

SISTEMA DE MEDIÇÃO E CONTROLE DE DISTÂNCIA FRONTAL BASEADO NA FUSÃO ENTRE CÂMERA DIGITAL E APONTADOR LASER

Fabio Mazzariol Santiciolli, Douglas Eduardo Zampieri

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA - DEPARTAMENTO DE MECÂNICA COMPUTACIONAL

Agência: Fapesp Palavras-Chave: Fusão de sensores - Monovisão - Apontado laser - Robô Autônomo

Introdução

A navegação em tempo real é um dos principais desafios da robótica móvel. Com o desenvolvimento de métodos de sensoriamento de baixo custo computacional é possível chegar mais próximo deste objetivo. Este projeto de iniciação científica propõe a fusão entre visão monocular e apontador laser de modo a formar um sensor medidor de distância frontal TWL (Trena Webcam Laser).

Metodologia

Os sistemas aqui estudados integram webcam, um ou mais apontadores lasers e processamento em Java.

O protótipo ideal deve ter o feixe do laser alinhado perfeitamente com o eixo da webcam, como ilustrado na Figura 1.

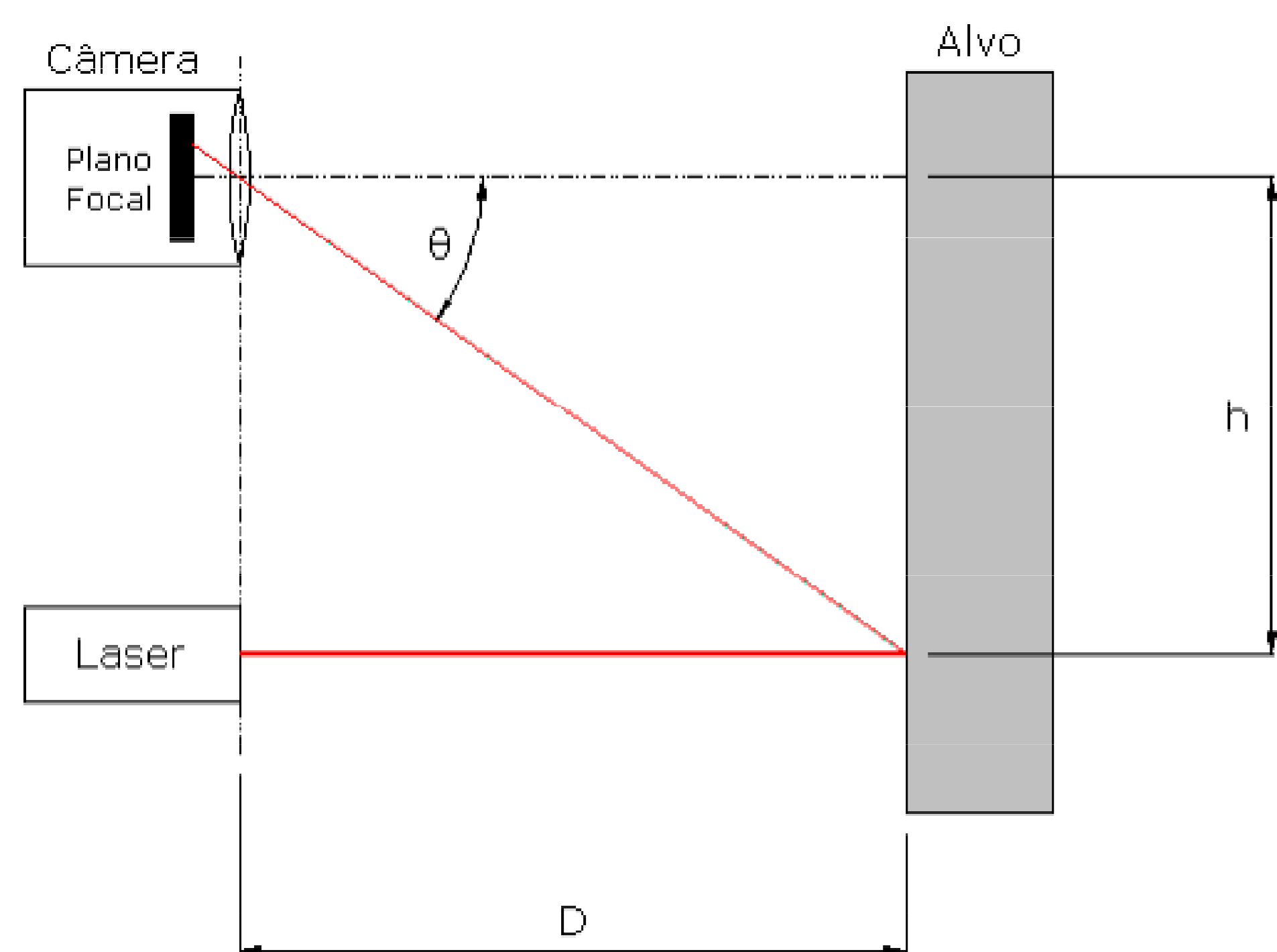


Figura 1 - Modelo teórico de TWL

Conhecendo “h” e fazendo uma tabela de calibração que contenha informações de D e da posição do pixel mais brilhante (ppb) em relação ao topo da matriz de pixels da imagem da webcam, pode-se gerar um gráfico de “θ x ppb” (Figura 2), sendo:

$$\theta = \arctan\left(\frac{h}{D}\right)$$

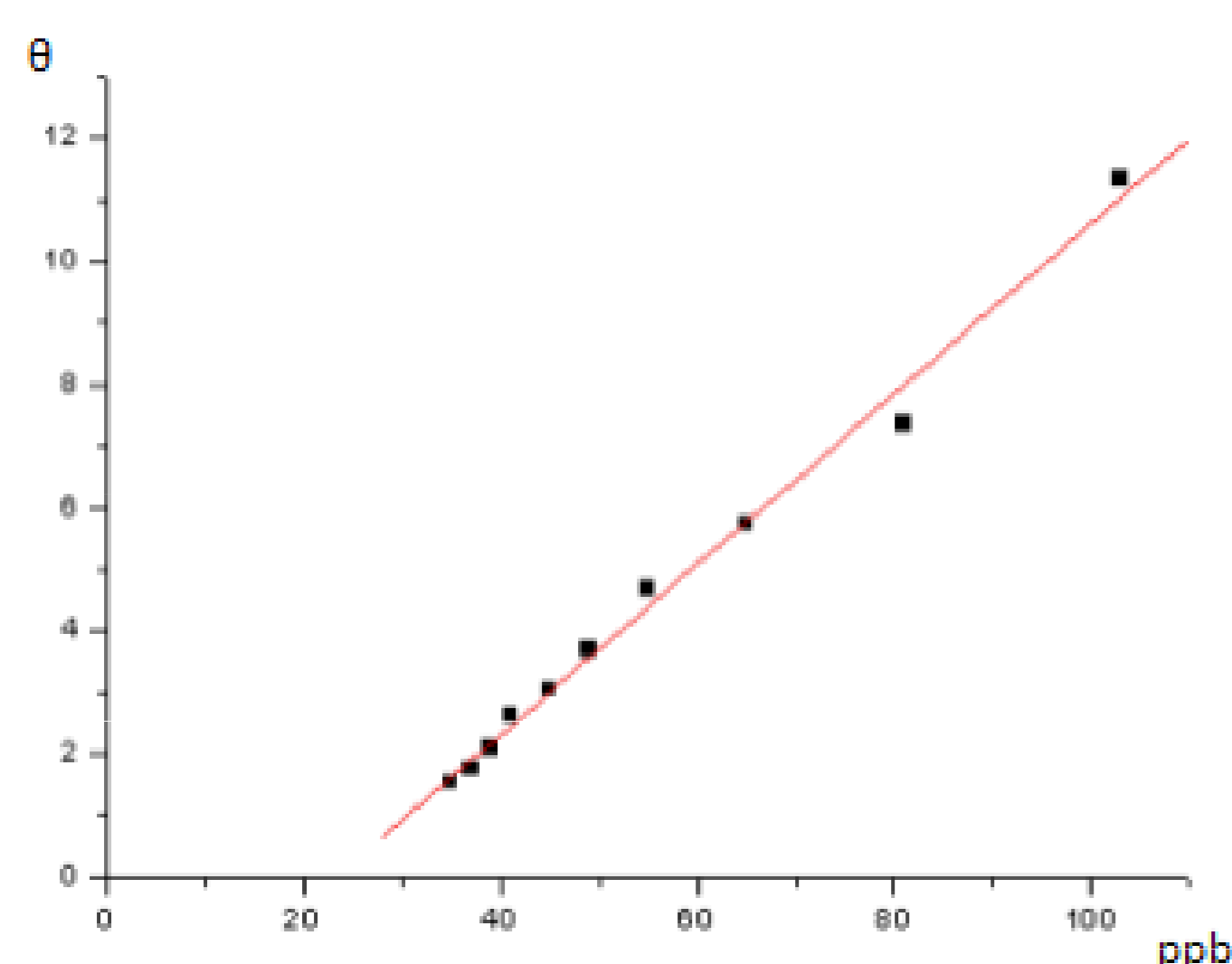


Figura 9 - Relação prevista em teoria entre θ e ppb

A reta gerada por regressão linear neste gráfico tem a seguinte forma:

$$\theta = ppb * ipp + err$$

Onde “ipp” é o incremento de radianos para cada pixel e “err” é uma constante que corrige os referenciais dentro da matriz de pixels.

De posse desta equação, podemos finalmente montar a equação a ser usada no processamento de dados:

$$D = \frac{h}{\tan(ppb * ipp + err)}$$

O primeiro protótipo da TWL foi construído com baixíssimo custo aproveitando uma webcam e uma carcaça de fonte de alimentação já existentes no laboratório, sucata de madeira e alumínio, dois apontadores laser de baixa qualidade adquiridos em loja de variedades.

Foram usinados orifícios na carcaça para o posicionamento da webcam e dos lasers e um pino para a fixação da webcam. Já os lasers foram fixados em um suporte feito em madeira e alumínio maleável, para regular a direção do feixe. Não foi usinado um suporte com precisão pois as carcaças destes lasers são desalinhadas em relação aos feixes, dada a baixa qualidade. Uma vez com os lasers alinhados satisfatoriamente com o eixo da webcam, as hastes de alumínio foram enrijecidas com epox. Ver Figura 3.

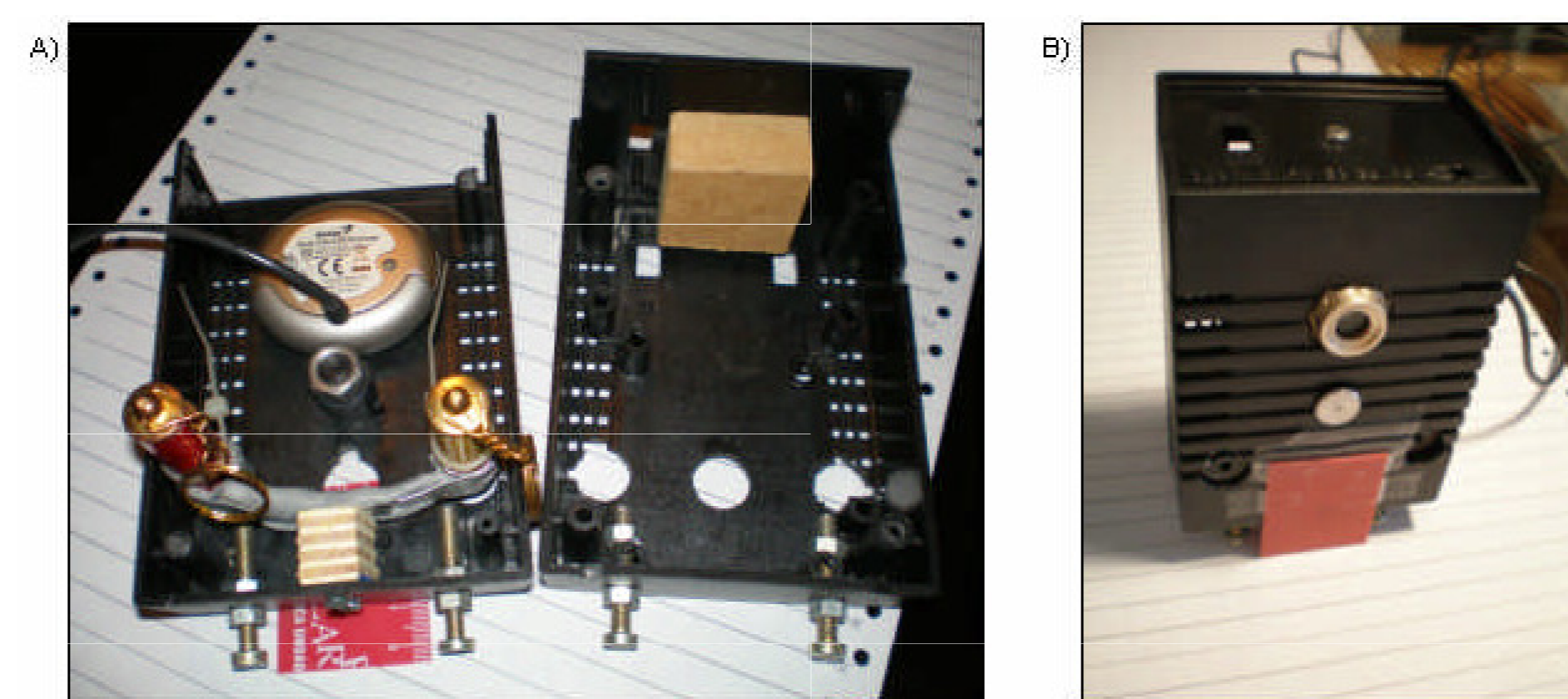


Figura 3 - Em “A” temos o primeiro protótipo da TWL aberto, em “B” temos uma visão geral do protótipo montado.

Entretanto, o alinhamento alcançado era muito precário já que a construção do suporte não era mecanicamente robusta. Isso gerou um grande desalinhamento no primeiro protótipo de TWL, mas também gerou métodos de medição de distância que ignorassem a geometria do protótipo, diferente do previsto na teoria inicial.

Observou-se que a própria calibração gerou uma tabela rica de dados de uma relação direta entre posição do pixel brilhante e distância da TWL frente ao anteparo. Então um primeiro algoritmo de medição pôde ser obtido simplesmente com a entrada da posição do pixel brilhante e a interpolação das informações da tabela gravada em um vetor. Com dois lasers, dividiu-se a imagem ao meio entre esquerda e direita, aplicando-se o algoritmo sobre ambos, obtendo-se 2 valores de distância.

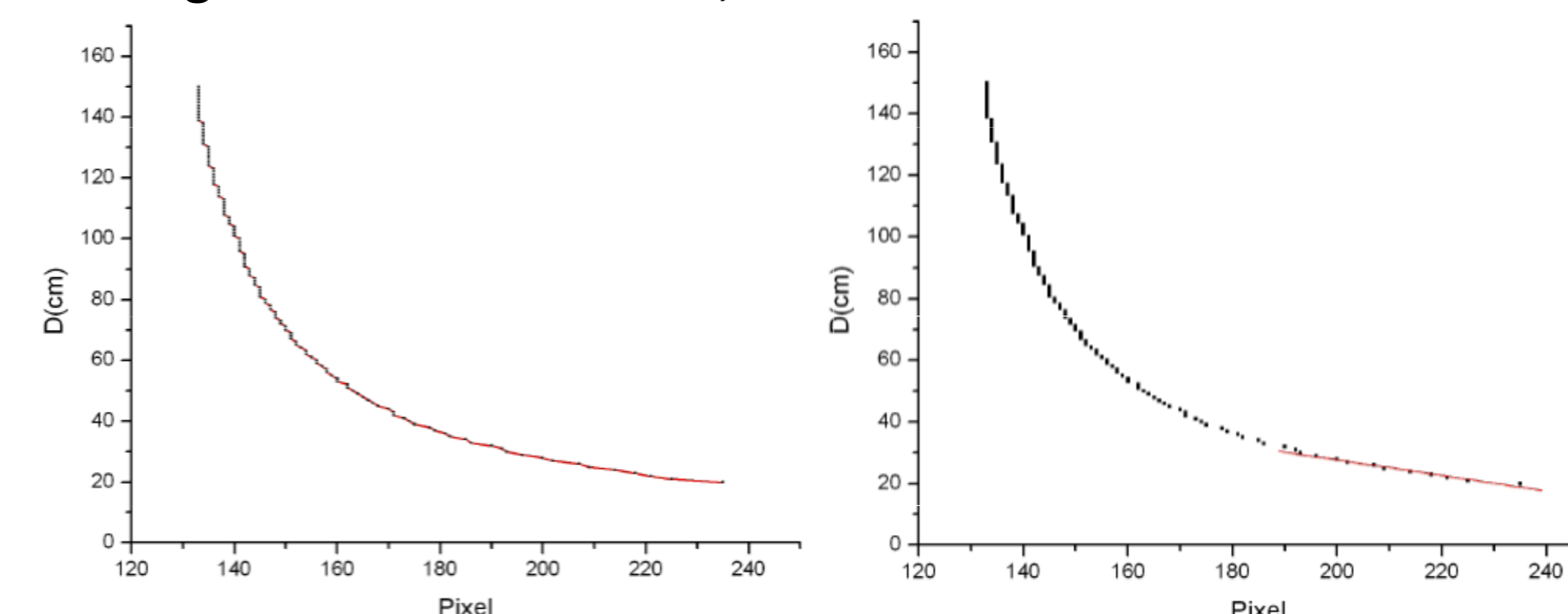


Figura 4 - Primeiro gráfico relativo à técnica de interpolação e o segundo à regressão linear

Outro método para obter a distância foi criado com o objetivo de um processamento mais leve e com ênfase apenas para uso em distâncias pequenas, já que para a aplicação futura sobre o robô SRV-1 o controle mais refinado ocorreria exatamente em operações onde essas distâncias fossem curtas. Observa-se que a região entre 20 e 30 cm pode ser analisada como uma reta. Então, com os dados da tabela de calibração de 20 a 30 cm foram geradas duas retas, uma para cada laser, por regressão linear. Assim, o novo algoritmo apenas recebe as informações de posição dos pixels brilhantes, as aplica nas equações das retas e devolve a distância, evitando a busca sobre os vetores.

Uma vez com os algoritmos prontos, mas com a impossibilidade de construção de um protótipo mecanicamente robusto, a sequência do projeto foi dada sobre o desenvolvimento do algoritmo de movimento e interação com a distância frontal do robô móvel Surveyor SRV-1. Este possui uma webcam, dois apontadores laser e comunicação wireless.

Os algoritmos de movimento estão completamente desenvolvidos em linguagem Java. Foram implementados sobre um console open source disponível em www.surveyor.com chamado SRVTest.

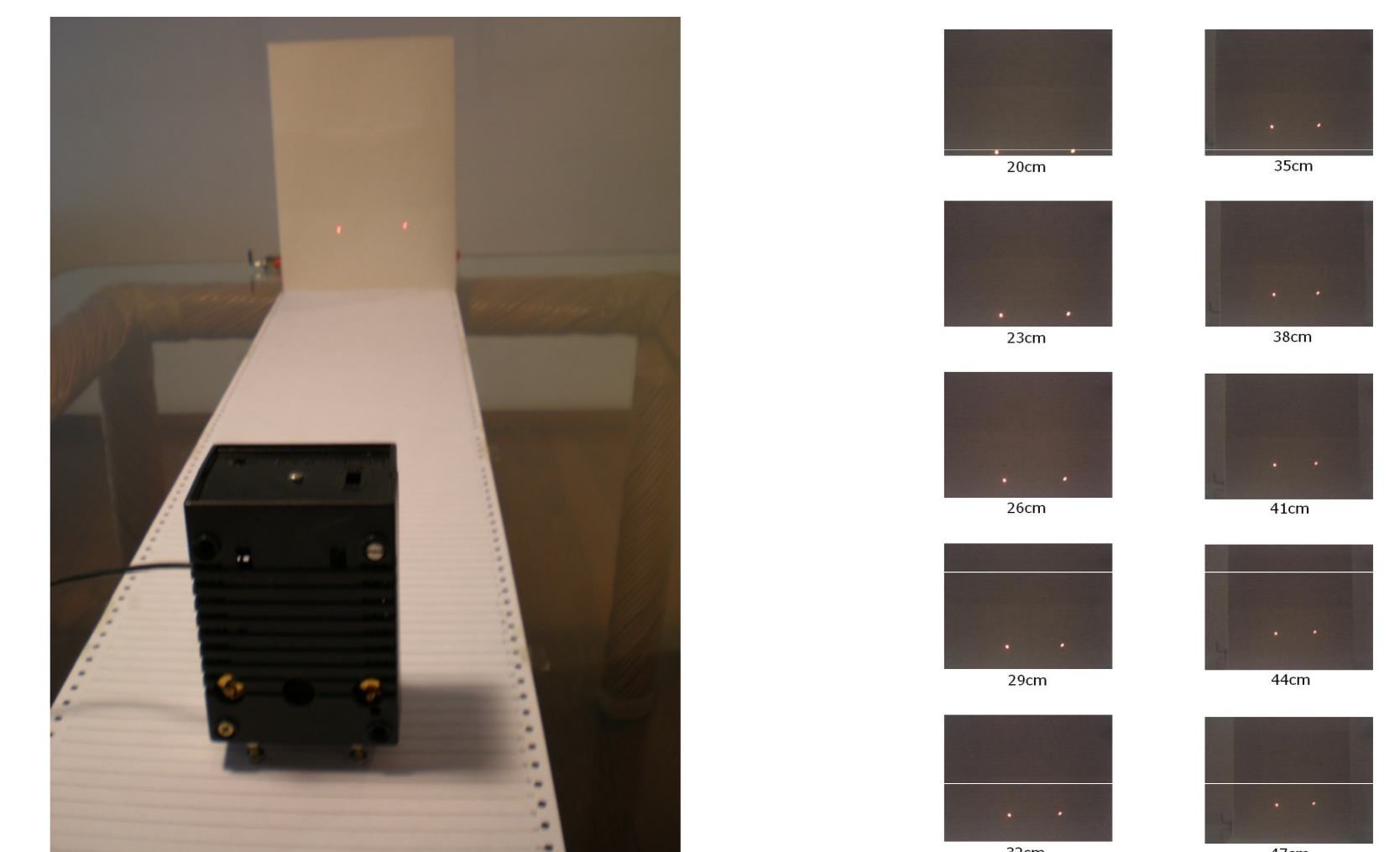


Figura 5 - À esquerda temos uma imagem do processo de calibração e à direita alguns quadros obtidos durante o mesmo.



Figura 6 - Diferentes ângulos do robô Surveyor SRV-1 em funcionamento com os algoritmos estudados

Resultados e Discussão

Distância	Interpolação	Regressão linear	Teoria inicial
20 - 30 cm	0,5 cm	0,5 cm	Sistema Mecanicamente Inconsistente
30 - 60 cm	1 a 3 cm	Início da divergência	
> 60 cm	Limitado pela resolução da câmera	Divergência extrema	Sem avaliação

Tabela 1 - Erros para dada faixa de posição

Como podemos observar na tabela acima, para pequenas distâncias o protótipo de TWL é eficiente e com o aumento da distância os resultados divergem.

Dados os problemas mecânicos do primeiro protótipo de TWL e do SRV1, a teoria inicial ainda não pode ser validade e o robô não pode navegar com dados quantitativos, apenas qualitativos. Mas isso não impediu o desenvolvimento pleno dos algoritmos.

Os problemas de construção mecânica serão resolvidos proximamente com a compra de equipamentos e uso de serviços adequados.

Conclusões

Apesar da impossibilidade da validação da teoria inicial até o momento por problemas de construção mecânica, foram criados métodos alternativos que possibilitaram outras técnicas independentes das dimensões do protótipo. O desenvolvimento dos algoritmos está avançado, assim para conclusão final basta eliminar os problemas de montagem.

Contatos:

Fabio M. Santiciolli - fabiosanticiolli@gmail.com

Douglas E. Zampieri - douglas@fem.unicamp.br