Curso de Projetos de Barcos de Esporte e Recreio
Material de Apoio a Curso Online e Presencial

www.madeiramarestaleiroescola.com.br

Todos os direitos reservados; Proibida a reprodução e distribuição total ou parcial. Não pode ser vendido separadamente da matrícula no Curso de Construção de Barcos Madeira Mar.

Apresentação

Seja bem-vindo ao mundo da construção naval! O objetivo deste curso é oferecer a você os conhecimentos teóricos usados por projetistas navais para interpretar, criar e projetar barcos de todos os tipos: veleiros, barcos a motor e barcos à remo.

Projetar um barco é uma atividade que envolve diversos conhecimentos, de diferentes áreas da ciência, tecnologia, arte e design. Durante este curso você terá contato com estes conhecimentos, de forma acessível a leigos, e assim vai poder iniciar sua trajetória na disciplina de projetos de embarcações de esporte e recreio.

Ao final deste curso você será capaz de analisar embarcações com um olhar técnico, entendendo como cada parte do barco é responsável pelo seu comportamento na água: estabilidade, velocidade, segurança e conforto da tripulação. Além disso, você vai ter contato com metodologias de projeto usadas no Madeira Mar Estaleiro Escola para desenvolver projetos para construção artesanal.

Este material de apoio apresenta os conceitos que serão detalhados nas aulas online, para melhor entendimento e fixação. Também oferece exemplos de conceitos aplicados em embarcações reais.

Se tiver dúvidas sobre os conteúdos aqui apresentados, ou se desejar mais informações, envie email para madeiramarestaleiroescola@yahoo.com.

Se você deseja se profissionalizar e ser um projetista de barcos de esporte e recreio, este curso é o primeiro passo do caminho. Ao final deste material indicaremos bibliografia complementar para você se aprofundar no tema.

Bons estudos!

Introdução

Quando se vê um barco navegando suavemente na água podemos ter duas idéias enganosas. A primeira é de que a aparente naturalidade de seu movimento é simples de se compreender e criar um barco é algo simples. No outro extremo está a idéia de que os conhecimentos necessários para se criar um barco eficiente são inatingíveis.

Mas projetar um barco está ao seu alcance. Mas exigirá esforço e estudo. Uma embarcação requer uma compreensão de conceitos de física básica (hidrostática), mecânica (estática), hidrodinâmica e aerodinâmica, design (metodologia de projetos, estética) e CAD (modelagem no computador), entre vários outros.

Durante o curso vamos estudar estes conceitos de forma acessível a leigos, e ao final das aulas você enxergará barcos com outros olhos, sendo capaz de entender como se movem, e por que tem a forma que tem. Velas, bolina, estabilidade, velocidade, temas que geram muita controvérsia e em geral são mal compreendidos, ficarão claros para você.

Projetar um barco é uma atividade que exige um propósito e dedicação. Para criar um novo barco, pense primeiro em sua necessidade. O que você vai trazer ao mundo com sua criação? Quando nós do Madeira Mar desenvolvemos um projeto, temos como objetivo, sempre, trazer ao alcance do amador sem experiência a possibilidade de construir o barco ideal, com materiais acessíveis e técnicas fáceis de executar. Isto não significa limitar a forma ou tamanho, pelo contrário. Impõe um desafio ao projetista, de criar barcos excelentes e ainda assim fáceis de construir e com custo acessível. Temos projetos de 2,1m até 8,6m, de barcos a remo, vela e motor, com ou sem cabine. Apesar de suas grandes diferenças, todos utilizam técnicas de construção simples, usando compensado naval e resina epóxi, velas de lona leve, escolhas de motor de menor custo e complexidade.

Mas esta é a nossa motivação. Você poderá descobrir a sua, e desenvolver projetos relevantes e inovadores. O Brasil tem milhares de quilômetros de costa e muitos rios, lagos e baías que oferecem inúmeras possibilidades aos projetistas de barcos. Por isso, estude, dedique-se, e comece a projetar seu primeiro barco!

Conceitos Básicos de Hidrostática

Existem alguns conceitos fundamentais que você precisa dominar, e que serão usados em todo o curso. Você pode aprofundar estes conceitos lendo livros de física do segundo grau, que tratem de hidrostática (deslocamento e empuxo). Uma noção de vetores vai ajudar muito a entender diversos conceitos ao longo do curso.

Como este curso tem como objetivo ser acessível a leigos, optamos por não desenvolver a parte de cálculo matemático, e tratamos os conceitos apenas teoricamente, porém, oferecemos nesta apostila referências bibliográficas para você se aprofundar, se quiser.

Os conceitos apresentados abaixo são de domínio de todos os yacht designers, e seu entendimento pode ajudar a prever o comportamento de um veleiro (desempenho, estabilidade, segurança) conhecendo apenas as suas dimensões gerais e características de forma.

- Comprimento na linha d 'água: Esta dimensão é importante porque é base para determinar a velocidade máxima do casco, e é uma medida mais realista do espaço útil de um barco.
- Boca: é a medida da largura do barco na seção onde ela é maior. Boca na linha d'água é a medida da largura na linha d'água (óbvio), e é uma medida útil em alguns casos. É a boca na linha d 'água que determina efetivamente a estabilidade de desenho do casco.
- Calado: É a profundidade, da linha d'água, até o ponto mais baixo do casco (em geral a quilha ou patilhão). No caso de veleiros com bolina retrátil, tem-se duas medidas de calado, máximo, incluindo a bolina, e mínimo, com a bolina recolhida. Para o projeto, consideramos o calado do “corpo de canoa”, que é a parte submersa do casco, sem quilha ou outros acessórios que não participam da flutuação da embarcação. O “calado do corpo de canoa” é a profundidade do caso usada no projeto propriamente dito.
- Deslocamento: É o peso da água deslocada pela parte submersa do barco. Mais claramente, o peso do barco. Normalmente o deslocamento inclui metade da capacidade de carga do barco. Em barcos pequenos e leves o peso varia muito dependendo da tripulação e carga a bordo. Para um mesmo deslocamento, a linha d’água apresentará uma diferença em sua altura se o barco estiver em água salgada ou doce.
- Centro de Carena: é o centro do volume submerso do barco, onde atua a resultante da força de empuxo. Varia com a forma do volume submerso, que por sua vez varia à medida que o barco aderna ou caturra, ou dependendo da distribuição de peso no barco. O centro de carena varia à medida que o barco aderna, e é este deslocamento lateral do centro de carena (em relação ao centro de gravidade) que cria um momento que limita o adernamento

provocado pelo esforço lateral sobre as velas, ou pelo balanço das ondas. A força que faz o barco retornar a sua posição normal é a “força de restituição”.

- Centro de Flutuação: é o ponto que corresponde ao centro da área desenhada pela linha d’água, e é o ponto em torno do qual o barco realiza movimentos de arfagem, rolagem e giro.
- Centro de Resistência Lateral: é o centro da área da seção lateral submersa. Esta medida é importante porque a distância longitudinal entre o CRL e o centro de esforço lateral das velas tem grande efeito sobre o comportamento do barco. Quando o centro de esforço das velas está à frente do CRL, o barco tende a arribar, e esta tendência compensa a tendência a orçar devido ao momento formado pela resistência do casco e a força sobre as velas. O ideal é um barco que tenha uma leve tendência a orçar, assim, em uma eventual rajada, o barco “entra no vento” naturalmente, o que diminui a força lateral sobre a vela e a tendência a adernar em excesso.
- Área submersa: É a área do casco sob a linha d’água, e é importante porque quanto maior a área, maior o atrito superficial e portanto maior a resistência ao movimento do veleiro. A área submersa é importante sob brisa fraca porque em baixas velocidades o atrito é o componente mais importante da resistência ao movimento.
- Coeficiente prismático: O coeficiente prismático é a relação entre o volume submerso do casco e o prisma formado pela projeção da seção transversal de maior área multiplicado pelo comprimento de linha d’água do casco. O CP está relacionado com a velocidade máxima de projeto, o que por sua vez depende de um outro fator, a razão entre velocidade e a raiz quadrada do comprimento.
- Razão Velocidade/Comprimento: É velocidade, em nós, dividida pela raiz quadrada do comprimento na linha d’água. Em um casco de deslocamento este coeficiente tem um valor máximo de 1,34. Isto significa que um barco de 16 pés tem velocidade máxima, se for um casco de deslocamento, de 4×1,34, ou seja, 5,36 nós. Um veleiro de 36 pés, com a mesma Razão V/L, tem velocidade máxima teórica de 8,10 nós. Esta velocidade máxima teórica é válida para cascos de deslocamento. Lanchas e veleiros planadores não seguem estas regras. Cascos muito estreitos (como catamarãs) também tem velocidade máxima superior aos valores obtidos pela fórmula acima.

Conceitos Básicos de Estabilidade Estática

Agora vamos explorar um pouco as consequências dos conceitos apresentados acima, no que se refere a estabilidade, uma das características mais importantes que buscamos numa embarcação. Em primeiro lugar, yacht designers definem estabilidade de duas formas: estabilidade estática e estabilidade dinâmica. Estabilidade estática depende em grande medida dos valores dos coeficientes apresentados anteriormente. Vejamos:

- Centro de carena: Como vimos, o centro de carena muda de posição à medida que o barco aderna. Cascos largos de pouco calado vão apresentar deslocamento maior do centro de carena para determinado ângulo de inclinação. Assim sendo, oferecem maior resistência ao adernamento, devido ao maior braço de alavanca formado pela distância horizontal entre o centro de gravidade e o centro de carena. Assim, barcos de boca larga e baixo calado, como os veleiros de regata e daysailers, tem o que se chama de estabilidade de desenho.
- Metacentro: o metacentro é uma medida da estabilidade inicial de um veleiro, ou seja, a resistência ao movimento de rolagem. O metacentro é um ponto encontrado pelo cruzamento da linha que passa, verticalmente, pelo centro de carena do barco quando adernado, e o plano vertical longitudinal do barco. Quanto mais alto o metacentro, mais estável o casco. Mas estamos falando de estabilidade inicial.
- Variação do momento de restituição: Uma forma de visualizar a estabilidade de uma embarcação é analisar o gráfico de momento de restituição em relação com ângulo de inclinação. Como vimos, a medida em que o barco aderna, há um deslocamento do centro de carena. A distância, no plano horizontal, entre centro de carena e centro de gravidade forma um braço, no qual atua o peso do barco, gerando um momento que tende a colocar o casco novamente na posição de repouso. Este momento varia com o ângulo, com o deslocamento, e com a forma do casco e com a posição vertical do centro de gravidade. Veja o gráfico ao lado: Quando o barco está na posição de repouso e o centro de gravidade e de carena no mesmo plano vertical, não há momento algum. A medida em que o barco aderna (ângulos na linha das abcissas), o centro de carena se desloca e a atuação do peso sobre o braço de restituição gera um momento crescente, que atinge seu maior valor quando a inclinação é de 45 graus. Na inclinação de cerca de 110 graus o momento volta a ser zero, ou seja, centro de gravidade e centro de carena estão novamente alinhados, e a partir deste ponto, o momento de restituição é negativo, ou seja, atua de forma a manter o veleiro de cabeça para baixo.

- O gráfico acima mostra duas coisas: a primeira, é que o veleiro pode inclinar até 110 graus sem risco de capotar. Por si, já é um ponto positivo, já que a medida que a inclinação se aproxima de 90 graus, a força do vento sobre as velas tende a ser pequena demais para virar o barco. Outro dado importante do gráfico é a relação entre a área sob a curva na parte positiva do gráfico de momentos e na parte negativa. A área é proporcional à energia necessária para produzir o deslocamento angular indicado. A relação entre a área negativa e a área positiva dá uma idéia da capacidade do barco de se recuperar de uma capotagem. Quanto menor a área negativa em relação a área positiva, melhor, pois significa que o barco tem uma tendência muito maior de retornar de uma capotagem naturalmente, já que a energia necessária para capotar o barco é muito maior que a necessária para desvirá-lo.
- O centro de gravidade tem grande influência sobre a estabilidade terminal de um veleiro (estabilidade próxima do limite a partir do qual ele vai, com certeza, capotar). Quanto mais baixo, maior o momento de restituição em ângulos elevados. Barcos como os projetados por Colin Archer tem cascos com pouca estabilidade de desenho, para oferecer mais conforto aos tripulantes, mas muita estabilidade de lastro, para oferecer segurança. Veleiros de regata tem muita estabilidade de desenho, para manter as velas próximo da vertical, posição em que tem melhor rendimento, sem necessidade de muito lastro, para reduzir peso.

Explorando Conceitos: Boca e Estabilidade

Boca é definida como a largura máxima de um casco. Normalmente apresenta-se nas especificações dois valores: boca máxima e boca na linha d'água. Isso porque, normalmente, a boca na linha d'água é menor do que a boca máxima, por causa da curvatura e inclinação da borda, e ela é um dos elementos que define a estabilidade inicial do barco (por enquanto vamos ignorar a quilha).

Como definir o valor ideal da boca de um barco é um tema que envolve muitos fatores. Vamos rever rapidamente a evolução histórica dos veleiros para entender mais sobre o tema. Os veleiros antigos eram notavelmente estreitos em relação ao seu tamanho. Se você olhar o layout interno de um veleiro antigo, vai ver que é distribuído longitudinalmente. Um veleiro de projeto moderno, entretanto, pode oferecer as mesmas acomodações em menos de 30 pés de Loa.

Porém, o mais importante é entender porque esta mudança. Quando começaram a ser produzidos veleiros de fibra de vidro no início dos anos 60, o mercado mudou radicalmente. Na verdade, começou, porque antes a vela era um hobby caro de gente rica, e os barcos eram feitos sob encomenda, projetados para iates-clubes, em geral em madeira de lei. A partir da fibra de vidro entraram em ação as forças do

mercado, e aí passou-se a projetar barcos tendo em vista metas de vendas, o que significava redução de custos, preços mais competitivos, e veleiros que pudessem oferecer mais por menos. Então, logo os projetistas passaram a fazer barcos mais largos, que tinham duas vantagens: melhores acomodações em menor espaço, e capacidade de carregar mais área vélica com menos lastro (estabilidade de forma, ou de desenho). Os dois fatores reduziram o custo dos veleiros, já que lastro é caro (não envolve apenas o material do lastro, mas toda a estrutura necessária para suportá-lo) e com menor comprimento, ainda menos material era consumido, sem falar no tempo de produção, mão de obra, etc.

Mas esta mudança tem consequências: a estabilidade de desenho é uma faca de dois gumes, pois um veleiro que tem boca muito larga (veja por exemplo os modernos veleiros de regata) é quase tão estável de cabeça para baixo quanto em pé. Porém, veleiros estreitos que dependem quase que exclusivamente do lastro para sua estabilidade são extremamente instáveis quando virados, e por isso são capazes de desvirar quase que instantaneamente, evitando que água em demasia entre na cabine e comprometa a flutuação e estabilidade.

Veleiros muito largos como os modernos veleiros de regatas dependem quase que exclusivamente da habilidade de sua tripulação para se manter longe do perigo quando cruzam, por exemplo, o cabo Horn. Veleiros como o Colin Archer 36 pés, projetado como barco de resgate no final do século 19, tem pouca estabilidade inicial (o lastro precisa de uma alavanca para fazer efeito) mas a medida em que aderna fica progressivamente mais estável, tanto é que basta uma brisa mais forte para fazer sua borda tocar a água. Porém, para adernar mais do que isso, é preciso uma tempestade.

Boca também tem efeito sobre a velocidade. Em cascos de deslocamento puro, uma boca menor em relação ao deslocamento e comprimento favorecem maior velocidade, já que menos energia é necessária para empurrar a água ao redor do casco. Um exemplo radical são os catamarans. Com cascos 7 vezes mais longos do que largos (às vezes mais) podem atingir velocidades de mais de 15 nós, mesmo barcos de menos de 26 pés. Porém, barcos de regata modernos que tem popa muito larga, valores elevados de boca em relação ao comprimento, e calado baixo (calado do corpo de canoa, bem entendido). Isso porque, com ventos fortes (popa, em geral) podem entrar em regime de planeio, e atingir velocidades muito maiores do que as limitadas pelo seu comprimento em regime de deslocamento. Assim, seus cascos se comportam como os de lanchas.

Como vemos, a tendência atual de se aumentar a boca nos veleiros tem muito mais a ver com a necessidade de introduzir mais acomodações no mesmo comprimento (mais beliches, banheiro, etc), e envergar maior área vélica (para regatas), do que critérios de estabilidade em ângulos elevados de adernamento e capacidade de

fazer uma travessia oceânica. Veleiros que pretendem viajar para além da linha do horizonte devem, preferencialmente, ter cascos mais estreitos, mais estabilidade de lastro, e armações mais distribuídas longitudinalmente para um centro de esforço mais baixo. Por isso, barcos de desenho clássico, com quilhas longas e pesadas, e armações como a carangueja, ainda são opções muito marinheiras, mesmo que não sejam vistas com frequência nos nossos mares.

Porém, a maioria dos velejadores não está fazendo uma travessia oceânica nem tem este objetivo em seu horizonte. por isso, um veleiro com melhor custo-benefício pode ter mais estabilidade de desenho, bolina retrátil, ser rebocável, e ter melhores acomodações num pacote mais compacto, para ter menor custo de operação e manutenção. Por isso, mais importante do que julgar a qualidade de um barco pela sua capacidade de enfrentar uma tempestade em alto mar, é definir exatamente os limites onde seu barco vai navegar. Assim, você terá uma embarcação que oferecerá mais alegrias e menos dores de cabeça, oferecendo a estabilidade de que seu barco precisa.

Explorando Conceitos: Velocidade de Deslocamento

Esta seção tem como objetivo começar a apresentar a questão da velocidade em cascos de deslocamento. Cascos de deslocamento são aqueles que se movem deslocando água ao redor deles quando se movem (diferentemente das lanchas que deslocam água para baixo gerando sustentação e planando sobre a superfície).

Um casco se deslocando na água produz uma onda na proa e outra na popa. Se você olhar um veleiro navegando poderá notar a crista de uma onda na proa e outra na popa, e o “vale” entre estas duas cristas tendo o comprimento do casco (comprimento na linha d’água, bem entendido). Estamos então no limite da velocidade no regime de deslocamento. E qual a velocidade, afinal?

Bom, sabemos que uma onda na água viaja a uma velocidade que guarda uma relação com seu comprimento de onda (a distância entre cristas de onda). Quanto maior (mais longa) a onda, maior a velocidade. Quando um casco se move, produz uma onda, e o limite de sua velocidade vai ser a velocidade da onda que ele produz, que por sua vez tem o comprimento do casco. Assim sendo, se sabemos o comprimento do casco, determinamos sua velocidade máxima teórica, pela fórmula:

(Vc = 1.34 x√LWL)

sendo VC a velocidade (em milhas náuticas/hora) do casco e LWL o comprimento do casco na linha d’água (em pés). Assim, um veleiro de 16 pes tem velocidade

máxima em deslocamento de 5,6 nós enquanto um de 36 pés pode viajar a 8 nós. Um navio transatlântico de 1000 pés pode viajar a 44 nós em regime de deslocamento.

E o que acontece se você aumentar a potência do motor, ou área velica, para tentar superar este limite? Quando você tenta superar a velocidade da onda que o barco cria, ele vai ter que subir na onda de proa, e a popa vai afundar no vale da onda. Isso vai consumir uma energia monumentalmente grande. Por isso que ganhos mínimos em velocidade podem exigir quantidades enormes de potência adicional.

Como que veleiros monocascos de regata atingem 20, 25 milhas náuticas? Bom, veleiros modernos de regata, com suas popas largas e cascos quase planos na popa tendem a entrar em regime de planeio, em especial em ventos de popa, e se comportam como lanchas, empurrando a água para baixo e gerando sustentação (como uma asa de avião), que empurra o casco para cima, reduz a área de contato com a água.

Entretanto, um casco de deslocamento pode superar este limite de velocidade, como muitos velejadores sabem por experiência. Por exemplo, veleiros de desenho tradicional, com suas proas lançadas, com elevado balanço de popa e proa, acabam por adquirir maior comprimento de linha d'água quando adernam (e sempre adernam…), o que pode elevar razoavelmente o comprimento do barco.

Outros fatores também podem influenciar o limite da velocidade. Mas esta regra estabelece a "mínima máxima" velocidade. A linha d'água pode sofrer variações em função da inclinação do casco e trim, produzindo pequenas variações de comprimento na linha d'água.

Explorando conceitos: Cascos de Planeio

Forma é o que define como o casco se move na água. Um veleiro ou barco a remo eficientes tem forma desenhada para otimizar o fluxo de água ao redor do casco, e assim poder se mover com a menor energia possível, pois vento e remos são meios de propulsão com potência limitada. Porém, motores oferecem potências muito elevadas, e potencial de velocidade bem maior. O problema é que cascos de deslocamento, como vimos, tem um limite de velocidade teórico que não pode ser superado. Assim sendo, para obter velocidades maiores, é necessário um outro tipo de casco, o csco de planeio.

Cascos de planeio empurram a água para baixo do casco e efetivamente deslizam sobre a superfície, assim, o casco deve agir como uma superfície capaz de gerar sustentação, como uma asa de avião. Assim o peso do barco é suportado não pelo empuxo, mas pela sustentação, que é gerada pelo fluxo de água sob o casco. Quanto mais velocidade, mais sustentação, e menor a área de casco necessária

para sustentar o peso do barco. Por isso, quanto mais rápida uma lancha, mais o casco sai para fora da água.

Até chegar na velocidade onde o planeio se inicia, o casco se desloca com dificuldade, pois é projetado para maior eficiência em planeio e não em deslocamento. Quando a sustentação entra em ação, a velocidade aumenta proporcionalmente com a potência, e assim, lanchas podem atingir velocidades que são limitadas apenas pelos seus motores e pelas condições de mar. Entretanto, isto tem um preço: consumo de combustível. Mesmo com um planeio eficiente, o arrasto ainda é elevado, e motores potentes são necessários para manter velocidades altas.

Tipos de embarcações

Barcos podem ser definidos em função do sistema de propulsão: barcos a remo, barcos à vela e barcos a motor.

Também podemos definir um casco em função de seu desenho: cascos de deslocamento ou casco de planeio.

Podemos dividir barcos em abertos (sem cabine) ou cabinados. Por cabine definimos um espaço fechado onde se pilota ou onde se pode habitar.

Barcos também podem ser divididos em monocascos ou multicascos (catamarãs e trimarãs)

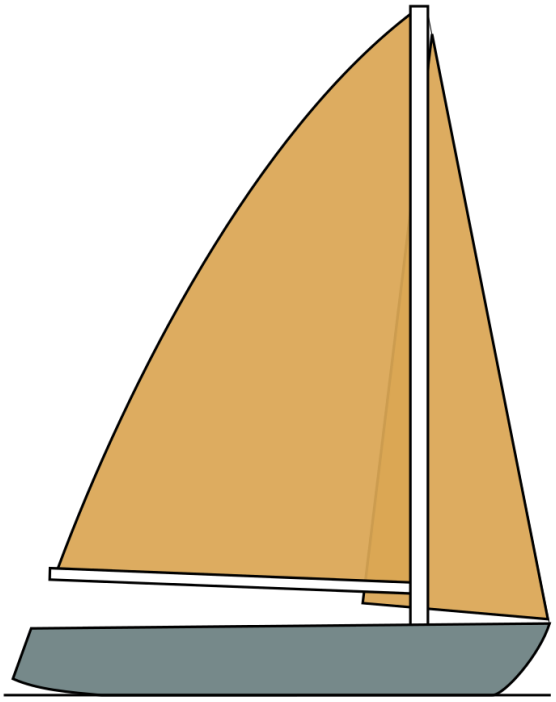
É possível combinar cada item dos 4 tipos acima para criar uma embarcação: por exemplo, multicasco de deslocamento, à vela sem cabine. Ou monocasco de planeio à motor com cabine. Todas as combinações são possíveis, com exceção, possivelmente, de barcos a remo de planeio, já que é difícil atingir velocidades de planeio com esta propulsão.

Veleiros - tipos de armação e planos vélicos

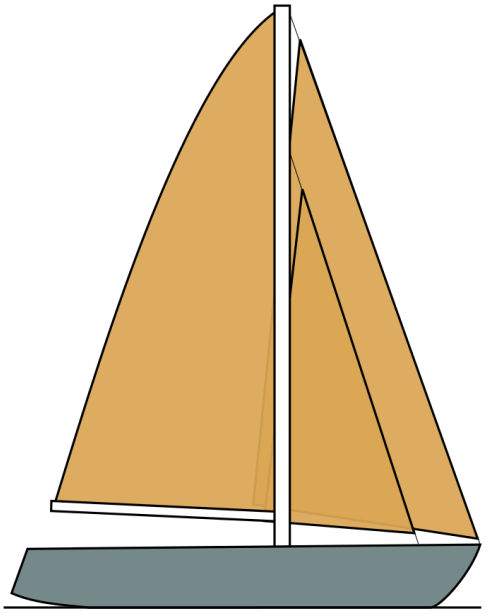
Veleiros são os barcos que apresentam as maiores variações em seus sistemas propulsivos e desenhos de casco. São muito antigos, e foram feitos em todos os tamanhos ao longo da história. Vamos limitar aos veleiros de esporte e recreio, pois a complexidade e variedade das armações dos grandes barcos de trabalho e guerra que dominaram os mares até o século XIX estão fora do escopo deste curso.

Armação é um termo que se refere à mastreação: Sloop, Ketch, Iole se referem a armação, e independem do tipo de vela que se está armando. Quando falamos de plano vélico definimos o número e forma das velas armadas.

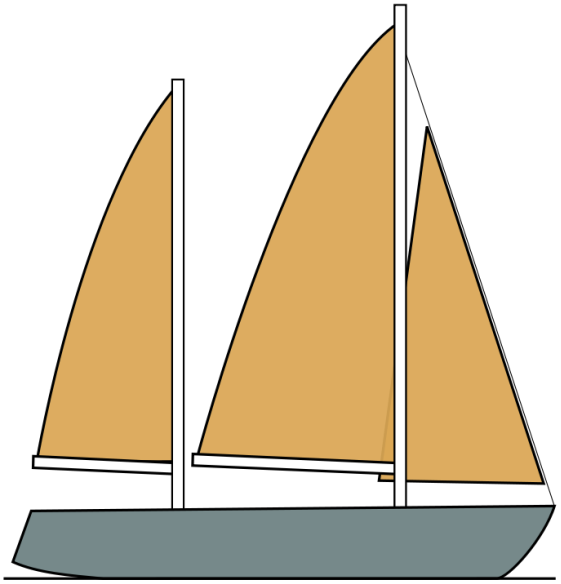
Armações mais comuns



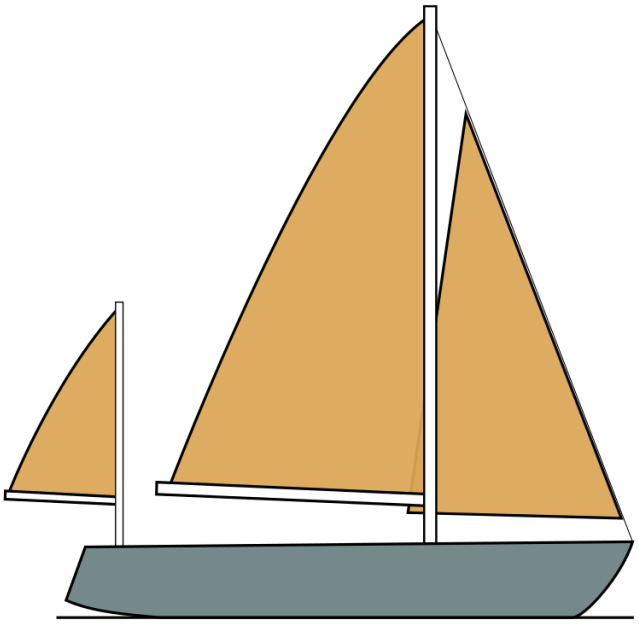
Sloop: um mastro, duas velas: vela grande e genoa ou buja.



Cúter: mastro quase no meio, duas ou mais velas de proa, vela grande menor que no sloop



Ketch: dois mastros, o principal e o da mezena. A vela da mezena tem área menor que da grande, e distribui o plano vélico horizontalmente



Yawl: ou iole, tem um mastro da mezena pequeno e bem recuado. A vela da mezena tem maior objetivo de direcionar do que propelir a embarcação.

Tipos de velas

Há velas quadrangulares e triangulares. As quadrangulares requerem uma verga, espicha ou mastaréu para serem armadas. Velas quadrangulares e triangulares podem ter retranca ou não.

vela triangular em armação sloop

Velas quadrangulares pode ser montadas transversalmente ao mastro (como nos galeões) ou longitudinalmente. Velas triangulares são sempre montadas longitudinalmente. As velas longitudinais podem navegar contra o vento.

vela quadrangular tipo “lug rig”, ou vela de espicha

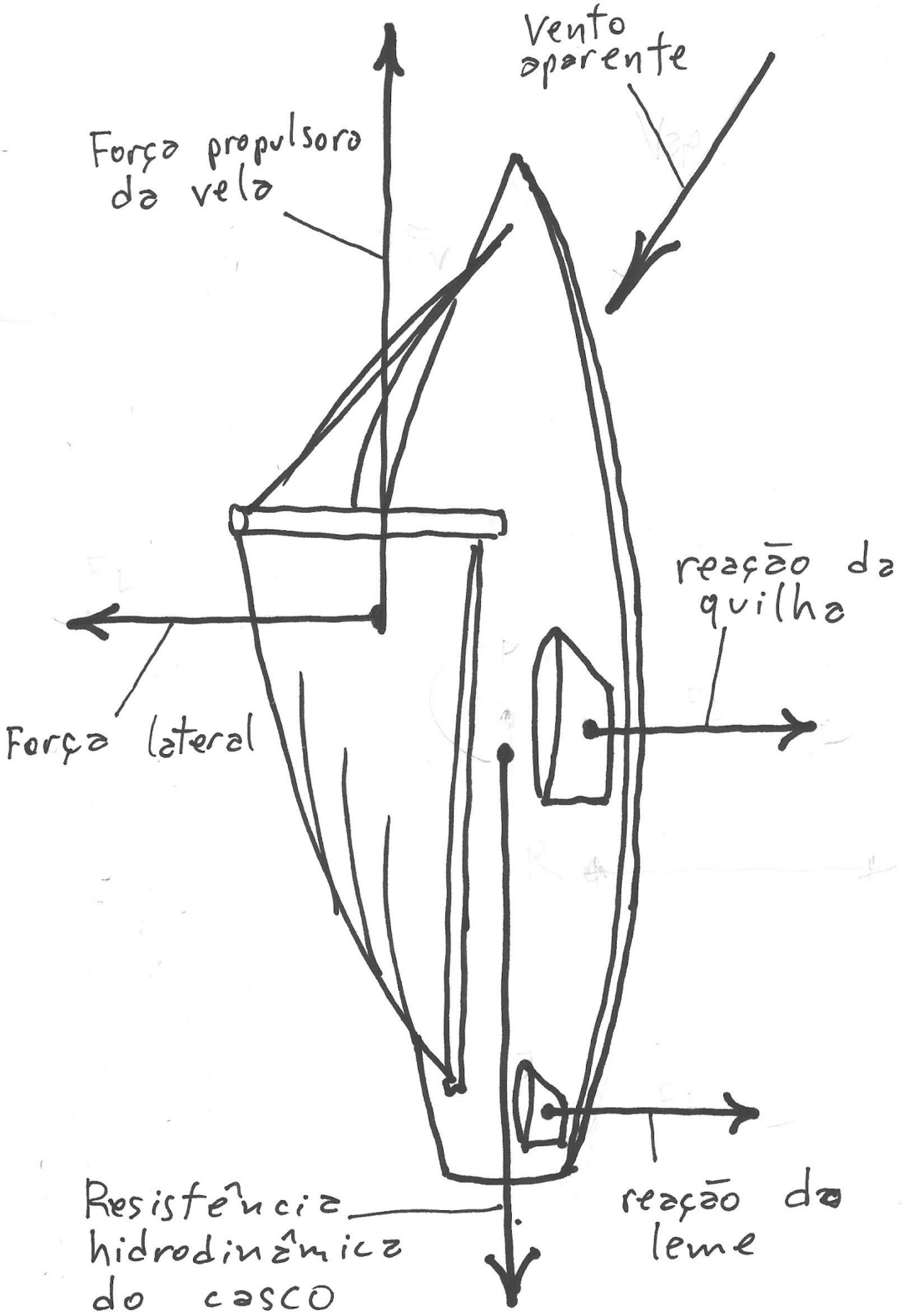
A vela quadrangular mais comum usada em barcos de esporte e recreio é a carangueja. É uma vela eficiente em todas as direções de vento. Velas de veleiros modernos em geral são triangulares, pois este desenho oferece simplicidade construtiva e melhor capacidade de navegar contra o vento.

Velas de proa podem ser chamadas de buja, que são velas pequenas capazes de serem caçadas sem catracas, e genoas, que são montadas próximas ou no tope do mastro, e tem área grande, exigindo catracas para serem caçadas.

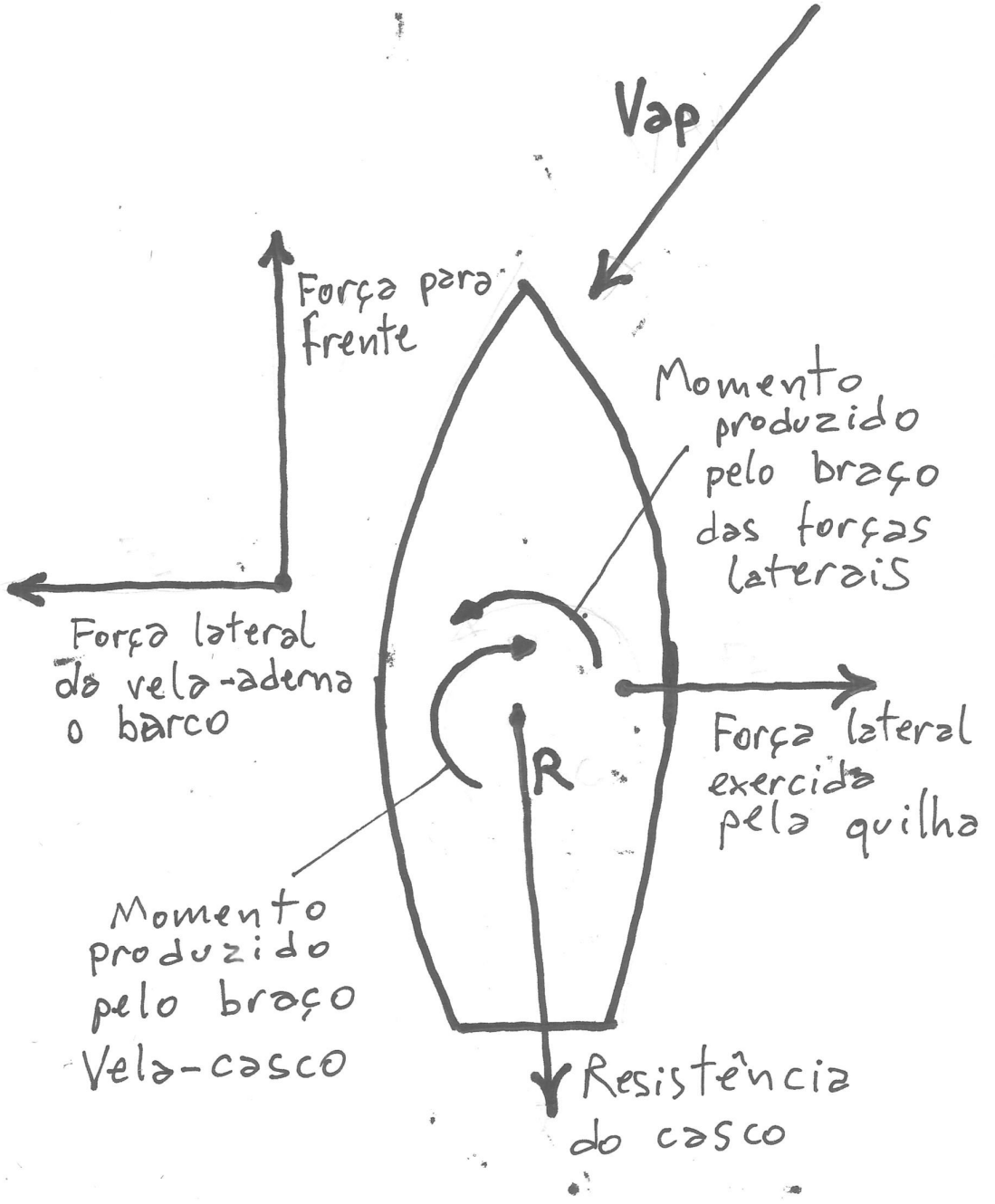
Desenho de velas e sustentação

Velas montadas longitudinalmente tem capacidade de gerar sustentação aerodinâmica e assim produzir uma resultante de força para frente quando o vento está no quadrante da proa da embarcação. Desde que o vento incida sobre as velas com certo ângulo (ângulo de orça), a vela produz uma força que empurra a vela para a frente (propulsão) e para o lado (adernamento e deriva). A deriva lateral, se não controlada, impede que a embarcação se mova para frente. O movimento lateral é controlado pela bolina ou quilha. A pressão da água sobre a quilha no momento em que o barco começa a derivar gera uma sustentação no sentido inverso, e limita a deriva. A relação entre a força da vela e a força da quilha produz um momento. O resultado das forças em jogo é chamado de “balanço”. Embarcações bem balanceadas tem leve tendência a orçar naturalmente, entrando no vento quando o leme é deixado livre.

Os diagramas abaixo são explicados nas videoaulas e são mostrados abaixo para que você os estude com mais calma. Compreender as forças em atuação em um veleiro é fundamental para entender seu funcionamento e características.



O diagrama acima mostra um veleiro em movimento, visto de cima



Neste desenho vemos o mesmo veleiro, de forma simplificada, mostrando apenas as resultantes das forças em ação.

Desenhos de quilhas e bolinas

Quilhas são planos laterais fixos para dar estabilidade direcional ao barco. No que se refere a controlar a deriva lateral, independe o material de que são feitos. Bolinas têm a mesma função da quilha no que se refere à deriva, a diferença é que são removíveis.

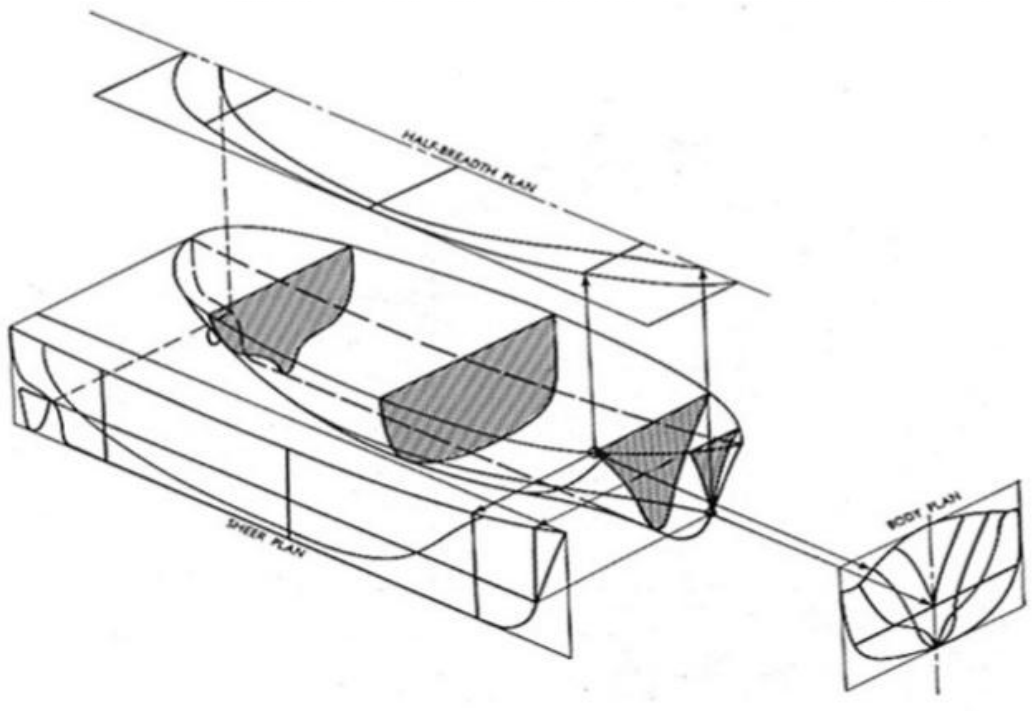
O perfil do barco abaixo da linha d´água influencia no seu comportamento e na relação com o plano vélico. Se o plano lateral é distribuído horizontalmente (quilhas longas) o barco tem maior estabilidade direcional, mais arrasto, e camba mais devagar. Quilhas profundas e estreitas permitem que o barco cambe muito mais rapidamente.

Por enquanto não nos interessa a quilha como lastro. Esta é uma função adicional de quilhas fixas, e depende dos cálculos de estabilidade estática.

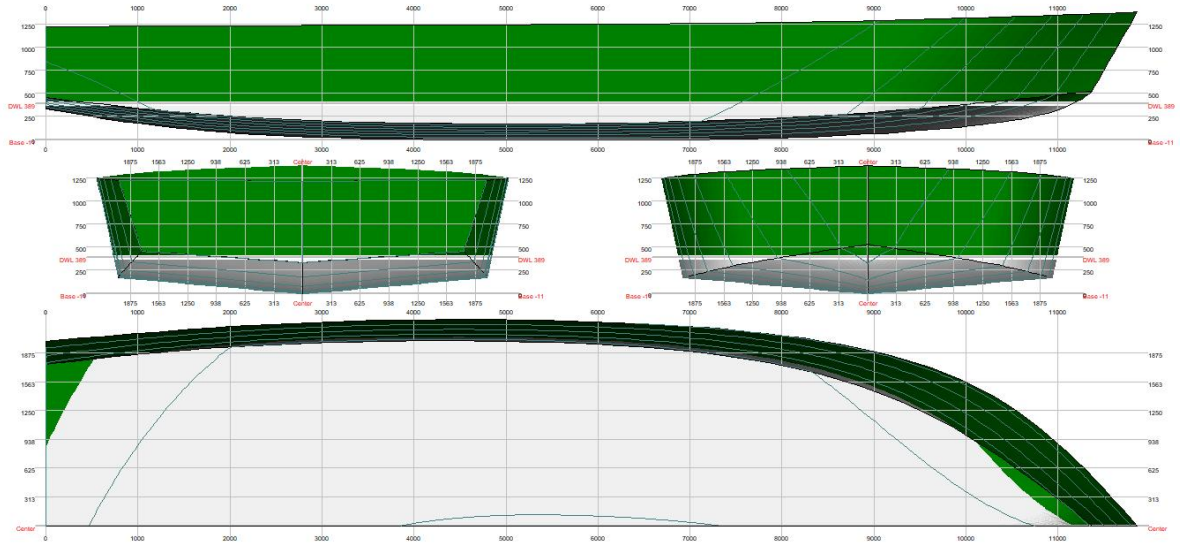
Plano de Linhas

O plano de linhas representa a forma do casco e quando se está diante dele,conhecemos as qualidades da embarcação, através da análise de suas linhas d'água, suas linhas de alto e suas balizas.

O plano de linhas se fundamenta nestes três planos cartesianos ortogonais, apresentando o corpo de um casco em linhas sucessivas horizontais (linhas d'água), longitudinais (linhas do alto) e transversais (balizas), de tal maneira que os pontos da superfície fiquem coerentes nas três projeções.



Acima temos o plano de linhas de um veleiro de 6,5m. No alto o plano de perfil, que mostra as linhas de alto. No centro, os planos de balizas, da meia nau para a ré e da meia nau para vante, mostrando as balizas. Abaixo o plano de alto, que mostra as linhas d´água.



Acima o plano de linhas de um casco com as projeções A parte cinza marca a linha d'água de desenho. Esta define o deslocamento. A forma do casco definirá estabilidade inicial, e a distribuição de peso, em relação a forma do casco, definirá a estabilidade estática.

Como Barcos São Projetados

Barcos nascem da necessidade, esta necessidade pode ser trabalho, diversão, transporte, e assim por diante. Para projetar um barco você tem que transformar as necessidades e desejos, que muitas vezes são abstratos, em requisitos técnicos mensuráveis, ou capazes de serem incorporados no projeto.

A obtenção destes requisitos pode ser feita por meio de entrevista ou análise, e deve ser definida em um Briefing. O briefing define as características básicas da embarcação. Estas características serão avaliadas e alterados no decorrer do projeto, se necessário.

Uma vez definidas as características, o projetista deve criar um casco e avaliar se ele atende aos requisitos, fazendo os cálculos de deslocamento, estabilidade estática e desenhando as acomodações. Se não atender, você deve redesenhar o casco até atingir os objetivos da melhor forma.

Exemplos de Briefing

Vamos exemplificar com um projeto: Canoa Franca 130. O objetivo deste projeto foi criar uma canoa a remo e vela fácil de construir, com boa capacidade, e facilidade de navegar. Os requisitos foram definidos da seguinte forma:

- leveza – peso abaixo de 50kg

- de fácil construção
- multifuncional podendo ser utilizada com motor, a remo ou a vela
- grande capacidade de carga – 3 adultos
- estabilidade e segurança na navegação – boca de 130cm
- pode ser transportada no teto do carro
- cabe em uma garagem para carros – 4 metros
- ferragens simples e baratas
- dispensa manutenções frequentes

Estes requisitos se converteram nas seguintes dimensões e capacidades de meta:

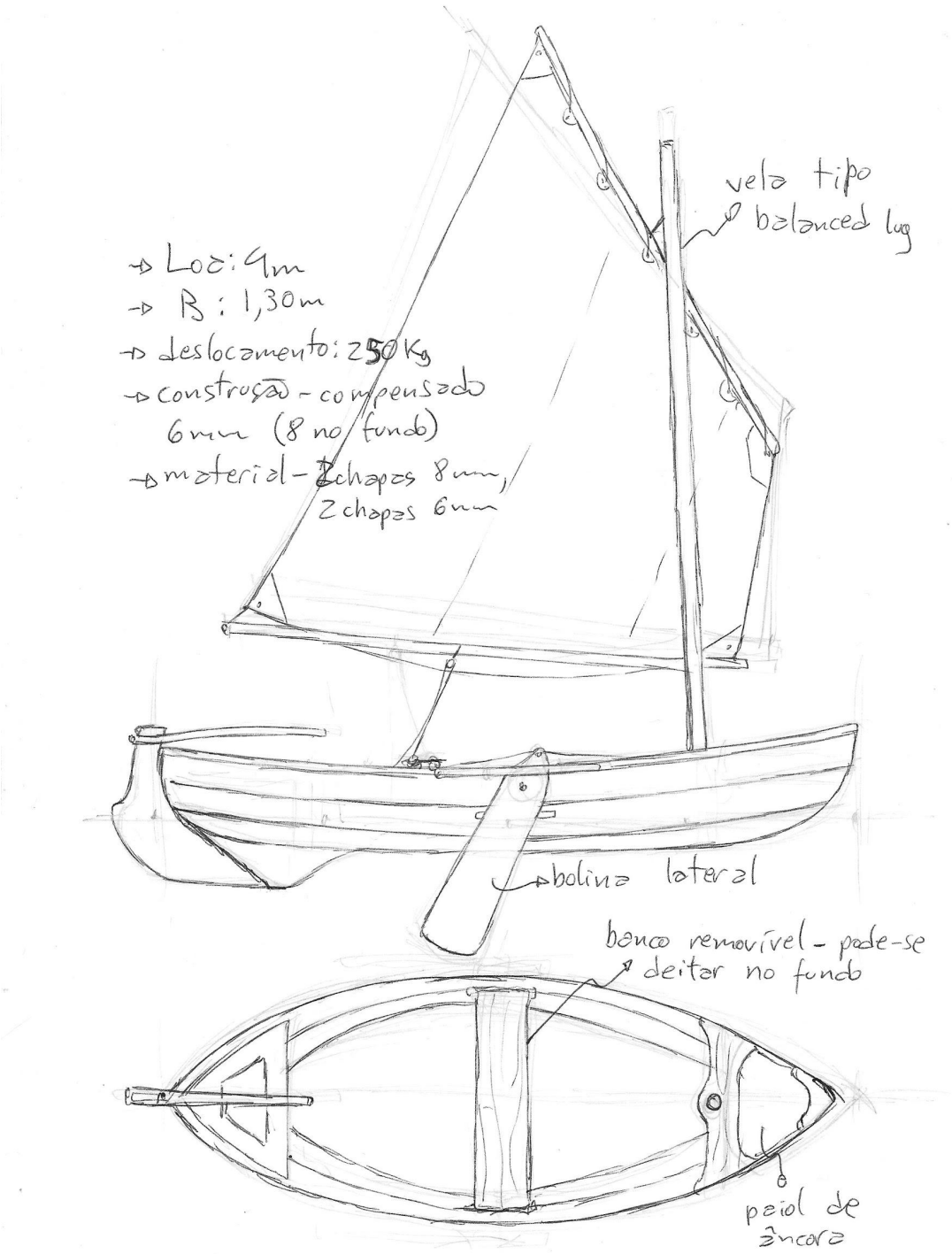
- Comprimento: até 4m
- Boca: 1,3m
- Calado: 0,30m
- Área vélica: até 6m²
- Capacidade: mínimo 240kg
- Construção: compensado naval, epóxi e fibra de vidro stitch-and-glue

Outras características não mensuráveis foram definidas. O casco foi definido como sendo de dupla proa (sem espelho de popa), com inspiração nos botes baleeiros de Santa Catarina. A forma deve combinar simplicidade construtiva com estética e qualidades de navegação de uma baleeira. O nome do barco faz referência direta à tradição baleeira e às origens e inspiração do barco.

A armação foi escolhida pela simplicidade construtiva e eficiência. Bolinas externas foram propostas para liberar o espaço interno para tripulação. Soluções alternativas de leme foram propostas para otimizar o uso da embarcação em função de suas dimensões.

Em termos estéticos, o visual clássico pede peças em madeira aparente, e recebe bem mastro de madeira e soluções tradicionais de armação, leme e fixadores. Estas características devem ser definidas já no projeto conceitual, mas a forma do casco será aprimorada durante o projeto do casco em função de características de estabilidade e navegação.

Desenho a mão é a forma mais rápida de produzir diversas soluções para cada requisito de projeto. desenho a mão não precisa ter muita precisão mas deve respeitar escala. Não há fórmula mágica para aprender a desenhar, desenhar requer prática. Um caderno com folhas quadriculadas facilita o aprendizado pois é possível desenhar em escala.



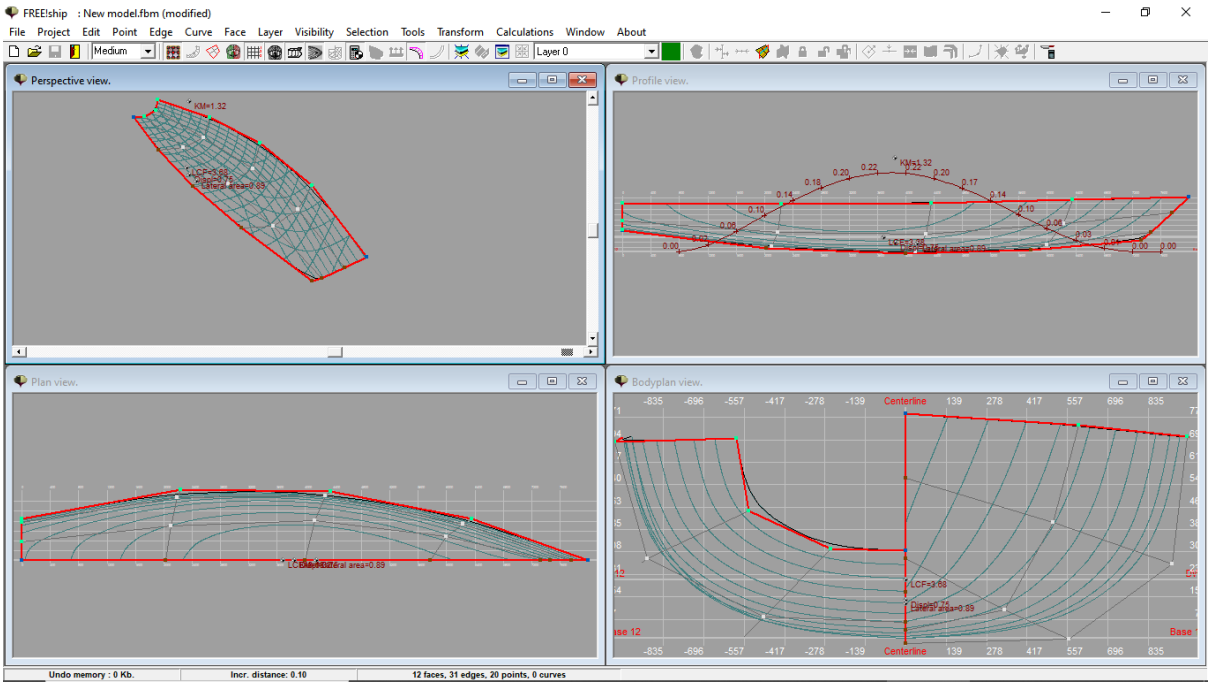
Após definir dimensões e forma é possível modelar em software de desenhos de cascos. O desenho em software permite obter rapidamente dados hidrostáticos que vão orientar o desenvolvimento do projeto. Usamos o Delftship, que tem uma versão gratuita, o Freeship, que permite aprender rapidamente as técnicas de modelagem com curvas de controle, a forma mais eficiente de desenhar um casco com características adequadas de navegação.O esboço acima foi produzido durante a concepção do projeto da Canoa Franca. Muitas das características do projeto final estão já definidas, outras surgiram durante o processo de desenvolvimento. Note

que aqui o leme ainda é convencional. Falta o banco da popa, e o desenho do casco oferece mais estabilidade de desenho que no projeto final. A vela foi definida já no começo e assim se manteve devido a suas qualidades de simplicidade.

Modelando no Freeship

O Freeship trabalha com curvas de controle. A forma é definida arrastando pontos em uma linha. Quanto menos pontos, longitudinalmente, mais simples e bem definidas as curvas. Entretanto, mais pontos podem ser necessários para dar a forma desejada, mas deve-se sempre trabalhar com o mínimo de pontos para evitar problemas de forma.

Durante a modelagem o programa é capaz de fornecer deslocamento e centro de carena a qualquer momento, assim como um plano de linhas pode ser produzido sempre que necessário.

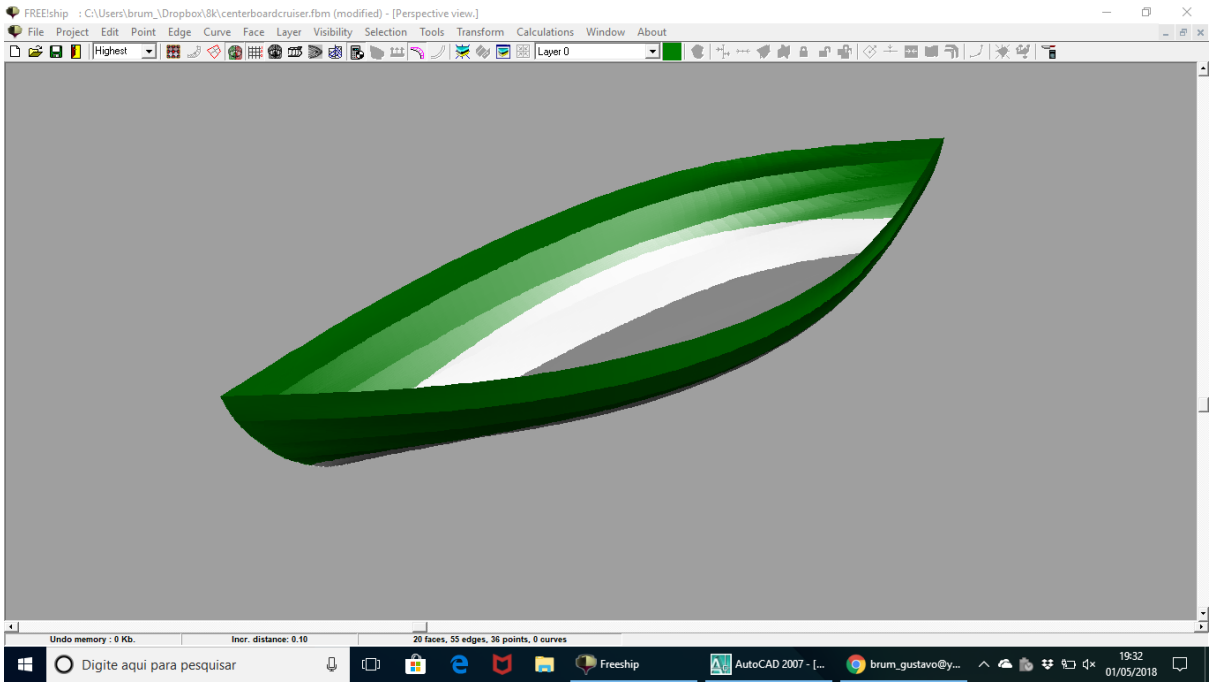


tela inicial do Freeship após a criação de um novo projeto. O Freeship começa com um desenho genérico, que você altera de acordo com seus parâmetros.

Lembre-se: softwares não projetam barcos. São ferramentas que ajudam a projetar, economizam tempo, e melhoram a apresentação final dos desenhos construtivos se usados em conjunto com um software de CAD. O software por si só não substitui o trabalho de pesquisa nem dá recomendações quanto à qualidade de seu projeto. Um projeto ruim feito a mão continuará sendo um projeto ruim se feito no

computador. É o projetista, com sua imaginação e esforço, que produz um bom casco. Um repertório também é importante. Estude projetos de que gosta, leias suas especificações, estude sua forma e plano de linhas. Quanto mais você conhecer e entender, melhor ficarão seus projetos. Conhecer materiais e técnicas de construção também é de grande valia, pois métodos construtivos impõe limites de forma. Barcos de compensado naval stitch-and-glue, por exemplo, tem planos de casco definidos e quinas protuberantes entre eles. Não é possível fazer um casco inteiramente curvo, sem quinas, com este método construtivo.

Para iniciar a modelagem, lembre-se de definir os pontos da curva de controle de acordo com a forma do casco. O número de pontos verticais é proporcional ao número de quinas do barco, no caso de cascos costure e cole ou em V. Assim, um casco em V tem 3 pontos verticais: borda, quina e quilha. A baleeira Franca, mostrada abaixo, tem 6: borda, 4 quinas formando o costado, e quilha.



Baleeira Franca desenhada no Freeship. Num casco de chapas há quinas entre cada peça, diferentemente de um casco arredondado de um barco de fibra feito em molde curvo. A definição do método construtivo deve acontecer antes de modelar.

O programa é incluído no material do curso. Trata-se de uma versão gratuita mas que tem funcionalidades que permitem o desenho do casco, obtenção de dados hidrostáticos, e pode exportar os arquivos em formato compatível com outros softwares CAD para desenhar e obter medidas das peças do casco. Há vários softwares CAD gratuitos que podem importar arquivos em formato DXF. Assim, você pode exportar as superfícies planificadas do casco e obter medidas reais, e

desenhar anteparas e demais peças internas a partir da exportação de balizas, linhas de alto e linhas d'água.

Referências para pesquisa e estudos posteriores

Elements of Yacht Design - disponível para leitura online no link: https://openlibrary.org/borrow/ia/cu31924030752343?ref=ol

O livro de Norman Skene foi escrito em 1908, e foi o primeiro livro de projetos de iates (barcos de esporte e recreio), mas os conhecimentos e técnicas de projetos não mudaram desde então. O método apresentado para calcular deslocamento, centro de carena e estabilidade estática é exatamente o mesmo que o software Freeship usa (assim como a maioria dos softwares de projeto de casco). Infelizmente não há tradução deste livro em português.

FERNANDO MOTTA PEREIRA NATAL e YAN BARCELOS BRANDÃO - trabalho de conclusão de curso da Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante:

http://www.redebim.dphdm.mar.mil.br/vinculos/00001a/00001a8a.pdf

Este trabalho apresenta o cálculo de estabilidade estática de embarcações. Os conceitos apresentados neste curso são usados para calcular a estabilidade de uma embarcação. O trabalho é extenso mas permite a você se aprofundar na parte matemática do cálculo de estabilidade.

Considerações finais

Para conhecer mais sobre projetos de veleiros e barcos a remo e motor, sugerimos analisar os projetos disponíveis no site do Madeira Mar Estaleiro Escola. Nas páginas de projetos e nas galerias de fotos você pode aprender mais sobre modelos de barcos, suas características de forma, e avaliar suas especificações (capacidade, área vélica, potência, entre outras) para aumentar seu repertório de embarcações. Veja quais são barcos de planeio e quais de deslocamento, quais suas medidas de boca para daí compreender suas características de estabilidade, e analisar sua forma do ponto de vista da técnica construtiva empregada, acomodações, e objetivos de projeto. Tente imaginar qual foi o briefing que deu origem ao projeto, e quais suas limitações. Todo projeto é um compromisso entre critérios que são muitas vezes contraditórios. Veja quais são os compromissos feitos em cada projeto e quais os requisitos que foram priorizados.

Com o conhecimento que obteve neste curso você vai estar apto a analisar um projeto de barco de um ponto de vista técnico, e se quiser projetar o seu barco, já vai saber como começar, estabelecendo um briefing e sendo capaz de iniciar sua concepção. Feito isso você já poderá traçar o seu curso e definir que conhecimentos precisa aprofundar para levar a termo seu projeto. Você terá que aprender a calcular estabilidade, e terá que conhecer técnicas de dimensionamento de estruturas de acordo com o material e técnica construtiva. Por isso, conhecer como os barcos são feitos é fundamental. E construir um barco é uma das melhores formas de fazer isso!

Bons estudos! Estamos sempre à disposição para responder a suas dúvidas e perguntas.

Marsella C. F. D. Brum
Administradora

Gustavo Dantas Brum
Projetista/professor