

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE

GUILHERME JOSÉ BERTOLDI

RIO DE JANEIRO
2015

GUILHERME JOSÉ BERTOLDI

CONTROLABILIDADE DE NAVIOS

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica (FONT) ou FOMQ da Marinha Mercante.

Orientador: Prof. Henrique Vaicberg

RIO DE JANEIRO

2015

GUILHERME JOSÉ BERTOLDI

CONTROLABILIDADE DE NAVIOS

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica (FONT) ou FOMQ da Marinha Mercante.

Data da Aprovação : ____ / ____ / ____

Orientador: Prof. Henrique Vaicberg

Assinatura do Orientador

Nota final : _____

Dedico esse trabalho a minha mãe, Maria, e a meu pai, Edivaldo, que sempre estiveram a todo momento ao meu lado, me animando e dando forças, atuando como verdadeiros companheiros

AGRADECIMENTOS

A deus primeiramente, pois sem ele nada seria possível, possibilitando assim a conclusão de mais uma etapa da minha vida.

A família, especialmente meus pais que serviram de porto seguro nas horas mais difíceis que passei a fim de conseguir meu objetivo e pelo grande apoio que me prestaram durante estes anos tão difíceis.

A todos os colegas de turma que diretamente e indiretamente contribuíram para esse sucesso e pelo grande elo de amizade formado.

RESUMO

No estudo da controlabilidade do navio a preocupação fundamental é estudar sua capacidade de manter o controle direcional durante a navegação, além de medir sua capacidade manobra. Para isso deve-se, a priori, avaliar a eficiência do leme e do casco projetados. Além disso são abordados os efeitos naturais que afetam no controle do navio, como ventos, correntes e ondas. A obra aborda, de maneira muito técnica e analítica utilizando-se de dados de engenharia, os efeitos anteriormente citados. Desta maneira, pode-se compreendê-los corretamente, e o mais importante mensurá-los e quantificá-los para aplicação na prática.

Palavras chave : Controlabilidade . Estabilidade dinâmica .Navios.

ABSTRACT

The main scope studying controllability of a ship is analyze her ability to maintain directional control during the journey, besides to measure her turning ability. For that should be, at first , evaluating the rudder's and projected hull's efficiency. In addition are addressed natural effects that affect the vessel's controllability, like winds , currents and waves. This job addresses ,in a technique and analytics way, using engineering data, the effects previously referred . In this whay, they could be correctely underunderstood , and else more, measure them and quantify to use in real life.

Key words : Contrability. Dynamic stability . Ships.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Coeficiente de bloco	14
Figura 2 - Coeficiente prismático	15
Figura 3 - Estabilidade dinâmica	17
Figura 4 Estabilidade direcional	18
Figura 5 Estabilidade de posição	18
Figura 6 Gráfico da espiral direta	20
Figura 7 Gráfico da espiral reversa	21
Figura 8 Gráfico da manobra pull-out para navio estável	23
Figura 9 Gráfico da manobra pull-out para navio instável	23
Figura 10 Curva de giro	24
Figura 11 Dados obtidos da curva de giro	24
Figura 12 Ângulos de banda na curva de giro	25
Figura 13 Pontos de guinada com alinhamentos	26
Figura 14 Curva de giro afetada por vento e corrente	27
Figura 15 Navios em roda a roda guinando para boreste	30
Figura 16 Ângulos de leme necessários para corrigir efeitos do vento	31

Sumário

1 DEFINIÇÕES.....	09
2 INTRODUÇÃO.....	12
3 ESTABILIDADE DE MOVIMENTO.....	13
3.1 Estabilidade dinâmica.....	14
3.2 Estabilidade direcional.....	14
3.3 Estabilidade de posição.....	14
4 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DE STABILIDADE.....	15
4.1 Espiral Direta.....	16
4.2 Espiral Reversa.....	16
4.3 Pull-out.....	17
5 ANÁLISE DA CURVA DE GIRO.....	18
5.1 Aspectos da curva de giro.....	18
5.2 Procedimentos da manobra.....	19
5.3 Efeitos transversais durante a manobra.....	20
6 DETERMINAÇÃO DO PONTO DE GUINADA.....	21
6.1 Guinada em função de alinhamentos e largura do canal.....	21
6.2 Destorção da curva devido a efeitos naturais.....	21
7 ALTERAÇÃO DE VELOCIDADE.....	23
7.1 Aspectos gerais da velocidade.....	23
7.2 Coasting.....	24
7.3 Parada ou desaceleração utilizando máquinas.....	24
7.4 Rudder cycling.....	25
7.5 Relação thrust versus arrasto.....	26
8 EFEITOS DO VENTO SOBRE O NAVIO.....	27
8.1 Vento relativo.....	28
8.2 Compensação de leme necessária.....	28
9 EFEITOS DAS ONDAS SOBRE OS NAVIOS.....	29
9.1 Reação do navio às ondas.....	30
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
BIBLIOGRAFIA.....	33

Definições

Antes de abordar os assuntos mais técnicos , destaca-se a definição de alguns termos iniciais para melhor entendimento da obra

Governo é a propriedade que o navio tem de manter o rumo desejado constante, e não somente isso, mas como também , a facilidade com que o faz.

Manobra é a capacidade que o navio tem de alterar o rumo conforme desejado, e assim como anteriormente, com a facilidade com que o faz.

Alteração da velocidade é a habilidade do navio em controlar a velocidade avante , à ré ou de parada ,e novamente com a facilidade de tal feito.

Balanço movimento angular vertical de uma embarcação em torno de seu eixo longitudinal

Cabeceio movimento angular horizontal da proa de uma embarcação

Caturro movimento angular vertical de uma embarcação em torno de seu eixo transversal

Arfagem movimento de uma embarcação ao longo de seu eixo vertical

Deriva deslocamento transversal de uma embarcação devido a fatores ambientais

Avanço deslocamento longitudinal de uma embarcação avante

Angulo de deriva é diferença angular entre a direção do aproamento e a trajetória do centro de gravidade do navio

Recuo deslocamento longitudinal de uma embarcação à ré

Curso é o rumo em que segue o centro de gravidade do navio

Aproamento é a direção da proa em graus

Centro de gravidade é onde se localiza a resultante de todos os pesos do navio

Thrust é força de tração do propulsor

Perpendiculares são duas retas normais à linha-d'água projetada, contidas no plano diametral e traçadas em dois pontos especiais, na proa e na popa, no desenho de linhas do navio; são as perpendiculares a vante e a ré.

Trim é a inclinação para uma das extremidades; o navio está abicado quando estiver

Coeficiente de bloco CB É a relação entre o volume deslocado e o volume do paralelepípedo que tem para arestas respectivamente L, B e C:

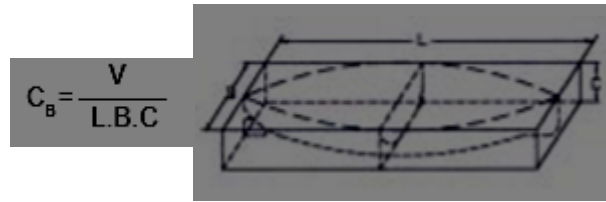


Figura 1 : Coeficiente de bloco

Coeficiente prismático CP, é a relação entre o volume deslocado e o volume de um sólido que tenha um comprimento igual ao comprimento do navio na flutuação e uma seção transversal igual à da parte imersa da seção mestra:

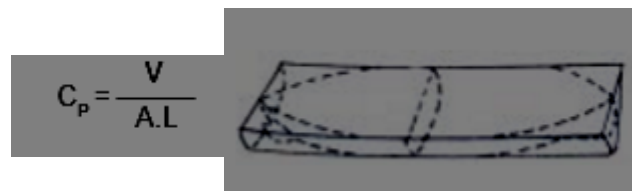


Figura 2 : Coeficiente prismático

Variáveis da equação : “A” é área da parte imersa da seção mestra, “L” é comprimento entre perpendiculares. “B” é boca máxima da parte imersa e “C” é o calado médio

Centro de flutuação é o centro de gravidade da área de flutuação, para uma determinada flutuação do navio.

Centro de carena, de empuxo ou de volume é o centro de gravidade do volume da água deslocada e é o ponto de aplicação do empuxo

Calado d’água, ou simplesmente calado, em qualquer ponto que se tome, é a distância vertical entre a superfície da água e a parte mais baixa do navio naquele ponto.

Calado aéreo é a distância vertical entre a superfície da água e a parte mais alta do navio.

Deslocamento leve ou deslocamento mínimo é o peso do navio completo, pronto para o serviço sob todos os aspectos, mas sem, mantimentos, combustível, água potável. Tripulantes e passageiros não são incluídos. Nenhuma água nos tanques de lastro e duplos-fundos.

Deslocamento máximo é o peso de um navio quando está com o máximo de carga permitida a bordo.

Arqueação Bruta (AB) É um valor adimensional, proporcional ao volume dos espaços fechados do navio.

Introdução

Governo, manobrabilidade e alteração de velocidade são características a serem analisadas para o comprometimento da controlabilidade do navio. Essas três variam de acordo com alguns fatores naturais como profundidade do canal, efeitos de banco, correntes, interferências hidrodinâmicas. Outros fatores do navio, como seus respectivos seis graus de liberdade cabeceio, deriva, caturro, avanço, recuo, arfagem cabeceio e efeito squat que está relacionado ao seu calado, velocidade e profundidade, trim, ponto de pivô e centro de gravidade também interferem. Manobrabilidade e governo tendem a serem antagônicas, mas não necessariamente o são.

Capítulo 1

Estabilidade de movimento

Existem três tipos de estabilidade de movimento do navio em relação ao plano horizontal, essas ocorrem antes, durante ou depois de um distúrbio, podendo esse ser uma onda, interação hidrodinâmica com embarcações, rajadas de vento ou outros fatores:

1.1 Estabilidade dinâmica

Estabilidade dinâmica: também conhecida como estabilidade de linha reta, é a tendência que o navio tem de, após um distúrbio, manter-se em linha reta. Essa propriedade do navio, refere-se aos que possuem propulsão à ré, e quando o leme está agindo passivamente a meio. Observa-se o distúrbio, nas imagens, representado por um círculo com riscos.

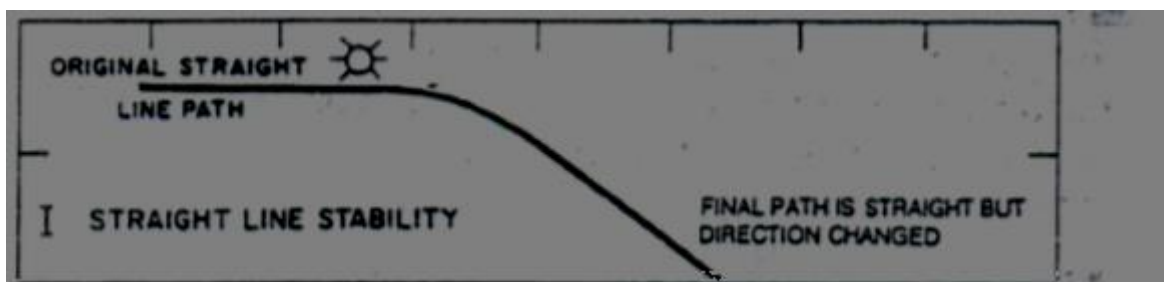


Figura 3 : Estabilidade de linha reta

1.2 Estabilidade direcional

Estabilidade direcional: habilidade do navio em retomar o rumo anterior ao distúrbio mantendo uma linha reta.

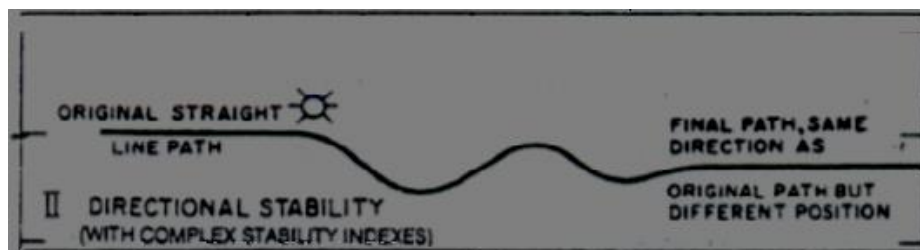


Figura 4a : Estabilidade direcional, posição diferente

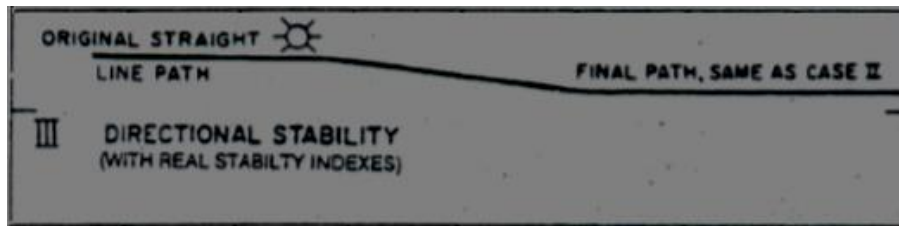


Figura 4b : Estabilidade direcional, mesma posição

1.3 Estabilidade de posição

Estabilidade de posição : habilidade do navio em retomar além do rumo e da linha reta, também retoma a derrota inicial.

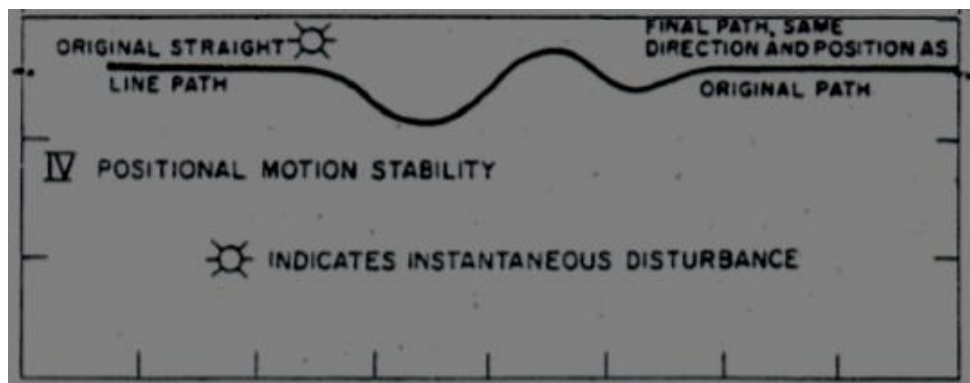


Figura 5 : Estabilidade de posição

Ressalva-se que os dois últimos tipos de estabilidade se referem aos navios com uso ativo de leme, também com propulsão à ré.

Para que o navio tenha boa condutibilidade , deve possuir as três habilidades referidas anteriormente, sem essas, a embarcação é considerada instável.

Capítulo 2

Análise das características de estabilidade

Para quantificar a estabilidade do casco do navio, são realizadas três manobras:

2.1 Espiral Direta

Espiral Direta: esta manobra consiste em, após ter mantido o navio em rumo e velocidades constantes por um minuto, guiná-lo com determinado ângulo até atingir uma razão de giro constante, e esta por sua vez é anotada. O experimento é realizado para diversos ângulos para ambos bordos, posteriormente é construído um gráfico de “Ângulo de leme versus razão de giro”.

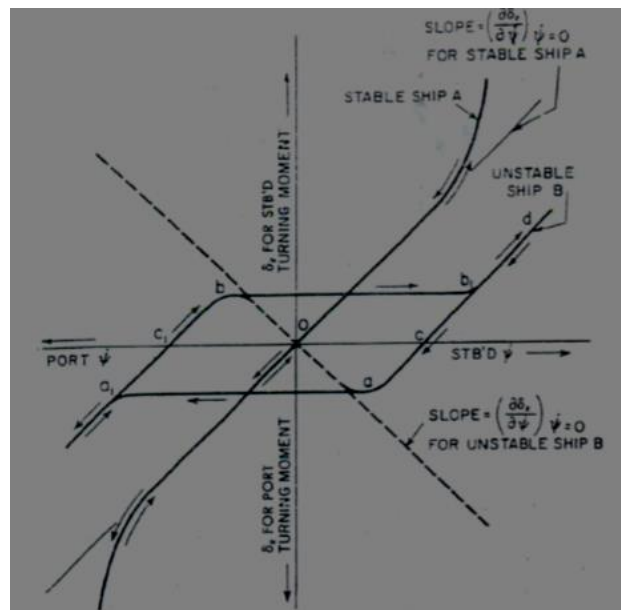


Figura 6 : Gráfico da espiral direta

Para que o navio seja estável, cada ângulo deve corresponder a somente um valor de velocidade angular. Caso isso não ocorra, o gráfico é chamado de hysteresis e não se pode determinar o comportamento do navio com exatidão.

2.2 Espiral Reversa

Espiral Reversa :esta manobra consiste medir o ângulo de leme, após ter atingido uma velocidade angular constante. Posteriormente é construído um gráfico, em que para a embarcação ser estável esse deve ser simétrico ao eixo horizontal, similar à uma função cúbica.

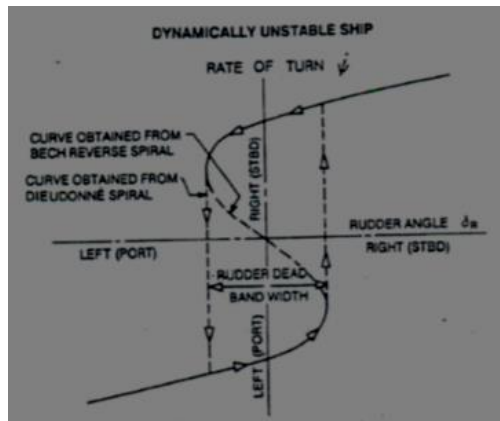
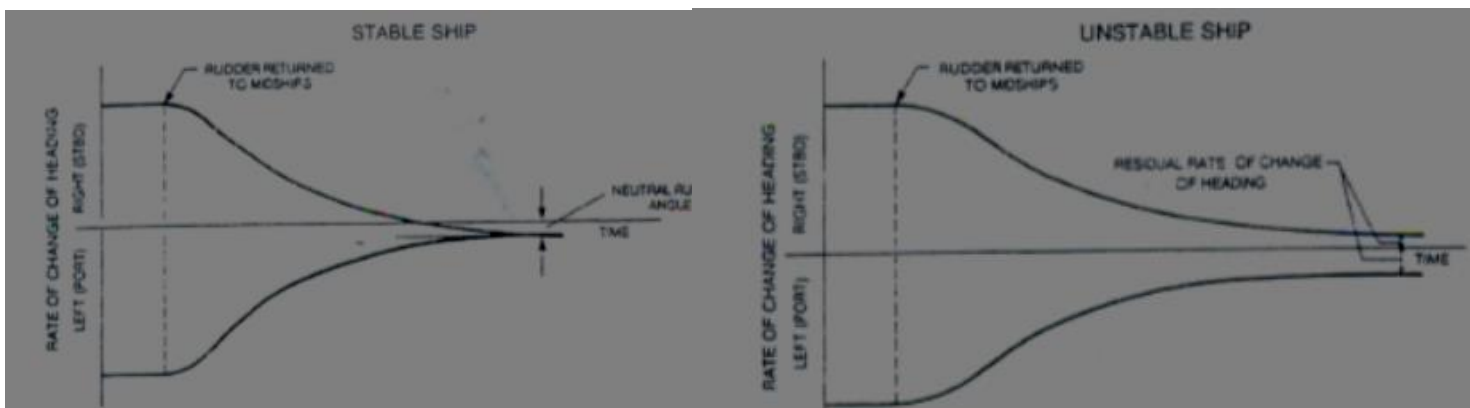


Figura 7 : gráfico da espiral reversa

2.3 Pull-out

Pull-out : esta manobra é um teste rápido onde é atingido uma razão de giro constante e em seguida é colocado leme a meio. Observa-se se a velocidade angular foi zerada, ou retida uma tendência residual de guinada devido à pressão lateral das pás em navios de um hélice. Nesse caso há estabilidade.



Figuras 8 e 9 : gráfico da manobra pull-out ;manobra pull-out para navio instável

Capítulo 3

Análise da curva de giro

3.1 Aspectos da curva de giro

Durante as provas de mar de um navio, é efetuado um certo número de giros completos, sob diferentes condições de velocidade e ângulo de leme, sendo registrados em tabelas e gráficos os resultados obtidos. Entre eles :

Curva de giro é a trajetória descrita pelo centro de gravidade de um navio numa evolução de 360° , em determinada velocidade e ângulo de leme. AVANÇO – é a distância medida na direção do rumo inicial, desde o ponto em que o leme foi carregado até a proa ter guinado para o novo rumo. O avanço é máximo quando a guinada é de 90° .

Afastamento é a distância medida na direção perpendicular ao rumo inicial, desde o ponto em que o leme foi carregado até a proa ter atingido o novo rumo.

Abatimento é o caimento do navio para o bordo contrário ao da guinada, no início da evolução, medido na direção normal ao rumo inicial.

Diâmetro táctico é a distância medida na direção perpendicular ao rumo inicial, numa guinada de 180° . O diâmetro táctico corresponde ao afastamento máximo.

Diâmetro final é o diâmetro do arco de circunferência descrito na parte final da trajetória pelo navio que girou 360° com um ângulo de leme constante. É sempre menor que o diâmetro táctico. Se o navio continuar a evolução além de 360° , com o mesmo ângulo de leme, manterá sua trajetória nessa circunferência.

Ângulo de deriva é o ângulo formado, em qualquer ponto da curva de giro, entre a tangente a essa curva e o eixo longitudinal do navio

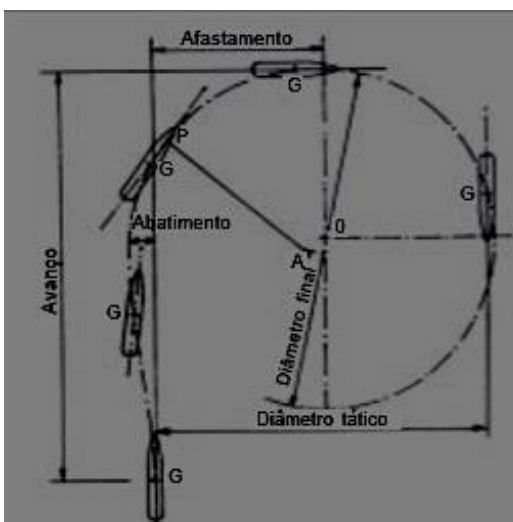


Figura 11 : dados da curva de giro

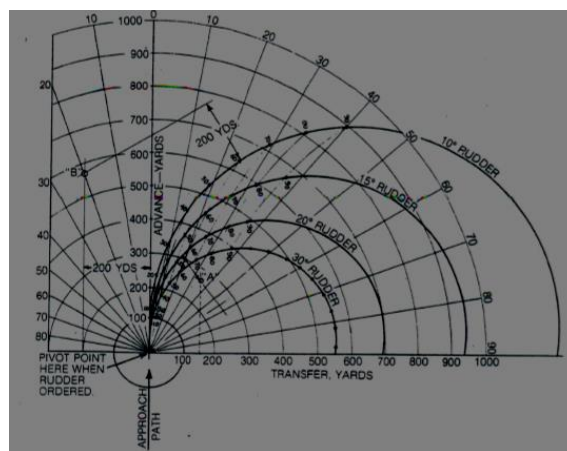


Figura 10 curva de giro

Esses dados são importantes para orientar as manobras do referido navio, a partir desses, são retiradas as distâncias necessárias para realizar mudanças de rumos e desvios, assim possibilitando a simulação do movimento para evitar abalroamentos e colisões.

3.2 Procedimentos da manobra

Para executar a manobra o leme é carregado, a proa guina para o bordo da guinada, mas o centro de gravidade permanece seguindo o rumo inicial por um curto espaço. Durante esse período a força e momento do leme produzem acelerações que são contrariadas apenas pelas reações inerciais do navio. Em seguida, abate para o bordo oposto ao da guinada e só começa a ganhar caminho para o bordo da guinada depois de avançar cerca de 2 a 3 vezes o comprimento do navio. A partir deste momento surge a força centrípeta, que é responsável pelo giro como um todo. Posteriormente as forças atuantes se equilibram, tendo-se assim uma velocidade angular constante.

Ou seja, não é possível evitar um obstáculo à proa se somente carregar-se o leme para um bordo, ao se ter o obstáculo à distância inferior ao dobro do comprimento do navio. Da mesma forma, 2 navios roda a roda não evitarão a colisão se estiverem à distância inferior a duas a três vezes a soma dos seus comprimentos

Analisando as relações matemáticas entre os resultados, infere-se que o avanço, o diâmetro tático, o afastamento e o tempo de evolução são inversamente proporcionais ao aumento do ângulo de leme, o ângulo de deriva é diretamente proporcional ao ângulo de leme, o tempo de evolução diminui com o aumento da velocidade do navio, e o avanço, o diâmetro tático e o afastamento variam com a velocidade segundo uma parábola.

3.3 Efeitos transversais durante a manobra

Durante o início dessa manobra, o navio ocasionalmente adquire ângulos de banda momentâneos, principalmente o segundo balanço pode ser acentuado. Isso ocorre devido a distância vertical entre a força resultante que atua no leme e o centro de gravidade do navio. A força atuante no leme tende a rotacionar o navio, até que a força centrípeta atenua esse efeito. Para minimizar esse efeito, deve-se diminuir a velocidade e reduzir o ângulo de leme, ambos lentamente.

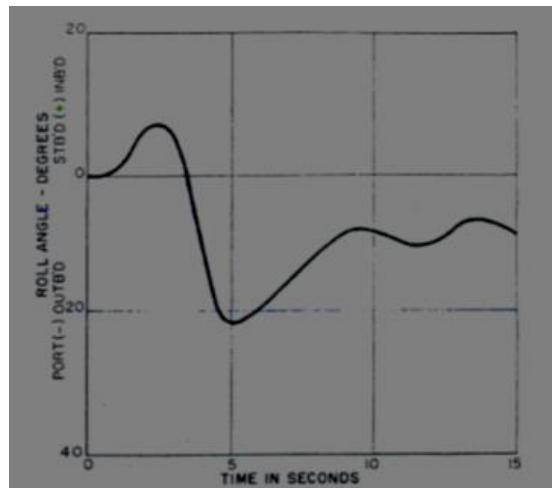


Figura 12 : dados dos ângulos de balanço durante a curva

Capítulo 4

DETERMINAÇÃO DO PONTO DE GUINADA

4.1 Guinada em função de alinhamentos e largura do canal

Como referido anteriormente, o conhecimento das curvas de giro são de suma importância para a manobra do navio, especialmente para determinar em que momento da manobra guinar-se-á a embarcação em águas restritas. No planejamento da navegação é necessário definir o ponto de guinada, onde o navio deve carregar o leme, para que, navegando em uma determinada velocidade e guinando com um certo ângulo de leme, possa efetuar com segurança a mudança de rumo desejada. Na determinação do ponto de guinada são utilizados os dados táticos do navio (avanço e afastamento). Após definido o ponto de guinada, estuda-se a Carta Náutica da área, marcando uma linha de posição em um ponto conspícuo para facilitar a identificação do momento correto para guinada.

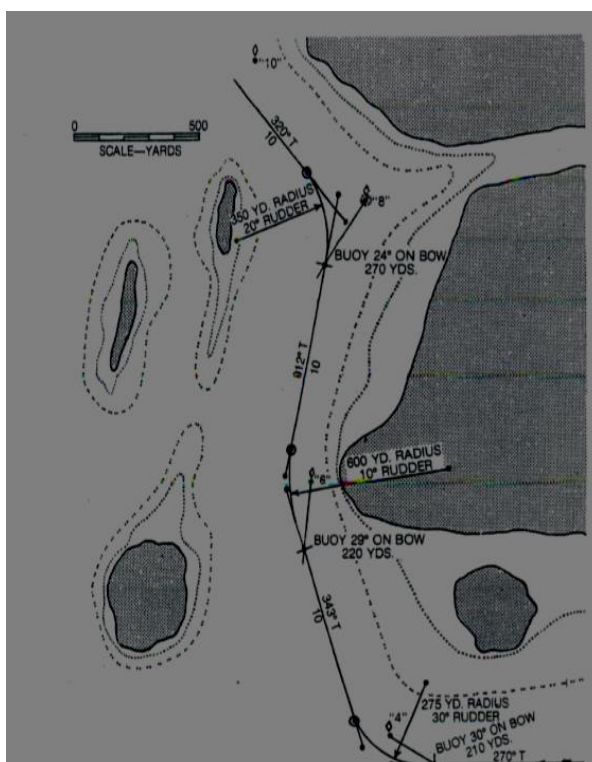


Figura 13 : pontos de guinada em uma trajetória

4.2 Destorção da curva devido a efeitos naturais

Também deve-se levar em conta os efeitos naturais atuantes na embarcação, como vento e corrente. As curvas de giro, determinadas, conforme mencionado, durante as provas de mar do navio, devem ser executadas em águas tranquilas, sem correntes, sem vento e de locais de profundidade de pelo menos, 5 a 6 vezes o

calado do navio. Porém, as condições nunca são ideais na prática. Geralmente, sob interferências naturais, os navios tendem a arribar, ou seja, levar a sua proa para sotavento e o vento tende a deformar a curva de giro, conforme sua força e direção em relação ao rumo. Por isso deve-se estimar previamente a trajetória e assim corrigir esses utilizando leme.

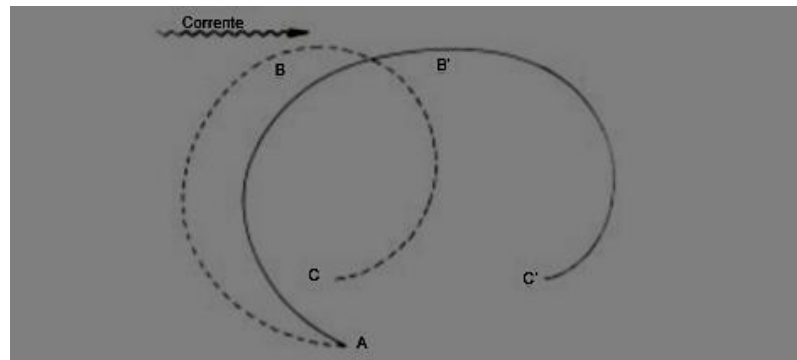


Figura 14 : curva de giro distorcida

Capítulo 5

Alteração de velocidade

5.1 Aspectos gerais da velocidade

Existem três possibilidades para alterar a velocidade, acelerar , mover à ré e parar. A última é a mais problemática delas, sendo assim alvo de estudo da obra. Todas essas alterações são influenciadas facilmente com as características do navio tais como deslocamento, calado, área velica , coeficiente de bloco.

Para parar o navio , são realizadas algumas manobras , entre elas :

5.2 Coasting

A manobra mais conhecida como “coasting” , é a parada simplesmente pela inércia, com máquina parada. Por ser a resistência da água a única força atuante, essa manobra é a que possui maior avanço entre as outras. Nesse caso o propulsor pode admitir dois estados, travado ou livre. No primeiro , o navio ganha resistência adicional , e assim tende a parar mais rapidamente. Já o segundo, o leme também rotaciona com o fluxo da água que passa através dele, assim oferecendo menor resistência ao avanço, portanto possui um avanço menor. Este é um procedimento mais utilizado na aproximação da costa.

5.3 Parada ou desaceleração utilizando máquinas

Parar é a manobra de desaceleração utilizando as máquinas do navio para diminuir a velocidade mais rapidamente que a anterior. Esse procedimento deve ser cuidadosamente executado, quando é realizado para safar algum perigo, pois seu avanço e deslocamento lateral podem ser demasiadamente grandes ou imprevisíveis dependendo da velocidade do navio e do regime de máquinas.

Quando utiliza-se toda força atrás deve-se diferenciar duas situações. Em altas velocidades : sua trajetória fica imprevisível, o navio perde controlabilidade , além de sofrer grande influência do vento. Ressalva-se que em navios de um só propulsor , esses efeitos são acentuados. Nesse caso, a melhor opção desviar de um alvo é girar o navio, pois o controle direcional é mantido e seu avanço é muito menor.

Em baixas velocidades de até 6 nós: nesse caso, utilizar toda força atrás ou outros meios como rebocadores é mais indicado, pois em baixas velocidades a propulsão é a força predominante no sistema sendo a resistência da água uma força menor.

5.4 Rudder cycling

A manobra de “rudder cycling” é realizada para safar perigos em condições de espaço lateral limitado, onde o giro não é possível nem uma parada com toda

força atrás. O procedimento consiste em conciliar o leme e regime de máquinas para parar o navio sem perder o controle direcional. A máquina é reduzida passo a passo com os ângulos de quatro guinadas, até que finalmente é revertida

5.5 Relação thrust versus arrasto

Como dito anteriormente, em baixas velocidades o “thrust” é muito maior que a força de resistência ao avanço, por isso para atingir determinada velocidade, é colocado o regime de toda força. Desta forma o navio adquire velocidade rapidamente, uma vez que a diferença entre “thrust” e resistência é alta. Posteriormente esse valor diminui gradualmente, e conseqüentemente a aceleração do navio diminui até chegar a velocidade máxima, neste momento a força resultante do propulsor se iguala à da água, mantendo o navio em velocidade uniforme.

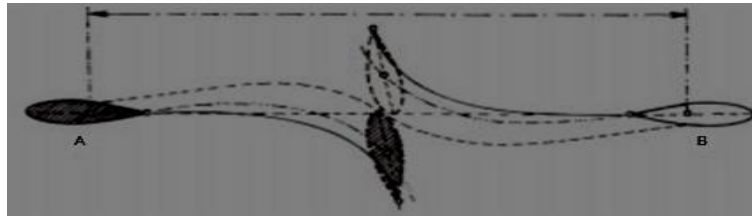


Figura 15 : navios roda a roda evitando o abalroamento

Capítulo 6

Efeitos do vento sobre o navio

6.1 Vento relativo

O vento atuando na área velica do navio pode tanto melhorar o governo quanto o piorar. Os fatores determinantes para seu efeito são direção relativa e intensidade.

Ventos de proa tendem a melhorar a manutenção do rumo, quando esses possuem uma velocidade de três a onze vezes a do navio. Conforme o vento muda sua direção relativa à embarcação a estabilidade de governo é prejudicada.

Quanto mais próximo de través incidir, maior será seu efeito, e conseqüentemente deve-se governar com um maior ângulo de leme para corrigir os efeitos. Entretanto, esse ângulo aumenta proporcionalmente com a velocidade relativa do vento, até os efeitos aerodinâmicos e hidrodinâmicos, combinados, excedem a capacidade do leme.

Ventos de popa também são de tamanha severidade para o governo, uma vez que incidindo dessa direção, geram a maior alavanca de força, e torque, possível em relação ao ponto de pivô. Assim, tendendo a rotacionar o navio e a deixá-lo instável.

6.2 Compensação de leme necessária

O gráfico em seguida, de graus de leme necessários para manter o rumo versus incidência relativa do vento em função de sua velocidade relativa ao navio, exemplifica situações possíveis em determinado navio carregado. Fica claro que em certas

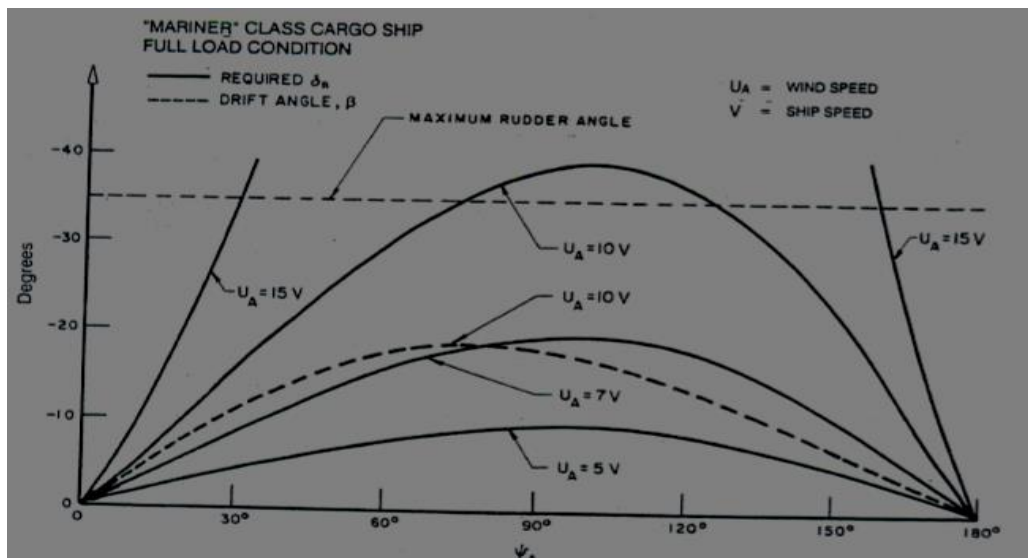


Figura 16: gráfico de determinados ângulos de leme em relação ao vento

velocidade, e ângulos relativos de incidência, a embarcação perde governo

facilmente, como ocorre em ventos de través e velocidade do vento quinze vezes a da embarcação.

Obviamente navios de grande área velica , como contaneiros, terão esses efeitos multiplicados.

Capítulo 7

EFEITOS DAS ONDAS SOBRE OS NAVIOS

7.1 Reação do navio às ondas

Os efeitos das ondas variam consideravelmente com o tipo do navio, seu rumo e velocidade. Um navio pequeno tem tendência de escalar um lado de uma onda e descer no outro lado, enquanto um navio maior pode tender a atravessar as ondas, com a quilha mais ou menos nivelada. Se as ondas são de tal comprimento que a proa e a popa do navio ficam alternadamente sobre cristas sucessivas e cavados consecutivos, o navio é submetido a pesados esforços de alquebramento e, sob condições extremas, pode partir-se em dois. Uma mudança de rumo pode reduzir o risco. Devido ao perigo de alquebramento, um pequeno navio algumas vezes enfrenta melhor uma tempestade que um navio maior. Um navio que tenta manter um rumo constante ,em mar picado, sofre movimentos oscilatórios causados pelas ondas em seus seis graus de liberdade.

7.2 Posição estabilizadora e desestabilizadora

Analisando-se os efeitos das ondas de tamanho significativo para o navio, tem-se duas posições em que o navio pode estar. Quando a proa está na crista e a popa no cavado, esse está em posição estabilizadora. E quando o oposto ocorre, popa na crista e proa no cavado, tem-se uma posição desestabilizadora.

Essas duas situações ainda variam com a direção relativa incidente da onda, sendo que quando são recebidas pela popa, o navio piora o governo, pois, a velocidade relativa entre o casco e a água é menor, assim diminuindo o fluxo no leme e conseqüentemente dificultando o governo. Da mesma forma ocorre o efeito inverso, entretanto melhorando o governo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado nessa obra mostra a importância da análise quantitativa da capacidade de controlar a direção do navio. Esse deve possuir todos os graus de estabilidade direcional, quando o leme é usado, sem o qual a navegação tornar-se-ia muito perigosa e impraticável. Também foram abordados diversos fatores que alteram o controle direcional natural do navio, quando esse em águas tranquilas, como a ação de ventos, ondas e canais estreitos.

Para cada situação dessa, foi determinado e quantificado as correções necessárias à navegação segura, e também identificados os casos em que se perde o controle do navio. Tanto um comandante, quanto um práctico devem compreender todos esses efeitos para que se tenha um bom governo. Como esses fatores variam para cada embarcação, o oficial de manobra encarregado deve fornecer ao práctico a pilot card, documento que informa resumidamente todos os aspectos referidos nessa obra. Desta maneira, as manobras são previamente calculadas em função dos fatores variáveis externos (naturais) e internos (do navio), tendo assim uma navegação acurada conforme o tracejado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FONSECA, Maurílio Magalhães. **Arte Naval**. 6 ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2002.

FONSECA, Maurílio Magalhães. **Arte Naval**. 12 ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2002.

BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Portos e Costas. **Manobra do navio**. 1 ed. Rio de Janeiro: DPC, 2008. 206p.

Miguens, Altineu Pires. Navegação: **A Ciência e a Arte volume I** .1 ed .Rio de Janeiro. DHN,1996.

Miguens, Altineu Pires. Navegação: **A Ciência e a Arte volume III** .1 ed .Rio de Janeiro. DHN,1996.

MacELREVEY, DANIEL H. & MacELVERY, DANIEL E. **Shiphandling for the Mariner**.4 ed. CORNELL MARITIME PRESS, 2004

LEWIS, EDWARD V. **Principles of Naval Architecture volume III**. 3 ed. SNAME The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988.

BIBLIOGRAFIA

FONSECA, Maurílio Magalhães. **Arte Naval**. 6 ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2002.

FONSECA, Maurílio Magalhães. **Arte Naval**. 12 ed. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, 2002.

BRASIL. Ministério da Marinha. Diretoria de Portos e Costas. **Manobra do navio**. 1 ed. Rio de Janeiro: DPC, 2008. 206p.

Miguens, Altineu Pires. Navegação: **A Ciência e a Arte volume I** .1 ed .Rio de Janeiro. DHN,1996.

Miguens, Altineu Pires. Navegação: **A Ciência e a Arte volume III** .1 ed .Rio de Janeiro. DHN,1996.

MacELREVEY, DANIEL H. & MacELVERY, DANIEL E. **Shiphandling for the Mariner**.4 ed. CORNELL MARITIME PRESS, 2004

LEWIS, EDWARD V. **Principles of Naval Architecture volume III**. 3 ed. SNAME The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1988.

