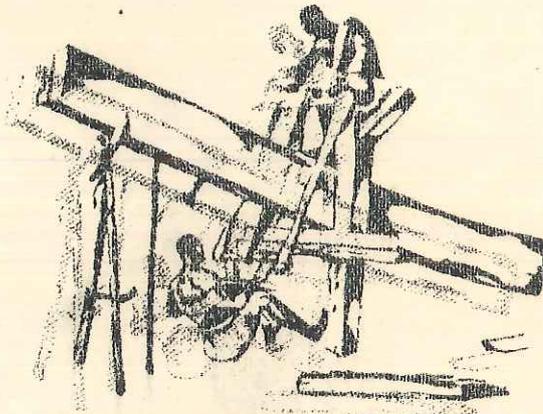


## NÚCLEO DE DESENVOLVIMENTO E PESQUISA DO NAVIO

FACILIDADES PARA ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO NAVIO EM ONDAS  
NO IPT

SÉRGIO DA SILVA

QUARTO CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGE  
NHARIA NAVAL, ENGENHARIA PORTUÁRIA E  
TRANSPORTES MARÍTIMOS - LIMA - 1975



INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS  
DIVISÃO DE ENGENHARIA NAVAL

FACILIDADES PARA ESTUDO DO COMPORTAMENTO NO NAVIO EM ONDAS  
NO IPT

SÉRGIO DA SILVA

4º CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA NAVAL, ENGENHARIA  
PORTUÁRIA E TRANSPORTES MARÍTIMOS - LIMA

1 9 7 5

## RESUMO

Neste trabalho apresentam-se as facilidades para ensaios com modelos de embarcações em ondas no tanque de provas do IPT. São descritos os equipamentos atualmente em uso e as futuras implantações para estudo do comportamento do navio no mar.

## ABSTRACT

This paper relates the shipmodel wave tests facilities at IPT Towing Tank. The type of equipment in use for sea-keeping model tests and future facilities are described.

## ÍNDICE

	Pag.
INTRODUÇÃO.....	1
ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO NAVIO NO MAR.....	1
FACILIDADES PARA ENSAIOS EM ONDAS.....	2
DESCRIÇÃO DO SISTEMA DE GERAÇÃO DE ONDAS.....	3
FUTURAS IMPLANTAÇÕES PARA ENSAIOS EM ONDAS.....	4
FIGURAS.....	6

## FACILIDADES PARA ESTUDO DO COMPORTAMENTO DO NAVIO EM ONDAS NO IPT

### Introdução

Devido ao crescimento das dimensões e porte dos navios transportadores de minérios e petróleo, e também de velocidade dos navios porta-containers, as pesquisas referentes à performance dos cascos em situações reais de mar tem-se intensificado nos últimos anos, visando aperfeiçoar cada vez mais o projeto do navio no que tange ao desempenho, rentabilidade, segurança e conforto.

### Estudo do comportamento do Navio no Mar

Durante a fase preliminar de um projeto de navio pode-se recorrer a simulação em computador para obter resultados de potência necessária, para navegar em determinado estado de mar, além de valores de acelerações, movimentos, esforços estruturais, embarque de água no convés, etc.

Pela determinação destes e de outros fatores de comportamento do navio, pode-se testá-lo relativamente a outros já existentes e que tenham apresentado boas qualidades marinheiras.

Nos estágios mais avançados do projeto, quando se tem as formas de casco mais definidas, pode-se recorrer a ensaios com modelos em escala para um estudo mais acurado e/ou uma checagem do desempenho do navio em condições de mar reproduzidas em Tanque de Provas.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, através de sua Divisão de Engenharia Naval está preparado para dar apoio a escritórios de projeto, estaleiros e armadores em mais esta área da Engenharia Naval.

#### Facilidades para ensaios em Ondas

O sistema de geração de ondas instalado em 1973 em uma extremidade do tanque nº 1 (60m x 3.6m x 2.0m), é do tipo "cunha" de oscilação vertical acionado por um sistema eletro-hidráulico com potência de 25HP.

Um cilindro hidráulico aciona a cunha comandado através de uma servo-válvula alimentada por um sistema composto de fontes de, amplificador e gerador de sinal.

Podem ser geradas ondas de até 15m de comprimento e 15cm de altura.

São ensaiados modelos com 3.0m de comprimento, sendo medidos os movimentos, acelerações, torque, empuxo, rotação e o perfil das ondas. Para as medidas das ondas e dos movimentos do modelo usam-se transdutores ultra-sonicos LM-4000 (Wesmar Co.) para acelerações usam-se servo-acelerômetros BT-305 da Sudestrand Data Control, e para esforços usam-se dinamômetros a base de strain-gages ou blocos de força com transformador diferencial construídos no IPT.

Os resultados dos ensaios são registrados em oscilógrafos ou em fita magnética. Futuramente serão enviados diretamente do carro de ensaios para o computador PDP-15.

### Descrição do Sistema de Geração de Ondas

O sistema funciona segundo o diagrama abaixo:

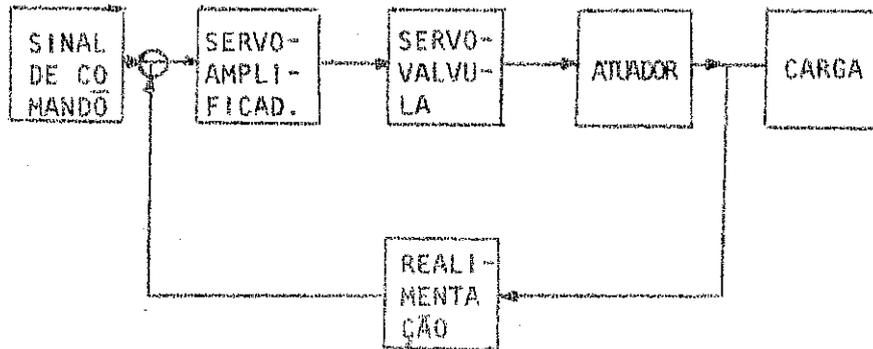


Diagrama de Blocos do Sistema de Geração de Ondas

Um sinal senoidal de mesma frequência e com amplitude proporcional à da onda a ser gerada no tanque, é produzido por um gerador de funções. Este sinal assim como o sinal de realimentação do sistema são de potência muito baixa, necessitando portanto, de amplificação.

O servo-amplificador fornece um sinal de saída com potência suficiente para alimentar as bobinas da servo-válvula de dois estágios. A servo-válvula permite um fluxo de óleo proporcional à corrente aplicada. A direção do fluxo é determinada pela polaridade do sinal DC. Este sinal pode ser o sinal de comando ou o sinal de erro (realimentação).

O fluxo comandará o funcionamento do cilindro que

está solidário à cunha de excitação da massa de água. Acoplado ao cilindro há um transdutor potenciometrico linear, cujo sinal de saída realimenta o sistema (sinal de erro). Este sinal proporcional ao movimento do pistão hidráulico é então comparado ao sinal de comando, e a corrente de erro (diferença entre os dois sinais) possibilita a correção necessária para que o sistema atue de acordo com o sinal de comando.

O dispositivo de realimentação (transdutor e fonte de alimentação DC) foram desenvolvidos no IPT, assim como as fontes reguladas para o servo-amplificador. Os outros equipamentos são: gerador de sinal TEKTRONIX FG-501, servo-amplificador e servo-válvula da Vickers Inc.

#### Futuras Implantações para Ensaios em Ondas

Está em andamento a implantação de um sistema para geração de mar irregular através de gravação em fita magnética de espectros de energia dos vários estados de mar.

Será utilizado o mesmo sistema já descrito, porém o sinal de comando da servo-válvula será proveniente de fita magnética previamente gravada com sinal obtido a partir do sinal de saída de um gerador de ruído branco com uma certa densidade espectral de potência, injetando em um "filtro modelador" cujo sinal de saída terá a mesma densidade espectral de potência.

Este filtro foi calculado por computador, determinando-se seus parâmetros em função da densidade espectral de potência de entrada  $D_x(\omega) = \text{cte}$ , numa banda limitada de frequências. O filtro foi simulado posteriormente em um computador analógico, es

tando em fase de implementação do circuito.

Também está sendo projetado um sistema de geração de ondas de capacidade maior a ser instalado numa extremidade do Tanque nº 2, que atualmente está sendo prolongado em mais 140 metros, totalizando assim 240.0 m (240m x 6.6m x 4.2m).

Está sendo projetada ainda uma cuba para ensaios com modelos em ondas em qualquer angulo de rumo relativo, que permitirá também ensaios com modelos rádio-controlados. A geração de ondas será feita por dois conjuntos de geradores colocados ortogonalmente um em relação ao outro. A cuba servirá também para ensaios de manobras com modelos livres.

FIGURAS

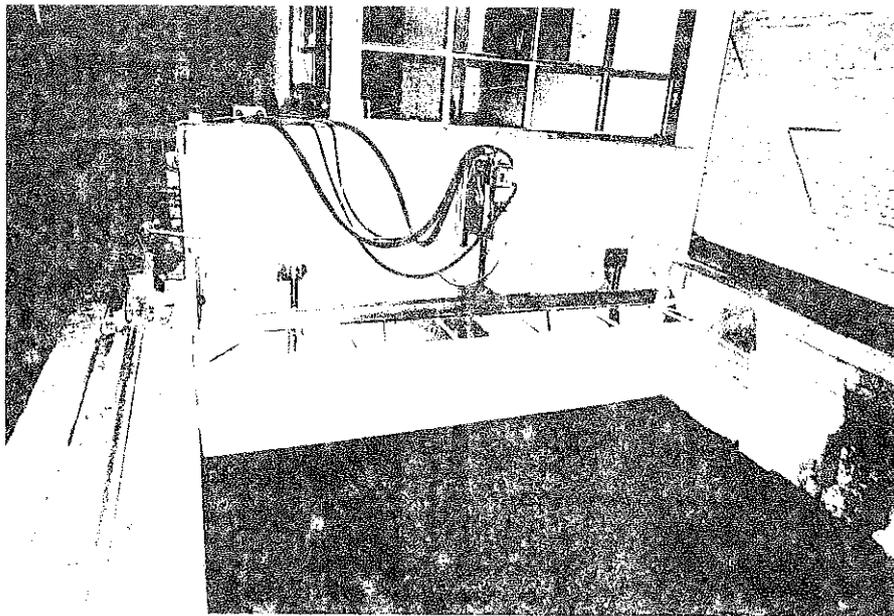


FIG. 1 - Sistema gerador de ondas

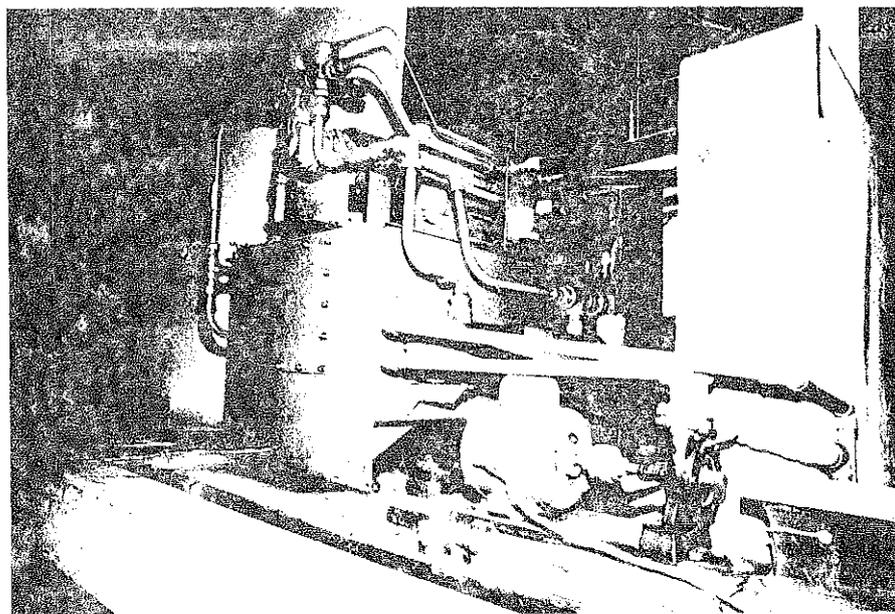


FIG. 2 - Unidade Motriz hidráulica

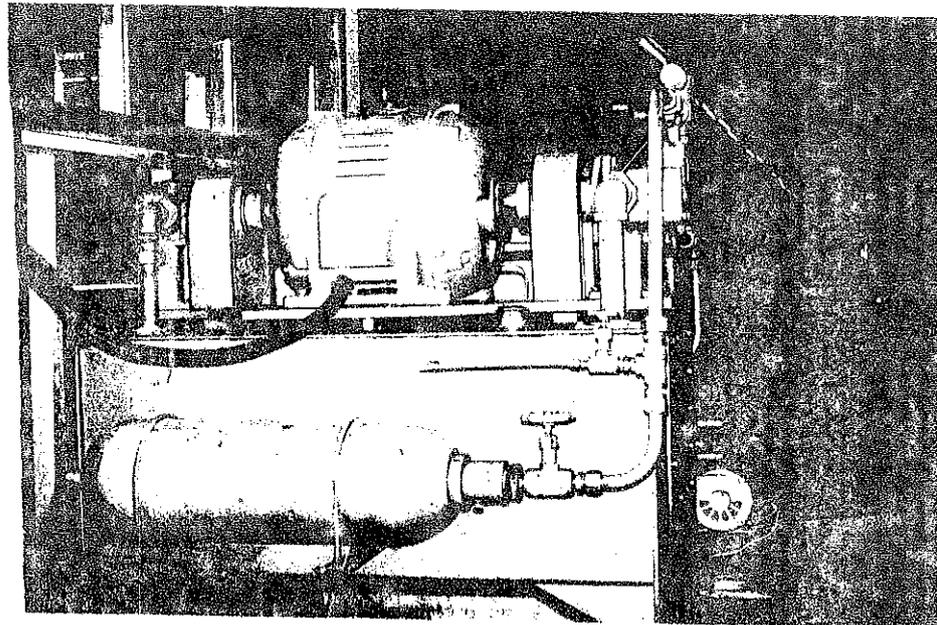


FIG. 3 - Unidade motriz

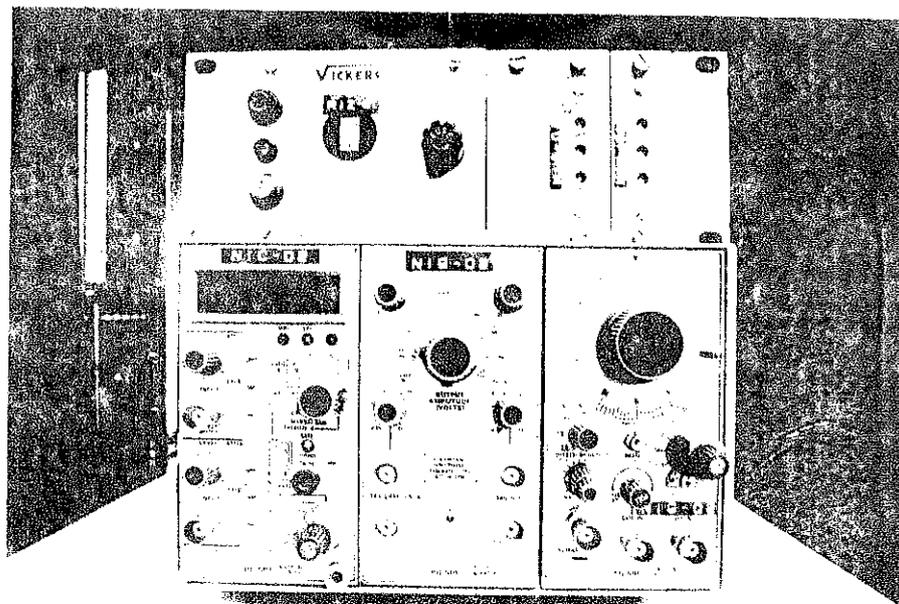


FIG. 4 - Gerador e amplificador de sinal

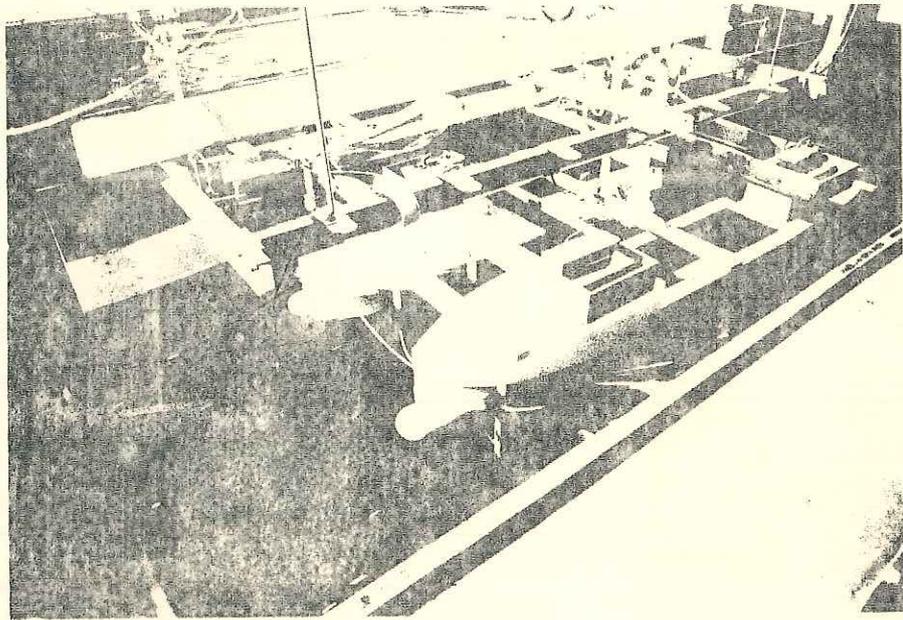


FIG. 5 - Modelo de Catamarã sendo ensaiado em ondas

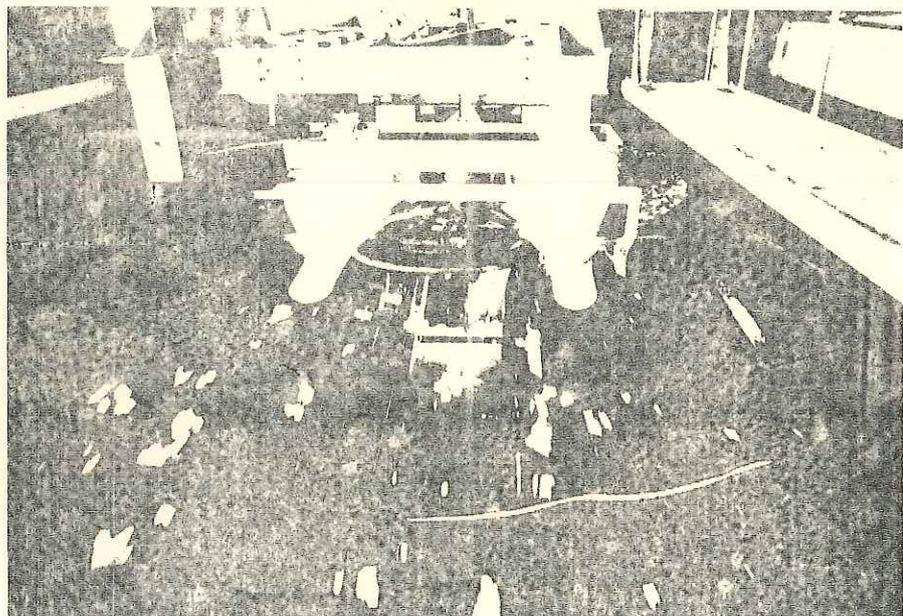


FIG. 6 - Modelo de Catamarã em ondas

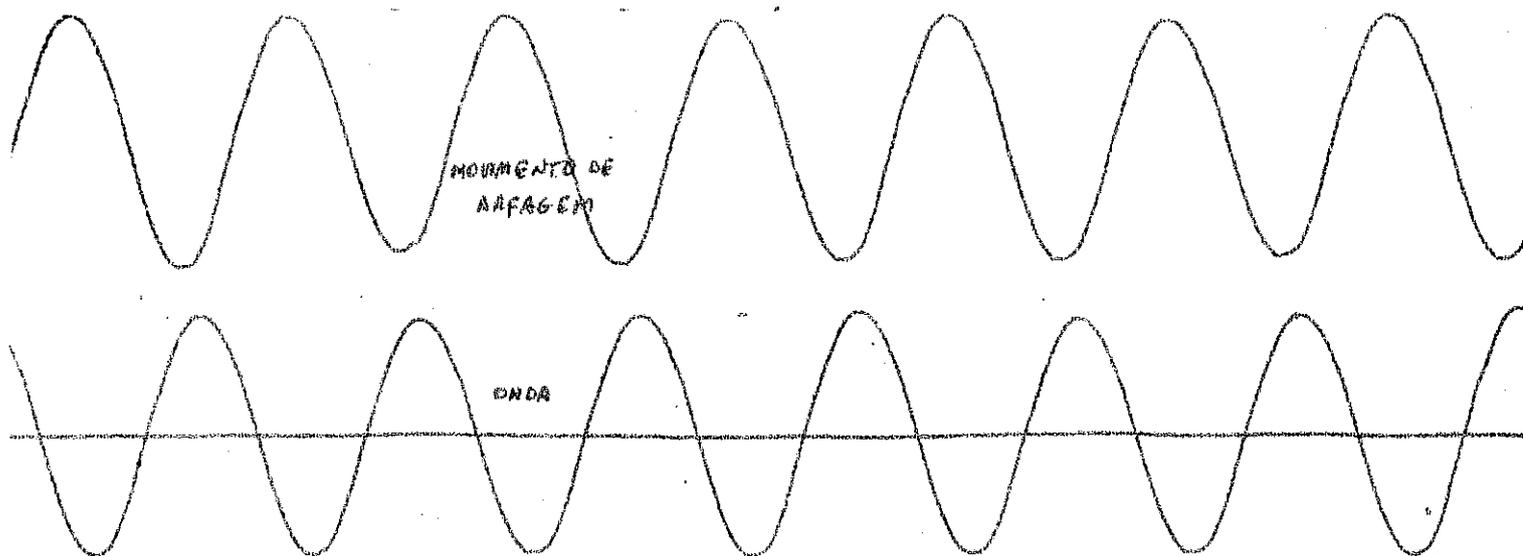


FIG. 7 - Exemplo de registro de resultados de ensaios em ondas