

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

PATRICK DE MORAIS SILVEIRA

MANOBRABILIDADE DO NAVIO: Interações e efeitos da manobra

RIO DE JANEIRO

2014

PATRICK DE MORAIS SILVEIRA

MANOBRABILIDADE DO NAVIO: Interações e efeitos da manobra

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Nautica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Henrique Vaicberg.

RIO DE JANEIRO

2014

PATRICK DE MORAIS SILVEIRA

MANOBRABILIDADE DO NAVIO: Interações e efeitos da manobra

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Nautica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Henrique Vaicberg

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que, independente de quando ou como, me ajudaram para chegar onde estou hoje. Não posso deixar de citar meus amigos e colegas, tanto de sala de aula quanto de camarote, que ao longo desses três anos de curso me apoiaram e ajudaram sempre que fosse preciso, meus pais e padrinho, Gilberto, Iracema, Ana e Marcos, que em todas dificuldades que passei – mesmo antes de ingressar neste centro – estavam por perto auxiliando e incentivando e, não menos importante, a todos meus professores e mestres ao longo da minha vida acadêmica, em destaque ao mestre Henrique Vaicberg, fundamental para conclusão desta etapa do curso e que, desde o segundo ano, corroborou o interesse pela matéria em questão nesta monografia.

RESUMO

Saber navegar é um dever de todo oficial de náutica que tira serviço no passadiço de um navio. Obviamente, assim como em qualquer atividade desempenhada, alguns sabem fazê-lo de modo mais eficiente do que outros. Isso se deve principalmente pelo prévio conhecimento teórico de todos aspectos que circulam a manobrabilidade do navio e pela prática incessante de manobrar a embarcação. Sabendo disso, o objetivo primário desta monografia é explicitar os principais perigos envolvidos nas atividades rotineiras de navegação nas proximidades do porto, ressaltando os efeitos físicos relacionados ao meio e o navio durante a manobra. Os assuntos iniciam através da explicação de como a pressão hidrostática, atuando igualmente em todas as direções para uma certa profundidade, é convertida em pressão dinâmica em um fluxo de água. O princípio de Bernoulli para o fluxo de água e seus efeitos de pressão ao contornar um obstáculo são descritos. Então, logo em seguida, as principais interações dos navios podem ser citadas, baseadas nos conhecimentos supracitados, dando como exemplo a interação de navio com outros navios em manobra de ultrapassagem, navio e rebocador e navio e bancos, principalmente em canais e vias estreitas. Continuando, é explicado também o conhecido efeito *squat*, suas causas e consequências – explicitando a maneira de calcular este fenômeno. Após isso, outros efeitos relevantes que influenciam na manobrabilidade do navio foram citados, como efeito de esteira, da corrente, *stall*, do trim e de mar grosso – reiterando seus perigos e causas. Por fim, é indicada a importância dessa monografia para os oficiais de náutica, já que além de todas informações pertinentes aos efeitos e interações que o navio pode sofrer durante as manobras, é indicado ainda sugestões práticas para evitar cada uma das situações citadas acima.

Palavras-chave: Manobrabilidade. Princípio de Bernoulli. Interações. Efeitos. Sugestões práticas.

ABSTRACT

Knowing navigate is a duty of every officer in watch on the bridge of a ship. Obviously, as with any activity performed, few officers know how to do it more efficiently than others. This is mainly by prior theoretical knowledge of all aspects circulating the maneuverability of the ship and the incessant practice of maneuvering the vessel. Knowing this, the primary objective of this monograph is to explain the main hazards involved in the routine activities of navigation in the vicinity of the harbor, emphasizing the physical effects related to the environment and the ship during the maneuver. The subjects begin by explaining how the hydrostatic pressure acting equally in all directions to a certain depth, is converted into dynamic pressure in a water flow. The Bernoulli's principle for the water flow and to the effects of pressure around an obstacle are described. Then, soon after, the main interactions of ships, based on the above knowledge, can be cited giving as an example the interaction of the ship with other ships in overtaking, of vessel and tugs and ship and banks, especially in narrow channels and pathways maneuver. Continuing, is also explained the known squat effect, its causes and consequences - explaining how to calculate this phenomenon. After this, other important effects that influence the maneuverability of the ship were cited, as the following wake effect, of current, stall, of draught difference and rough seas - reiterating its dangers and causes. Finally, it is indicated the importance of this monograph to the officers, as well as all relevant information to the effects and interactions that may undergo during ship maneuvers, and yet practical suggestions is indicated to avoid each of the situations mentioned above.

Key-words: Maneuverability. Bernoulli's principle. Interactions. Effects. Practical suggestions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Forças que atuam no princípio de Arquimedes	12
Figura 2 –	Pressão estática da água e profundidade em uma piscina	13
Figura 3 –	A pressão dinâmica da água escapando de um tanque	14
Figura 4 –	Aplicação do teorema de Bernoulli em uma certa quantidade de Líquido	15
Figura 5 –	A distribuição da pressão do fluxo de água ao longo do casco, segundo teorema de Bernoulli	16
Figura 6 –	Interação entre um navio com velocidade moderada e um banco	19
Figura 7 –	Manobra para prevenir colisão com banco	19
Figura 8 –	Possível interação entre o navio com alta velocidade e um banco	20
Figura 9 –	Interação entre dois navios semelhantes em uma situação de ultrapassagem	21
Figura 10 –	Interação entre um pequeno rebocador e um navio tanque	22
Figura 11 –	Os efeitos de rotação da interação entre um rebocador e um navio tanque	24
Figura 12 –	Efeito <i>squat</i>	27
Figura 13 –	Relação entre efeito <i>squat</i> e velocidade de um VLCC de 250,000t	29
Figura 14 –	Efeito de esteira afetando a manobra do navio	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Área
COLREG	<i>International Regulations for Preventing Collisions at Sea</i>
h	Altura
g	Aceleração da gravidade
m	Massa
RPM	Rotações por minuto
V	Velocidade

LISTA DE SÍMBOLOS

=	Igual
(^2)	Elevado ao quadrado
/	Dividido
>	Maior que
<	Menor que
ρ	Densidade da água
v	Volume

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	FORÇAS FUNDAMENTAIS APLICADAS AO NAVIO	11
2.1	Força de empuxo	11
2.2	Pressão estática e dinâmica da água	12
2.3	Teorema de Bernoulli	14
2.3.1	Aplicação do teorema de Bernoulli no casco do navio	16
3	INTERAÇÕES	18
3.1	Interação entre um navio e um banco num canal	18
3.2	Interação entre navios	20
4	EFEITO SQUAT	26
5	EFEITOS DIVERSOS QUE INFLUENCIAM A MANOBRA DO NAVIO	31
5.1	Efeito de esteira	31
5.2	Efeito da corrente	32
5.3	Efeito <i>stall</i>	32
5.4	Efeito do trim	33
5.5	Efeito de mar grosso	34
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

Manobrar um navio é uma arte e só se consegue manobrar bem à custa de, além de embasamento teórico, muita prática no mar. Primordialmente, é necessário que o navegador saiba que o seguimento do navio é composto por inúmeras forças que estão atuando concomitantemente, de modo disforme, ao longo do casco da embarcação. Não apenas saber, mas procurar entendê-las e conhecer a melhor forma de, junto com as características técnicas e específicas de respostas do seu navio, utilizá-las na hora de realizar as manobras pertinentes a cada situação.

Deve-se conhecer os princípios físicos básicos que envolvem a sustentação da embarcação na água, para então entender a relação entre as pressões estáticas e dinâmicas no sistema durante o seguimento da embarcação, que pode ser explicada pelo teorema do físico suíço Daniel Bernoulli.

Estando ciente dos aspectos acima, é possível relacionar os efeitos que podem ser causados de acordo com a manobra realizada pelos pilotos, focando nas fainas mais usuais de entrada e saída de canais ou vias estreitas, como interações dos navios com bancos e margens ou interações geradas pelo uso de rebocadores nas manobras, assim como aquelas interações entre navio-navio, principalmente nos momentos de ultrapassagem.

Há, ainda, alguns outros efeitos relevantes às manobras do navio, causados por inúmeros fatores que devem ser conhecidos pelos que respondem pela navegação, afim de que não sofram qualquer ação indesejável culminando num possível acidente com grandes prejuízos às empresas e danos inestimáveis ao meio ambiente.

2 FORÇAS FUNDAMENTAIS APLICADAS AO NAVIO

Antes de conceituar e explicar os diversos efeitos de interações dos navios, assim como o efeito *SQUAT*, é necessário entender os princípios físicos básicos e propriedades fundamentais dos líquidos que estão exercendo força no casco do navio, já que constituem o meio no qual a embarcação está flutuando. Tanto a aplicação das forças dinâmicas e estáticas e sua relação como as características do fluxo de água, relevantes para o movimento relativo da embarcação com a água, quanto a influência sofrida pela força de sustentação do navio na água, são os principais responsáveis pelos efeitos de interação.

2.1 Força de empuxo

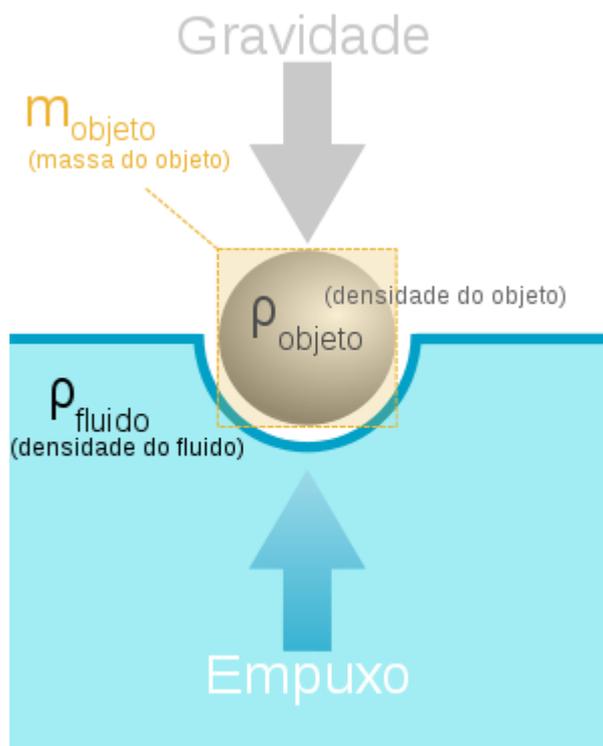
Na física, o empuxo é uma força de reação descrita quantitativamente pelas segunda¹ e terceira² leis de Newton. Basicamente, sua definição é a força hidrostática resultante exercida por um fluido em condições hidrostáticas sobre um corpo que nele esteja imerso. Esse fenômeno existe graças à diferença de pressão hidrostática do corpo, visto que esta é proporcional à densidade do líquido, à aceleração da gravidade e à altura de profundidade.

Pelo princípio de Arquimedes, a força aplicada sobre o centro gravitacional de um corpo que está flutuando – força de empuxo – acaba fazendo com que ele pareça ter um peso menor do que realmente apresenta. Um corpo total ou, no caso de navios, parcialmente imerso em um fluido sofre um empuxo que é igual ao peso do volume do fluido deslocado pelo corpo. Assim, um corpo imerso na água torna-se mais leve devido a força de empuxo, exercida pelo líquido sobre o corpo, vertical e para cima, que alivia o peso do corpo.

Como é possível ver na figura 1, quando um corpo está imerso em um líquido e em repouso, atuam apenas duas forças, ambas no mesmo centro de ação: o peso, devido à interação com o campo gravitacional terrestre, e o empuxo, devido à sua interação com o líquido.

¹ Pela segunda lei de Newton, ou princípio fundamental da dinâmica, temos: *A força resultante que atua sobre um corpo é proporcional ao produto da massa pela aceleração por ele adquirida.*

² Pela terceira lei de Newton, ou princípio da ação e reação, temos: *Se um determinado corpo aplicar uma força sobre um outro corpo, ele receberá deste uma força de mesma intensidade, mesma direção e de sentido contrário.*

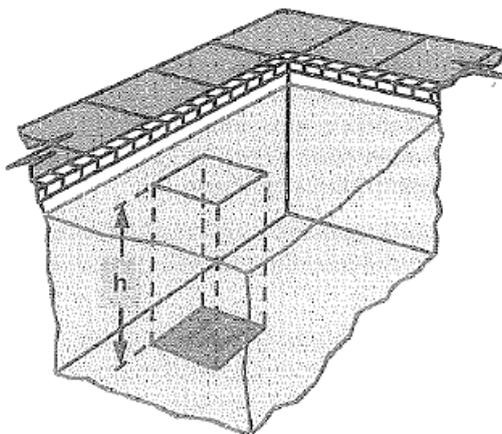
Figura 1 – Forças que atuam no princípio de Arquimedes

Fonte: <<http://www.wikipedia.com.br/impulsao>>

2.2 Pressão estática e dinâmica da água

De acordo com Clark, qualquer um que já, ao entrar na piscina, nadou por baixo da superfície da água, sentiu um leve aumento de pressão de acordo que fosse ganhando profundidade. Então, a pressão – que é a força da coluna de água exercida em cada metro quadrado – é diretamente proporcional à profundidade de um ponto referência na coluna de água, como pode ser observado na figura 1.

Figura 2 – Pressão estática da água e profundidade em uma piscina

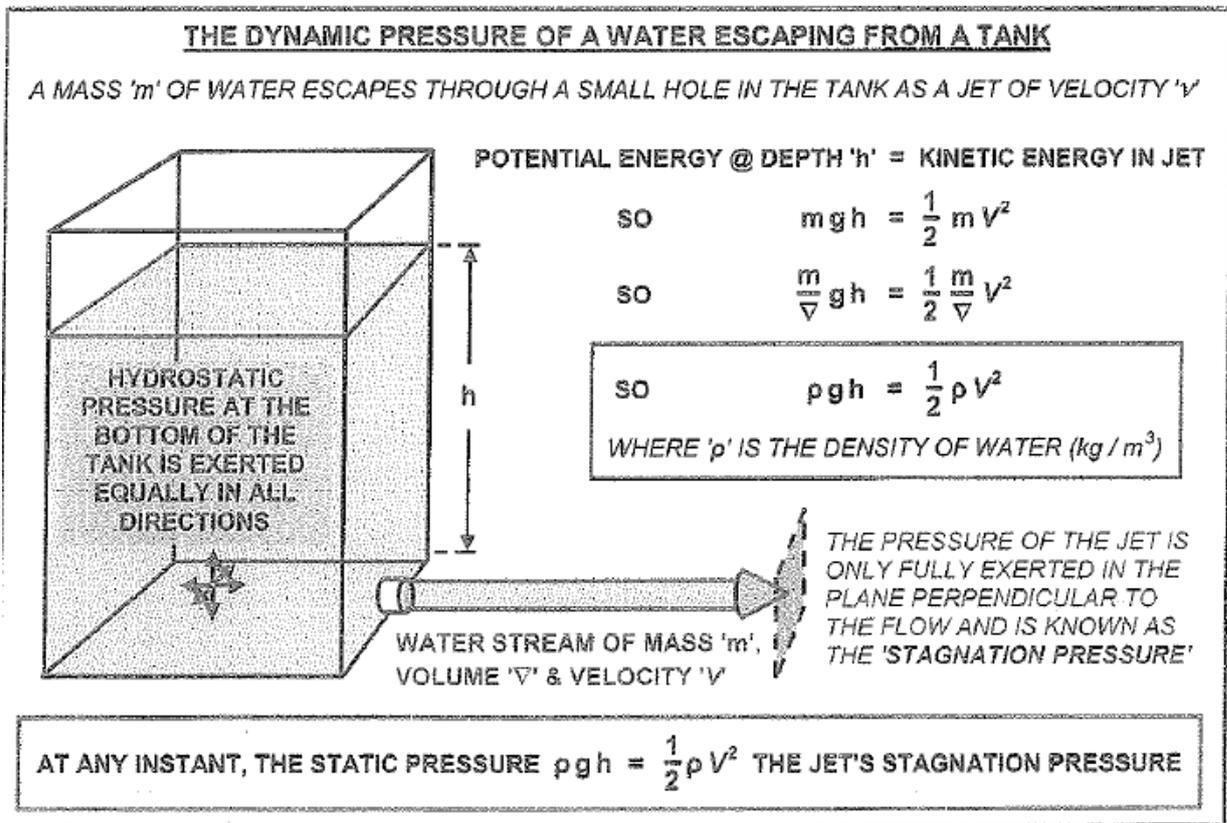


Fonte: Ships dynamic for Mariners

Sabendo-se que, na física, o valor de pressão estática – em Newtons por metro ao quadrado – é calculado pelo produto da aceleração da gravidade local, densidade da água e altura da coluna de água, todos com suas respectivas unidades de acordo com o sistema internacional de unidades, fica evidente a relação proporcional entre o valor da altura da coluna (h) e o valor resultante da pressão estática.

A pressão estática abaixo de uma certa quantidade de água é medida pela energia potencial por unidade de volume, ou energia de densidade da água nesta mesma profundidade. Como exemplo de aplicação dessa teoria diz-se que, havendo água armazenada em um tanque largo, contendo um pequeno orifício em seu fundo, a pressão estática força para fora um jato de água, sendo a energia potencial convertida em energia cinética pelo fluxo de água que está saindo do tanque. A pressão estática no fundo desse tanque exerce força igualmente em todas as direções, porém com o jato ela irá somente exercer pressão na direção do seu fluxo, até o momento que a pressão do jato de água diminuir completamente, atingindo a altura do início do orifício, e parar. Nesse instante, a água que restar no tanque estará fazendo parte da chamada pressão de estagnação. A pressão observada pelo fluxo de água que está escapando do tanque é chamada de pressão dinâmica, como demonstrado na figura 2.

Figura 3 – A pressão dinâmica da água escapando de um tanque



Fonte: Ship Dynamic for Mariners

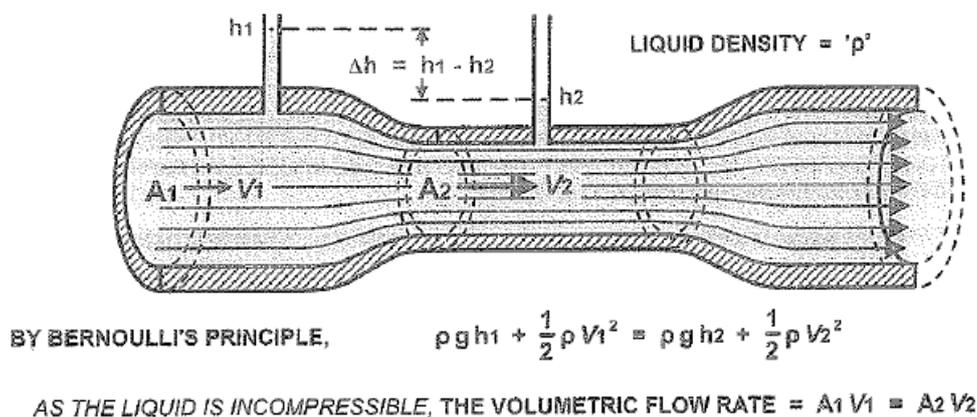
2.3 Teorema de Bernoulli

A conversão de energia potencial em energia cinética por um fluxo de fluido foi descoberto no século XVIII pelo cientista suíço Daniel Bernoulli. Se o fluxo não é afetado por atrito, a energia de um fluxo fixo é conservada, e, conseqüentemente, Bernoulli definiu que, no caso desse fluxo, a quantidade de pressão estática e de estagnação tomadas em qualquer ponto é também constante. O atrito do fluxo do fluido é conhecido como atrito de viscosidade e não pode ser, principalmente nos navios, ignorado tanto em fluidos de bombas como em máquinas de direção. Entretanto, o teorema de Bernoulli explica por que há uma queda de pressão atuando perpendicularmente no fluxo de água quando sua velocidade linear é acelerada pela passagem desse mesmo fluxo através de uma área seccionada reduzida.

Bernoulli somente é considerado em condições de um fluxo estável de líquidos, que são efetivamente incompressíveis e de densidade constante. O vazamento de um tanque não é uma situação verdadeira de fluxo estável, já que a pressão do jato do

vazamento reduz com o decréscimo do nível de água no tanque. Mas se, então, o orifício é muito pequeno, comparado com a área de superfície do tanque, a situação se aproxima de uma condição de fluxo estável em uma sequência de curtos espaços de tempo e a diferença de velocidade que o nível de água do tanque vai diminuindo pode ser desconsiderada.

Figura 4 – Aplicação do teorema de Bernoulli em uma certa quantidade de líquido



Fonte: Ships dynamic for Mariners

Na figura 3, a aplicação básica do teorema de Bernoulli, fundamental para entendimento das interações doravante expostas, é dada através de uma quantidade conhecida de líquido passando por um tipo de cano, com área seccionada de entrada maior que a área intermediária seccionada também conhecidas, causando uma aceleração da velocidade do fluxo da parte do diâmetro maior para o de menor, gerando uma diferença de altura que afetará a pressão estática e dinâmica do sistema.

Basicamente, como consideramos que não existe forças de atrito suficiente para exercer considerável perda de energia no sistema, não existirá dissipação de energia total. A energia total do sistema é contituida pela energia cinética – relacionada à pressão dinâmica – e a energia potencial – relacionada à pressão estática. Quando existe um aumento de velocidade, geralmente ocasionado pela diminuição notável de espaçamento do fluxo de água, haverá aumento da energia cinética forçando a diminuição da energia potencial e, conseqüentemente, da pressão estática aplicada naquele ponto.

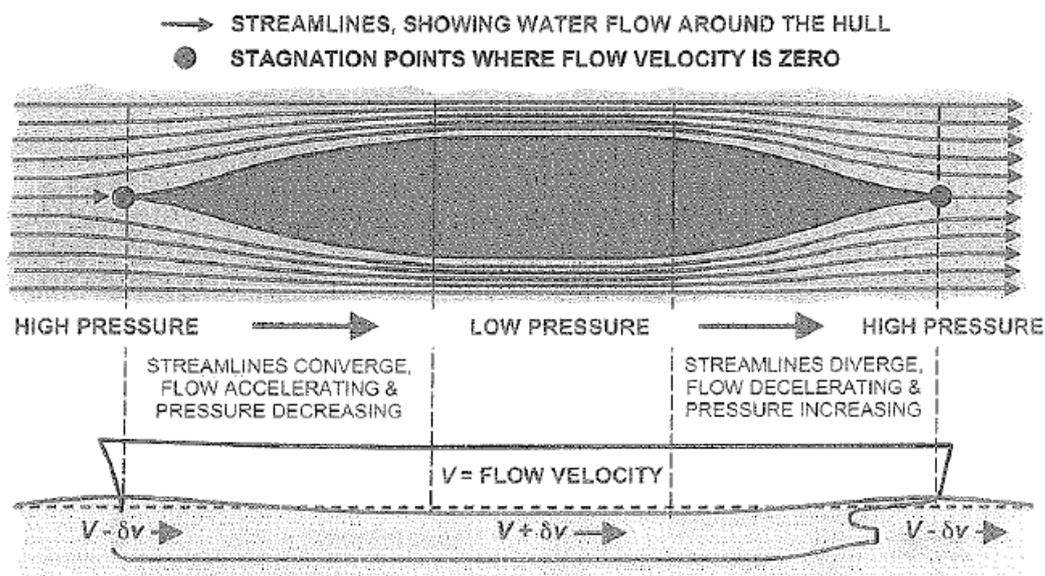
Como já explanado, é sabido que a pressão estática é responsável pela sustentação de um corpo na água – como exemplo, a aplicação da força de empuxo no casco do navio – e assim, quando existe uma diminuição de sua resultante modular, a força de sustentação

aplicada no corpo diminuirá, tendendo com que ele submerja ou perca sustentação naquela determinada área afetada.

2.3.1 Aplicação do teorema de Bernoulli no casco do navio

É possível aplicar o teorema de Bernoulli no fluxo de água que corre ao longo do casco do navio, tanto durante seu movimento na água durante a execução de uma derrota quanto quando ancorado, pela passagem da corrente ao longo desse casco. Nessas situações, o formato do casco submerso – carena ou obras vivas – acaba comprimindo o fluxo de água.

Figura 5 – A distribuição da pressão do fluxo de água ao longo do casco, segundo teorema de Bernoulli



Fonte: Ships dynamic for Mariners

Como observado na figura 5, as linhas bem delineadas representam o fluxo de água ao longo do casco e as bolas são os pontos de estagnação onde a velocidade do fluxo é considerada nula. A restrição de passagem de fluxo começa na proa e vai variando ao correr do casco, dependendo principalmente do ângulo em que as linhas incidem no plano do casco. Onde as linhas estão mais próximas uma da outra, existe a representação de aumento da velocidade, acarretando aumento da pressão cinética e, conseqüentemente, diminuição da pressão de sustentação. Os pontos de estagnação estão onde o fluxo foi

completamente parado, local que experimenta a maior força do fluxo de água e resistência ao avanço.

O aumento da pressão estática na proa é suficiente para aproximar as *streamlines* e acelerar a água ao longo do bordo do navio. A pressão sofre uma queda e tende a aumentar novamente assim que as *streamlines* divergem em direção à popa. Isso é causado pelas camadas de água que não se descolam do casco do navio e a interação entre as moléculas de água, que influenciam a vizinhança gradativamente até que a energia para continuar essa interação se dissipe no meio. Num caso ideal, em que não haja atrito entre o fluxo e o casco do navio, a alta pressão encontrada pela popa do navio, onde o fluxo de água se separa entre os bordos, deve ser igual a alta pressão encontrada no ponto limite da popa.

O teorema de Bernoulli é, obviamente, uma simplificação da realidade já que não podemos ignorar os efeitos de atrito contra o avanço do casco do navio através da água. Apesar da distribuição da pressão prevista pelo teorema seja considerada como verdadeira, a resistência do movimento de avanço do casco implica uma alta pressão encontrada na popa menor que a alta pressão encontrada na proa.

A diferença de pressão, explicada por Bernoulli, ao longo do casco vai aumentar com a aceleração de velocidade do navio, sendo bastante importante para entender alguns aspectos do comportamento do casco durante o deslocamento. Quando um navio movimenta-se relativamente rápido próximo a outro navio ou restrição do leito do mar, como um banco de areia, o resultado padrão de pressão e distorção da linha d'água afeta significativamente a condução do navio. Quando a embarcação se desloca em águas rasas ou restritas, a variação de altura do fundo do mar com a quilha do navio e de obstáculos da margem com o casco aumentam a diferença na distribuição das pressões do teorema de Bernoulli. Aumentando a aceleração do fluxo abaixo do navio e em torno de meia nau, uma notável depressão nas linhas do fluxo será causada, fazendo com que o corpo do navio se aproxime do leito ou da margem, dependendo da localização do obstáculo.

Serão esses efeitos, previamente descritos acima, consequências diretamente relacionadas à explicação do teorema de Bernoulli, explicados com maior riqueza de detalhes nessa monografia.

3 INTERAÇÕES

Quando os navios se aproximam, é possível sentir a presença um do outro em um grau maior ou menor, devido principalmente à influência que a camada do fluxo de água colada ao casco de um navio exerce na redondeza. Esse fenômeno se manifesta de inúmeras formas, variando desde mudanças de velocidade involuntárias até catastróficas – a ainda involuntárias – mudanças de curso que podem levar a sérios danos, principalmente colisão ou encalhe (DAND, 1995).

Ainda de acordo com o Dr. Ian W. Dand, o fenômeno de interação é basicamente causado quando os campos de pressão ao redor dos navios interagem. Todos os navios estão em um estado de equilíbrio na água, seguros em sua posição de repouso por pressões hidrostáticas e, no caso do navio começar a se mover, pressões hidrodinâmicas. São essas pressões dinâmicas responsáveis por formar sistemas divergentes e transversais de ondas quando um navio se move em águas tranquilas. No caso de águas rasas, as ondas ficam mais íngrimes, mesmo aquelas produzidas pelo deslocamento do navio, aumentando a resistência das ondas contra o casco.

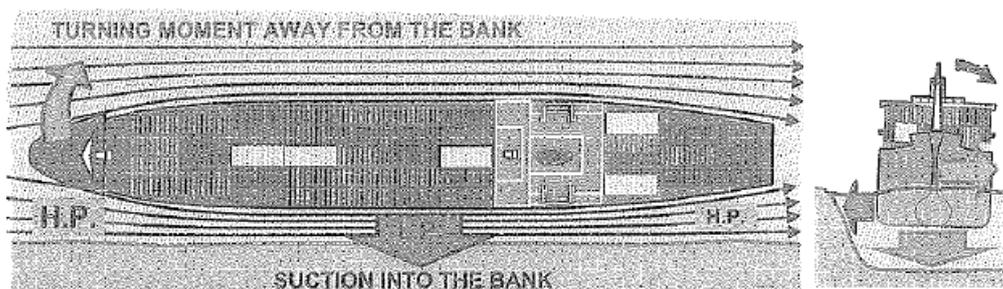
Assim como a interação existente entre navio-navio, existe uma outra forma de interação que acontece quando um navio está próximo a uma margem de um canal. Neste caso, a margem age como um espelho e, então, um navio em movimento perto de um banco se comporta como se estivesse perto de sua própria imagem. O resultado é que o navio será geralmente sugado para a direção do banco. No entanto, o sistema de onda formado pelo casco do navio, principalmente próximo à proa, ao que o navio se aproxima do banco, gera o chamado *cushion* – como se fosse um amortecedor banco-casco. Esse *cushion* tenderá a empurrar a proa para longe da margem, e, se a velocidade é alta o suficiente, o empurrão gerado pode superar grande parte da sucção e o navio desviará para o meio do canal.

3.1 Interação entre um navio e um banco num canal

Quando um navio se aproxima de um dos lados de um canal, a diferença de pressão em torno de seu casco é intensificada pela restrição causada pelo fluxo de água do lado do navio mais próximo do banco do canal. Se considerar um movimento de avanço moderado do navio, em relação à profundidade, a região de alta pressão da proa, que é maior que a de popa devido ao perdas por atrito já que a água está passando pelos

bordos do navio, fará com que a proa se afaste do banco. Entretanto, o efeito causado devido à baixa pressão localizada a meia nau gera simultaneamente uma sucção do corpo do navio em direção ao banco. Porém, caso o navio esteja com o leme guinado em direção a este banco, é grande a chance de seguir uma rota paralela a ele, safando desta forma uma possível colisão.

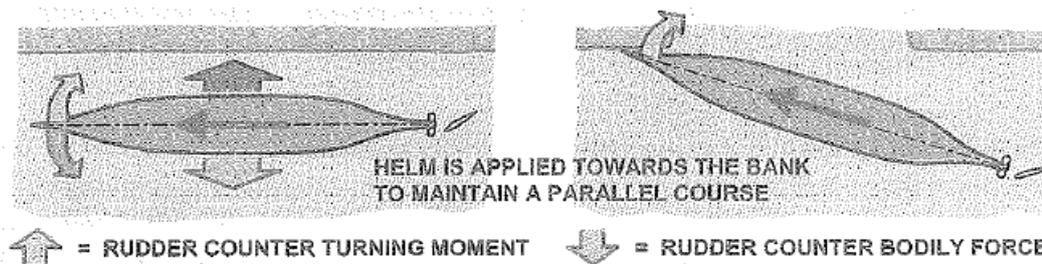
Figura 6 – Interação entre um navio com velocidade moderada e um banco



Fonte: Ships dynamic for Mariners

É possível verificar na figura acima a diferença entre as altas pressões da proa e da popa, sendo a da proa maior. O navio, ainda, irá realizar um movimento de cabeceio da popa em direção ao banco e irá se inclinar para o bordo oposto ao do banco, caso o leme esteja a meio.

Figura 7 – Manobra para prevenir colisão com banco



Fonte: Ships dynamic for Mariners

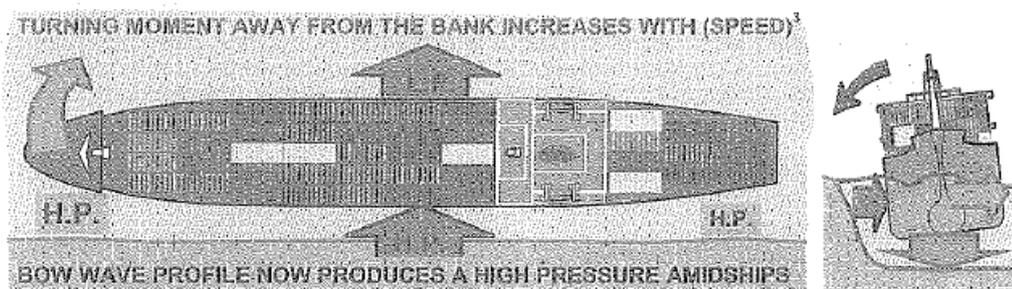
No caso da figura 7, se o timão é utilizado para conduzir a embarcação em direção ao banco, a força do leme irá evitar o cabeceio em direção à margem, assim como a sucção do corpo do navio, fazendo com que ele mantenha um curso paralelo ao banco mesmo que seja seguido de mudanças de direção no canal. Entretanto, se houver uma interrupção do banco, por exemplo por uma entrada no lado do canal, o navio tenderá a colidir com a proa no banco.

Pesquisas pela *British Maritime Technology Ltd* em modelos de prova em situações de banco de areia em canais estreitos, com o avanço do navio em velocidade moderada, varia de acordo com os seguintes fatores (DAND, 1995):

- Os efeitos reduzem de acordo com que a distância entre o navio e o banco aumentam;
- Os efeitos aumentam aproximadamente com o quadrado da velocidade do navio na água;
- Os efeitos são bem consideráveis se a lazeira diminui, no caso do efeito *squat*, que produz grande aceleração do fluxo por baixo da quilha e redução da pressão de sustentação no centro de flutuação.

No caso de uma velocidade de avanço acentuada do navio, será criada um sistema de ondas de proa suficientemente grandes e compridas para produzir um efeito de alta pressão a meia nau, entre o casco e o banco, fazendo com que o navio seja empurrado para longe dele. Caso a velocidade seja realmente considerável, esse efeito será acompanhado de uma inclinação do navio para o bordo do banco. Isso pode ser observado na figura abaixo.

Figura 8 – Possível interação entre o navio com alta velocidade e um banco



Fonte: Ships dynamic for Mariners

3.2 Interação entre navios

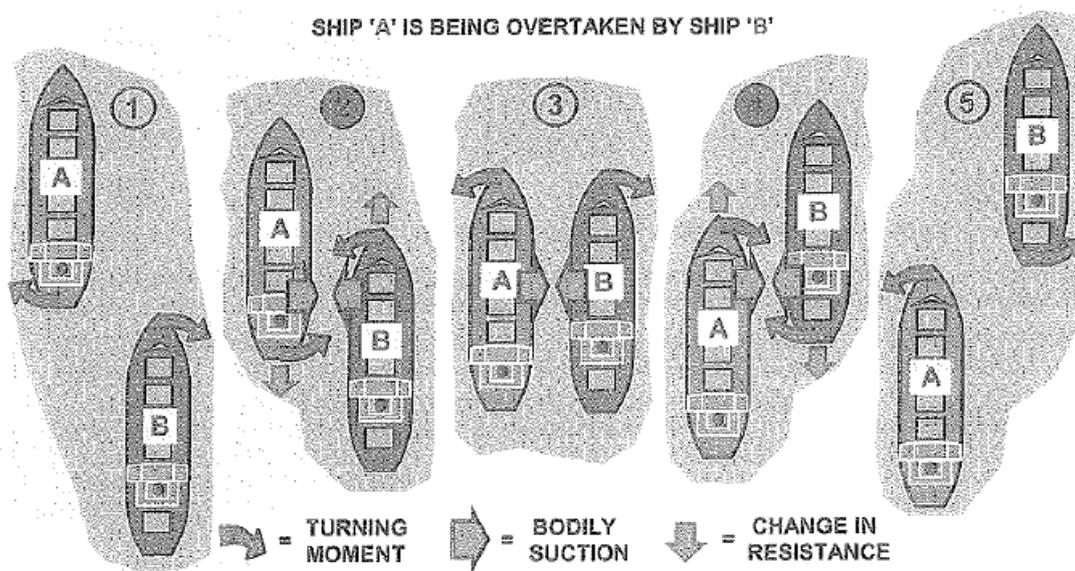
Nas interações entre sistemas de pressões que envolvem dois navios passando perto um do outro pode também causar manobras não desejáveis tendendo a um abalroamento. Isso pode acontecer em qualquer profundidade, porém assim como a interação entre um navio e um banco num canal, a interação entre navios é intensificada pelo efeito de águas rasas, já que ela causa alguns outros movimentos indesejáveis com o navio.

As interações entre os navios ocorrerão caso eles estejam na chamada “largura de influência” um dos outros, isso é, caso estejam navegando com uma distância entre seus cascos menor do que, pelo menos, duas vezes a largura do navio mais largo.

A interação entre navios passando próximos um ao outro quando seus cursos são recíprocos raramente causam problemas de abalroamento já que eles passam um pelo outro com certa rapidez e não há tempo suficiente para o sistema de pressões ser alterado de modo significativo. A maioria dos problemas críticos são originados quando uma embarcação está ultrapassando a outra e o período de aproximação torna-se relativamente longo.

Como observado na figura 9, considerando dois navios de mesmo porte e de estruturas semelhantes, em que o navio A está sendo ultrapassado pelo navio B, temos as seguintes 5 situações:

Figura 9 – Interação entre dois navios semelhantes em uma situação de ultrapassagem



Fonte: Ships dynamic for Mariners

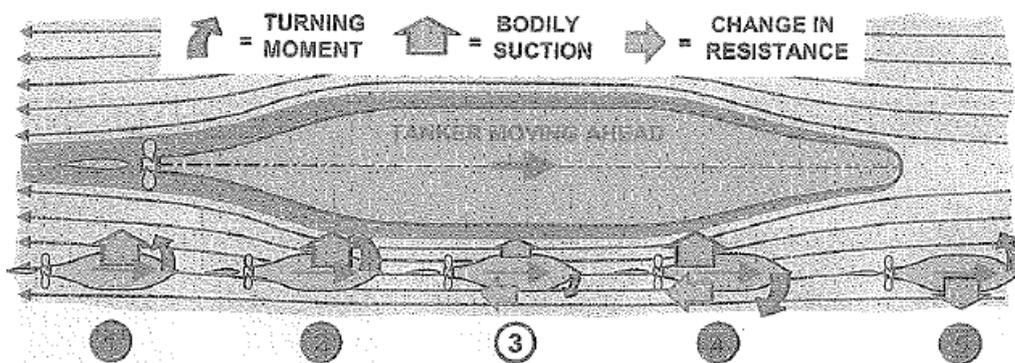
- 1) As regiões de alta pressão da proa do navio B e da popa do navio A inicialmente se repelem levemente
- 2) Se ambos os navios estão sendo controlados para manter o rumo, então a proa do navio B se sobrepõe à popa do navio A, e, por Bernoulli, a alta pressão será convertida em baixa pressão entre os cascos, atraindo a proa do navio B e a popa do navio A. Este costuma ser o ponto mais perigoso na ultrapassagem por ter tanto um momento

- de rotação (cabeceio) quanto uma sucção entre os cascos, fazendo os navios ficarem muito próximos. A resistência do navio A aumenta ao ponto que a do navio B diminui.
- 3) Quando lado a lado, os navios são atraídos juntos pela força de sucção entre os cascos a meia nau enquanto a alta pressão das proas criam um momento de rotação para fora.
 - 4) Assim que o navio B estiver abrindo distância do navio A, o efeito de redução de pressão estática irá criar novamente um perigoso momento. A baixa pressão atrairá os navios enquanto a resistência ao avanço do navio B aumenta e a do navio A diminui.
 - 5) Finalmente, as regiões de alta pressão da proa do navio A e da popa do navio B se repelem até que o navio B se veja livre do navio A.

Quando dois navios de tamanhos muito desproporcionais estão passando próximos um ao outro, o menor navio é afetado de maneira mais agressiva pela interação consideravelmente maior do que o outro navio, já que a diferença de pressão em torno do casco do maior navio, causada pela fluxo de água corrente, é muito maior do que aquela gerada pelo pequeno navio. Os rebocadores geralmente se encontram nessas situações quando eles se encontram com um navio grande, como por exemplo um tanqueiro, na aproximação do berço.

A figura 10 ilustra os efeitos causados num rebocador durante sua movimentação em torno do casco de um navio tanque, levando as seguintes cinco situações em conta:

Figura 10 – Interação entre um pequeno rebocador e um navio tanque



Fonte: Ships dynamic for Mariners

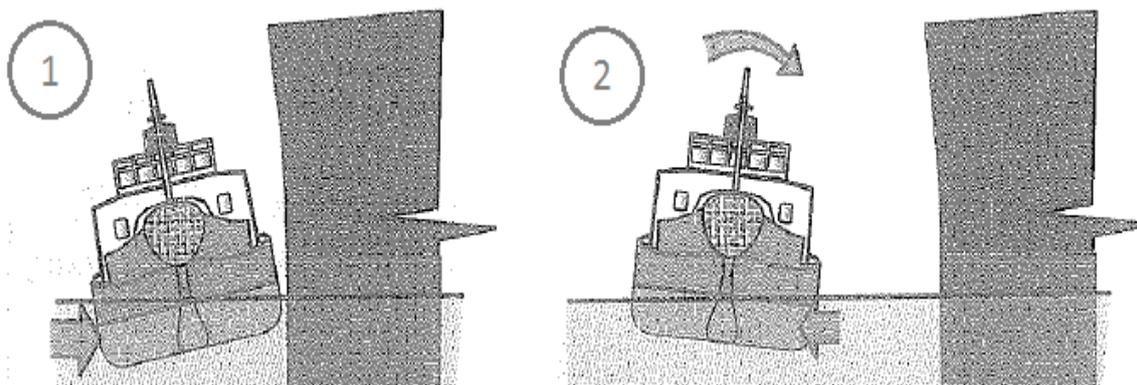
- 1) O rebocador sente o fluxo pelo lado de fora da proa, que é puxado em direção à alheta do tanque. O fluxo sobre o leme do rebocador está de frente.
- 2) Por Bernoulli, existe uma distorção do sistema de pressão estática entre a proa do rebocador e o bordo do navio, já que a distância entre eles diminui e o fluxo de água

aumenta a velocidade, fazendo com que o rebocador continue virando em direção ao tanque e seu corpo sendo atraído para o bordo do navio tanque.

- 3) O rebocador encontra-se, agora, em uma região fora do campo de pressão uniforme do tanque, então as forças que estão atuando sobre o rebocador são de uma grandeza menor, geradas pela sua própria distribuição de pressão. Uma pequena força de sucção em direção ao tanqueiro acompanhada de um fraco efeito de momento de rotação da proa para fora da mesma maneira que o rebocador reagiria se estivesse próximo a um banco numa margem. A resistência ao avanço do rebocador aumenta com a proximidade do bordo do navio, então maior potência é requerida para manter sua velocidade. O rebocador, nesta condição, está relativamente seguro.
- 4) O rebocador agora encontra um aumento de pressão na proa assim que passa pela bochecha do navio, enquanto o efeito de distorção de pressão permanece na popa do rebocador. O fluxo agora também está vindo pela parte de dentro da proa da pequena embarcação, e, combinada com a sucção causada na sua popa em direção ao tanque, existe um momento de rotação corroborando para que a popa do rebocador seja jogada para cima da bochecha do tanqueiro.
- 5) Quando o rebocador começa a deixar a proa do navio, o fluxo ainda está sendo direcionado para o interior de seu leme causando um momento de rotação da proa do rebocador em direção à proa do navio. Entretanto, o aumento da alta pressão em torno da proa do navio pode começar a empurrar o rebocador para fora de seu caminho.

Além dos efeitos supracitados gerados no rebocador, existem ainda os efeitos de inclinação, ou balanço, ocorridos também na ocasião da interação com outro navio de maior porte. Na figura 11, podemos observá-los.

Figura 11 – Os efeitos de rotação da interação entre um rebocador e um navio tanque



Fonte: Ships dynamic for Mariners

Na primeira situação, as forças de interação e de atração agem sobre a área imersa do casco, criando um movimento de inclinação no sentido horário. Na segunda, assim que a embarcação estiver deixando o navio, haverá uma força empurrando o rebocador para longe, porém essa força estará atuando principalmente na parte submersa do casco, gerando um rolamento no sentido anti horário (para fora do navio) e, somado às ondas geradas pelo avanço do navio, pode haver sérios riscos de emborcamento da pequena embarcação.

Rebocadores, quando empregados próximos à proa ou popa de um navio, devem evitar permanecer nas áreas de maior risco sempre que possível. Quando não for possível evitar, sendo o comandante do navio, por lei, responsável pelas ações de qualquer auxílio de reboque sendo utilizado pelo seu navio, então ele tem, ao menos, uma obrigação igual de zelar pela segurança da sua embarcação e dos rebocadores que o prestam serviço. Ele pode e deve até mesmo parar temporariamente seu navio se o rebocador estiver passando dificuldades reais em se aproximar do casco para pegar o cabo de reboque. Isso vai exigir ao grande navio estar em uma posição segura para deriva, sendo a operação bem planejada durante o avanço e aproximação na abordagem do rebocador, devendo se necessário, alterar o curso para uma localização mais confortável. Obviamente, a última opção não é muito desejável já que provavelmente culminaria numa manobra evasiva e de nova aproximação de entrada no porto. Esse tipo de situação é melhor evitada quando assegurado que o porte do rebocador está de acordo com o porte da embarcação maior, tendo potência, manobrabilidade e estabilidade suficiente para trabalhar com o tamanho do navio com o qual está se lidando.

A tripulação da embarcação que se aproxima de outros navios deve estar atenta aos procedimentos de aproximação segura a navios maiores. Então, lanchas de práticos, por exemplo, devem somente chegar e permanecer a altura de meia nau do costado do navio, onde a escada de quebra peito do práctico deve ser localizada. A lancha do práctico pode ir tomando posição em uma distância segura para a aproximação, a altura de meia nau, e gradualmente ir encurtando a distância até o costado, vendo-se livre de situações que enfrentaria pela popa e proa do navio. O mesmo processo é utilizado no afastamento da lancha, e, em ambas as situações, o comandante do navio deve exercer as instruções de curso e velocidade sugeridas pelo práctico.

Os navios, em geral, passando uns pelos outros, podem, é claro, evitar as interações aumentando a distância entre eles; apesar de que isso nem sempre seja possível. Por exemplo em águas restritas, na aproximação ao canal de um porto onde um ou ambos os navios também poderão enfrentar interações com bancos. Reduzindo a velocidade, os efeitos de interação conseqüentemente irão diminuir. No entanto, o período que os navios estarão próximos será aumentado, permitindo maior tempo para os efeitos se desenvolverem.

Uma redução da velocidade do navio mais lento combinada com um leve aumento da velocidade do navio que está ultrapassando, feitas no tempo certo, podem ser a melhor maneira de realizar a manobra, embora isso irá requerer boa comunicação e entendimento entre as partes. Essa questão pode não ser problema caso ambos os navios estejam utilizando o serviço da mesma empresa de praticagem, e pode se tornar um problema se os navios estejam se movimentando de maneira independente. Os navios podem, também, estar mantendo uma velocidade de navegação mandatória para demandar um porto, correndo o risco de, caso realizar o acréscimo de velocidade, não ter tempo hábil para reduzi-la novamente.

Se um navio perder de forma repentina o controle devido aos efeitos de interação, o rumo pode ser recuperado por um forte e rápido pulso de força a vante pelas máquinas, aumentando imediatamente a força do fluxo no leme sem significar, necessariamente, um aumento de velocidade do navio. Os comandantes dos navios menores devem notar as restrições que as embarcações de grande calado podem sofrer em um canal e auxiliar nas manobras pertinentes apropriadas à situação. No entanto, qualquer que seja o motivo, as regras contidas no regulamento para prevenir colisões ou abalroamentos (COLREG) devem ser necessariamente respeitadas. Caso não haja certeza de que será possível

cumprí-las, então o navio que deseja realizar a ultrapassagem deve reduzir a velocidade e voltar para ante a ré do navio que está em curso.

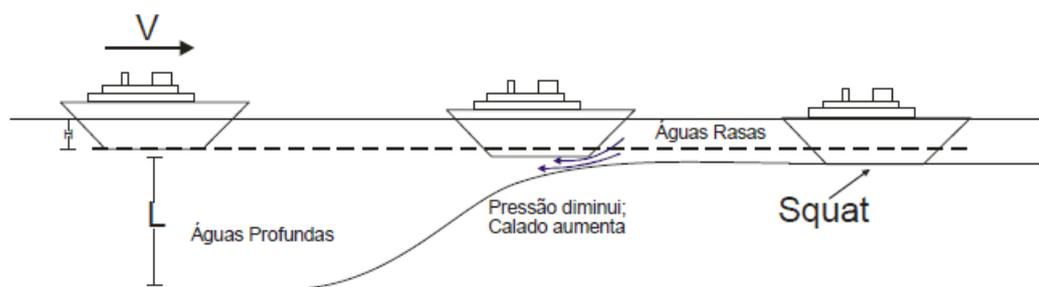
4 EFEITO *SQUAT*

Conforme já explicado, a distribuição das pressões no casco, pelo teorema de Bernoulli, que se desenvolvem através do movimento do navio pela água, distorcem a linha de flutuação ao redor do navio pelo aumento do nível nas regiões de alta pressão na proa e na popa enquanto a pressão diminui ao longo do comprimento do navio, especialmente a meia nau. Esse é o entendimento básico para o princípio do efeito *squat*.

Squat é um fenômeno natural observado enquanto o navio se move em um canal com restrições. O navio desloca um montante de água igual ao seu próprio peso. Essa água deslocada se move primeiramente ao longo e sob o casco e retorna para ré para “preencher” o vazio deixado pelo avanço do navio. Sendo assim, quanto maior for a velocidade do navio se movendo em relação à água, mais rápido será esse fluxo sob e ao longo da carena, e menor será a pressão de sustentação gerada pela água como resultado dessa velocidade.

Dependendo de onde ocorrer a maior redução na pressão ao longo do comprimento do casco, essa redução resultará em afundamento – ou seja, aumento no calado – na proa ou na popa, embora haja aumento no calado médio do navio.

Conforme o navio entra em águas mais rasas, o fluxo de água se torna mais restrito devido à redução da folga sob a quilha. Se o canal se torna também estreito, além de raso, o fluxo também sofre restrição em um ou em ambos os lados dependendo da posição do navio em relação ao centro do canal.



Fonte: Hidrodinâmica para navegantes

Quando o navio está manobrando em águas rasas, a folga sob a quilha é em torno de 0,5 vezes o calado do navio e se torna crítica ao atingir o valor de 0,2 vezes o calado, tendo assim todos os efeitos de diminuição da pressão de sustentação aumentados.

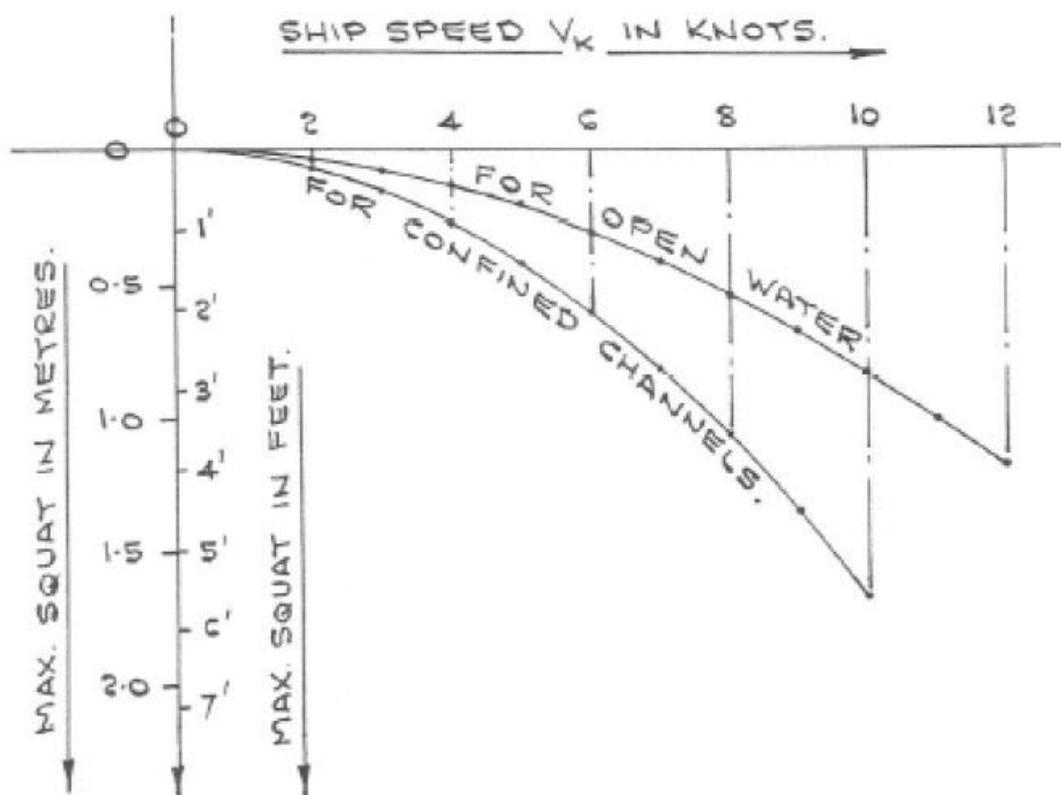
A restrição do escoamento da água pelo casco, em águas rasas, depende de várias variáveis, sendo as principais:

- a) Velocidade na água
- b) A relação do calado com a profundidade
- c) O coeficiente de bloco¹
- d) O deslocamento do navio que determinará o montante de água que irá passar sob e em torno do casco numa dada velocidade
- e) A razão e o período de aceleração enquanto o navio aumenta a velocidade

Visto que, entre os fatores acima mencionados, o efeito causado pela velocidade do navio é o fator sobre o qual mais se tem controle, com certa facilidade e liberdade de mudança, é realizado um estudo em cima dele. Percebe-se, baseado em observações dos navios e modelos em testes de prova atuais, que o efeito *squat* é proporcional ao quadrado da velocidade. Se a velocidade dobra, o *squat* quadruplica. Com os grandes navios atuais e com a consequente diminuição da folga sob a quilha, torna-se óbvio que a velocidade e o resultante efeito *squat* devem ser considerados com atenção. Deve-se notar, ainda, que a velocidade do navio se refere à velocidade na água e não em relação ao fundo, assim, se o navio estiver movendo-se contra a corrente, a velocidade em relação à água aumenta.

¹ Coeficiente de bloco é obtido pela área máxima da seção transversal do navio, dividido pelo produto de seu calado e boca máxima submersa nessa seção.

Figura 13 – Relação entre efeito *squat* e velocidade de um VLCC de 250,000t



Fonte: *SQUAT* interaction maneuvering

A área da seção mestra do navio – mais larga seção do casco – é significativa quando comparada com a área da seção de um canal estreito. A relação dessas duas áreas, com referência aos efeitos de restrição, determina o espaço através do qual a água deslocada deve fluir. Obviamente quanto menor for a área disponível, maior será a velocidade do fluxo, para uma dada velocidade do navio, e conseqüentemente maior será a queda de pressão em torno do casco e sob o casco. A redução no campo das pressões implica em redução do empuxo, como o peso do navio não varia, há necessidade de um maior volume submerso, para restaurar o empuxo inicial, daí decorre o aumento do calado.

O efeito *squat*, como já mencionado, geralmente observado em águas rasas, nunca aparece sozinho. Tanto em situações de restrições de canal, banco, até interações entre navios realizando ultrapassagem, existem os efeitos que aproximam ou rotacionam o navio, relacionados às pressões de sustentação aplicadas ao costado do navio, culminando e corroborando para o aumento da velocidade do fluxo sob a quilha, o que gera o efeito *squat* indesejável.

Uma das fórmulas mais utilizadas para o cálculo do *squat* foi expressa pelo Dr. Bryan Barrass, tendo atingido uma precisão bem considerável. Ela é dada em metros de afundamento e pode ser calculada da seguinte maneira:

$$SQUAT = \text{coeficiente de bloco} \times \text{velocidade}^2 / 100$$

O *squat* em águas restritas e rasas geralmente é o dobro do encontrado através da fórmula acima. É necessário salientar, também, que essa fórmula, na maioria das vezes, superestima o *squat*, portanto já provê uma boa margem de segurança. Em alguns casos onde a fórmula foi comparada com o *squat* medido, a margem de segurança foi considerada como suficiente para os cálculos práticos.

É conveniente discutir também os efeitos que a restrição do fluxo e a velocidade de avanço exercem nas características náuticas da embarcação. Já que um navio em águas restritas pode ser considerado como um pistão em um cilindro, é claro que há mais dificuldade para mover adiante enquanto a restrição aumenta. Existe então um limite prático para a velocidade na qual um navio pode navegar num canal: um navio que faz 16 nós a 80 RPM em águas profundas, deve fazer apenas 9 ou 10 nós em águas rasas com a mesma rotação. Este limite é alcançado quando a água flui numa velocidade alta, então o navio torna-se difícil de governar, além de apresentar vibrações pelo casco. Dessa maneira, pode-se concluir que o efeito *squat* afeta diretamente o governo e as guinadas. Um navio que sofre efeito *squat* se torna mais direcionalmente estável, mais difícil de guinar e tem sua curvatura de giro aumentada quando o *squat* se dá pela popa e o inverso quando se dá pela proa, tornando-se direcionalmente instável.

Para saber se o *squat* se dá pela proa ou pela popa, é necessário descobrir onde ocorre a maior queda de pressão ao longo do casco. É impossível prever com precisão, porém uma regra prática geralmente utilizada diz que:

- a) Navios de coeficiente de bloco $> 0,75$ tendem o *squat* pela proa (navios muito grandes, como navios tanques e graneleiros com grandes seções de proa);
- b) Navios de coeficiente de bloco $< 0,70$ tendem a ter trim pela popa (navios de formas mais finas, como porta contêineres)

Outra maneira bastante eficaz de prevenir *squat* excessivo, fora diminuir a velocidade, é aumentar a relação entre profundidade da água e calado médio do navio parado. Isto pode ser alcançado por descarga de água de lastro do navio ou movendo o

navio para águas mais profundas. Além de que, diminuindo o calado do navio, pela forma hidrodinâmica do casco que vai afinando conforme desce para quilha, o coeficiente de bloco diminui.

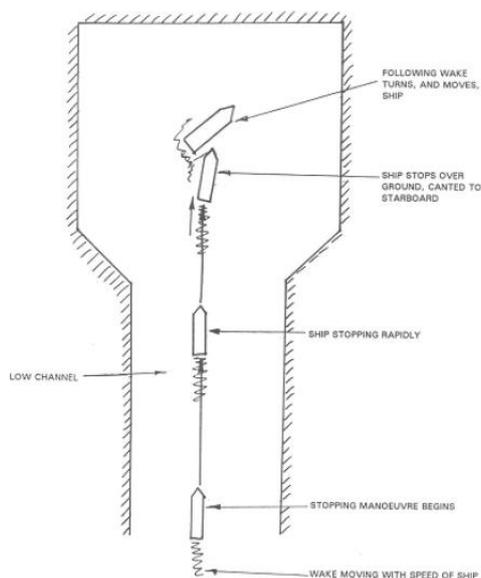
5 EFEITOS DIVERSOS QUE INFLUENCIAM A MANOBRA DO NAVIO

Fora os principais e mais usuais efeitos de interação entre navios, tanto em ultrapassagem, quanto nas manobras de rebocadores, assim como interações com bancos de areia e o efeito *squat* – gerado em águas rasas – existem ainda outros tipos de interações, também presentes nas fainas diversas em que o navio é empregado. Abaixo estão descritos, dentre os inúmeros efeitos que podem prejudicar a manobrabilidade do navio, alguns que exercem maior influência na rotina de manobras.

5.1 Efeito de esteira

Quando um navio para as máquinas abruptamente, a água que está sendo deslocada pode não ser muito favorável à manobra. As ondas geradas pelo navio levam um certo tempo para acalmar e, principalmente em águas rasas, a massa de água que está se movendo com o deslocamento do navio não para ao mesmo tempo que ele, fazendo com que ela o alcance (BARRASS, 1995). Isso pode afetar o navio e causar movimentos indesejáveis com sua proa e até, em casos extremos, girá-lo de maneira descontrolada – como pode ser observado na figura 13. O que se pode fazer para prevenir o problema é demandar o local da manobra com velocidade baixa ou ir realizando a manobra gradualmente.

Figura 14 – Efeito de esteira afetando a manobra do navio



Fonte: *SQUAT* interaction and maneuvering

5.2 Efeito da corrente

A corrente afeta a manobra de uma forma diferente e bem mais intensa do que o vento, sendo seu efeito normalmente observado através da velocidade relativa entre navio e água.

A velocidade da corrente local de superfície em mar aberto é geralmente modesta e aproximadamente constante no plano horizontal. Tais correntes não originam problemas para manobra em mar aberto. Porém, tornam-se muito relevantes em águas restritas, em que a velocidade do navio é baixa, não podendo desconsiderar a velocidade da corrente – a qual é uniforme. Elas podem apresentar um risco maior em canais ou rios, principalmente em curvas, onde a tendência é haver grandes gradientes da velocidade de corrente. Com o navio em baixa velocidade, a capacidade de desenvolver uma força adequada no leme e no casco para que a corrente não cause alterações indesejáveis na trajetória fica prejudicada.

5.3 Efeito *stall*

O termo *stall*, quando aplicado na hidrodinâmica, indica a separação do fluxo de água da parte de ré do leme – existente quando o leme não está a meio – resultando em perda total da força de sustentação e o efeito de guinada e controle de uma embarcação. Quando submetido a grandes ângulos de ataque – geralmente estimado em aproximadamente de 30 a 35° para navios mercantes – a água é forçada a ir de uma região de baixíssima pressão para uma região de alta pressão. Sende este um movimento antinatural, seu nome é dado como gradiente adverso de pressão. Como o único aspecto que mantém a água indo em direção ao gradiente adverso é sua quantidade de movimento, chegará uma hora em que não existirá quantidade de movimento suficiente para que a água continue indo nesta direção antinatural. Neste momento, as partículas da camada limite se descolam do leme, ficando o resto do trajeto da água pelo leme sujeita a vórtices e uma região de baixa pressão constante.

Basicamente, o efeito é dado por um grande ângulo de ataque do leme com uma velocidade de corrente de água pelo leme não tão significativa para fazer a camada limite não se desprender. O ângulo que gera o efeito é chamado ângulo de *stall*. Devido à bolsa de baixa pressão no extradorso do leme, uma grande força de arrasto é observada. Essa

força, somada com as forças que são aplicadas ao leme, compromete consideravelmente a força de sustentação.

Afim de evitar esse efeito indesejável, é necessário que o oficial do passadiço conheça os limites técnicos dos lemes utilizados em sua embarcação, planejando todas as manobras com aquele limite de guinada informado, como já dito acima, variando de aproximadamente 30 a 35°. Caso a seguimento do navio seja bastante alto, recomenda-se utilizar um ângulo de ataque ainda menor do que esses.

5.4 Efeito do trim

O trim influencia na estabilidade e capacidade de manobra de uma embarcação devido basicamente a dois pontos muito relevantes de aplicação de forças na guinada do navio: uma no leme e outra ao redor do centro de gravidade. Uma das principais forças aplicadas no centro de gravidade é devido a diferença de pressões, segundo Bernoulli, nas partes submersas do casco. Portanto, nessa situação, deve-se observar a localização das secções que possuem as maiores áreas submersas (MacELVEREY, 2004).

No caso do navio estar realizando uma curva, durante a manobra haverá um aumento na pressão pela parte de fora da proa e essa diferença de pressão entre os bordos da proa, formando diferentes forças a vante do centro de gravidade, torna qualquer navio instável. Na medida em que o navio estabiliza na curva, se ele estiver trimado pela popa, esse aumento de pressão passará para ré do centro de gravidade. Enquanto isso, a redução da pressão na popa pelo lado de dentro da curva aumentará, tornando o navio mais estável. Já se ele estiver trimado pela proa, o aumento da pressão inicial da proa no lado de fora da curva será maior e a redução da pressão na popa no lado de dentro da curva será menor – devido à pequena parcela submersa. Então, o ponto de aplicação da força ficará a vante do centro de gravidade, e o navio permanecerá instável, tendendo continuar o giro mesmo quando o leme for colocado a meio. O ponto pivô ficará mais próximo da proa.

No geral, os efeitos mais corriqueiros causados pelo trim são:

- a) Navio trimado pela popa: fica mais estável direcionalmente; seu diâmetro tático aumenta um pouco, o que não tem importância prática enquanto o valor do trim pela popa se mantiver dentro dos limites práticos. No entanto, esse diâmetro aumenta significativamente se a proa sair da água. Um navio geralmente governa melhor

quando com maior trim pela popa, assumindo que não tenha um vento excessivo pela proa.

- b) Navios em águas parcelhas: a estabilidade depende primordialmente da forma do casco. Navios de coeficiente de bloco grande governam de maneira pífia e tendem a ser instáveis, sendo amplificado com o trim pela proa em águas rasas. As formas de casco mais afiladas podem ser estáveis ou neutras. O comportamento de um navio de coeficiente de bloco moderado só pode ser determinado por viagens, pois ainda não há dados suficientes que permitam fazer uma predição precisa.
- c) Navio trimado pela proa: é instável para quase todas formas de casco.

Chegou-se a seguinte conclusão referente aos navios potencialmente instáveis:

- Não trime pela proa, afim de manter uma boa estabilidade direcional
- Use o leme por mais tempo para começar um *swing*, manobra desempenhada gradualmente, e coloque-o a meio logo em seguida
- Sempre deixa fazendo parte da tripulação um bom timoneiro
- Use a vantagem de poder guinar num menor raio

5.5 Efeito de mar grosso

Segundo os autores Daniel H. MacElverey e Daniel E. MacElverey, uma resistência é adicionada ao sistema, somada à fonte geral de resistência que o navio encara em águas tranquilas, caso a superfície da água não encontrar-se em calmaria. Assim que o navio pegar um mar pela proa, seu trim mudará constantemente enquanto o navio se choca em encontro ao mar. Quando o navio balança devido às ondas, o formato da porção submersa do casco também fica mudando constantemente. Esses efeitos causam um aumento de resistência ao movimento de avanço do navio.

Na situação causada pelo efeito de mar grosso, dos movimento originados o caturro será a forma de diminuição de velocidade mais severa. Ele aumenta todas as fontes de forças normais de resistência e causa perdas de eficiência propulsiva assim que o hélice alcança a superfície da água, podendo gerar sérios danos às máquinas propulsoras da embarcação. Já o movimento que menos traz consequências para a embarcação em termos de resistência é o balanço. É difícil determinar experimentalmente o aumento na

resistência causada por somente o balanço, mas alguns experimentos indicam que inclinações acima de 20° causam um aumento de resistência pequeno em porcentagem.

Resumindo, o mar grosso tem um efeito marcante na resistência do navio e potência adquirida para movimentá-lo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não basta ao oficial de passadiço somente ostentar todos os conhecimentos teóricos que envolvem uma boa navegação, tão pouco apenas utilizar-se do olho marinho e prática para conduzir o navio. Um bom navegador é aquele que utiliza todos os recursos possíveis para governar a embarcação de um ponto a outro com segurança, livre de todos os perigos que a cercam.

Para as fainas de manobras do navio, é necessário que o piloto e os demais responsáveis pela navegação estejam bastante familiarizados com as características e especificações técnicas de sua embarcação mas, não menos importante, os perigos que cercam a faina de manobras do navio, na entrada e saída de portos, ultrapassagem de navios, uso de rebocadores nas manobras e outras tantas ocasiões.

No intuito de saber qual manobra aplicar em cada situação de risco, o navegante deve primeiramente estar ciente de todos os conceitos hidroestáticos e hidrodinâmicos dos quais sua embarcação estará submetida em qualquer alteração de curso, para que, assim que a manobra seja realizada, não hajam efeitos indesejáveis e inesperados em resposta a uma guinada, fazendo com que – mesmo executando a manobra correta – o navio colida ou abalroe. Esses desastres podem custar um prejuízo muito grande, tanto à empresa quanto ao meio ambiente.

A presente monografia buscou apresentar os principais efeitos aos quais o navio é submetido quando em seguimento na água e apresentados durante as manobras, como as interações entre navios e navios e bancos, efeito *squat*, e outros até mesmo gerado por condições do meio em que o navio flutua. Não apenas isso, mas também quais são os melhores procedimentos a serem utilizados nessas situações, afim de evitar quaisquer tipos de acidentes ou erros inesperados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARRASS, Dr. C. B and DAND, Dr. Ian W. **SQUAT INTERACTION MANOEUVRING**. 1 ed, London: The Nautical Institute, 1995.

CLARK, I. C. **Ship Dynamics for Mariners: A guide to the theory of hull resistance, power requirements, propulsion, steering, control systems and ship motion in a seaway**. 1 ed, London: The Nautical Institute, 2005.

CRENSHAW, Russel Sydnor. **Naval Shiphandling**. 4 ed, Annapolis: United States Naval Institute, 1975.

FONSECA, Maurílio M. **Arte Naval**. Rio de Janeiro – SDM (7ª Edição: 2005).

HOUSE, David J. **Ship Handling, Theory and Practice**. 1 ed, Burlington: USA, 2007.

MacELVEREY, Daniel H. & MacELVEREY, Daniel E. **Shiphandling for the Mariner**. CORNELL MARITIME PRESS (4ª Edição: 2004).

Impulsão ou Empuxo. Disponível em: <<http://www.wikipedia.com.br/impulsao>>. Acessado em: 06 jun. 2014.