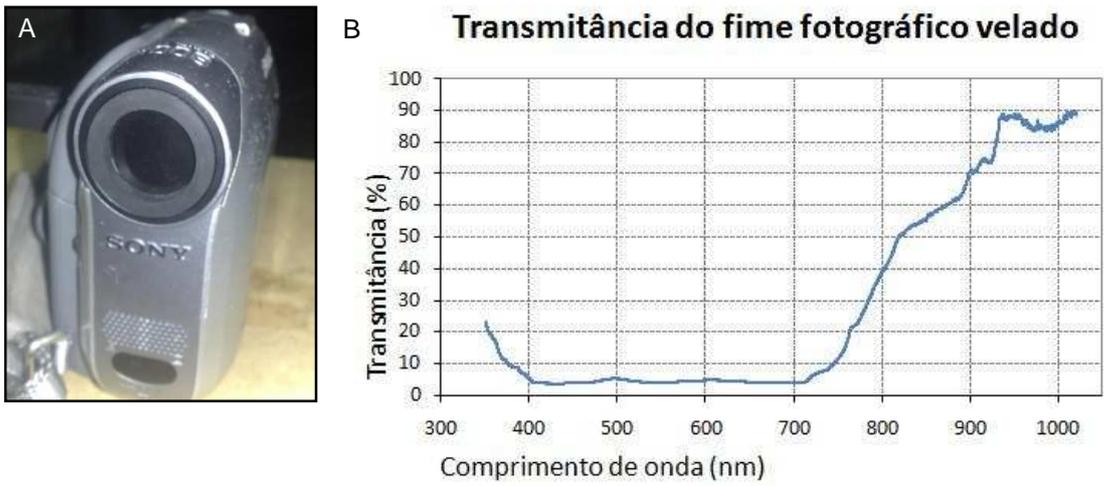


Figura 3.14 – Filme fotográfico velado fixado na lente da filmadora (A). Curva de transmitância da luz por comprimento de onda do filme fotográfico velado (B).