

Leitura de Curvas Hidrostáticas

Curso: Arqueação de Navios – Draft Survey

Instituição: Somática Educar

Autora: Cristian Paula Bertotti da Silva

Arqueação ou Draft Survey é a medida do volume interno de uma embarcação. Compreende a arqueação bruta e a arqueação líquida e é feita, principalmente, através da inspeção dos calados do navio, verificação da densidade da água no local e execução de cálculos baseados em dados e tabelas do navio, a fim de emitir um laudo informando a carga embarcada ou desembarcada, baseando-se no Princípio de Arquimedes, que diz: “**todo corpo que se encontra imerso em um fluido recebe a ação de uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do corpo que está dentro do fluido**”. Assim, para a execução dos cálculos que resultarão nos valores em de carga embarcada ou desembarcada, é preciso conhecer conceitos básicos de estabilidade do navio, para que as leituras dos fatores utilizados nestes cálculos sejam executadas e interpretadas de forma precisa.

A seguir, alguns conceitos básicos para melhor entendimento deste artigo:

Calado - é a distância vertical compreendida entre a linha de base (fundo da embarcação) e a superfície da água. As leituras dos calados de uma embarcação, são cruciais para um bom resultado do laudo de arqueação. Devem ser verificadas nos dois lados da embarcação, observando as marcas na vante (proa), meia nau (meio) e na ré (popa).

Trim ou compasso - é a diferença entre os calados a ré (AR) e a vante (AV). Quando o calado a vante é igual ao calado a ré, diz-se que a embarcação está em águas parelhas, sem compasso ou trimada. Quando o calado a ré é maior do que o calado a vante, diz-se que a embarcação está derrabada. Quando o calado a vante é maior do que o calado a ré, diz-se que a embarcação está abicada. O Trim é expresso em metros ou em pés ingleses, dependendo da medida empregada no calado do navio.

Banda ou adernamento - é a inclinação para um dos bordos; o navio pode estar adernado, ou ter banda para Boreste (BE) ou para bombordo (BB); a banda é medida em graus.

Compassar - fazer o compasso de um navio é tirar o trim, isto é, trazê-lo à posição de flutuação direita quando estiver inclinado no sentido longitudinal. Quando um navio não tem trim, diz-se que está compassado, ou que está em quilha paralela, ou em águas parelhas. Aprumar, ou trazer a prumo um navio é tirar a banda, isto é, trazê-lo à posição de flutuação direita quando estiver inclinado no sentido transversal. Quando um navio não tem banda, diz-se que está aprumado. Quando um navio não tem banda nem trim, diz-se que está em flutuação direita. Quando um navio tem trim, é preferível que esteja apopado; um

navio abicado é mais propenso a embarcar água pela proa, dispara os propulsores, é mais difícil de governar.

Propriedades Hidrostáticas

Quando um navio não estiver em equilíbrio, ou seja, trimado (*even keel*) o que geralmente acontece antes do carregamento e após a descarga, as leituras de calado devem ser corrigidas.

Propriedades hidrostáticas são aquelas que dependem exclusivamente da forma da parte submersa do casco e da geometria da área do plano de flutuação. É usual no projeto de um navio, o traçado de curvas das várias propriedades hidrostáticas do casco, em função do calado. Estas curvas, chamadas hidrostáticas, são muito úteis para preparação de plano de carga e descarga, movimentação de pesos a bordo e, principalmente, para os estudos de estabilidade.

Curvas hidrostáticas

Ao projetar um navio o construtor naval calcula as propriedades da forma da carena para um grande número de suas flutuações direitas. O resultado deste cálculo é geralmente apresentado em curvas que podem ser chamadas "curvas características das propriedades hidrostáticas da forma do navio", ou mais simplesmente, curvas hidrostáticas.

As curvas hidrostáticas mostram a evolução das propriedades que dependem só do calado e dão uma ideia do comportamento da embarcação do ponto de vista hidrostático e até algum "insigth" do comportamento hidrodinâmico.

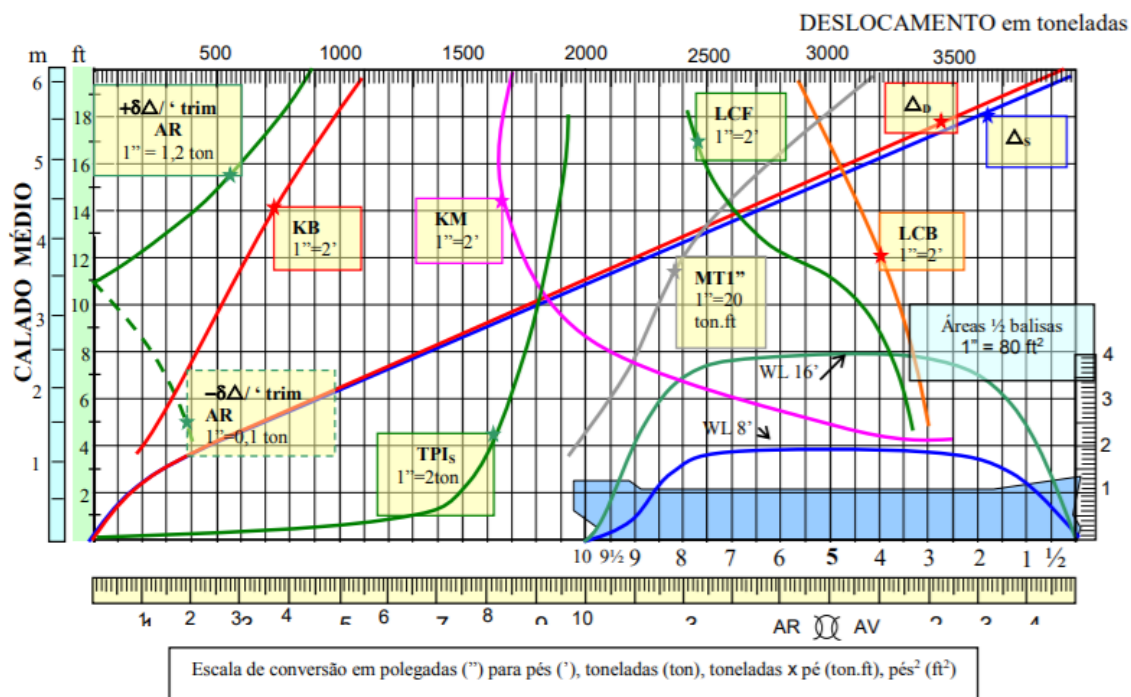
Depois da familiarização com essas curvas, percebe-se que sua consulta permite uma boa intuição da forma do casco que as gerou.

As curvas hidrostáticas são geralmente traçadas no mesmo sistema de eixos. Uma cópia da curva é afixada na ponte de comando, da qual se fará uso constante durante a operação do navio.

Consideremos um navio que opera sob um determinado calado, trim e banda e que receberá uma nova carga numa determinada locação. Sua nova condição de equilíbrio com o peso a bordo, a nova margem de estabilidade, e a nova borda livre podem ser calculadas com base em dados obtidos da consulta das curvas hidrostáticas.

As curvas hidrostáticas são geralmente calculadas para o navio ou plataforma flutuando sem trim ou banda e devem, quando necessário, ser corrigidas para valores de trim e banda diferentes de zero. Sob o eixo vertical são grafados os valores crescentes de calado médio (definido como a média dos calados a vante e a ré) e sob o eixo horizontal é grafada uma escala de leitura de deslocamento em toneladas. Os valores de todas as variáveis plotadas são convertidos, através de escalas definidas a partir da leitura de valores, em toneladas de deslocamento.

Estas curvas podem ser traçadas num só desenho que é incluído nos planos gerais do casco; o modo como são elas constituídas não é importante para o pessoal de bordo, aos quais interessa saber apenas como utilizá-las. Os desenhos das curvas hidrostáticas nem sempre são exatamente iguais uns aos outros, diferindo quanto ao número de curvas apresentadas e de um país para outro, conforme o sistema de medidas empregado. De modo geral, entretanto, elas têm o aspecto geral apresentados na figura a seguir.



Podemos ver, nesta curva hidrostática, que as escalas verticais são escritas em pés (1 pé = 0,3048 metros), e representam os calados médios na quilha. A escala horizontal em cima é escrita em toneladas (1 long ton = 1 016 quilos). Na parte inferior do desenho temos um perfil externo do navio: a linha inferior deste perfil é a linha do fundo da quilha, e a linha da base moldada não está representada. As escalas horizontais por baixo do perfil representam as numerações das balizas. Na base do gráfico há uma escala graduada em polegadas para conversão das unidades.

Para a leitura das curvas hidrostáticas temos então três escalas: a vertical (de entrada do calado) em pés (ou m) e duas horizontais, uma em toneladas inglesas, na parte superior (deslocamento) e outra em polegadas na parte inferior. Todas as curvas são referidas ao calado médio, mas nem todas se referem a toneladas; para estas são escritos, junto à curva, os fatores de conversão que transformam a escala horizontal, em polegadas, na medida a empregar. Na parte inferior, à direita, existe outra escala em polegadas, específica para a leitura das áreas de meias balizas. Tudo isto torna o uso destas

curvas aparentemente difícil, o que não é realmente, conforme mostrado com nos exemplos apresentados a seguir.

Exemplo 1 – Como saber qual é o deslocamento em água salgada quando o calado é 10 pés? Entra-se na escala vertical dos calados com o valor 10 pés e segue-se a linha horizontal correspondente até interceptar a curva ΔS (em azul); lê-se o deslocamento na escala de toneladas diretamente acima do ponto de interceptação e a resposta encontrada é 1.800 toneladas.

Exemplo 2 – Estando o navio em água doce e o calado médio é de 12 pés, qual o deslocamento? Entra-se na escala dos calados com o valor 12 pés e segue-se a linha horizontal correspondente até encontrar a curva ΔD (em vermelho); lê-se o deslocamento na escala de toneladas diretamente acima do ponto de encontro, 2.200 toneladas.

Curva KB, (posição vertical do centro de carena) e **curva LCB**, (posição longitudinal do centro de carena).

Exemplo 3 – Como saber o centro de carena quando o calado do navio é 10 pés? Para isso, segue-se a linha horizontal dos 10 pés até interceptar a linha de **KB**. Deste ponto de interceptação segue-se a linha vertical para baixo até encontrar a escala em polegadas, lendo-se: 2,6". A altura do centro de carena acima da linha de fundo da quilha será de $2,6 \times 2 = 5,2$ pés (conversão indicada na figura: $1" = 2'$).

Já para a posição longitudinal do centro de carena, segue-se a linha horizontal do calado 10 pés até encontrar a curva **LCB**; lê-se, na escala de polegadas, diretamente abaixo deste ponto de encontro, 0,6" AV da seção a meia-náu. O fator de conversão escrito na curva é de $1" = 2'$, portanto, $LCB = 1,2$ pés AV da baliza 5. A resposta então é, para o calado de 10 pés, o Centro de Carena (B) está a 5,2 pés acima da linha de fundo da quilha e a 1,2 pés para vante da baliza 5 (seção a meia-náu).

Curva LCF, posição longitudinal do centro de flutuação.

Exemplo 4 – Leitura do centro de flutuação para o calado de 14 pés. Segue-se a linha horizontal do calado 14 pés até encontrar a curva **LCF** e lê-se, na escala de polegadas abaixo deste ponto de encontro, o valor 2" AR. O fator de conversão escrito nesta curva é $1" = 2'$; logo, o centro de flutuação está a 4 pés, por ante a ré da baliza 5 (seção a meia-náu).

Curva TPI, toneladas por polegada de imersão.

Exemplo 5 - Para o calado 6 pés qual número de toneladas por polegada de imersão lido no gráfico? Procura-se a interceptação da linha horizontal

correspondente ao calado 6' com a curva TPI; diretamente abaixo deste ponto, na escala de polegadas, lê-se 8,5". O fator de conversão desta curva é 2ton / pol. Logo, para 6 pés de calado, o número de toneladas por polegada de imersão é $8,5 \times 2$, assim a resposta é 17 toneladas.

Curva KM, altura do metacentro transversal acima da linha de fundo da quilha.

Exemplo 6 - Quando o calado médio é de 12 pés, qual a altura do metacentro transversal? Procura-se o ponto de encontro da linha horizontal de 12 pés com a curva **KM**, segue-se a vertical a partir deste ponto para baixo até a escala horizontal onde se lê 8,7". Como a cada polegada (") corresponde uma altura de 2', o metacentro transversal está a 17,4 pés (17 pés e 5 polegadas aproximadamente) acima da linha do fundo da quilha.

Curva MT1", momento para variar o trim de 1 polegada. A leitura desta curva é feita de modo semelhante à da curva TPI.

Exemplo 7 - Para 10 pés de calado o valor encontrado para MT1 é 11,5" e, sabendo que 1"= 20ton.pé, temos que a resposta de 230 ton.pé.

Curva $\delta\Delta 1'$ trim AR, correção ao deslocamento quando o navio estiver com 1 pé de trim pela popa. Os deslocamentos e os calados deduzidos das curvas Δ são corretos apenas para as flutuações direitas, para as quais foi calculada a curva, ou para as suas flutuações isocarenas determinadas por uma inclinação transversal do navio. Se o navio estiver flutuando descompassado, isto é, com uma inclinação longitudinal, os resultados obtidos na curva do deslocamento são considerados apenas como aproximação. Estas aproximações são julgadas suficientes na prática para as inclinações longitudinais até 1 grau, inclusive. Se for desejada maior aproximação, aplica-se a correção que é dada pela curva $\delta\Delta 1'$ trim AR.

Exemplo 8 - Suponhamos que o navio esteja calando 15 pés AR e 13 pés AV. O deslocamento em água salgada correspondente a seu calado médio 14 pés é 2.700 toneladas, lido na curva ΔS . Entrando na curva $\delta\Delta 1'$ trim AR com o calado médio 14 pés, encontraremos na escala horizontal 2,0 pol, o que corresponde a $2 \times 1,2 = 2,4$ toneladas / pé de trim pela popa. Como o trim AR é de $15 - 13 = 2$ pés, a correção de deslocamento será de $2,5 \times 2 = 5$ ton e o deslocamento correto será $2700 + 5 = 2705$ toneladas.

Conclusão

Através destes exemplos de leitura de curvas hidrostáticas, podemos observar a importância de sua aplicação e correta interpretação para os cálculos náuticos. Na atividade de arqueação, o conhecimento desta técnica, somada a outras é o que determina o efetivo resultado no cálculo desejado.