

Congresso Nacional de Engenharia Mecânica VIII CONEM 2014

PROPOSTA DE CONTROLE DE VELOCIDADE PARA *PIGs* INSTRUMENTADOS UTILIZANDO A PLATAFORMA ARDUINO

MESTRANDO GUSTAVO FERNANDES DE LIMA
MESTRANDO VICTOR CARVALHO GALVÃO DE FREITAS
PROF. DR. ANDRÉS ORTIZ SALAZAR
PROF. DR. ANDRÉ LAURINDO MAITELLI
PROF. DR. FRANCISCO DE ASSIS OLIVEIRA FONTES

*Laboratório de Avaliação de Medição em Petróleo
Universidade Federal do Rio Grande do Norte*

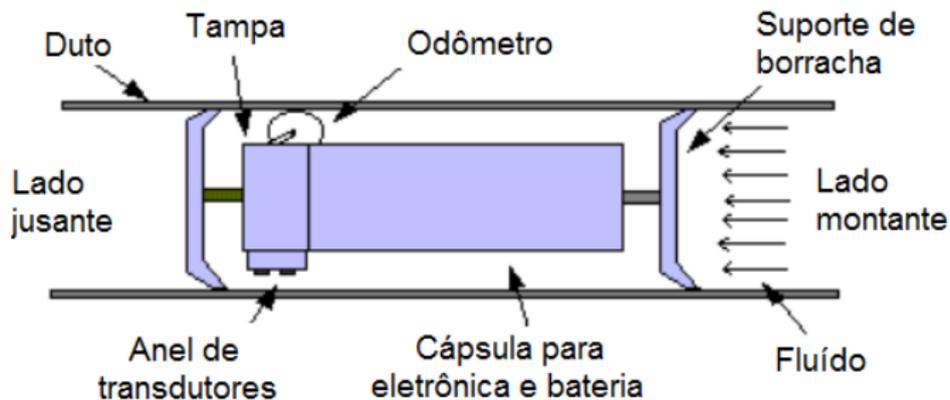
Introdução

- PIG* do inglês *Pipeline Inspection Gauge* ou ferramenta para inspeção de dutos;
- Utilizado para a desobstrução interna e/ou inspeção da integridade interna/externa de uma tubulação;
- Projetado para ser empurrado pela pressão do fluido dentro de um duto.



Introdução

□ Representação de um *PIG* Dentro do Duto



Classificação

- "*Utility PIGs*" ou *PIGs* de limpeza - realizam função de limpeza, separação de produtos, remoção de água e desamassamento dos dutos;
- "*Smart PIGs*" ou *PIGs* instrumentados - fornecem as informações das condições dos dutos, extensão e localização dos defeitos das tubulações.

Classificação

- *PIG* de Limpeza Tipo Disco e *PIG* Instrumentado Tipo MFL



Motivação

- Manter a velocidade de um *PIG* instrumentado em faixa aceitável para realização de operação segura e eficiente.

Objetivos

- Apresentar uma proposta para controlar o diferencial de pressão atuante em *PIGs* instrumentados;
- Utilizar a plataforma Arduino para controlar os tempos de abertura e fechamento de uma válvula *by-pass*;
- Desenvolver uma válvula *by-pass* capaz de controlar a pressão a jusante do *PIG* instrumentado.

Plataforma Arduino

- Pequena placa de circuito impresso (6,8 x 5,5 x 1,0 cm);
- Baseada em *hardware* e *software* livres e fáceis de usar;
- Utiliza o microcontrolador ATMega328 da empresa Atmel;
- Programado em C/C++;
- Destinada a qualquer pessoa interessada em criar objetos ou ambientes interativos.

Plataforma Arduino

□ Blocos Identificados do Arduino Uno



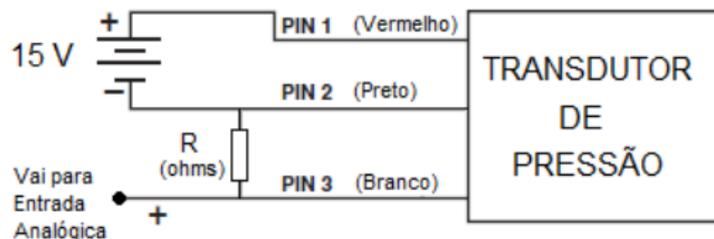
Transdutor de Pressão

- Dispositivo que realiza a conversão de uma forma de energia (pressão) em outra (tensão elétrica);
- Utilizou-se dois transdutores da marca Ashcroft modelo A2X que medem pressões de 0 a 6.894,76 *kPa* (0 a 1.000 *psi*);
- Alimentação de entrada de 15 V_{DC} e sinais de saída de 0 e 5 V_{DC} , compatíveis com a placa Arduino.



Transdutor de Pressão

- Imagem do Transdutor e Esquema Elétrico de Ligação

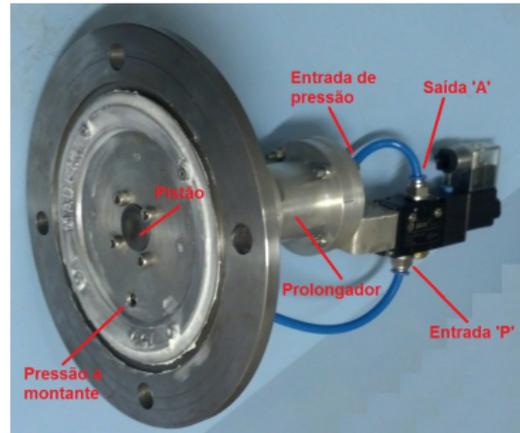
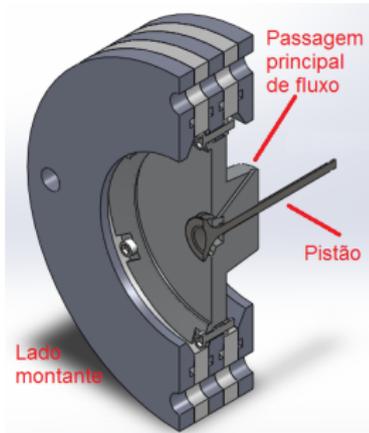


Válvula *By-pass*

- Componente mecânico capaz de controlar a pressão do lado jusante do *PIG*, dessa forma consegue controlar o diferencial de pressão atuante no *PIG* instrumentado;
- Possui um pistão que é acionado por uma por uma válvula solenóide do tipo 3 vias e 2 posições;
- Montada de maneira a aproveitar uma pequena parte de pressão do próprio duto (lado montante) para o acionamento do pistão.

Válvula *By-pass*

- Válvula *By-pass* em Corte e Montada com a Solenóide



Dedução de uma Relação entre V_{PIG} e ΔP

- O regime de escoamento através do orifício de descarga da válvula *by-pass* é calculado pela Eq. (1).

$$C_v = \frac{47,2 \cdot Q}{\sqrt{\Delta P \cdot (P_1 + P_2) \cdot \rho}} \quad (1)$$

- Isolando a vazão Q na Eq. (1) obtém-se a Eq. (2).

$$Q = 0,0212 \cdot C_v \cdot \sqrt{\Delta P \cdot (P_1 + P_2) \cdot \rho} \quad (2)$$

- A vazão de um fluido em uma tubulação é dada pela Eq. (3).

$$Q = V_{FLUIDO} \cdot A$$

Dedução de uma Relação entre V_{PIG} e ΔP

- Substituindo a Eq. (3) na Eq. (2) obtem-se uma relação entre ΔP e V_{FLUIDO} , conforme Eq. (4).

$$V_{FLUIDO} \cdot A = 0,0212 \cdot C_v \cdot \sqrt{\Delta P \cdot (P_1 + P_2) \cdot \rho} \quad (4)$$

- Considerando V_{PIG} igual a V_{FLUIDO} (quando a válvula estiver fechada), então V_{PIG} será dada pela Eq. (5).

$$V_{PIG} = V_{FLUIDO} = \frac{0,0212 \cdot C_v \cdot \sqrt{\Delta P \cdot (P_1 + P_2) \cdot \rho}}{A} \quad (5)$$

- Assim, define-se uma relação entre ΔP e V_{PIG} :

$$V_{PIG} = f(\Delta P, P)$$



Bancada de Testes

- É o conjunto mecânico que permite a realização de simulação de situações de "tiro" em *PIGs*;
- Construída em aço galvanizado com diâmetro de 100 *mm* (4") e aproximadamente 2 *m* de comprimento;
- A válvula *by-pass* proposta identificada por *VP* fica no centro da tubulação. O lado montante de *VP* fica à direita e o lado jusante de *VP* fica à esquerda.

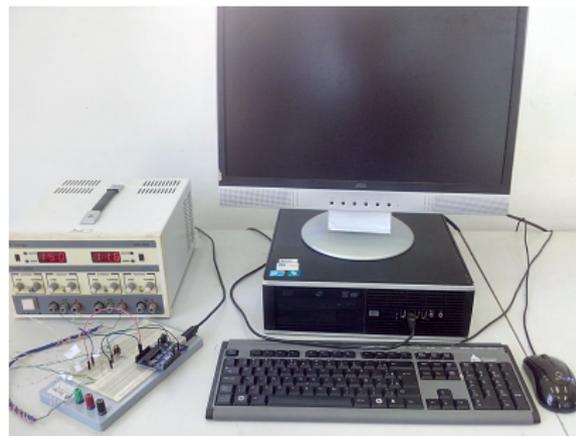
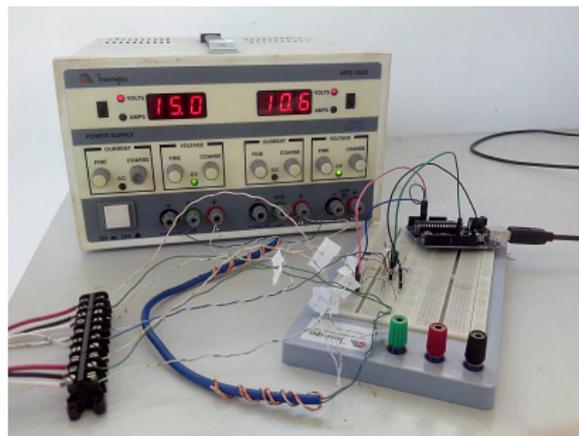
Bancada de Testes

□ Bancada de Testes Montada



Bancada de Testes

□ Circuito Eletrônico e Computador



Estratégia de Controle

- Implementar uma espécie de modulação no sinal de acionamento da solenóide, para manter o diferencial de pressão (ΔP) em uma faixa predefinida;
- A ideia é similar à modulação PWM, em que o valor médio do sinal modulado depende da duração dos pulsos;
- Nos ensaios realizados, na bancada de testes, definiu-se como faixa segura de operação para o *PIG* os valores entre 60 e 100 *kPa*.

Estratégia de Controle

- Relação entre Diferencial de Pressão e PWM da Válvula

ΔP (kPa)	PWM Aplicado (%)
$\Delta P > 100$	100
$60 \leq \Delta P \leq 100$	50
$\Delta P < 60$	0

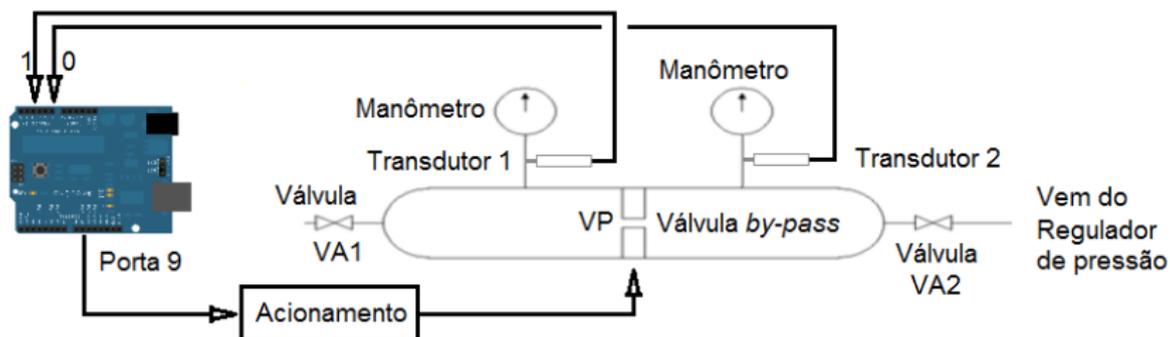
Metodologia Experimental

- Pressurizar a tubulação a montante e a jusante de VP, para produzir um diferencial de pressão ΔP diferente de zero, que simule o movimento do *PIG* dentro do duto;
- Abrir o registro esfera VA1 de forma manual para esvaziamento da tubulação a jusante de VP, produzindo um rápido aumento de ΔP que simula um "tiro" atuante no *PIG*;
- Leitura das pressões pelo Arduino e acionamento de válvula VP para diminuir o ΔP no menor tempo possível, buscando alcançar uma faixa de valores predefinidos;
- Outras situações, como velocidade do *PIG* abaixo da referência, ficarão para trabalhos futuros.



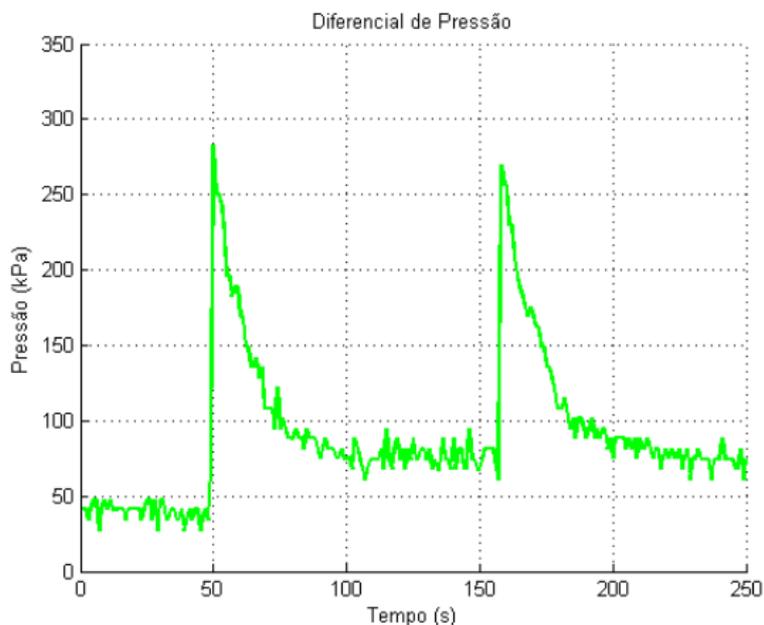
Metodologia Experimental

□ Conexões Elétricas Realizadas no Entorno da Bancada



Resultados e Discussões

- Diferencial de Pressão x Tempo (01 orifício de $\phi 2,5\text{mm}$)

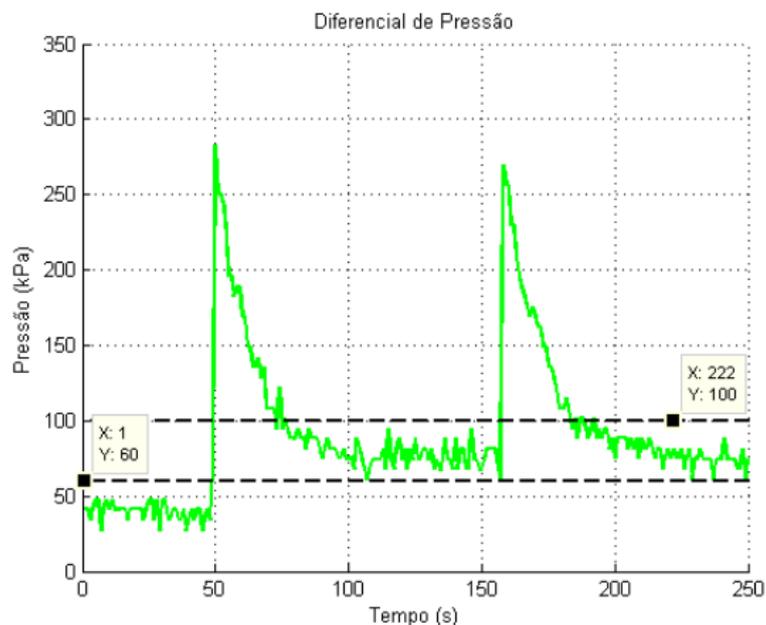


Resultados e Discussões

- O diferencial de pressão ΔP começou um pouco abaixo de 50 kPa ($7,26 \text{ psi}$), simulando o *PIG* em movimento;
- Em 50 s abriu-se o registro *VA1* manualmente e ocorreu um pico de pressão, simulando um "tiro", aumentando o ΔP ;
- O Arduino comandou a abertura da válvula *by-pass VP* e rapidamente observou-se uma queda significativa em ΔP ;
- Depois de entrar na faixa de 60 e 100 kPa , a *VP* ficou modulando para não deixar o ΔP cair para baixo de 60 kPa .

Resultados e Discussões

- Gráfico ΔP com a Faixa Predefinida em Destaque



Conclusões

- Foi apresentada uma proposta para minimizar os efeitos da situação de "tiro" atuante em *PIGs*. Os resultados experimentais mostraram o sucesso na detecção do "tiro" e a rápida abertura da válvula *by-pass* VP;
- Foi desenvolvida uma válvula *by-pass* VP para controle do diferencial de pressão. Nos resultados, percebe-se uma queda significativa no ΔP com a abertura do orifício;
- Foi implementado um controle de abertura/fechamento de VP, de maneira similar a um sinal PWM. No gráfico de ΔP pode-se visualizar o sucesso em manter o ΔP dentro de uma faixa predefinida.



Referências

- Banzi, M., Cuartielles, D., Igoe, T., Martino, G., Mellis, D., 2006. “Arduino - homepage”. Disponível em: www.arduino.cc. Acesso em: 26 abr. 2013.
- da Silva, T.H.G., 2013. *Análise da Mecânica Respiratória de Traqueas Isoladas de Ratos*. Dissertação de mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- Diaz, J.F.A., 2008. *Estudo e Projeto Conceitual de um Robô para Inspeção de Linhas de Serviço*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, RJ.
- Pereira, C.G., de Oliveira, R.R.G., de Lima, G.F., Salazar, A.O., Maitelli, A.L., Fontes, F.A.O., 2013. “Proposta de tecnologia para controle de velocidade de pigs instrumentados”. *INTERCON 2013*.
- Souza, A.R., Paixão, A.C., Uzêda, D.D., Dias, M.A., Duarte, S., de Amorim, H.S., 2011. “A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC”. In *Revista Brasileira de Ensino de Física*. Vol. 33, pp. 1702–1 – 1702–5.

Fim

O B R I G A D O

Agradecimentos:

