

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA C- 208 – Bloco C – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 09/12/2024	F8K2

QUESTÃO N° 01

As análises estruturais ~~primárias~~ ^{primárias} relacionam carregamentos globais sobre a estrutura da embarcação ^{que} normalmente têm origem natural, ou seja ~~são~~ ^{são} provenientes de fontes externas à embarcação, muito comumente de ondas que excitam a viga-navio.

À essa análise dimensionam-se os elementos ditos primários, responsáveis, por sua vez, por resistirem aos esforços globais sobre a viga-navio.

Análises estruturais secundárias ~~já~~ ^{já} relacionam esforços locais com a estrutura responsável por resistir a esse esforço; e por fim, análises terciárias ~~as~~ ^{as} relacionam as integrações estruturais entre os elementos e a dissipação dos carregamentos entre os elementos estruturais componentes. Secundárias, portanto, são primos ~~esforços~~ ^{esforços} e terciárias, elementos ~~de~~ ^{de} dissipação.

Quanto maior é o comprimento do navio ou, por regra de classe, quanto maior for o comprimento de escantelão "L"; mais significativas serão as cargas globais sobre a estrutura da viga-navio e, portanto, mais relevante esta será no contexto da malha estrutural. Em navios de grande porte, mesmo de carga, os elementos predominantes são, por esta razão, os elementos primários, chamados aí de "gigantes"; e que figurarão, nas etapas de projeto em cunhal do navio, já nos desenhos e cálculos de seções-mostras; em

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA C- 208 – BLOCO C – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 09/12/2024	F8K2

QUESTÃO Nº 01

maior dimensão que elementos secundários (mesmo que esse últimos também sejam longitudinais). Uma seção mestra típica de navios de grande porte, apresenta elementos gigantes longitudinais de fundo (quilha e longarinas gigantes); de costado (escasas) e de conéis (sicordas); fundo também elementos longitudinais menores adjacentes, como longitudinais de fundo e duplo-fundo (quando houver); longitudinais de costado e de conéis, além, claro, dos chapeamentos correspondente. Esses elementos somam suas inércias de flexão respectivas ao total dessa seção, que deve somar um ~~um~~ módulo de seção mínimo maior que o requerido pela regra para a qual esta embarcação estará classificada; ($SM_{obtido} > SM_{regr}$) de modo a garantir que a estrutura resista, sobre tudo aos esforços de flexão globais incidente e que provocam a flexão da alça-rua, tanto em aquecimento quanto em resfriamento.

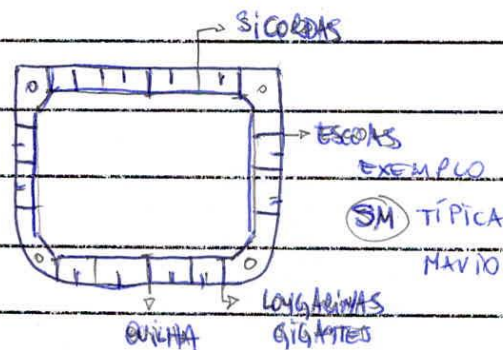
Ademais, se a embarcação não possui um pavimento significativo por si só, ou transporta carga, como um PSV, por exemplo, muitas vezes a estrutura predominante é a dita secundária, ou transversal, resistindo predominantemente, a carregamentos de peso próprio, cargas concentradas e fluidas em seus tanques; e até mesmo hidrostática (em relação ao carregamento). Nesses casos, a estrutura contará com carnosos gigantes (transversais) e um menor espaçamento entre elementos

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA C- 208 – BLOCO C – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 09/12/2024	F8K2

QUESTÃO Nº 01

reforçadores transversais. Também demonstra claramente os passos para o dimensionamento de tais estruturas e o próprio PMA determina as bases do dimensionamento estrutural de embarcações.

Faltinsen, por outro lado, analisa as cargas incidentes sobre navios e estruturas flutuantes; tais cargas podem ser modeladas em programas de elementos finitos (FEM) para a modelagem da estrutura global (coque-navio) ou local (painéis) da embarcação ou plataforma, de modo a resolver as equações da mecânica de elementos discretos e integrá-los que faz aos critérios de carregamento ou deformação estipulados (por classe, por exemplo). O desafio é compreender os requisitos de projeto e pontos críticos que justifiquem tais modelos e seus custos computacionais, que muito auxiliam e, em casos de inovação, podem até suplantam/complementar as regras de classe, no que se costuma chamar de "approval by concept" ou "approval by design".



PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA C- 208 – BLOCO C – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 09/12/2024	F8KZ

QUESTÃO Nº 02

Metacentro é o centro virtual geométrico por onde passam as linhas de ação da força de empuxo (na direção vertical, para cima); quando uma embarcação se inclina por pequenos ângulos. Na teoria de equilíbrio de corpos flutuantes, que define os princípios através dos quais uma embarcação flutua, o metacentro é conceito chave para compreender o comportamento do corpo quando perturbado de sua condição de equilíbrio inicial (assumindo que a embarcação esteja "adrigada"). A estabilidade intacta, por sua vez é exatamente o estudo do comportamento do corpo após a perturbação do seu equilíbrio, e de como a embarcação restaura o seu equilíbrio inicial; quando não-acionada, ou seja, sem águas abertas / alagamentos que perturbe o seu equilíbrio, mas sim ~~uma~~ agente externo qualquer, como o próprio vento, por exemplo.

De acordo com o PMA, o raio metacêntrico é a distância entre o centro de carena (B); onde centro geométrico onde atua a força de empuxo; e o metacentro, conforme conceituamos anteriormente. Esta distância é dependente do carregamento da embarcação, que não define tanto o calado (T) e, portanto, a geometria das obras vivas (submersas) quanto o metacentro. Assim, tanto B quanto M variam conforme o ~~calado/carregamento~~. O carregamento altera, sobretudo, o centro de gravidade (G) da embarcação, redefinindo, por sua vez, a altura metacêntrica (GM).

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA C- 208 – BLOCO C – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 09/12/2024	F8 K2

QUESTÃO Nº 02

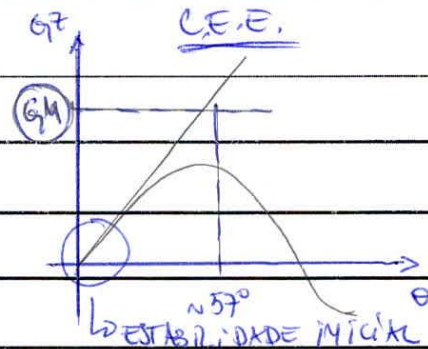
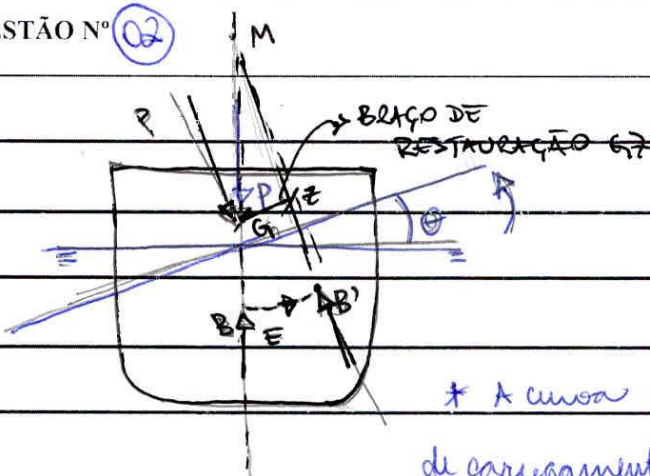
A altura metacêntrica é a distância-chave para a estabilidade de uma embarcação ~~isto~~ em pequenos ângulos de inclinação pois sua variação representa muito bem a estabilidade chamada inicial. Em termos gerais, o navio é dito estável inicialmente, se $GM > 0$, sendo ~~sendo~~ assumindo um comportamento "duro" com GM 's maiores; a ponto de sua restauração do equilíbrio ser muito rápida - o que pode gerar oscilações indesejadas em alguns casos. Por outro lado, um navio pode ~~se~~ experimentar $GM = 0$ em alguns casos de carregamento que alterem a altura metacêntrica, produzindo um comportamento de estabilidade neutra, ou seja, qualquer que seja a perturbação, causará, no caso de $GM = 0$; bandas permanentes (a pequenos ângulos). Por fim, no caso de $GM < 0$, o navio é considerado instável naquele ângulo, ^{de equilíbrio} fazendo com que qualquer perturbação no equilíbrio produza um movimento que busca outra posição de equilíbrio das forças e momentos, em geral tendendo a emborcar a embarcação. (para $GM < 0$).

Normalmente, a curva GZ mapeia esses braços de restauração, relacionando a distância do braço GZ de restauração para cada ângulo θ de inclinação. O valor do GM pode ser encontrado nessa curva graficamente, estendendo-se a reta tangente à curva até $\sim 5^\circ$ (graus) de inclinação, e cruzando com a ordenada a $1 \text{ rad} \sim 57^\circ$ de inclinação, conforme ilustrado a seguir.

(vertical)

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA C- 208 – BLOCO C – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 09/12/2024	F8K2

QUESTÃO N° 02



* A curva GZ é mapeada para cada condição de carregamento, uma vez que qualquer variação no valor de G (suas coordenadas) poderá interferir no valor de GM e de todos os braços de restauração GZ . Portanto, a curva de estabilidade estática é uma "fotografia" da condição de carregamento da embarcação.

Por regra geral, elevar o centro de gravidade (mantendo o peso total da embarcação) reduz o GM ; enquanto que deslocar pesos/carga para baixo do centro de gravidade produz GM maiores, pois distancia G do M , deixando-o mais positivo. Trazer o centro de gravidade para baixo, inclusive é uma estratégia comum em estabilidade, conhecida por estabilidade de lastros, e é muito visível, por exemplo, em embarcações a vela, que ~~podem~~ requerem estabilidade inicial e momentos de restauração maiores que o usual, devido às grandes forças nas velas. Esse comportamento e seus efeitos para projeto são largamente discutidos por Larsson e Eltonson no famoso trabalho Principles of Yacht Design. Tal artifício de projeto permite, inclusive adequações de navios existentes com tecnologia WSP, por exemplo.

Handwritten signature or mark.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA C- 208 – BLOCO C – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 09/12/2024	F8K2

QUESTÃO Nº 03

O problema de VIV - Vortex Induced Vibrations é muito comum em rios e umbilicais, mas também nos linhas de quadros hidroelétricos e virtualmente quaisquer linhas, sobretudo flexíveis, submersas ou parcialmente submersas. O VIV nada mais é que a excitação das linhas em frequências próximas às naturais desses equipamentos por ~~excitação~~ ^{corrente} de fenômenos como correntes, por exemplo, provocando forças indesejadas. Parâmetros como o número KC podem ser um bom indicativo da ocorrência desse fenômeno em linhas submersas, sobretudo em grandes lâminas d'água.

Na prática, os movimentos periódicos das linhas que experimentam o VIV são amplificadas e as forças de desprendimento dos vórtices podem solicitar esse equipamentos de forma a induzir carregamentos superiores aos estabelecidos em projeto ou de forma dinâmica, como discutido por Falgoutier, ou mesmo de forma cíclica, acarretando a fadiga do material e sua deterioração acelerada.

Análises sobre a potencial de incidência do fenômeno (altamente dependente da região de operação) são importantes para evitar qualquer alteração de projeto dos sistemas. Softwares como o ~~occaflex~~ ^{occaflex}, por exemplo, são capazes de mensurar a amplitude dos movimentos e sua carga dinâmica, permitindo alterações ainda na fase de projeto ou

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA C- 208 – BLOCO C – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 09/12/2024	F8K2

QUESTÃO Nº 03

mesmo a instalação de dispositivos de amortecimento de oscilações e de dissipação de vórtices ao longo da linha. Outras estratégias podem incluir conectores de linhas com flutuação a intervalos determinados de profundidade, a fim de reduzir as cargas gravitacionais sobre as linhas em lâminas d'água muito grandes, por exemplo.

Sha Krabanti defende em sua obra, os ensaios em tanques de prova para determinação dos efeitos em escala, permitindo sua medição e antecipação; Em offshore hydrodynamics, os autores ^{propõem} utilização de material particulado dissolvido em fluido e câmeras de resposta rápida, além de "strain gauges", para mapear o efeito em linhas submersas em ~~escala~~ ensaios de escala, apenas citando alguns dos aparatos típicos de ensaios dessa natureza; normalmente presentes em laboratórios de tanques de prova, especialmente de ensaios offshore, como o LabOceano.

Exemplos de caso são o dimensionamento das linhas de risers e umbilicais no pré-sal no Brasil, onde a grande profundidade exige uma combinação de soluções, tal como descrito, para mitigar os possíveis casos, especialmente na região, com grande ocorrência de FPSO's; submetidos a swell típico da costa Brasileira.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA C- 208 – BLOCO C – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 09/12/2024	F8K2

QUESTÃO Nº 09

O problema de impacto de ondas na proa de navios (slamming) é, conforme conceituado por Faltinsen, um problema de cargas dinâmicas de impacto, que solicitam a estrutura da embarcação instantaneamente com uma alta carga, sobretudo devido à condições adversas de mar e de ondas. O slamming ocorre muito frequentemente em embarcações de alta velocidade, como ferries, e sobretudo na região de proa, quando em mar agitado e irregular, com ondas que provocam a elevação do fundo da proa - e sua rápida descida com um pacto.

Esse fenômeno, contudo, pode ocorrer também em embarcações de velocidade mais baixa e até mesmo cascos de plataformas ou balsas, a depender do estado de mar e das condições de amarração.

Um fator de projeto, sobretudo dos navios sujeitos a esse tipo de carregamento, que agrava ou abranda seus efeitos é a própria forma ou a geometria dos cascos. A embarcação sujeita a slamming e que possa prevenir sua ocorrência potencial em fase de projeto, a exemplo dos ferries no mar do norte, deve ter uma proa com fundo em "v", ou seja, com "deadrise", mais pronunciado, de modo a ~~pre~~ evitar o impacto, ou melhor, amortecer o impacto da proa nos vales de ondas, mas deve, ainda, combinar esse deadrise com um maior volume na porção de vante do casco, de modo que, ao penetrar nas ondas ocor-

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA C- 208 – BLOCO C – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 09/12/2024	F8K2

QUESTÃO Nº 04

na a sua rápida restauração hidrostática, fazendo a manutenção do trim necessário para a hélice - a ré - permanecer em operação sem ser exposta ao cavitar.

Quanto menor for o draft da fundo na porção de proa - e, segundo o próprio Faltinsen, - quanto maior for a amplitude das ondas incidentes - e a velocidade da embarcação - maior será o impacto e, portanto, os efeitos estruturais na embarcação.

Ao associar a intensidade das cargas diretamente à amplitude das ondas, Faltinsen indica que a teoria linear é capaz de dar conta da previsão do fenômeno; e ainda permite que o projetista municipe-se de informações acerca das alturas significativas de onda na região de operação da embarcação, de modo a prever seus efeitos e modelá-las adequadamente. Onde a teoria linear falha, a modelagem por elementos finitos deve ser uma alternativa para compreender a extensão dos carregamentos locais - portanto reforçados por estruturas secundárias.

A região de proa dessas embarcações, por natureza, é mais capitalizada estruturalmente - com reforços locais em espessamentos menores, e atendendo aos requisitos de classe específicos, por exemplo para operação no mar do norte, ou com embarcações especiais.

PROVA ESCRITA (CADERNO DE RESPOSTAS)	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO DO CANDIDATO
LOCAL: SALA C- 208 – BLOCO C – ESCOLA POLITÉCNICA/CT/UFRJ DATA: 09/12/2024	F8K2

QUESTÃO Nº 04

O carregamento devido ao slamming é, como foi apresentado, uma carga de impacto de origem dinâmica, ou seja, dependendo do movimento, seja da embarcação ou do fluido, — em superfície livre, e exclusiva da interação ar-e-aqua. Particularmente, é um fenômeno que requer um período de ondas que permita à embarcação se elevar e depois impactar seu fundo, portanto, se a frequência de ondas for maior, o período não vai permitir o movimento de slamming, e as cargas serão menores, consequentemente.

De toda sorte, é importante, em fase de projeto, considerar o pior dos cenários para slamming, a depender do contexto que grafico da operação, a proa (região estrutural) já é normalmente resistente à impactos, mas no caso de ocorrência de slamming, essas cargas terão amplitude aumentada significativamente; a ponto de, no caso de lanchas ou fibra ou material compósito, por exemplo, as regras de classes IACS proíbem uso de espuma de PVC na região do fundo à proa, nos casos de embarcações de trabalho (pilot boats) ou de esporte recreio.