



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MJSP - POLÍCIA FEDERAL
SERVIÇO DE POLÍCIA MARÍTIMA OSTENSIVA E OPERAÇÕES AQUÁTICAS - SEPOM/COT/DIREX/PF

ESTUDO Nº 5 - **CONSUMO**

Presume-se que um motor de potência moderada funciona de forma mais econômica do que uma versão de alta potência, mas isso é sempre verdade? Você deve preferir uma embarcação com um único motor em vez de um barco de dois dois motores e semi-planeio por causa da economia de combustível. Se você tem um barco bimotor, pode funcionar com um só motor para reduzir o consumo de combustível?

Não se pode concentrar apenas em galões por hora (GPH), este é um número sem sentido por si só. Por exemplo, aqui está uma pergunta: Qual é mais eficiente, **Barco A** queimando 11 GPH ou **Barco B** queimando 22 GPH? Sem calcular milhas por galão (MPG), é impossível dizer. Os galões por hora podem ser úteis ao calcular o alcance e determinar se você tem combustível suficiente para chegar ao seu destino. Se você está consumindo 20 GPH e vai correr por mais cinco horas, então sabe que vai queimar 100 galões de combustível antes de chegar. Mas isso por se só, não gera economia de combustível.

Retornando à questão de qual barco é mais eficiente, **Barco A** queimando 11 GPH ou **Barco B** queimando 22 GPH. Incluindo a velocidade e olhando para a matemática:

O BÁSICO

Um determinado casco exigirá uma certa quantidade de energia para movê-lo através da água. O combustível contém a energia armazenada e podemos descrevê-la em termos de cavalos de força (hp), quilowatts (kW) ou unidades térmicas britânicas (BTU). Um galão de combustível gasolina armazena cerca de 33,78 quilowatts-hora de energia, ou 115.262 BTUs. O motor converte essa energia na potência necessária para vencer a resistência e mover o barco na água.

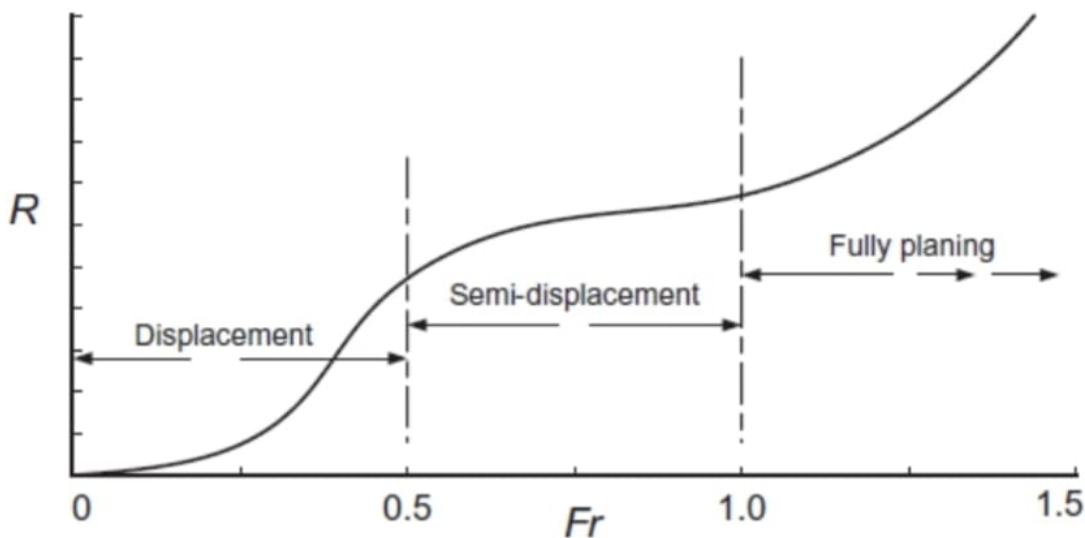
Com relação ao barco, quanto mais facilmente ele se move na água, menos energia é necessária. Os principais fatores que influenciam a facilidade com que o casco pode ser movido incluem forma, comprimento, peso total e arrasto do casco.

É possível separar os diversos tipos de embarcações em três simples categorias, em função do comportamento hidrodinâmico para determinadas velocidades. A faixa aproximada de velocidade de cada uma dessas categorias é mostrada na Figura 1, sendo dividida em: embarcações **deslocantes**, **semi-deslocantes** e **planantes**.

Considerando o comportamento hidrodinâmico é possível afirmar:

- as deslocantes são sustentadas inteiramente por forças de flutuação;
- as semi-deslocantes são sustentadas por uma mistura de forças de flutuação e forças de sustentação dinâmicas;
- as planantes são totalmente sustentadas por forças de sustentação dinâmicas (MOLLAND, 2011).

Figura 1 - Faixa típicas de número de Froudes: cascos de planeio e deslocantes:



Fonte: MOLLAND, 2011.

Os formatos do casco podem ser classificados em três categorias básicas:

- deslocantes;
- semi-deslocantes e;
- planantes.

Qual oferece a melhor economia de combustível?

Para responder a essa pergunta, temos que apresentar a variável mais importante de todas: a velocidade.

Barco A: 10 nós (milhas náuticas por hora) / 11 GPH = 0,9 milhas por galão

Barco B: 22 nós (milhas náuticas por hora) / 22 GPH = 1,0 milhas por galão

Neste exemplo específico, vemos que embora a diferença seja pequena, o barco que queima mais galões por hora atinge melhor quilometragem. Para os fins desta discussão, nos concentraremos nas milhas náuticas por galão, que abreviaremos como nMPG.

Essas formas de casco respondem de maneiras muito diferentes à demanda por velocidade. À medida que a velocidade aumenta, os barcos se movem na água de três maneiras básicas. Em velocidades baixas (para os inclinados tecnicamente, velocidades abaixo de 1,3 vezes a raiz quadrada do comprimento da linha de água), o barco fica totalmente na água, navegando entre uma onda na proa e uma onda na popa. Barcos de deslocamento total vivem nesta zona. Assim que a velocidade aumenta acima desse número, o consumo de combustível aumenta drasticamente. Em velocidades acima de 1,3 vezes a raiz quadrada da linha d'água, a queimadura começa a subir dramaticamente.

Cascos de semi-deslocante e planos podem aplicar mais potência e começar a subir na onda de proa. Referimo-nos a esta condição como transição ou "escalada para fora do buraco" (vazio da onda). Nesta fase, a proa sobe desajeitadamente alto e a economia de combustível despenca.

Aplicando ainda mais potência, esses cascos flutuam mais sobre a água. A proa desce, a velocidade aumenta e o consumo de combustível é reduzido. Todos os barcos maximizam a economia de combustível em velocidades mais lentas, mas a penalidade para velocidades mais altas varia substancialmente entre os tipos de casco.

Comparações de consumo de combustível

Deslocamento Completo



Vejamos alguns números reais de uma traineira de deslocamento total na faixa de 40 a 50 pés: 7,5 nós @ 3 GPH = 2,5 nMPG.

Forçando um pouco mais de velocidade, a queima de combustível muda: 9 nós @ 11 GPH = 0,8 nMPG

Observou-se que ao desacelerar 1,5 nós, este barco aumenta sua economia de combustível em quase 300%.

Semi-deslocamento



Um barco de semi-deslocamento de tamanho semelhante:

- 8,5 nós @ 3,4 GPH = 2,2 nMPG
- 10,5 nós @ 14,2 GPH = 0,74 nMPG

Mais uma vez, na velocidade de deslocamento, uma redução de 2 nós na velocidade aumenta a economia de combustível em 300%. Se empurrarmos este barco para velocidades mais altas, no entanto, a queima de combustível difere significativamente:

- 15 nós @ 23,5 GPH = 0,64 nMPG
- 20 nós @ 35,0 GPH = 0,57 nMPG

Assim que o barco “sai do buraco” (mais na água do que dentro), a penalidade para o aumento da velocidade diminui drasticamente e a economia se estabiliza. À medida que a velocidade aumenta, a economia de combustível diminui gradualmente em pequenos incrementos.

PLANEIO



Finalmente, um barco projetado para velocidade, um casco de planagem leve:

- 7,5 nós @ 2,6 GPH = 2,9 nMPG
- 9,0 nós @ 5,4 GPH = 1,7 nMPG

- 11,0 nós @ 9,2 GPH = 1,2 nMPG
- 15,0 nós @ 14 GPH = 1,1 nMPG
- 25,0 nós @ 27,5 GPH = 0,9 nMPG

Observou-se que em velocidades de deslocamento, um aumento de 1,5 nós causa uma diminuição de 41% na economia de combustível (de 2,9 MPG para 1,7 MPG), mas em velocidades de planagem, um aumento de 10 nós causa apenas uma queda de 18% (de 1,1 MPG para 0,9) .

Também deve ser apontado que o peso é importante, mas é consideravelmente menos importante em velocidades de deslocamento. Uma traineira de deslocamento total pode carregar o peso de cruzeiro sem muita penalidade. Os outros tipos de casco não pagarão multa em velocidades mais baixas, mas em velocidades mais altas o peso adicional terá seu preço.

Fricção e arrasto

O atrito e o arrasto também são importantes. O atrito pode ser criado pelo desalinhamento do motor ou por uma amarração do rolamento desgastado no eixo. O arrasto pode ser causado por uma hélice suja ou crescimento no casco. Assumindo que nenhuma corrente ou vento, atrito ou arrasto podem ser detectados quando você precisa de mais aceleração para atingir o mesmo RPM. Este ponto de dados ilustra o valor de manter um registro ou, pelo menos, observar sua linha de base quando todas as condições forem boas. O teste de aceleração aberta (WOT) descrito na edição anterior fornece o ponto de referência mais confiável.

Vamos supor que, ao longo de um ou dois anos, você tenha notado um aumento gradual no RPM necessário para atingir a mesma velocidade. Você pode confirmar sua suspeita executando no WOT e verificando seus registros. Dois anos atrás, você atingiu a classificação de 3.000 RPM e agora atinge o máximo de 2.850 RPM. Se essa redução for devido ao aumento do arrasto, podemos estimar o impacto na queima de combustível. Vejamos os números em seu RPM de cruzeiro normal : Condições normais: 2.600 RPM produz 14 nós e queima 12 GPH = 1,2 nMPG
Novas condições: 2.750 RPM produz 14 nós e queima 14 GPH = 1,0 nMPG

O atrito extra reduziu a economia de combustível em 17%. O desalinhamento do motor ou um rolamento Cutlass emperrado afetaria a economia de combustível nesta faixa. Um fundo ou uma hélice com sujeira podem custar ainda mais eficiência. Esse efeito se torna muito maior em velocidades de planejamento.

Single vs. Gêmeos

Parece intuitivo que o funcionamento de um motor seja mais eficiente em termos de combustível do que o funcionamento de gêmeos. Vejamos alguns números em velocidades de semidisposição. Para mover este casco através da água a 15 nós, precisamos de 300 cv. Se impulsionarmos o barco com um único motor de 370 CV, devemos rodar a 2.800 RPM para atingir 300 CV.

Números para este cenário:

- 15 nós requer 300 hp
- 300 hp requer 2.800 RPM
- 2.800 RPM queimas 15,8 GPH
- 15 nós / 15,8 MPG = 0,95 nMPG

Colocando-se dois motores menores - digamos, 220 hp cada - no mesmo barco, ainda precisaremos aproximadamente da mesma potência para atingir 15 nós. Portanto, agora necessita-se de menos potência de cada motor, neste caso 150 hp cada. Olhando para os dados desses motores, vemos que agora eles terão que funcionar a 2.350 RPM para atingir 150 hp:

- 15 nós requer 300 hp (ou 150 hp por motor)
- 150 hp requer 2.350 RPM
- 2.350 RPM queima 8,8 GPH por motor
- 15 nós / 17,6 GPH = 0,85 MPG

De maneira mais técnica, teríamos que levar em consideração o peso do segundo motor e um pouco de maior ineficiência causada por duas hélices. Observa-se, no entanto, que quaisquer diferenças serão relativamente pequenas (na maioria dos casos, +/- 10%). E, em alguns casos, os dois motores queimarão menos combustível do que um único, dependendo da potência e das configurações da hélice.

A análise está evitando uma série de outras considerações espinhosas, incluindo manuseio do barco, custos de manutenção, acesso ao motor e ineficiências da hélice, para citar alguns.

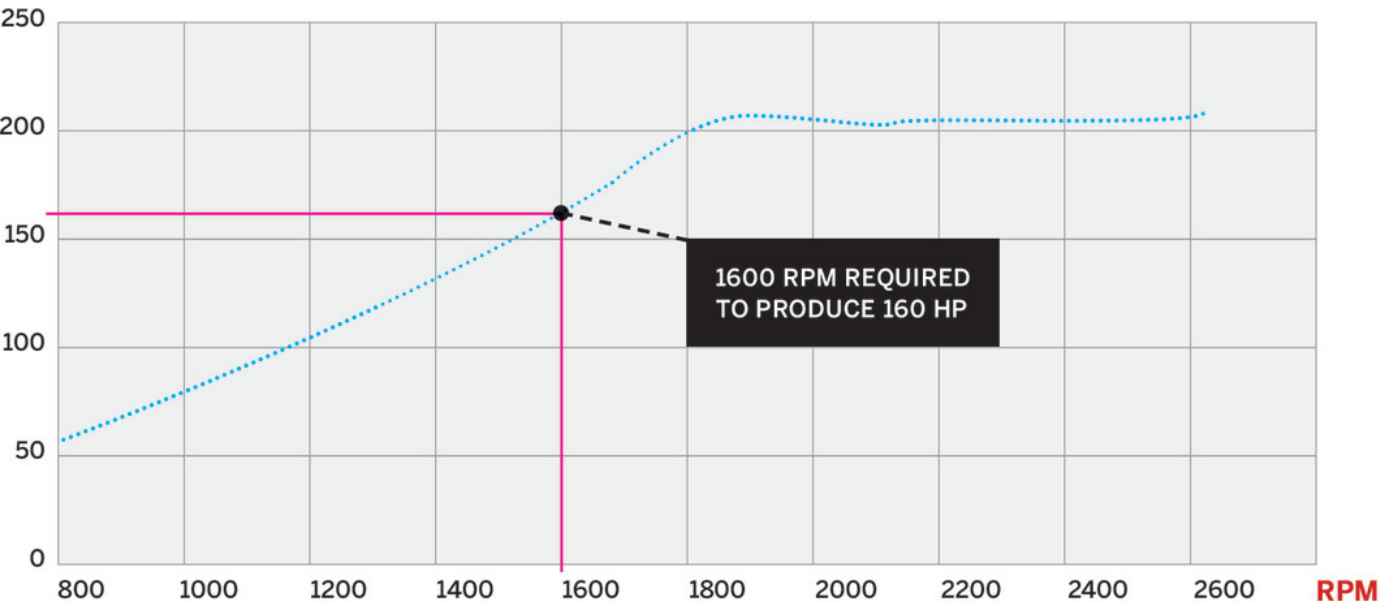
Esses mesmos dados respondem a uma pergunta semelhante: “O que acontece se eu operar meu barco bimotor em um motor?” Em velocidades de deslocamento, pode-se ler a matemática acima na ordem inversa e tem a resposta: as mudanças no consumo de combustível serão menores novamente, provavelmente dentro de 10%. Este cenário se torna impraticável em velocidades de planeio, entretanto, como a carga em um motor provavelmente será um problema.

Mais uma vez, deixa-se de fora outro conjunto de considerações, como o que fazer com o eixo do motor morto. Se for permitido a rotação livre, devemos nos preocupar com a transmissão giratória e a vedação do eixo. No entanto, uma hélice fixa movendo-se na água se comporta como uma hélice girando ao contrário. Se a hélice não puder girar, ela aumenta drasticamente o arrasto e a economia de combustível cai drasticamente.

Horsepower – cavalo de força

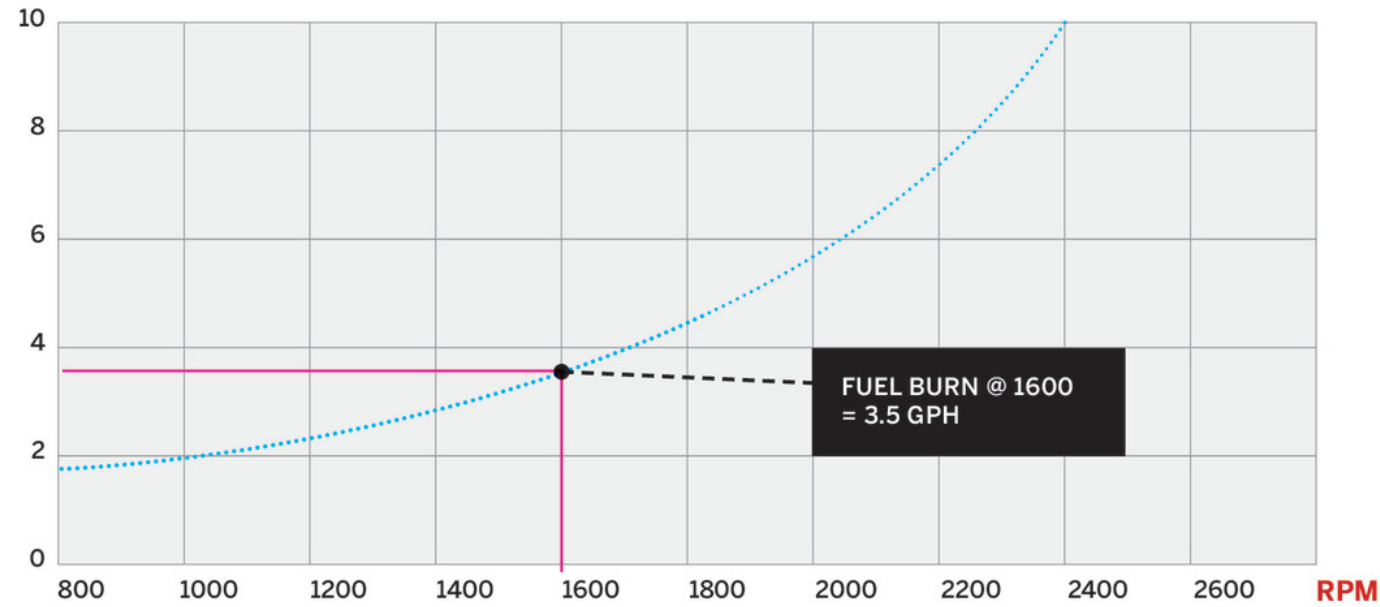
Ao comparar dois barcos semelhantes, os compradores preocupados com o combustível geralmente preferem o barco com o motor menor, presumindo que ele tenha melhor economia de combustível. Mas lembre-se de nossa premissa inicial de que é necessária uma determinada quantidade de energia para mover uma determinada forma de casco através da água a uma determinada velocidade. Vamos supor que precisamos de 160 hp para atingir nossa velocidade de cruzeiro ideal de 7 nós. Se olharmos as especificações de um motor de 210 HP, vemos que precisamos rodar a 1.600 RPM para atingir 160 HP.

HORSEPOWER



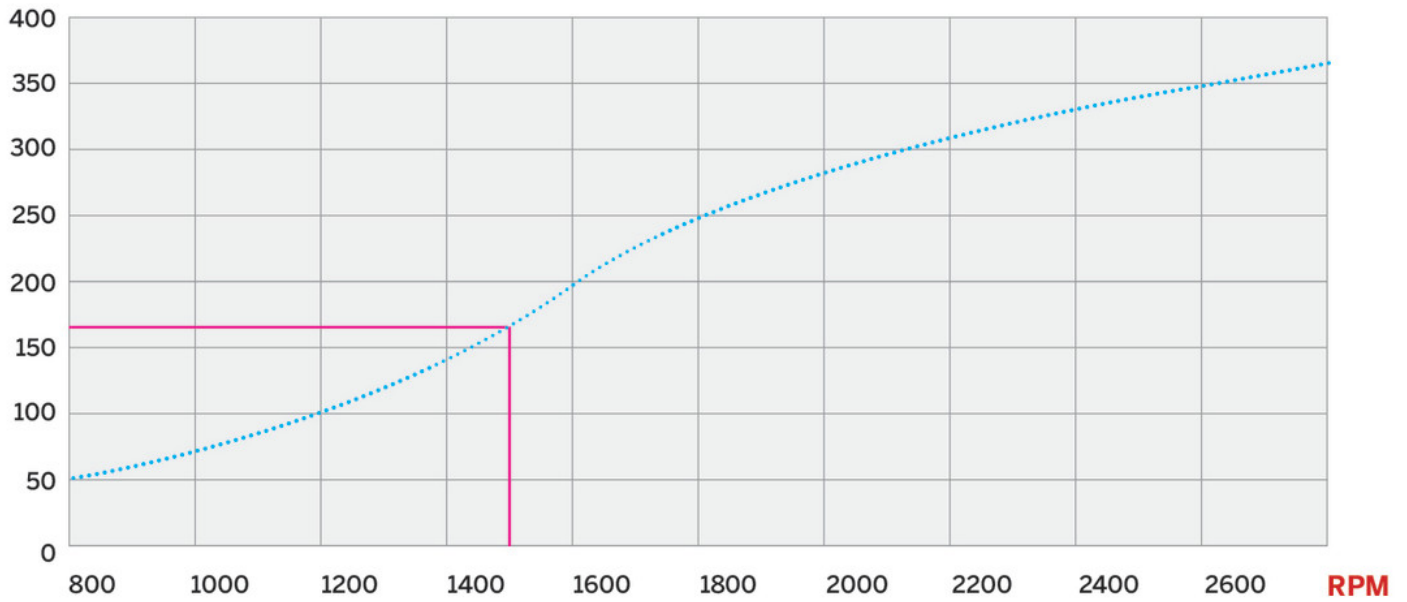
Agora podemos olhar para as mesmas especificações para estimar o consumo de combustível:

GALLONS PER HOUR



A 7 nós, queimaremos 3,5 GPH, resultando em uma economia de combustível de 2 nMPG. Podemos comparar esse desempenho com um motor maior, aumentando de 210 cv para 370 cv. Nas seguintes especificações de desempenho do motor, vemos que este motor precisará de 1.450 RPM para produzir os mesmos 160 cv.

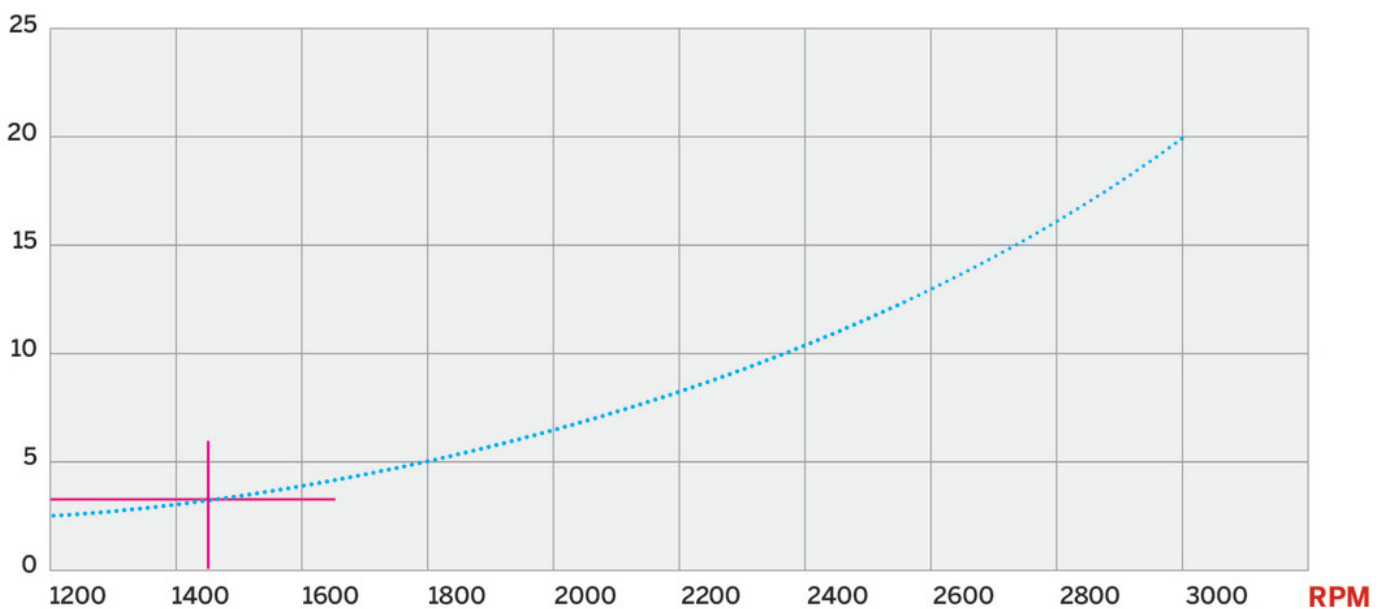
HORSEPOWER



A última peça do quebra-cabeça:

Quanto combustível o motor maior queimará ao gerar a mesma potência (e, portanto, a mesma velocidade)?

GALLONS PER HOUR



A 1450 RPM, o motor de maior potência queimará 2,7 GPH. Dada a velocidade de execução de 7 nós a 160 HP, chegamos a uma queima de combustível de 2,6 nMPG - uma melhoria de 30% em relação ao motor menor.

Conclusão

Para todas as lanchas EM VELOCIDADE de cruzeiro, quando se trata de economia de combustível, a velocidade supera todos os outros fatores - mas apenas em velocidades lentas. Em velocidades de deslocamento total, um ou dois nós mais lento pode dobrar ou triplicar sua economia de combustível. Quase todos os outros fatores, como motores duplos versus simples, alta potência versus baixa potência e desalinhamento do motor ou rolamentos de ligação podem individualmente ser responsáveis por diferenças de apenas 5-15%.

Colocando essas informações em perspectiva:


- Uma distância de 75 milhas para percorrer em um dia, a 7,5 nós exigirá 10 horas de funcionamento e consumirá 30 galões.
- Aumentar sua velocidade para 9,0 nós, poderá chegar cerca de 90 minutos mais cedo e consumirá cerca de 90 galões.
- Supondo que a gasolina custe US \$ 4 / galão, a diferença chega a cerca de US \$ 255.
- Caso 90 minutos faça a diferença entre chegar a uma entrada desconhecida à luz do dia ou depois de escurecer, ou evitar um aumento previsto nas alturas das ondas, provavelmente vale a pena o custo adicional.
- Em condições que se estiver operando no mar e cobrindo centenas de quilômetros, essas diferenças se acumulam de maneiras significativas.

Caso você tenha uma embarcação que planará, depois de decolar, ganhos na velocidade causam aumentos muito menores no consumo de combustível. No exemplo dado anteriormente, a 15 nós o barco atingiu 0,64 nMPG e a 25 nós o número foi 0,57 nMPG. A 15 nós, a viagem de 75 milhas levará 5 horas e consumirá 117 galões, enquanto a 25 nós o tempo cai para apenas 3 horas e 132 galões. O custo do combustível para 10 nós extras é de apenas \$ 60.


Não importa a forma do casco em que você navegue, se você navega com dois ou com um único motor ou tem alta ou baixa potência, nada afetará sua economia de combustível mais do que cruzar em velocidades de deslocamento total. (Normalmente, menos de 1,2 vezes a raiz quadrada do comprimento da linha de flutuação será um ponto ideal.) Uma vez no planeio, o aumento da velocidade é muito menos importante, mas a importância de uma parte inferior do casco e do equipamento de rolamento limpos é muito mais importante.

Não se pode deixar enganar pelo GPH e tenha em mente que tudo se resume a um cálculo de custo-benefício. Caso contrário, estaríamos todos navegando a 4 nós.


Fonte: *Steve Zimmerman* é o presidente da *Zimmerman Marine*, que opera cinco estaleiros em Maryland, Virginia, Carolina do Norte e Carolina do Sul. *Zimmerman* vem construindo e consertando barcos há mais de quatro décadas.



Documento assinado eletronicamente por **ERICSSON ROMMEL ASSUNCAO DE SOUZA, Agente de Polícia Federal**, em 17/03/2022, às 11:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOAO PAULO MELO MASCARENHAS, Agente de Polícia Federal**, em 21/03/2022, às 10:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARCIO RICARDO MEIRA DA SILVEIRA, Chefe de Serviço**, em 21/03/2022, às 10:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **LUIS HENRIQUE DE ALMEIDA, Agente de Polícia Federal**, em 23/03/2022, às 07:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.dpf.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **22503465** e o código CRC **4B996438**.