

ANÁLISE DE SENSOR OPTO-ELETRÔNICO NO MONITORAMENTO DE NÍVEIS DE LÍQUIDOS EM RESERVATÓRIOS

Pedro VINÍCIUS FERREIRA SILVA MENEZES (1); André NASCIMENTO DA SILVA (2); Igor GADELHA PEREIRA (3); Nathália ARTHUR BRUNET MONTEIRO (4); Rafael DO NASCIMENTO SILVA (5); Sérgio LOUREDO MAIA LACERDA (6)

(1)IFPB, Av. 1º de Maio, 720 –Juaribe – João Pessoa-PB – CEP 58015-430, pedrovmeneses@gmail.com

(2)IFPB, Av. 1º de Maio, 720 –Juaribe – João Pessoa-PB – CEP 58015-430,
andrenascimento.pet.ee.ifpb@gmail.com

(3)IFPB, Av. 1º de Maio, 720 –Juaribe – João Pessoa-PB – CEP 58015-430, igorgad@gmail.com

(4)IFPB, Av. 1º de Maio, 720 –Juaribe – João Pessoa-PB – CEP 58015-430, nathaliabrunet@gmail.com

(4)IFPB, Av. 1º de Maio, 720 –Juaribe – João Pessoa-PB – CEP 58015-430, rafaeldnsilva@gmail.com

(5)IFPB, Av. 1º de Maio, 720 –Juaribe – João Pessoa-PB – CEP 58015-430, sergiolouredo@hotmail.com

RESUMO

Soluções práticas e consistentes para medição de níveis em processos industriais demandam dispositivos robustos e precisos capazes de identificar e corrigir possíveis eventos que saem da rotina determinada a um dado sistema. Um sensor de boa qualidade combinado a um sistema micro-controlado torna esta verificação bastante eficiente e dinâmica permitindo uma melhor administração de todo o sistema, além de tornar o mesmo preparado para futuras expansões. Através de um dispositivo com essas características sugere-se utilizar um transdutor opto - eletrônico medidor de distância para identificar a informação almejada remetendo tal dado ao sistema micro-controlado para manipulação do mesmo.

Palavras-chave: Sensor opto - eletrônico, sistema micro-controlado, medição de níveis.

1 INTRODUÇÃO

Aferir o nível é um fator de grande importância na indústria, pois além de influenciar no cálculo dos custos – como despesas, por exemplo – afeta principalmente na operação do processo industrial. Assim, a medição de nível vem a ser de grande valia para esse setor, sendo muitas vezes necessário o conhecimento de técnicas especializadas para se desenvolver um bom trabalho. Os sistemas de medição de nível podem ter simples visores, em que apresentam leituras locais e indicações remotas, como também podem ser mais complexos, com registros ou controles automáticos.

Quando se trata da segurança de uma fábrica, da qualidade dos produtos ou da proteção ambiental, a medição de nível vem para solucionar problemas nos processos industriais – que consistem em quantificar referenciais por meio de sistemas de monitoramento ou controle, de volume em tanques ou recipientes de armazenamento, a exemplo de água, combustíveis entre outros líquidos; ou até sólidos como grãos. Sendo uma das principais variáveis utilizadas em controle de processos contínuos, através da medição, torna-se possível:

- Verificar se o nível do material armazenado está dentro dos limites pré-estabelecidos;
- Fazer o balanço de materiais de processos contínuos, ou até mesmo descontínuos, em que existam volumes líquidos ou sólidos de acumulação constante; reações, misturas, entre outros;
- Aperfeiçoar a segurança e controle de alguns processos quando imprescindível que o nível do produto não viole determinados limites;
- Obter eficiência, padronização e economia.

Assim, este trabalho tem como finalidade correlacionar a medida de um transdutor medidor de distância – opto - eletrônico – com o volume de um líquido armazenado em um reservatório de dimensões conhecidas.

2 METODOLOGIA

2.1 MATERIAIS UTILIZADOS

A Fig. (1) ilustra o sensor opto - eletrônico utilizado como medidor de distância, com saída analógica (2D120XF86), esse sensor faz parte de uma família de sensores infravermelhos da SHARP®, muito usados em aplicações de robótica. A configuração interna do dispositivo é disposta em diagrama de blocos e mostrada na Fig. (2). As informações relativas a características de funcionamento, limites máximos de operação e outras informações de grande relevância, como forma de utilização e curvas de resposta do dispositivo estão presentes em sua folha de dados.



Figura 1 - Sensor opto - eletrônico SHARP®.

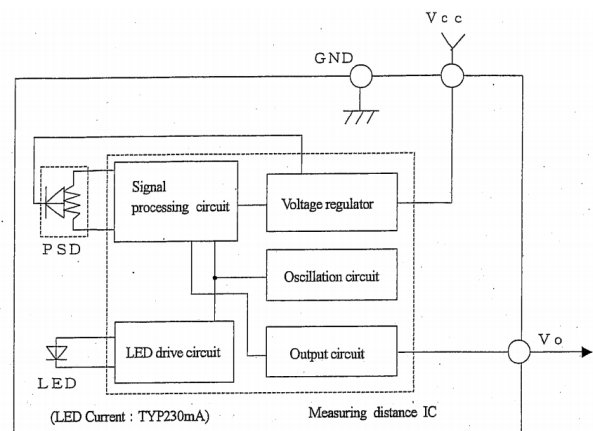


Figura 2 - Diagrama de blocos do circuito interno do sensor SHARP®.

A Fig. (3) mostra o microcontrolador PIC16F877A, do fabricante MICROCHIP®, pertencente a uma família de dispositivos que utilizam memória de programa tipo *flash*. Este dispositivo possui quarenta pinos dispostos no corpo do microcontrolador, com encapsulamento PDIP (*Lead Plastic Dual In-line (P)*). Utiliza arquitetura RISC. Algumas das características mais relevantes fornecidas pelo microcontrolador PIC são:

- 35 instruções;
- Utilização de 20 MHz de *clock* de entrada;
- DC - 200 ns ciclo de instrução;
- Até (8K x 14) palavras do *Flash Memory Program*;
- Até (368 x 8) *bytes* de dados de memória (RAM);
- Até (256 x 8) *bytes* de memória EEPROM de dados;
- 8 canais Conversores analógico digital (A/D) de 10 *bits*;
- Possui as portas, A de 6 *bits*, B, C e D de 8 *bits* e a porta E de 3 *bits*.

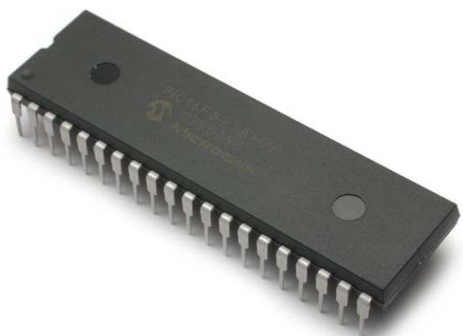


Figura 3 – Microcontrolador PIC16F877A.



Figura 4 - Display LCD JHD 162A

A Fig. (4) ilustra o display de especificação JHD162A. O Display JHD162A possui duas linhas com dezesseis espaços para caracteres cada uma e será utilizado para a exibição dos dados vindos do microcontrolador PIC16F877A, e executará a função de interface de exibição entre sistema e o usuário. As informações mais detalhadas, relativas a características de funcionamento do dispositivo, estão presentes em sua folha de dados.

Tabela 1 - Componentes Utilizados

Quantidade	Componente	Descrição
12	Resistor	330Ω
1	Resistor	1KΩ
1	Resistor	10KΩ
1	Resistor Variável	1KΩ
1	Regulador de tensão	2.1.1 7805
13	Led	-
1	Display LDC 16x2	JHD162A
1	Cristal	20MHz
2	Capacitores	27pF

2.2 MÉTODO UTILIZADO

A Fig. (5) mostra o diagrama de blocos do circuito protótipo montado, onde o microcontrolador PIC16F877A irá receber o sinal de tensão DC advinda da saída analógica do transdutor opto - eletrônico, e será convertido para um valor digital com representação de 10 *bits*. O valor digital convertido será processado com a finalidade de correlacionar linearmente o valor da distância em centímetros (cm), com o valor de tensão digitalizado.

Após o tratamento do sinal, o próximo passo será a exibição ao usuário que será executada tanto pelos 10 *leds* de conversão, exibindo o valor em codificação binária, quanto pelo display de LCD JHD162A, exibindo caracteres. A exibição dos dados pelo display de LCD JHD162A, depende basicamente, de uma lógica de controle realizada por uma biblioteca implementada e usada pelo PIC16F877A para este dispositivo. Assim, os dados no circuito transitam por um barramento de quatro *bits* e a lógica de controle de escrita e leitura usando o barramento de três *bits*. Além disso, é utilizado um sistema de contraste para display de LCD JHD162A através de um potenciômetro.

O circuito ainda é provido de dois *leds* de sinalização, um para informar ao usuário que no momento da inicialização do sistema, o circuito se encontra em um intervalo de estabelecimento, e o outro para sinalizar o término da condição de estabelecimento, estando em pleno funcionamento. Um *led* de alerta será usado para informar ao usuário de forma objetiva que o circuito não está trabalhando na região de linearidade, mas sim, na região para que foi projetado, extrapolando assim as suas limitações.

O bloco relativo ao oscilador refere-se a um cristal de 20 MHz, que se faz necessário para o funcionamento do microcontrolador PIC16F877A.

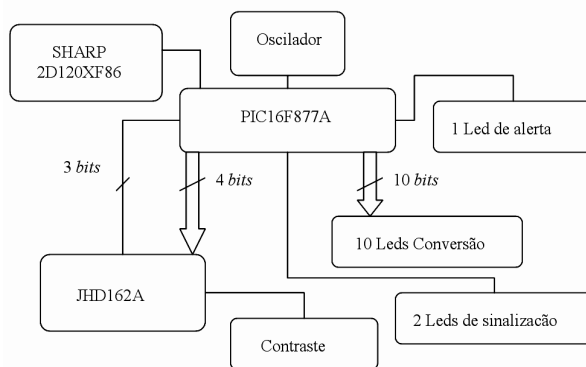


Figura 5 - Diagrama de blocos do circuito protótipo.

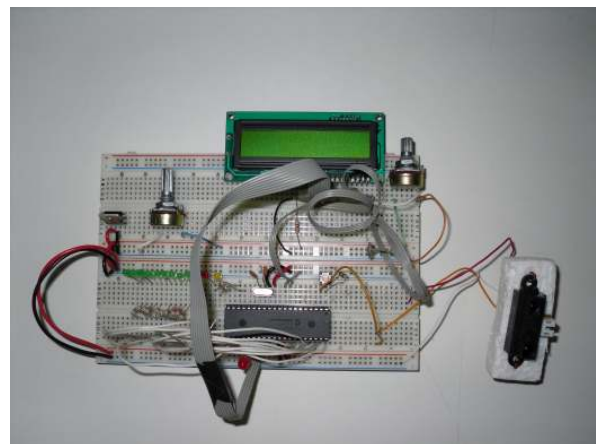


Figura 6 - Circuito final do sistema protótipo.

2.3 LINEARIZAÇÃO DA CURVA DE RESPOSTA DO SENSOR

Os sensores SHARP® da família utilizada possuem uma curva de resposta não linear, sendo necessária a utilização de programas matemáticos sofisticados para gerar um ajuste na curva, para melhor adequá-la a aplicação. A abordagem utilizada para o projeto é usar artifícios matemáticos para uma encontrar uma aproximação única que funcione bem e praticamente com linearidade. A curva do dispositivo fornecida pela folha de dados é disposta na Fig. (7).

Após uma medição prática, foi levantada a curva do dispositivo utilizado no sistema e definido a faixa de operação utilizada, exibida na fig. (8). Note que a curva fornecida pela folha de dados, Fig. (7), possui uma região de comportamento aproximadamente linear, diferente da outra região, que possui comportamento exponencial. Também é fornecido pela folha de dados, um método de parametrização da [Eq. 02] que faz com que o gráfico seja exibido como uma reta podendo ser observado na Fig. (9). Com os dados da medição prática, também foi levantado um gráfico semelhante à curva da Fig. (9), que pode ser visualizado na Fig. (10).

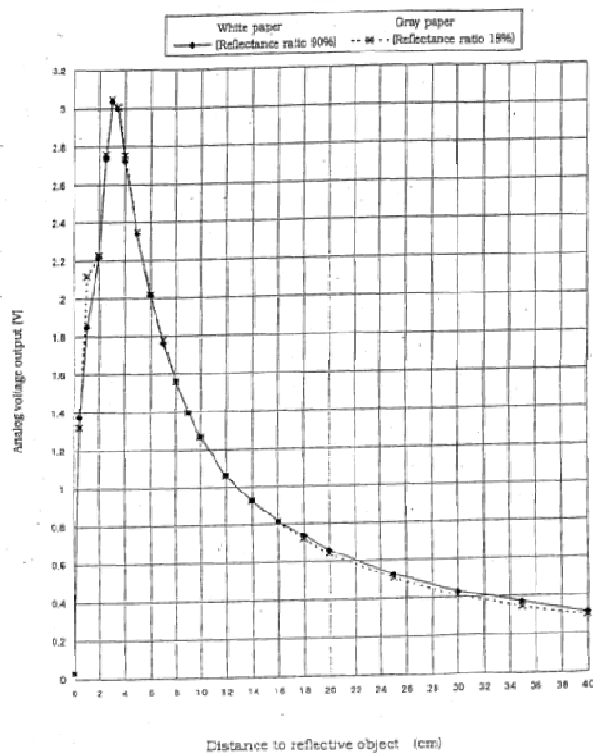


Figura 7 - Curva do dispositivo 2D120XF86.

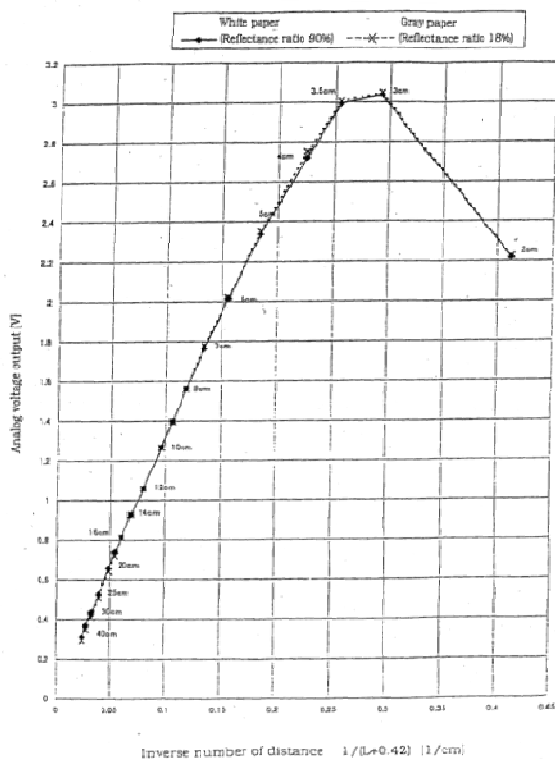


Figura 9 - Curva parametrizada do dispositivo 2D120XF86.

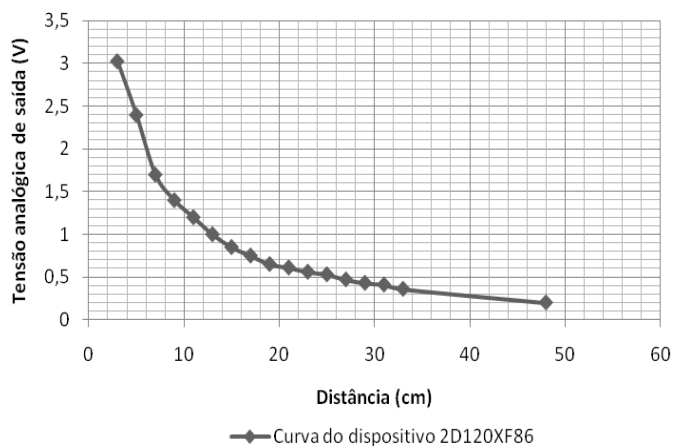


Figura 8 - Curva obtida a partir de medições práticas do dispositivo 2D120XF86.

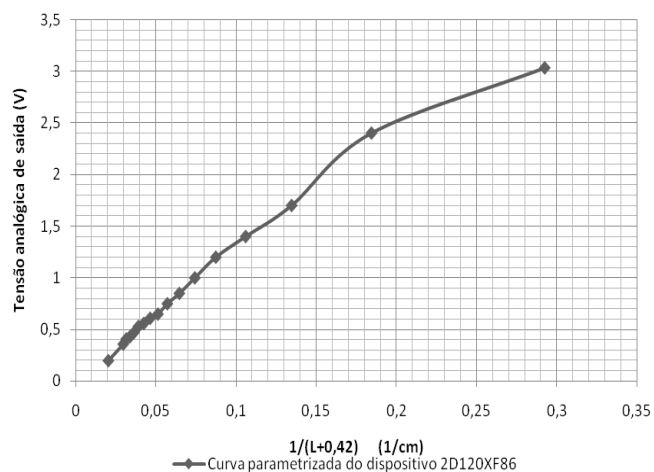


Figura 10 - Curva parametrizada obtida a partir de medições práticas do dispositivo 2D120XF86.

A [Eq. 01] demonstra uma parametrização que relaciona o termo D em função de L.

$$D = 1/(L+k) \quad [1/\text{cm}] \quad [\text{Eq. 01}]$$

Onde D é um fator que representa o inverso da distância medida, L é a distância medida entre o sensor e o objeto, e k é uma constante característica do dispositivo. O termo k é dado pelo fabricante, tendo um valor de 0,42 para o transdutor utilizado. Substituindo na [Eq. 01] obtém-se:

$$D = 1/(L+0,42) [1/\text{cm}] \quad [\text{Eq. 02}]$$

Diante os gráficos obtidos através medição prática, verificou-se que as curvas de resposta do dispositivo estão de acordo com as especificações apresentadas na folha de dados, e foi observado também que o dispositivo está calibrado.

O gráfico da Fig. (11) mostra a linearidade obtida com o artifício da [Eq. 02] e compara a curva obtida com uma reta da equação mostrada pela [Eq. 03].

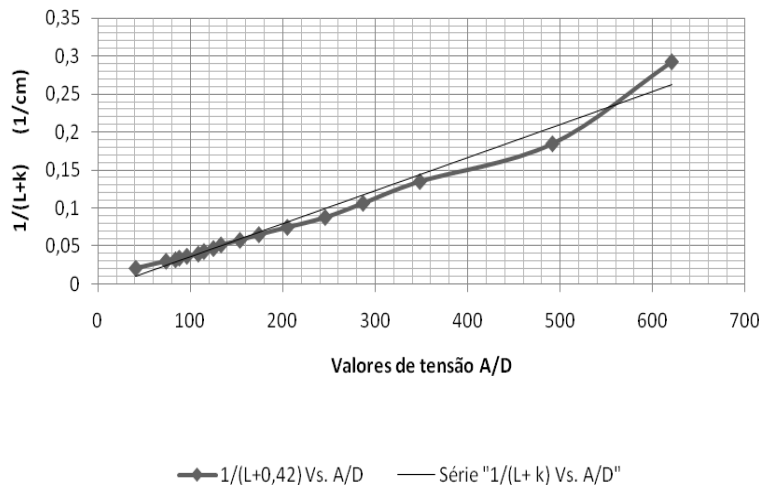


Figura 11 - Linearização da curva do dispositivo 2D120XF86.

$$y = m \cdot V + b \quad [\text{Eq. 03}]$$

A sequência de linearização é dada pela substituição de y da [Eq. 03] por D da [Eq. 01], obtém-se:

$$1/(L+k) = m \cdot V + b \quad [\text{Eq. 04}]$$

Isolando L, a distância entre obstáculo e sensor, em função de V, Valores de tensão A/D, obtém-se:

$$L = (1 / (m \cdot V + b)) - k \quad [\text{Eq. 05}]$$

Reorganizando a fórmula e considerando, $m' = 1/m$ e $b' = b/m$.

$$L = (m' / (V + b')) - k \quad [\text{Eq. 06}]$$

O passo seguinte foi obter as constantes da equação, para isso é fundamental obter alguns dados de calibração. Através de uma regressão linear, a [Eq. 05] será descrita como:

$$L = (2914 / (V + 5)) - 1 \quad [\text{Eq. 07}]$$

A [Eq. 07] fornecerá linearmente a distância em centímetros entre o objeto e o sensor para um respectivo valor de tensão, obtido da conversão A/D. A apresentação do trabalho e publicação nos Anais do Congresso está condicionada à aprovação do seu conteúdo pelo Comitê Científico.

3 DISCUSSÃO

A proposta é gerenciar um sistema que necessite de informações decorrentes do nível de um líquido armazenado em um determinado reservatório para seu controle e funcionamento.

O processo de funcionamento do sistema parte da recepção do sinal oriundo do nível do líquido através do sensor que identificará tal sinal através da reflexão de um feixe luminoso gerado pela superfície da bóia localizada na superfície do líquido armazenado. À medida que o nível do líquido se modifica, o sensor emite um sinal analógico contínuo relacionado com a proximidade do nível que é tratado e interpretado pelo sistema.

A Fig. (12) ilustra um reservatório cilíndrico A com um líquido a determinada altura e um elemento C que constitui uma bóia interna, responsável pela reflexão do feixe luminoso gerado pelo sensor, a um cilindro B. O elemento D representa o sistema de medição posicionado na extremidade superior do cilindro B.

O cilindro B é uma adaptação para que a resposta do sensor seja a mais coerente possível e não seja afetada por fatores externos que comprometam o sinal. A bóia utilizada foi escolhida analisando características do líquido armazenado para atender as necessidades da aplicação. Outro fator é a cor do objeto, de acordo com as especificações da folha de dados do sensor 2D120XF86, a cor branca dá uma resposta mais confiável por se tratar da cor que possui maior capacidade de reflexão luminosa. Logo a bóia deve ser preferencialmente na cor branca. Neste trabalho não foi estudado o efeito da viscosidade do líquido ou o escurecimento da bóia ao longo do tempo, fatores que em algumas aplicações, podem induzir uma interpretação incoerente do nível do líquido.

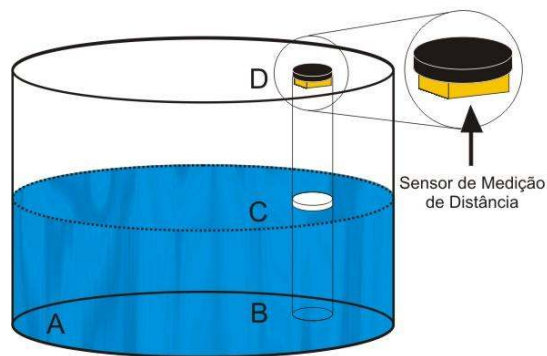


Figura 12 - Reservatório de armazenamento de líquidos.

Um ponto que merece destaque é que o sistema proposto neste trabalho e que o torna mais atrativo em relação a maioria dos dispositivos presentes no mercado com a mesma finalidade de monitorar níveis, é que este tem a propriedade de não funcionar com contatos mecânicos que necessitam de manutenções e lubrificações regulares tornando-o mais robusto. Outro ponto de relevância é a capacidade de expansão que este dispositivo trás ao sistema, possibilitando ao mesmo a intercomunicação com outros sistemas e permitindo que este se torne estágio de um processo industrial de maior complexidade.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Neste documento, foi analisada a potencialidade do uso do sensor de especificação 2D120XF86 como ferramenta de monitoramento para níveis de líquidos em reservatórios, sendo obtidas algumas conclusões.

Com base no gráfico da Fig. (13), que apresenta a relação entre a medida realizada com uma régua e medida de distância realizada com o sistema de medição protótipo, pôde-se concluir que dentro da faixa de operação linear do sensor que parte de distâncias de quatro centímetros até trinta e quatro centímetros o circuito protótipo desempenha bem a função de medição de distância e a função encontrada para a linearização do sensor se mostra eficiente.

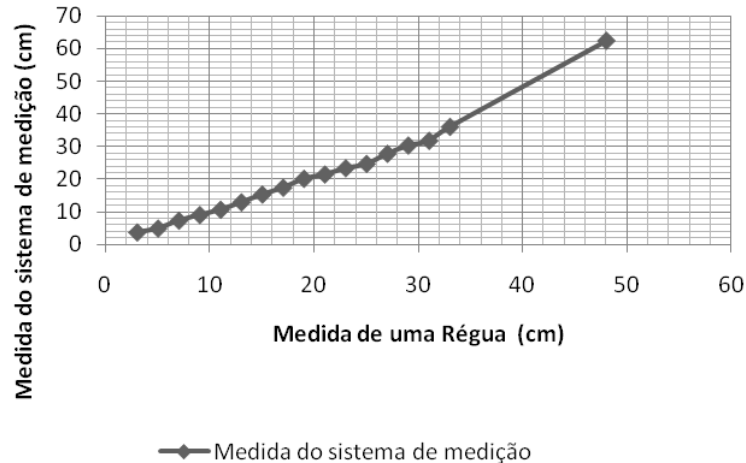


Figura 13 - Comparação entre medição de distâncias com régua e com o sistema de medição implementado.

Para a utilização em certas aplicações o sistema desenvolvido pode ser mais bem empregado em conjunto com vasos comunicantes, uma adaptação muito utilizada, que exprime confiabilidade e é uma prática amplamente consolidada. Concluiu-se também que as propriedades do sensor integradas a um processamento de sinais adequado podem ser usadas em aplicações onde se torna indispensável uma inspeção rápida e qualitativa de processos que requerem controle de nível de líquidos.

REFERÊNCIAS

Datasheet do sensor opto - eletrônico SHARP® 2D120XF86, Disponível em:

<<http://www.phidgets.com/documentation/Phidgets/3520Datasheet.pdf>> Acesso em: 05/07/2010.

Datasheet do microcontrolador PIC 16F877A, Disponível em:

<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/30292c.pdf>> Acesso em: 05/07/2010.

Datasheet do Display LCD JHD 162A, Disponível em:

<<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/127934/ETC/JHD162A.html>> Acesso em: 06/07/2010.