

## CALIBRAÇÃO AUTOMÁTICA DO PROJETOR DE LUZ PARA UM SCANNER 3D.

Alexandre Moriel da Silva, José Eduardo Cogo Castanho – Departamento de Engenharia Elétrica – Faculdade de Engenharia Elétrica – UNESP – Campus de Bauru.

Em trabalho anterior foi implementado um protótipo de scanner 3D baseado na proposta de Bouguet [1]. Embora os resultados obtidos tenham sido animadores, foi possível constatar algumas limitações do método. Entre estas, encontra-se a dificuldade com o método de calibração para localização da fonte de luz, necessária para determinar o plano de luz que é usado na etapa de triangulação. Este método utiliza uma haste de altura conhecida posicionada perpendicularmente sobre o plano de trabalho e sua respectiva sombra projetada sobre esse mesmo plano. Uma imagem desta cena é adquirida e o extremo da haste e sua respectiva sombra são identificados. Posiciona-se então a haste em outros locais do plano de trabalho e repete-se o procedimento anterior. Cada par de pontos extremo da haste, extremo da sombra, gera uma linha no espaço 3D que se intercepta no foco do projetor de luz.

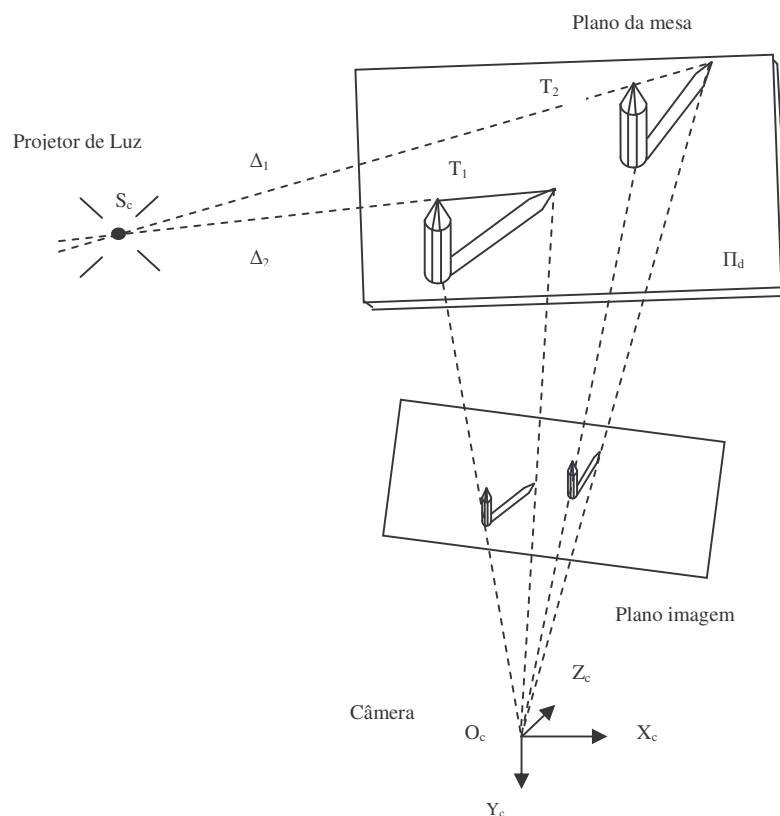
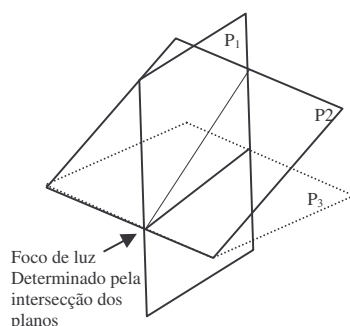


Figura 1 – Esquema do processo de calibração do foco de luz empregado no scanner.

A localização dos pontos extremos das hastes na imagem, contudo, é imprecisa e muito trabalhosa, resultando em erro na determinação do foco de luz e conseqüentemente na determinação do plano de luz necessário à etapa de triangulação. Este trabalho propõe a implementação de uma

técnica de calibração alternativa ao método descrito anteriormente, visando automatizar a tarefa ao mesmo tempo em que proporciona maior precisão nos resultados. Nesta proposta, é utilizada a linha reta projetada por cada haste no plano de trabalho, ao invés de utilizar apenas as projeções de seus pontos extremos. A obtenção da posição do projetor de luz poderá, assim, ser determinada pela intersecção dos vários planos de luz gerados pelas hastes considerando diferentes orientações conforme mostrado na figura 2.



**Figura 2** – Esquema proposto para determinação do foco de luz do projetor através da intersecção dos vários planos de sombra-luz.

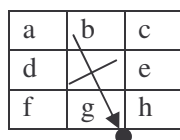
A obtenção dos parâmetros das retas geradas pela sombra no plano de trabalho é feita utilizando a transformada de Hough [2]. A idéia da transformada de Hough é transformar a imagem do espaço x-y para uma representação na forma dos parâmetros descritos pela curva que se deseja encontrar na imagem. Para isto, este espaço dos parâmetros é discretizado e representado na forma de uma matriz de inteiros, onde cada posição da matriz corresponde a um intervalo no espaço real dos parâmetros.

Por sua vez, utiliza-se o algoritmo de Canny [3] para a detecção dos pontos de borda necessários à transformada de Hough. O detector de bordas Canny é um operador gaussiano de primeira derivada que suaviza os ruídos e localiza as bordas.

A imagem é uniformizada por uma função gaussiana bidimensional (2-D) de tamanho especificado por um parâmetro usual. Na prática, convoluções gaussianas bidimensionais de tamanho elevado, levam muito tempo para serem processadas, portanto é comum aproximá-las por duas funções gaussianas unidimensionais, uma no eixo x e a outra no eixo y. Isso resulta em dois valores para cada pixel. Considerando a convolução bidimensional apresentada no estágio anterior, a imagem uniformizada é separada nas direções x e y. Assim é possível calcular o gradiente da superfície uniforme da imagem convolucionada.

Considerando também a aproximação unidimensional apresentada anteriormente, os valores uniformizados na direção x são convolucionados utilizando a primeira derivada da função gaussiana unidimensional com mesmo alinhamento na direção y. Da mesma maneira, os valores uniformizados na direção y são convolucionados utilizando a primeira derivada da função gaussiana unidimensional com mesmo alinhamento, agora na direção x. Para somar os valores dos gradientes de x e y, a magnitude e o ângulo da inclinação podem ser calculados através da hipotenusa e arcotangente do ângulo, similarmente ao operador de Sobel. Encontrado a medida da intensidade de cada ponto da imagem, é preciso localizar agora as bordas. Isso é possível localizando os pontos de máxima intensidade, ou de maneira inversa, pelos pontos de mínima intensidade, que precisam ser omitidos. Um valor de máxima intensidade ocorre no local mais alto da função gradiente ou onde a derivada da função gradiente possui valor zero. Entretanto, desejamos omitir os pontos de mínima intensidade ou pontos de mínimas direções perpendiculares com a borda.

Aproximações são freqüentemente usadas, além da diferenciação perpendicular para cada borda. Cada pixel em volta forma o centro de um novo pixel na vizinhança. Interpolando os valores dos pixels ao redor, as magnitudes dos gradientes são calculadas pelos limites das fronteiras vizinhas em ambas as direções perpendiculares do pixel central, como mostrado na figura 3. Se o pixel considerado na figura abaixo possuir valor menor do que os valores dos pixels vizinhos, ele será omitido.



**Figura 3** - Ilustração da aplicação do algoritmo de Canny para a determinação da direção do gradiente em um ponto da imagem.

A limiarização usada no algoritmo Canny usa o método chamado "histerese". Considerando um segmento de borda, para todo valor situado acima do limite superior de limiarização, ele é imediatamente aceito. Para todo valor situado abaixo do limite inferior de limiarização, ele é imediatamente rejeitado. Pontos situados entre os dois limites serão aceitos se eles estiverem relacionados com pixels que apresentem respostas fortes. As figuras abaixo mostram aplicações utilizando o operador Canny considerando diferentes escalas e diferentes limiarizações.

Para a implementação do projeto foram utilizados materiais já disponíveis no LAR - Laboratórios de Automação e Robótica e no LACME - Laboratório de Acionamentos e Controle de Máquinas Elétricas. Estes Laboratórios dispõem de câmeras de vídeo, placas de aquisição e digitalização de imagens, computadores, e guias lineares com precisão sub-milimétrica e deslocamento controlado por software. A guia foi utilizada para o deslocamento da haste paralelamente, com distâncias precisas, e dessa forma permitiu a implementação da técnica descrita.

A implementação dessas etapas está sendo realizada com o auxílio do software Matlab, o qual também foi utilizado para a implementação de uma interface de aquisição de imagens. Como a obtenção dos elementos de referência é feita automaticamente, utilizando características de imagem mais robustas, espera-se obter maior precisão dos resultados na localização do plano de luz do projetor.

## REFERÊNCIAS

1. BOUGUET, J. Y. and P. Perona. *3D Photography on your desk*. Sixth IEEE International Conference on Computer Vision, Narosa Publishing House, New Delhi, India, (1998).
2. DUDA, R. O. and P.E. Hart, *Use of the Hough transformation to detect lines and curves in the pictures*, Commun. Ass. Comput. Mach., vol. 15, pág. 11-15, Jan. (1972).
3. CANNY, J. *A computational approach to edge detection*. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 8 n° 6, pág 679 – 698, (1986)