

XX Copinaval - 2007



Escola Politécnica da USP

Projeto e Implementação de Sistema de Posicionamento Dinâmico para Ensaios em Veículos Oceânicos

Fernando Keihan Kawamura

Natalia Fernandes Lopes

Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos

Lázaro Moratelli Jr.

Eduardo Aoun Tannuri

Prof. Dr. Hélio Mitio Morishita

Departamento de Engenharia Naval e Oceânica

São Paulo, 22 de outubro de 2007

Agenda

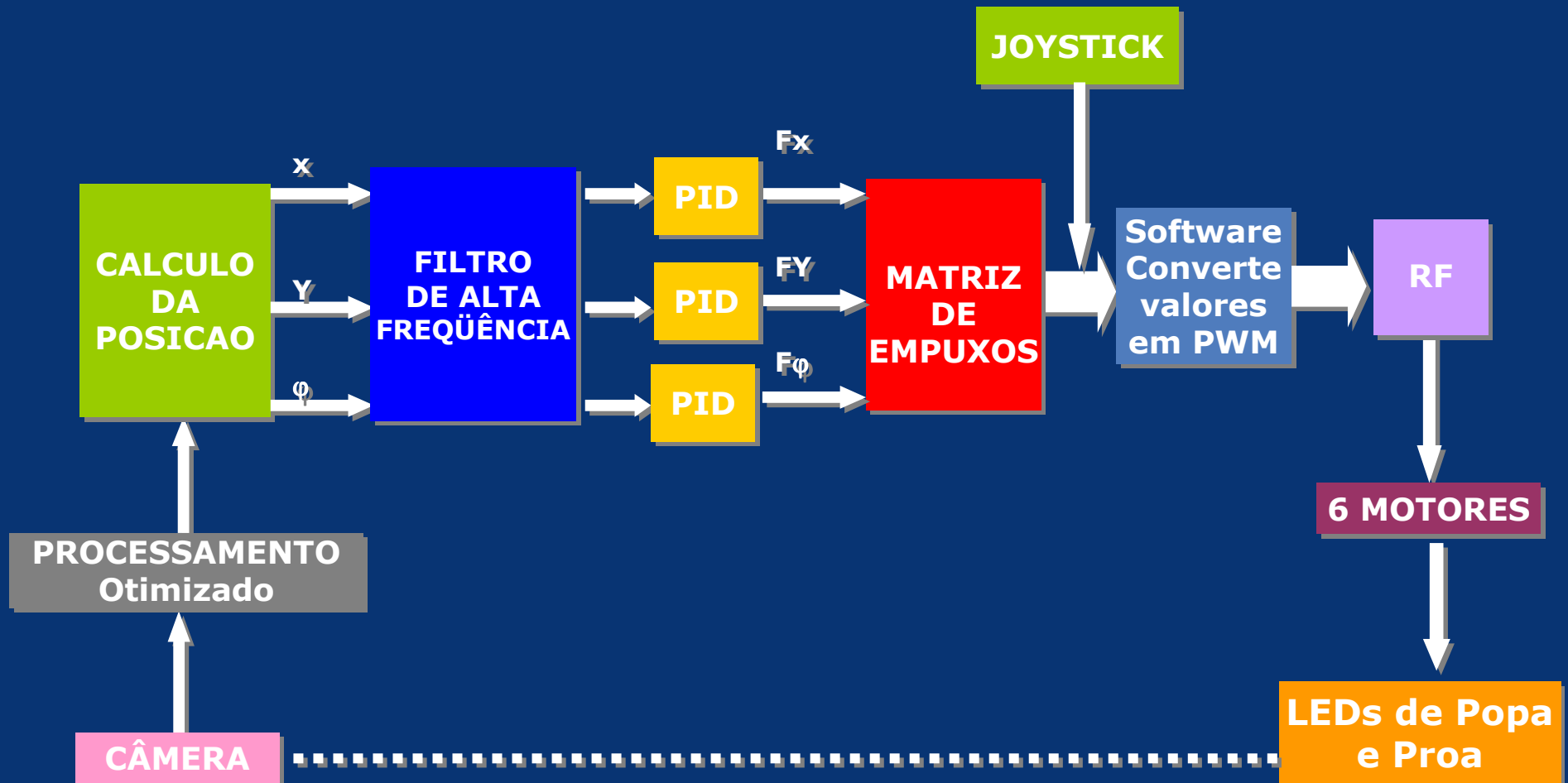
- Introdução
- Resultados e Discussão
 - Sistema de Captura de Imagens;
 - Controle Manual;
 - Filtro de Alta Frequência;
 - Matriz de Alocação de Empuxos.
- Conclusões

Introdução

Sistema de Posicionamento Dinâmico (SPD)

Permite manter uma embarcação numa posição pré-definida através de propulsores coordenados por uma central computadorizada com informações externas.

SPD



Sistema de Captura de Imagens

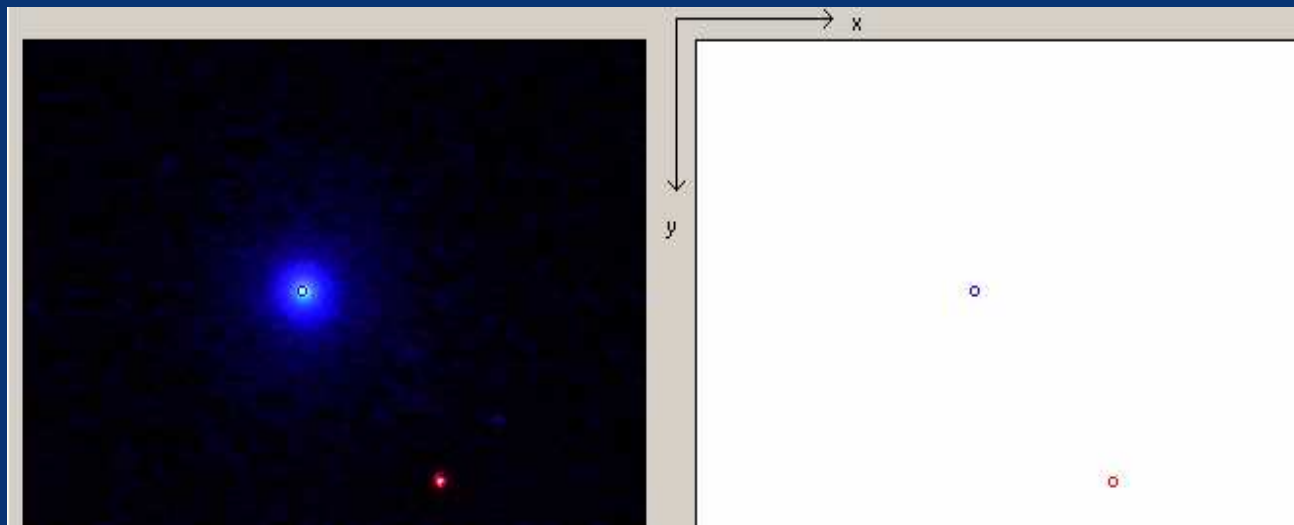


Figura 1: Localização automática da popa e da proa.

- Localização Automática;
- Minimização do erro nas regiões críticas;
- Atualização da posição mais robusta e precisa;
- Identificação intuitiva da popa e da proa no ambiente escuro.

Sistema de Captura de Imagens

Metodologia

- Escolha dos leds (intensidades opostas);
- Divisão da imagem em diferentes zonas;
- Eliminação do ruído da imagem;
- Localização baseada em pixel de maior intensidade luminosa;
- Modificação do algoritmo de atualização da posição.

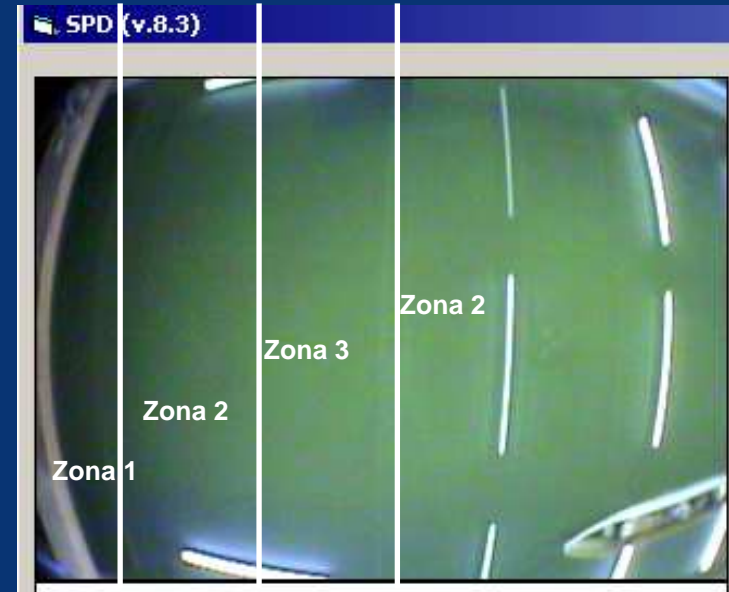


Figura 2: Zonas de imagem da câmera.

Controle Manual



Figura 3: Joystick implementado.

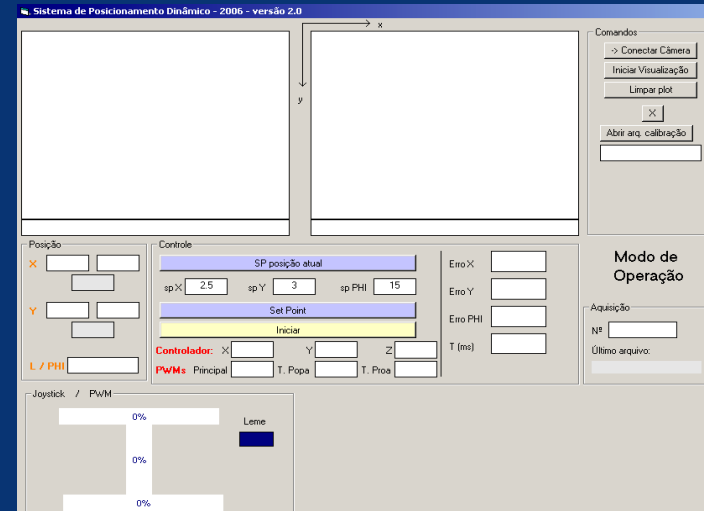


Figura 4: Tela de interface do SPD.

- Navegabilidade em qualquer ponto do Tanque de Provas;
- Rotação integrada;
- Grande número de botões configuráveis;
- Simula manobras de um comandante e completa todas as opções de controle de uma embarcação real;
- Praticidade ao usuário e automatização.

Controle Manual

Metodologia

- Aquisição e especificação do equipamento: preço x características especiais;
- Definição dos movimentos (sway, yaw e surge);
- Número de botões (funcionalidades);
- PWM enviado aos motores é atualizado a cada 100 ms (Timer do Visual Basic);
- Implementado via API do Windows : simplicidade.



Figura 5: Joystick e Interface SPD.

Filtro de Alta Freqüência

- Freqüência de corte 0,3Hz;
- Atraso de grupo de 16 amostras;
- Estabilização em 15s;
- Sinal livre de ruídos;
- Aplicação com controle PID mais simples que filtro de Kalman.
- Força possui sinal menos ruidoso.

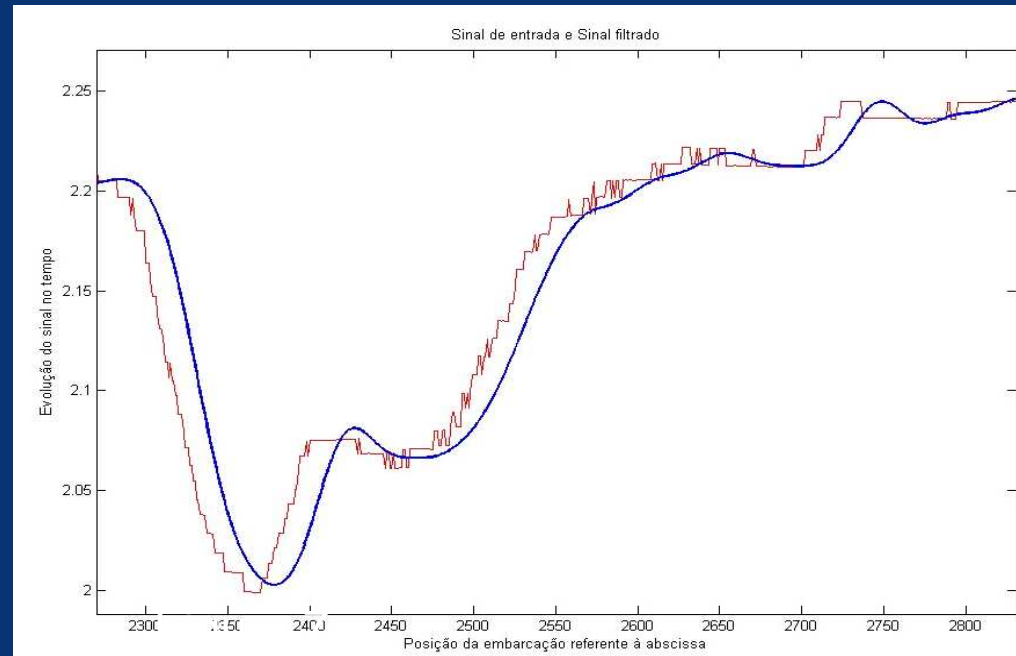
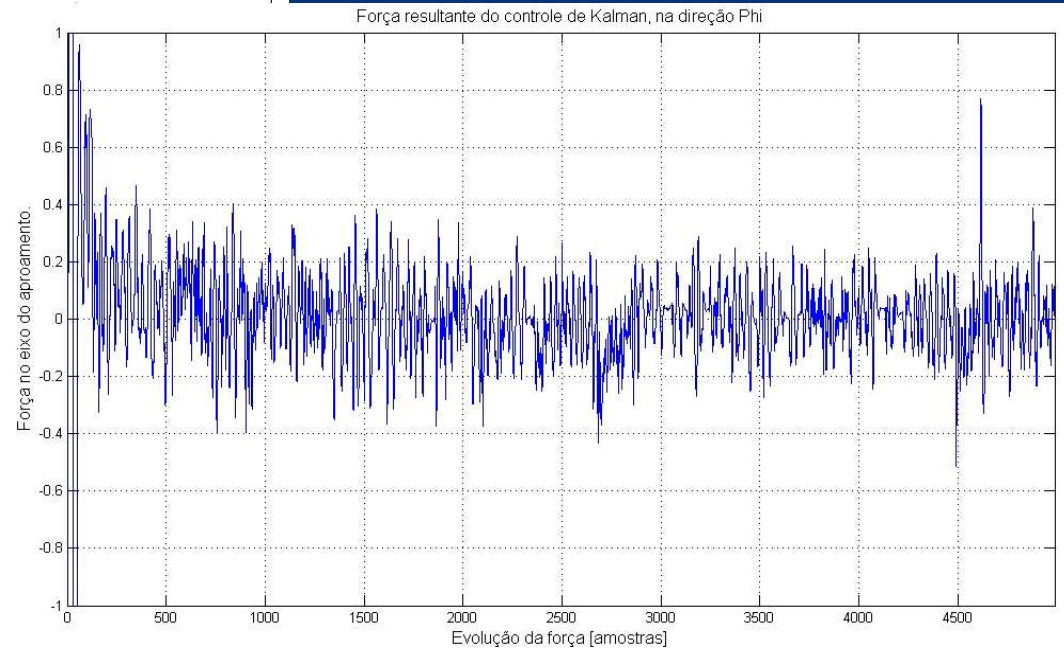
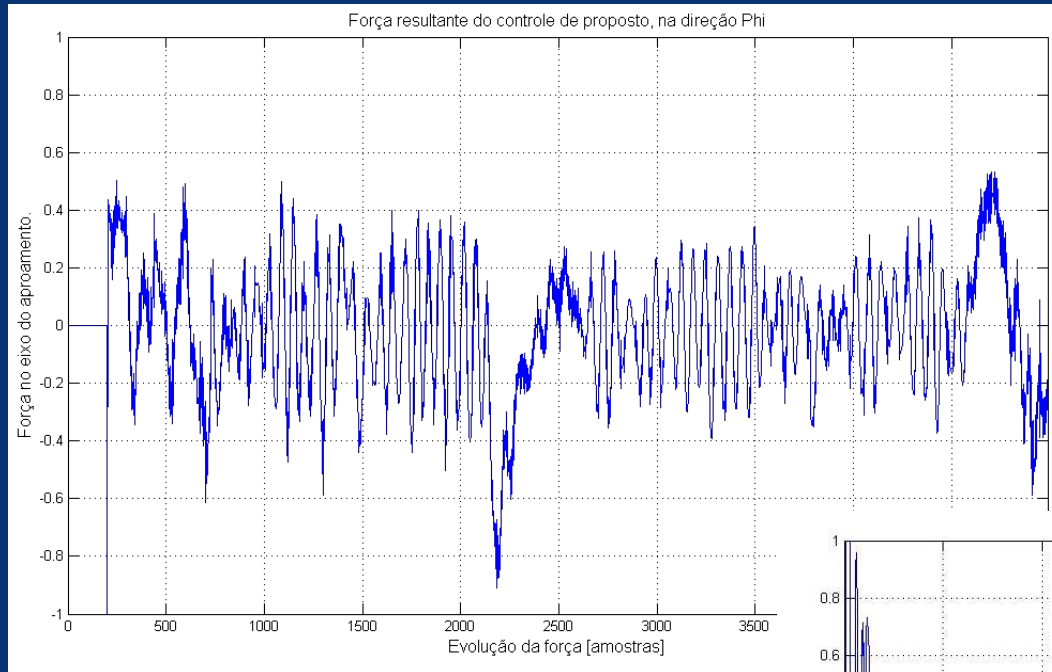


Figura 6: Filtro passa-bandas, Chebyshev II

Filtro de Alta Freqüência



Figuras 7 e 8: À esquerda acima, Força na direção ϕ , com PID. À direita, Força na direção ϕ , com Kalman.

Filtro de Alta Freqüência

Metodologia

- Síntese dos filtros notch, mediana e *bandstop*;
- Comparação dos resultados considerando estabilidade, atraso de grupo e suavidade do sinal;
- Síntese de filtros passa-bandas Butterworth e Chebyshev II;
- Implantação no controle PID e comparação com filtro de Kalman, considerando as forças e empuxos resultantes.

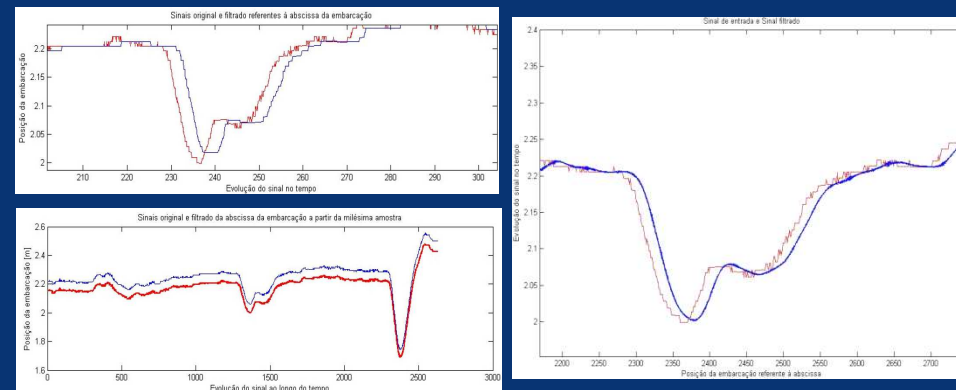


Figura 9: No alto, à esquerda, filtro mediana. A baixo, à esquerda, filtro notch e à direita o filtro *bandstop* Chebyshev II.

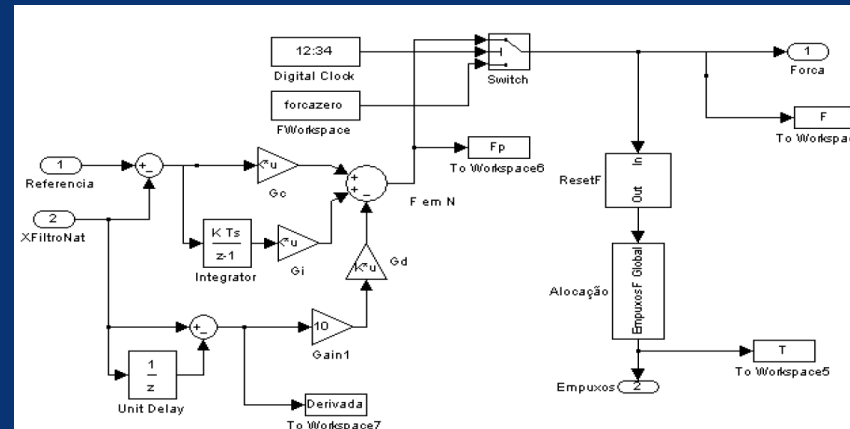


Figura 10 :PID integrado ao filtro passa-bandas.

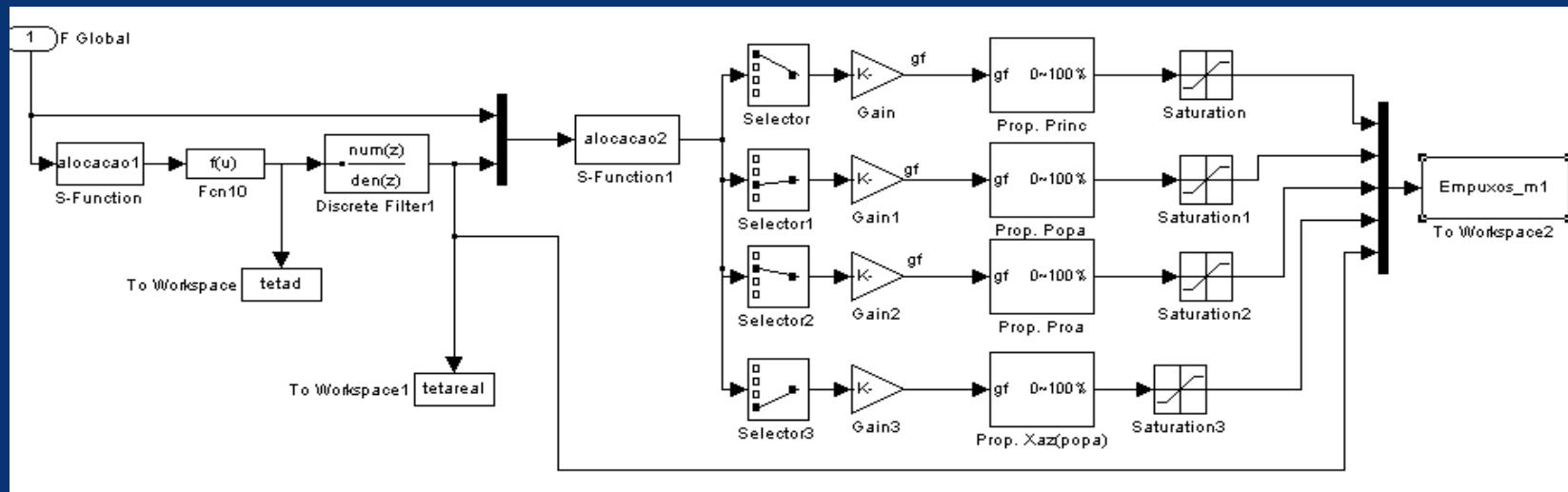
Matriz de Alocação de Empuxos

- Matriz de alocação de empuxos contemplando forças referentes aos motores do azimutal

$$\begin{bmatrix} F_X \\ F_Y \\ F_\varphi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & l_{proa} & -l_{popa} & 0 & l_{azm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_{proa} \\ Y_{popa} \\ X_{azm} \\ Y_{azm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

- A alocação de empuxos é fundamental no controle da embarcação, pois é nesse estágio que os valores de tensão são atribuídos a cada motor para manter a embarcação na posição desejada.

Matriz de Alocação de Empuxos



Metodologia

- Cálculo da pseudo-inversa da matriz de alocação de empuxos;
- Alocação em dois estágios: alocação de ângulo e de empuxos;
- Primeiro estágio : ângulo θ_{real}

- Segundo estágio :

$$\begin{bmatrix} F_x \\ F_y \\ F_\varphi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cos(\theta_{real}) \\ 0 & 1 & 1 & \sin(\theta_{real}) \\ 0 & l_{proa} & -l_{popa} & \sin(\theta_{real})l_{azm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_p \\ Y_{proa} \\ Y_{popa} \\ F_{Tazm} \end{bmatrix} \quad (2)$$

- Transformação da força em tensão

Conclusões

- Protótipo mais fidedigno dos SPDs reais;
- Interface homem-máquina aperfeiçoada (eliminação de botões) e automatizada;
- Modelo a ser utilizado por alunos e pesquisadores do Departamento de Engenharia Naval;
- Interesse da indústria pelo projeto (simulação).

Obrigado !