

DETERMINAÇÃO DA POTÊNCIA REQUERIDA PARA EMBARCAÇÃO

ベビーメタル (BABY METAL)

ENGENHEIRO NAVAL: DENIS NASCIMENTO

1 - DETERMINAÇÃO DA FAIXA DE VELOCIDADES POSSÍVEIS

Para definir a potência que os motores devem possuir para fornecer a velocidade desejada a essa embarcação, é necessário determinar a faixa de velocidades condizente com os requisitos do armador (2 a 4 viagens redondas por mês).

Essa faixa de velocidades está compreendida entre **5,5 nós** e **16 nós**, considerando-se a velocidade das correntezas. Ademais, a rota compreende uma distância de **1088 km** (Marabá a Laranjal do Jari). A **tabela 1** ilustra isso.

Tabela 1: Viagens redondas por mês, e por ano em função das possíveis velocidades.

| Velocidade (nós) | Viagens redondas (30 dias) | Viagens por ano (365 dias) |
|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 5,50 | 2,00 | 24,33 |
| 6,00 | 2,16 | 26,28 |
| 6,50 | 2,30 | 27,98 |
| 7,00 | 2,44 | 29,68 |
| 7,50 | 2,57 | 31,26 |
| 8,00 | 2,69 | 32,72 |
| 8,50 | 2,81 | 34,18 |
| 9,00 | 2,92 | 35,52 |
| 9,50 | 3,02 | 36,74 |
| 10,00 | 3,12 | 37,96 |
| 10,50 | 3,21 | 39,05 |
| 11,00 | 3,30 | 40,15 |
| 11,50 | 3,39 | 41,24 |
| 12,00 | 3,47 | 42,21 |
| 12,50 | 3,55 | 43,19 |
| 13,00 | 3,62 | 44,04 |
| 13,50 | 3,70 | 45,01 |
| 14,00 | 3,77 | 45,86 |
| 14,50 | 3,83 | 46,59 |
| 15,00 | 3,90 | 47,45 |
| 15,50 | 3,96 | 48,18 |
| 16,00 | 4,00 | 48,66 |

Fonte: Autor.

2 - DETERMINAR A RESISTÊNCIA AO AVANÇO PARA ESSA FAIXA DE VELOCIDADES

Dito isso, faz-se necessário calcular a resistência ao avanço para cada uma dessas velocidades. O método escolhido foi o **Método de Holtrop**, o qual é aplicável para esta embarcação, a qual os dados estão representados na **tabela 2**.

Tabela 2: Dados da embarcação para utilização do Método de *Holtrop*.

| Característica | Valor |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Comp. entre perp. | 59,00 m |
| Comp. de linha d'água | 60,00 m |
| Boca moldada | 12,00 m |
| Calado moldado (AP) | 2,00 m |
| Calado moldado (FP) | 2,00 m |
| Volume deslocado | 1074 m ³ |
| LCB (% meia nau) | 1,185 % |
| Área transversal do bulbo | 0 m ² |
| Altura do CG do bulbo | 0 m |
| Coeficiente de seção mestra | 0,883 |
| Coeficiente de linha d'água | 0,97 |
| Área transom | 0,94 m ² |
| Área dos apêndices | 0 m ² (casco nu) |
| Parâmetro de forma de popa | 0 |

Fonte: Autor.

A partir desses dados, calculou-se a resistência ao avanço para 4 condições da embarcação: 25% do TPB, 50% do TPB, 75% do TPB e 100% do TPB. Os resultados obtidos estão apresentados na **tabela 3** até a **tabela 6**.

Ademais, uma observação a ser feita, é que, pelos apêndices ainda não terem sido considerados no projeto, a resistência calculada é de **casco nu**.

Tabela 3: Resistência ao avanço para 25% TPB.

| Velocidade (nós) | Resistência ao avanço de casco nu (kN) |
|------------------|--|
| 5,50 | 9,69 |
| 6,00 | 11,54 |
| 6,50 | 13,70 |
| 7,00 | 16,30 |
| 7,50 | 19,52 |
| 8,00 | 23,57 |
| 8,50 | 28,68 |
| 9,00 | 35,23 |
| 9,50 | 43,42 |
| 10,00 | 53,62 |
| 10,50 | 65,93 |
| 11,00 | 80,26 |
| 11,50 | 98,65 |
| 12,00 | 121,47 |
| 12,50 | 144,08 |
| 13,00 | 164,45 |
| 13,50 | 188,81 |
| 14,00 | 226,05 |
| 14,50 | 281,14 |
| 15,00 | 350,36 |
| 15,50 | 420,06 |
| 16,00 | 474,00 |

Fonte: Autor.

Tabela 4: Resistência ao avanço para 50% TPB.

| Velocidade (nós) | Resistência ao avanço de casco nu (kN) |
|------------------|--|
| 5,50 | 10,03 |
| 6,00 | 11,94 |
| 6,50 | 14,18 |
| 7,00 | 16,90 |
| 7,50 | 20,29 |
| 8,00 | 24,59 |
| 8,50 | 30,07 |
| 9,00 | 37,15 |
| 9,50 | 46,08 |
| 10,00 | 57,29 |
| 10,50 | 71,04 |
| 11,00 | 86,94 |
| 11,50 | 107,17 |

| | |
|-------|--------|
| 12,00 | 133,31 |
| 12,50 | 160,41 |
| 13,00 | 184,09 |
| 13,50 | 210,04 |
| 14,00 | 249,38 |
| 14,50 | 309,98 |
| 15,00 | 390,53 |
| 15,50 | 477,14 |
| 16,00 | 549,18 |

Fonte: Autor.

Tabela 5: Resistência ao avanço para 75% TPB.

| Velocidade (nós) | Resistência ao avanço de casco nu (kN) |
|------------------|--|
| 5,50 | 10,39 |
| 6,00 | 12,38 |
| 6,50 | 14,73 |
| 7,00 | 17,59 |
| 7,50 | 21,20 |
| 8,00 | 25,83 |
| 8,50 | 31,80 |
| 9,00 | 39,59 |
| 9,50 | 49,50 |
| 10,00 | 62,00 |
| 10,50 | 77,62 |
| 11,00 | 95,66 |
| 11,50 | 118,17 |
| 12,00 | 148,29 |
| 12,50 | 181,30 |
| 13,00 | 209,83 |
| 13,50 | 238,16 |
| 14,00 | 279,79 |
| 14,50 | 346,31 |
| 15,00 | 439,77 |
| 15,50 | 547,05 |
| 16,00 | 643,06 |

Fonte: Autor.

Tabela 6: Resistência ao avanço para 100% TPB.

| Velocidade (nós) | Resistência ao avanço de casco nu (kN) |
|------------------|--|
| 5,50 | 10,76 |
| 6,00 | 12,82 |
| 6,50 | 15,28 |
| 7,00 | 18,30 |
| 7,50 | 22,14 |
| 8,00 | 27,13 |
| 8,50 | 33,64 |

| | |
|-------|--------|
| 9,00 | 42,20 |
| 9,50 | 53,21 |
| 10,00 | 67,15 |
| 10,50 | 84,83 |
| 11,00 | 105,37 |
| 11,50 | 130,43 |
| 12,00 | 164,71 |
| 12,50 | 204,37 |
| 13,00 | 239,04 |
| 13,50 | 270,62 |
| 14,00 | 314,78 |
| 14,50 | 387,17 |
| 15,00 | 493,80 |
| 15,50 | 623,27 |
| 16,00 | 746,78 |

Fonte: Autor.

3 - DETERMINAÇÃO DAS POTÊNCIAS EHP, BHP, IHP

A partir de tudo isso, deve-se calcular as potências: **EHP** (potência efetiva), **BHP** (potência dos MCP) e **IHP** (potência instalada), onde considerar-se-á um acréscimo de **15%** no cálculo de EHP, justamente para compensar o fato da resistência ao avanço ter sido calculada para casco nu.

Ademais, para se efetuar esses cálculos, o rendimento de transmissão de potência entre BHP e EHP foi de **55%** ($EHP = 0,55 \cdot BHP$), além de a potência IHP ser **20%** maior que potência BHP, dado o qual foi extraído do Manual do IPT de 1986. Por fim, a **tabela 7** apresenta os valores calculados.

Vale ressaltar que, como essa é uma estimativa preliminar, considerou-se que o peso leve é tal que o seu calado carregado corresponda ao calado de projeto (máximo calado possível para a via de navegação). Assim, o peso leve aqui considerado é de **768 toneladas** e o seu TPB é de **306 toneladas**.

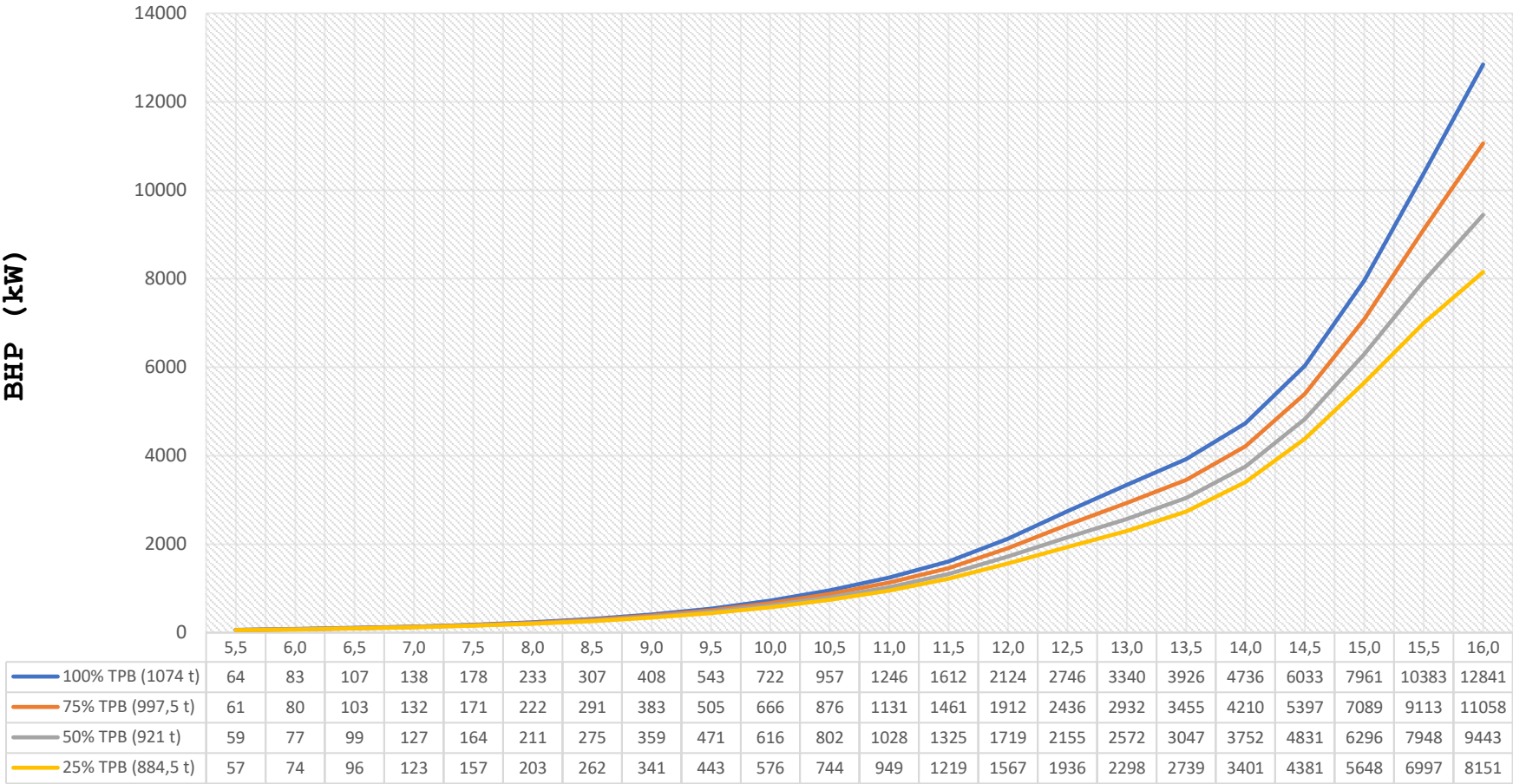
Tabela 7: Potências em função das velocidades e do TPB.

| % TPB | Velocidade (nós) | EHP (kW) | BHP (kW) | IHP (kW) |
|---------|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| 100,00% | 5,50 | 34,98 | 63,60 | 76,32 |
| 100,00% | 6,00 | 45,47 | 82,67 | 99,20 |
| 100,00% | 6,50 | 58,71 | 106,74 | 128,09 |
| 100,00% | 7,00 | 75,72 | 137,67 | 165,21 |
| 100,00% | 7,50 | 98,15 | 178,46 | 214,15 |
| 100,00% | 8,00 | 128,29 | 233,26 | 279,91 |
| 100,00% | 8,50 | 169,02 | 307,31 | 368,77 |
| 100,00% | 9,00 | 224,50 | 408,18 | 489,82 |
| 100,00% | 9,50 | 298,80 | 543,27 | 651,92 |
| 100,00% | 10,00 | 396,92 | 721,68 | 866,02 |
| 100,00% | 10,50 | 526,50 | 957,28 | 1148,73 |
| 100,00% | 11,00 | 685,13 | 1245,68 | 1494,82 |
| 100,00% | 11,50 | 886,62 | 1612,03 | 1934,44 |
| 100,00% | 12,00 | 1168,32 | 2124,22 | 2549,06 |
| 100,00% | 12,50 | 1510,04 | 2745,53 | 3294,63 |
| 100,00% | 13,00 | 1836,86 | 3339,74 | 4007,68 |
| 100,00% | 13,50 | 2159,51 | 3926,38 | 4711,65 |
| 100,00% | 14,00 | 2604,93 | 4736,24 | 5683,48 |
| 100,00% | 14,50 | 3318,41 | 6033,48 | 7240,18 |
| 100,00% | 15,00 | 4378,28 | 7960,50 | 9552,61 |
| 100,00% | 15,50 | 5710,43 | 10382,60 | 12459,12 |
| 100,00% | 16,00 | 7062,75 | 12841,36 | 15409,63 |
| 75,00% | 5,50 | 33,78 | 61,43 | 73,71 |
| 75,00% | 6,00 | 43,91 | 79,83 | 95,80 |
| 75,00% | 6,50 | 56,58 | 102,88 | 123,45 |
| 75,00% | 7,00 | 72,80 | 132,36 | 158,84 |
| 75,00% | 7,50 | 94,00 | 170,91 | 205,09 |
| 75,00% | 8,00 | 122,14 | 222,08 | 266,50 |
| 75,00% | 8,50 | 159,78 | 290,51 | 348,61 |
| 75,00% | 9,00 | 210,59 | 382,90 | 459,48 |
| 75,00% | 9,50 | 277,97 | 505,41 | 606,49 |
| 75,00% | 10,00 | 366,51 | 666,37 | 799,65 |
| 75,00% | 10,50 | 481,74 | 875,90 | 1051,08 |
| 75,00% | 11,00 | 621,98 | 1130,86 | 1357,04 |
| 75,00% | 11,50 | 803,30 | 1460,54 | 1752,65 |
| 75,00% | 12,00 | 1051,85 | 1912,46 | 2294,95 |
| 75,00% | 12,50 | 1339,62 | 2435,67 | 2922,80 |
| 75,00% | 13,00 | 1612,39 | 2931,63 | 3517,95 |
| 75,00% | 13,50 | 1900,49 | 3455,44 | 4146,53 |
| 75,00% | 14,00 | 2315,40 | 4209,82 | 5051,79 |
| 75,00% | 14,50 | 2968,16 | 5396,66 | 6475,99 |
| 75,00% | 15,00 | 3899,19 | 7089,44 | 8507,33 |
| 75,00% | 15,50 | 5012,14 | 9112,97 | 10935,57 |
| 75,00% | 16,00 | 6081,85 | 11057,91 | 13269,49 |
| 50,00% | 5,50 | 32,61 | 59,28 | 71,14 |
| 50,00% | 6,00 | 42,35 | 77,00 | 92,40 |

| | | | | |
|--------|-------|---------|---------|----------|
| 50,00% | 6,50 | 54,50 | 99,09 | 118,91 |
| 50,00% | 7,00 | 69,95 | 127,18 | 152,61 |
| 50,00% | 7,50 | 89,96 | 163,57 | 196,29 |
| 50,00% | 8,00 | 116,28 | 211,41 | 253,70 |
| 50,00% | 8,50 | 151,09 | 274,71 | 329,65 |
| 50,00% | 9,00 | 197,65 | 359,37 | 431,24 |
| 50,00% | 9,50 | 258,79 | 470,52 | 564,63 |
| 50,00% | 10,00 | 338,64 | 615,71 | 738,86 |
| 50,00% | 10,50 | 440,89 | 801,62 | 961,94 |
| 50,00% | 11,00 | 565,28 | 1027,79 | 1233,34 |
| 50,00% | 11,50 | 728,49 | 1324,52 | 1589,42 |
| 50,00% | 12,00 | 945,56 | 1719,21 | 2063,05 |
| 50,00% | 12,50 | 1185,27 | 2155,03 | 2586,03 |
| 50,00% | 13,00 | 1414,57 | 2571,94 | 3086,33 |
| 50,00% | 13,50 | 1676,12 | 3047,48 | 3656,98 |
| 50,00% | 14,00 | 2063,74 | 3752,25 | 4502,70 |
| 50,00% | 14,50 | 2656,79 | 4830,52 | 5796,63 |
| 50,00% | 15,00 | 3462,60 | 6295,64 | 7554,77 |
| 50,00% | 15,50 | 4371,54 | 7948,26 | 9537,91 |
| 50,00% | 16,00 | 5193,91 | 9443,47 | 11332,17 |
| 25,00% | 5,50 | 31,51 | 57,28 | 68,74 |
| 25,00% | 6,00 | 40,92 | 74,39 | 89,27 |
| 25,00% | 6,50 | 52,62 | 95,68 | 114,82 |
| 25,00% | 7,00 | 67,45 | 122,64 | 147,16 |
| 25,00% | 7,50 | 86,55 | 157,36 | 188,83 |
| 25,00% | 8,00 | 111,45 | 202,64 | 243,17 |
| 25,00% | 8,50 | 144,11 | 262,02 | 314,43 |
| 25,00% | 9,00 | 187,43 | 340,78 | 408,94 |
| 25,00% | 9,50 | 243,82 | 443,31 | 531,97 |
| 25,00% | 10,00 | 316,98 | 576,32 | 691,59 |
| 25,00% | 10,50 | 409,20 | 744,00 | 892,80 |
| 25,00% | 11,00 | 521,85 | 948,83 | 1138,59 |
| 25,00% | 11,50 | 670,59 | 1219,26 | 1463,12 |
| 25,00% | 12,00 | 861,58 | 1566,50 | 1879,80 |
| 25,00% | 12,50 | 1064,57 | 1935,58 | 2322,70 |
| 25,00% | 13,00 | 1263,72 | 2297,67 | 2757,21 |
| 25,00% | 13,50 | 1506,64 | 2739,34 | 3287,21 |
| 25,00% | 14,00 | 1870,66 | 3401,21 | 4081,45 |
| 25,00% | 14,50 | 2409,65 | 4381,17 | 5257,41 |
| 25,00% | 15,00 | 3106,50 | 5648,18 | 6777,82 |
| 25,00% | 15,50 | 3848,60 | 6997,46 | 8396,95 |
| 25,00% | 16,00 | 4482,93 | 8150,77 | 9780,93 |

Fonte: Autor.

BPH em função das velocidades e do TPB



Velocidades (nós)

100% TPB (1074 t) 75% TPB (997,5 t) 50% TPB (921 t) 25% TPB (884,5 t)

O gráfico da acima ilustra a variação da potência dos MCP em função da variação das velocidades e do TPB.

4 – ESCOLHA DA VELOCIDADE DE CRUZEIRO

Finalmente, de posse de todos esses dados, é possível escolher uma **velocidade de cruzeiro**, a qual possibilite um retorno financeiro, em relação a quantidade de viagens redondas, compatível com os investimentos de aquisição e de manutenção dos MCP.

Destarte, a velocidade escolhida para essa embarcação foi de **11 nós**, a qual exigirá potências BHP e IHP, respectivamente, de **1246 kW** e de **1495 kW** e possibilitará que a embarcação realize **3,30** viagens redondas por mês (30 dias) e **40** viagens redondas ao ano (365 dias).

5 – ESCOLHA PRELIMINAR DO MOTOR

Como a embarcação terá 2 MCP, então cada um desses motores deverá produzir uma potência em torno de **623 kW** para que a velocidade de cruzeiro seja alcançada.

Desse modo, o motor escolhido foi o CUMMIS KTA38, especificamente o modelo **KTA38-M**, o qual trabalha entre as potências de **634 kW** e de **1119 kW**.