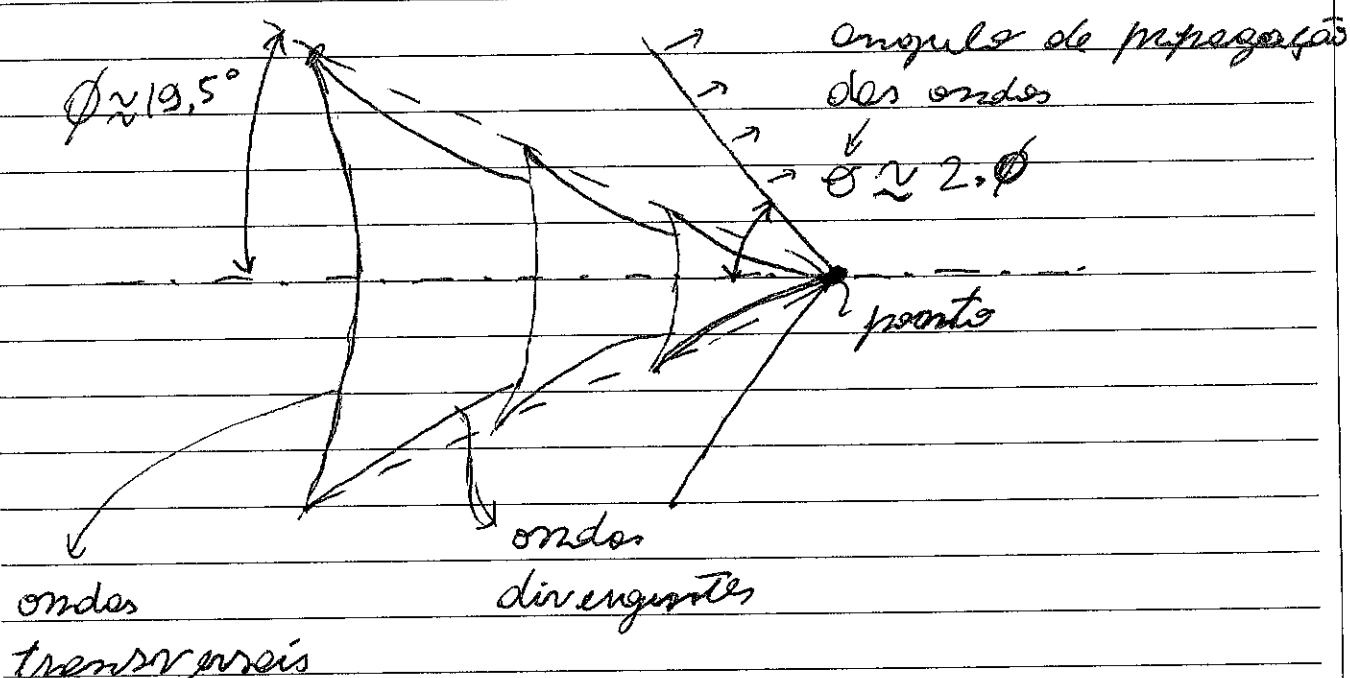




Q1/P2

Considerando a formação de ondas por uma embarcação em águas profundas e sem restrições laterais, a teoria tem início com o movimento de um ponto material na água. A figura abaixo ilustra o processo de formação de ondas.



Este sistema de ondas transversais e divergentes surge pelo padrão de radiação que é uma forma de dissipação de energia. As ondas são criadas pelo gradiente de pressão, gerado pelo movimento da (embarcação), que interage com a superfície livre da água.

100%

Engenharia Naval
e Oceânica

Em ondas geradas pela própria embarcação também representam uma parcela da resistência total pois elas agem sobre o casco.

As características das ondas formadas (comprimento, período, altura, etc.) dependem da forma do casco e, principalmente, da forma da proa e da popa. A existência ou não de bulbo, bora, espelho de popa, pode influenciar consideravelmente o padrão de ondas formadas.

A velocidade da embarcação também influencia na formação de ondas e na resistência de onda. Em embarcações de alta velocidade a resistência de onda representa aproximadamente 40% da total enquanto para ~~embarcações de~~ embarcações de baixa velocidade é aproximadamente 5% da resistência total.

A profundidade do corpo d'água também interfere nas características das ondas formadas pelo movimento de embarcação pois a superfície livre e o fundo (leito) do corpo d'água estão mais próximos. Em águas rasas ocorre o efeito "shoal" (aumento da calado) que também influencia na formação das ondas.

DEA



Engenharia Naval
e Oceânica

CONCURSO PÚBLICO PARA PROFESSOR ADJUNTO

Setor de Hidrodinâmica – MC004



COPPE
UFRJ



Engenharia Naval
e Oceânica



Lined area for writing, crossed out with a diagonal line.

DEQ

Engenharia Naval
e Oceânica

Q 2 / P 5

Sistemas mecânicos amarrados/embarcados estão sujeitos a ação das ondas do mar que causam movimentos oscilatórios nos 6 graus de liberdade: arfagem, deriva, rolagem, rebolamento, caturra (colheita) e guinada.

O arfagem para uma estrutura emersa varia o movimento horizontal perpendicular à vista de onda. A deriva, varia o movimento horizontal paralelo à vista de onda (perpendicular à direção de propagação de onda). A rolagem é o movimento vertical da estrutura. O rebolamento é o movimento rotativo em torno de um eixo horizontal perpendicular à vista de onda. O caturra é o movimento rotativo em torno de um eixo horizontal paralelo à vista de onda. A guinada é o movimento rotativo em torno do eixo vertical.

O movimento de deriva ocorre pela interação entre onda, estrutura e corrente. A onda tende a empurrar a estrutura na direção de propagação de onda mas a corrente limita este movimento.

Devido a instabilidade (de ~~estrutura~~) direcional da estrutura, a corrente se move no sentido de deriva.

FCC

Engenharia Naval
e Oceânica

Considerando que o sistema flutuante em questão é uma plataforma de petróleo, os seus movimentos oscilatórios devem ser mantidos dentro de certos limites para não haver prejuízo à operação do mesmo. Uma vez que há "risco" e são utilizadas unidades a unidade flutuante e 2 componentes da extração de petróleo e gás no fundo (câmaras de metal molhada, por exemplo), os movimentos devem ser controlados.

A amarração com "Turret" permite que a estrutura se mova em torno de um eixo vertical sem prejuízo à operação.

A amarração multicalço (sem "turret") limita consideravelmente o movimento de deriva da embarcação.

A ~~amarração~~ amarração em estenoira é menos rígida quanto ao movimento de deriva.

A amarração em "taut leg" é bastante rígida quanto ao movimento de deriva.

As definições dadas aos 6 GDL na página anterior ~~em~~ foram dadas pensando em uma plataforma de petróleo, estrutura que não é projetada para navegar. Um navio possui definições diferentes dos 6 GDL pois estes relacionados ao sentido de navegação.





Engenharia Naval
e Oceânica

CONCURSO PÚBLICO PARA PROFESSOR ADJUNTO

Setor de Hidrodinâmica – MC004



COPPE
UFRJ



Engenharia Naval
e Oceânica



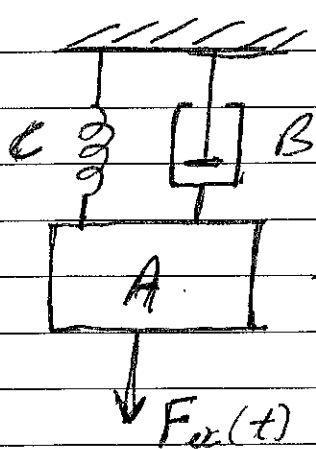
ção (eixo longitudinal), e ~~após~~^{que} não
se aplica para uma estrutura fixa.

HeR



Q3 / P9

A análise dinâmica de estruturas offshore flutuantes em ondas é geralmente realizada por analogia com um sistema dinâmico (sistema massa/mola/amortecedor), conforme mostra a figura abaixo.



A → massa efetiva do sistema
B → coeficiente de amortecimento efetivo
C → rigidez efetiva
 F_{ex} → força de excitação externa.
Assim, baseado (EF = ~~MA~~)
uso da segunda lei de Newton, tem-se:

$$A \ddot{x} + B \dot{x} + C x = F_{ex}(t)$$

Para uma estrutura flutuante:

$A \equiv m + m_a$; onde $m \rightarrow$ massa da estrutura
 $m_a \rightarrow$ massa adicionada

$B(\omega) = B_R(\omega) + B_{vis}$; onde $B_R(\omega) \rightarrow$ coef. amortecimento por radiação
 $B_{vis} \rightarrow$ coef. amort. viscoso

DER



Engenharia Naval
e Oceânica



$C = C_{hid} + C_{arras}$; onde $C_{hid} \rightarrow$ rigidez hidrostática

$C_{arras} \rightarrow$ rigidez de arrumação

O primeiro termo da equação ($A\ddot{x}$) está relacionado à inércia do sistema. O 2º termo ($B\dot{x}$) está relacionado à dissipação de energia pelo sistema. O 3º termo está relacionado à restituição de energia do sistema.

A massa adicionada (m_a) é a massa de água que se move junto da estrutura por aderência à mesma. Isso aumenta a inércia do sistema, fazendo o período de oscilação aumentar, conforme o equacionam-se a seguir:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{C}{A}}; T_n = 2\pi \sqrt{\frac{A}{C}}$$

a me faz com que A aumente, consequentemente aumentando T_n (período natural de oscilação)

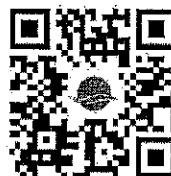
Se o movimento de espargem for considerado:

$$C_{hid} = \rho g A_w e$$

PCR



Engenharia Naval
e Oceânica



onde ρ é a massa específica da água; g é a aceleração da gravidade e A_w é a área na linha d'água.

Para um movimento amortecido, tendo a frequência ω_d , dada por:

$$\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$$

$$T_d = \frac{2\pi}{\omega_d}$$

$$\zeta = \frac{B}{2\sqrt{A.C}}$$

Assim, quanto maior B , maior ζ (razão de amortecimento). Assim, ω_d ~~aumenta~~ ligeiramente para ζ maior. diminui

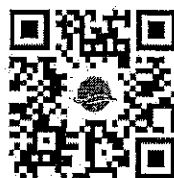
Consequentemente, T_d aumenta ligeiramente.

$B_n(\omega)$ é o coef. de amortecimento por radianos, que se deve a dissipação de energia na forma de ondas giradas pelo movimento oscilatório da estrutura. Ele varia aproximadamente linearmente com a frequência, sendo menor para maiores frequências.

400



Engenharia Naval
e Oceânica



A analogia com o oscilador dinâmico também pode ser usada para movimentos angulares.

~~$$A_0 \ddot{\theta} + B_0 \dot{\theta} + C_0 \theta = M_{ex}(t)$$~~

$$A_0 \ddot{\theta} + B_0 \dot{\theta} + C_0 \theta = M_{ex}(t)$$

$I + I_w$ $B_{on(w)} + B_{on}$ $C_{olid} + C_{emas}$

$$(m + m_w) K^2$$

$$W \cdot G M$$

$\hookrightarrow$ não perde
giro

$\hookrightarrow$ distância do
centro de gra-
vidade ao
ponto de metacentro

A $F_{ex}(t)$ ou o $M_{ex}(t)$ são relacionados com a incidência periódica das ondas.

Para a quantificação dos coeficientes hidrodinâmicos, pode ser realizado o teste de decaimento. Este experimento consiste em deixar a estrutura em uma posição de instabilidade e largá-la, deixando-a oscilar livremente (oscilação livre, $F_{ex} = 0$). Assim, são medidos dinamicamente a amplitude de (oscilação) oscilação, o período e outros

PCQ

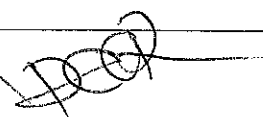
Engenharia Naval
e Oceânica

parâmetros que permitem o estudo
dos coeficientes bidimensionais.

Alternativamente, simulações em CFD
também podem ser usadas para a
quantificação da massa adicional e do
amortecimento de radição.

O amortecimento de radiação pode ser
estimado por simulações mais simples,
considerando escoamento potencial
(~~em~~ fluido invíscido e irrotacional) uma
vez que o gradiente de pressão na inter-
face com a superfície livre são os
mecanismos mais importantes nesse
caso.

Existem softwares comerciais e
open-source dedicados a obtenção de
tais coeficientes.





Engenharia Naval
e Oceânica



PCR



Engenharia Naval
e Oceânica

CONCURSO PÚBLICO PARA PROFESSOR ADJUNTO

Setor de Hidrodinâmica – MC004



COPPE
UFRJ



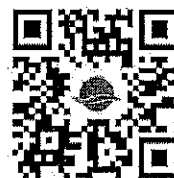
Engenharia Naval
e Oceânica



1001



Engenharia Naval
e Oceânica



PCR



Engenharia Naval
e Oceânica

CONCURSO PÚBLICO PARA PROFESSOR ADJUNTO

Setor de Hidrodinâmica – MC004



COPPE
UFRJ



Engenharia Naval
e Oceânica



Blank lined area for writing, with a large curved line drawn across it.

DEER



Engenharia Naval
e Oceânica

CONCURSO PÚBLICO PARA PROFESSOR ADJUNTO

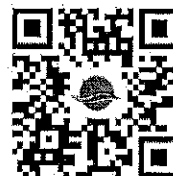
Setor de Hidrodinâmica – MC004



COPPE
UFRJ



Engenharia Naval
e Oceânica



PCOP