

**INFLUÊNCIA DO NÍVEL DE ALAGAMENTO
NA DINÂMICA DE EMBORCAMENTOS DO
NAVIO DURANTE REGIME TRANSIENTE**

Odilon Rodrigues Filho

Jessé Rebello de Souza Jr

*Depto. Eng. Naval e Oceânica
Universidade de São Paulo*

Roteiro

- Introdução
- Modelagem
- Resultados
- Conclusões

Introdução

- Acidentes envolvendo embarcações de pesca
(fonte: International Labour Organization):

- Estados Unidos - 16 vezes a média nacional
- Itália - 21 vezes a média nacional
- Austrália - 18 vezes a média nacional

24.000 pessoas envolvidas com a pescaria em todo o mundo são mortas a cada ano.

Introdução

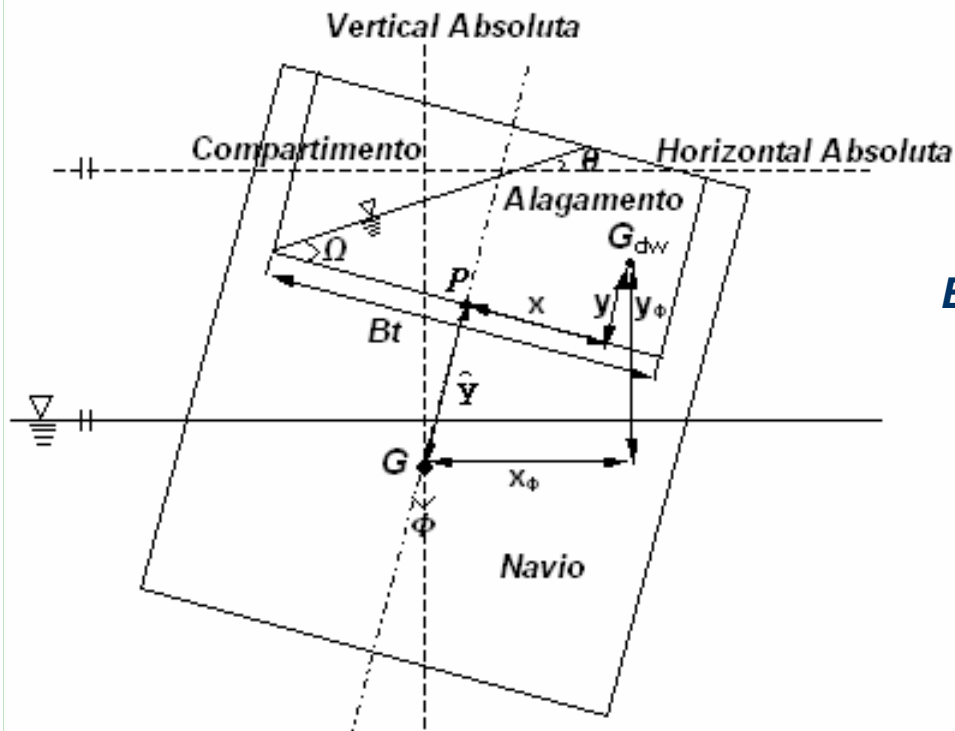
- A presença do *emborcamento* nas estatísticas:
 - Presença de elevado índice deste tipo de acidente;
 - Tipo de acidente que ocasiona maior número de perdas de vida;
 - Casos de afundamento dos pesqueiros *Gaul* e *Artic Rose*.

Introdução

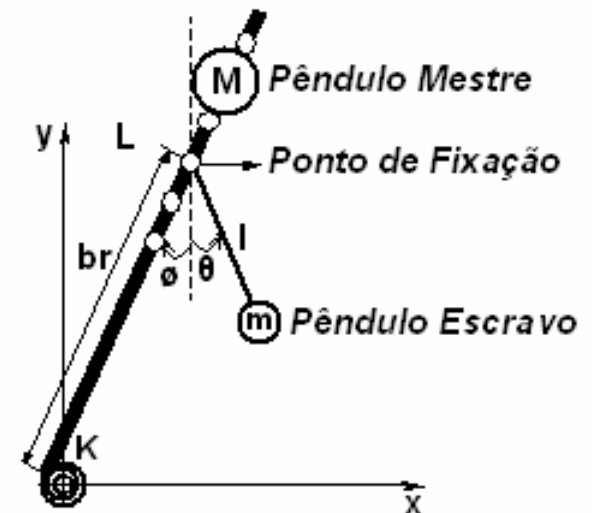
- Aplicações envolvendo o efeito de *sloshing*;
 - Tanques Anti-jogo;
 - Efeito de água no convés;
 - Efeito de um alagamento parcial;
 - Efeito de esforços estruturais nas anteparas dos tanques.

Modelagem

- Modelo Completo (inspirado em Murashige e Aihara, 1998)
- Modelo de Pêndulo-Duplo Invertido.



*Equivalência
Mecânica*



Modelo Completo

- Simplificação da geometria do problema físico do alagamento usando o conceito de massa concentrada (Papanikolaou e Spanos, 2002);
- Equações:

$$\Delta U = \Delta U_s + \Delta U_{dw} + \Delta U_{Mext}$$

$$\Delta U_s = M \cdot g \cdot \overline{BB_o}$$

$$\Delta U_{dw} = m \cdot g \cdot (y_\phi - \overline{G_o G_{dw}})$$

$$\Delta U_{Mext} = -\phi \cdot (Amp \cdot \sin(\omega t))$$

$$Amp = \frac{Amp'}{I_s + I_{dw}}$$

$$\Delta T = \Delta T_s + \Delta T_{dw}$$

$$\Delta T_s = \frac{1}{2} I_s \dot{\phi}^2$$

$$\Delta T_{dw} = \frac{1}{2} m \cdot v_{dw}^2 = \frac{1}{2} m \cdot (\dot{x}_\phi^2 + \dot{y}_\phi^2)$$

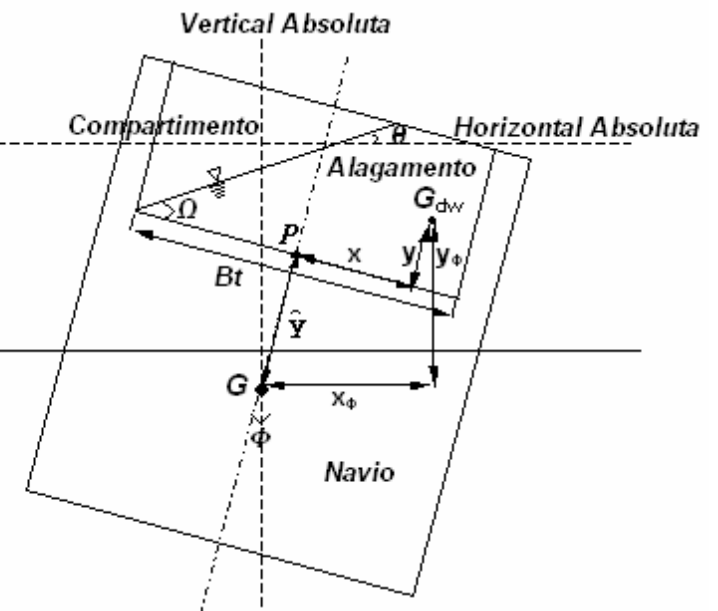
$$\Delta D = \frac{1}{2} \beta_s \dot{\phi}^2 + \frac{1}{2} \beta_{dw} \dot{\theta}^2$$

Modelo Completo

Equação do Movimento

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L_{motion}}{\partial \dot{\phi}} \right) - \frac{\partial L_{motion}}{\partial \phi} + \frac{\partial \Delta D}{\partial \dot{\phi}} = 0$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L_{motion}}{\partial \dot{\theta}} \right) - \frac{\partial L_{motion}}{\partial \theta} + \frac{\partial \Delta D}{\partial \dot{\theta}} = 0$$



Modelo Pêndulo-Duplo Invertido

$$\Delta U = \Delta U_{MP} + \Delta U_{SP} + \Delta U_{Mext}$$

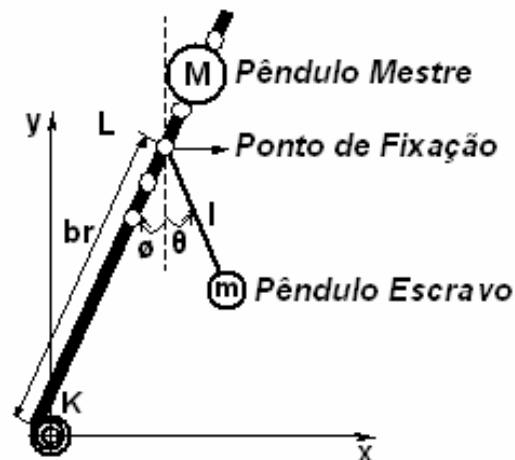
$$\Delta T = \Delta T_{MP} + \Delta T_{SP}$$

$$\Delta U_{MP} = MgL \cos \phi + \frac{1}{2}K\phi^2$$

$$\Delta T_{MP} = \frac{1}{2}\dot{\phi}^2 ML^2$$

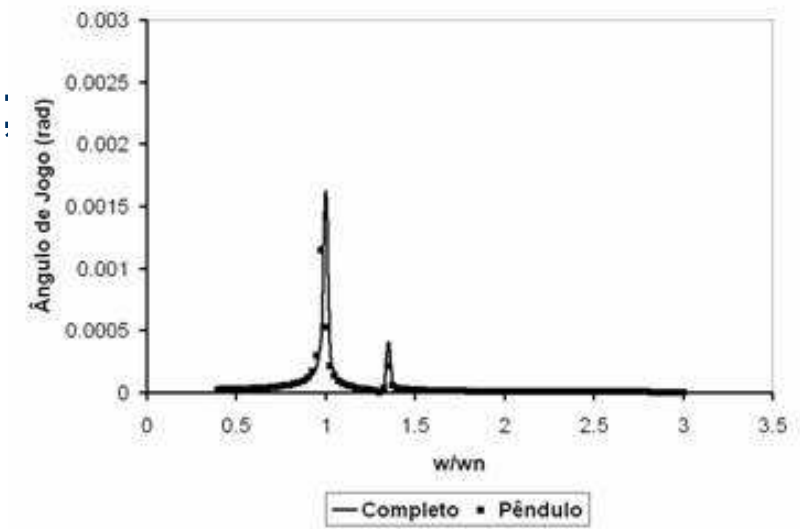
$$\Delta U_{SP} = mg(br \cos \phi - l \cos \theta)$$

$$\Delta T_{SP} = \frac{1}{2}mv_{SP}^2$$











































Pêndulo Equivalente

- Massas dos pêndulos e inércia do navio;
- Restauração do navio;
- Freqüência Natural do navio;
- Freqüência Natural do Alagamento.



Resultados - Regime Transitório (Bacias Seguras)

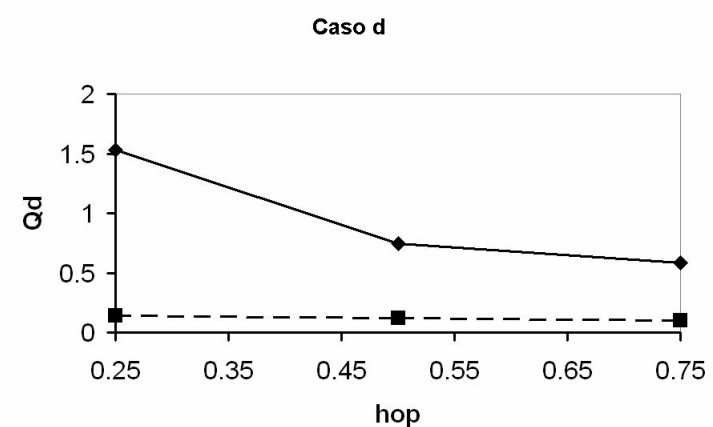
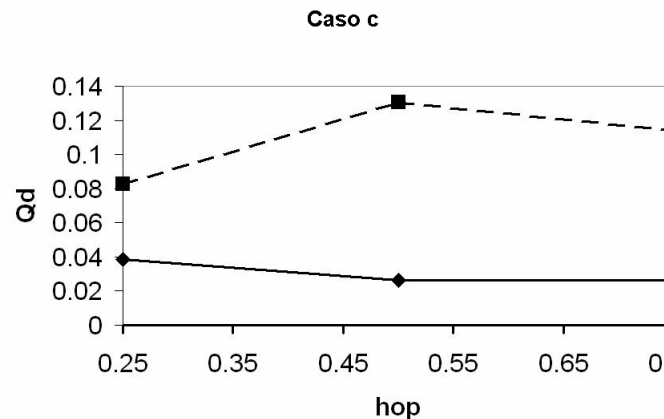
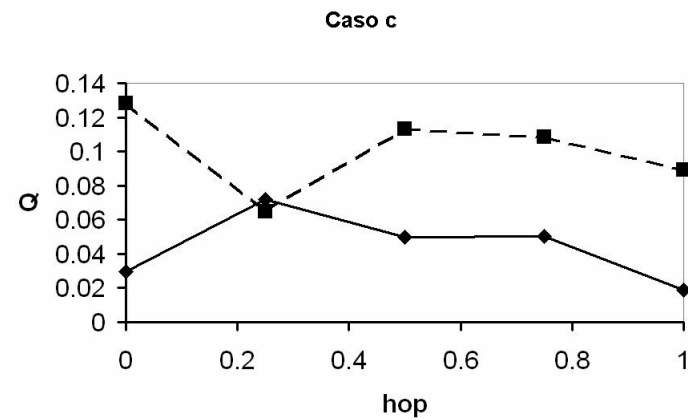
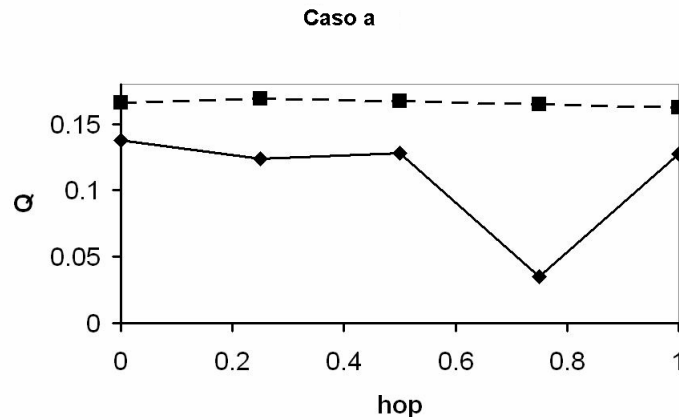
caso	Bt/B	Lt	w/wn	hop	m/M
a	0.50	2.0 m	1.25	0.25	0.00243
b	0.75	2.0 m	1.085	0.25	0.0055
c	1.00	2.0 m	1.086	0.25	0.00972
d	1.00	5.0 m	2.443	0.75	0.073

caso	a	a	b	b	c	c	d	d
	Modelo Completo	Modelo do Pêndulo	Modelo Completo	Modelo do Pêndulo	Modelo Completo	Modelo do Pêndulo	Modelo Completo	Modelo do Pêndulo
hop=0								
hop=1/4								
hop=1/2								
hop=3/4								
hop=1								

Razões:

$$Q = \frac{(\text{área segura})}{(\text{área total})}$$

$$Q_d = \frac{(\text{área segura})_{\text{Modelo Dinâmico}}}{(\text{área segura})_{\text{Modelo Estático}}}$$



◆ Completo ■ Pêndulo

◆ Completo ■ Pêndulo

Conclusões

- Comparação entre modelos: diferenças significativas entre modelo completo e modelo simplificado.
- Existem níveis intermediários de alagamento mais críticos do que o nível final;
- Efeito dinâmico é preponderante: em geral é muito negativo, mas pode até ser favorável (em relação ao efeito estático);
- Prosseguimento dos estudos: comparações com dados experimentais e exploração da dinâmica do problema.