

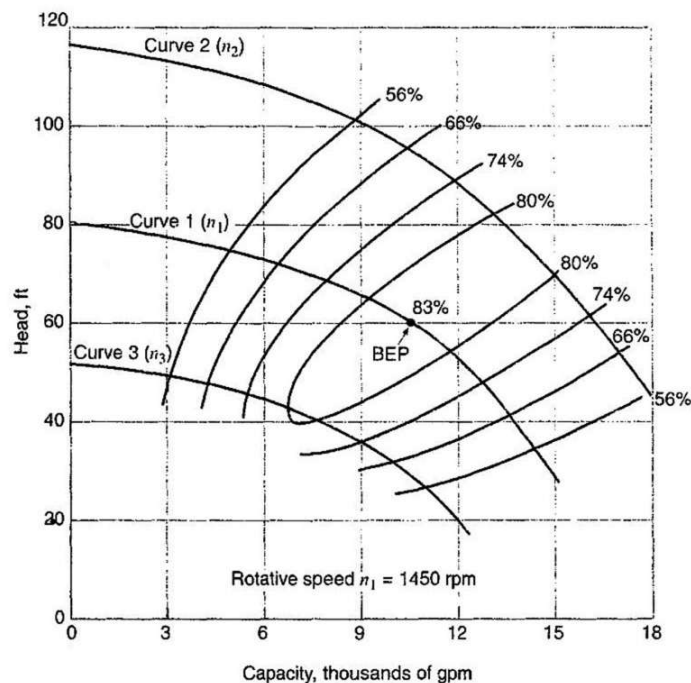
# MEC070 – MÁQUINAS DE FLUXO

## PROVA 02: QUESTÃO - SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Data: 01/06/2026

Entregue: Versão eletrônica, script (arquivo fonte), relatório apresentando: introdução, metodologia, resultados e discussão, conclusões, referências bibliográficas.

**Grupo 01** – Desenvolva um código computacional para resolver o problema detalhado a seguir. Uma bomba cujas características são mostradas na Figura, operando a 1450 rpm, é colocada em um tubo de 24 in de diâmetro ( $f = 0,032$ ) de 5000 ft de comprimento. A extremidade de descarga do tubo está 30 ft abaixo da elevação da superfície da água no reservatório. A água descarrega livremente na atmosfera a uma temperatura de 293 K. (a) Realize um desenho hidráulico do sistema. (b) Com base na metodologia analítica, determine o caudal. (c) Qual seria a vazão volumétrica se a bomba não tivesse sido instalada na tubulação? (d) Calcule a vazão volumétrica e a eficiência da bomba se o regime de operação for 900 rpm, 1000 rpm, 1100 rpm, 1200 rpm, e 1300 rpm em vez de 1450 rpm. (e) Trace os gráficos  $Q$  vs  $N$ ,  $\eta_b$  vs  $N$  e  $H$  vs  $Q$  incluindo a curva do sistema e a curva do rotor da bomba selecionada.



**Grupo 02** – Desenvolva um programa de computador que empregue as leis de semelhança para criar uma nova turbina que seja dinamicamente similar a uma turbina hidráulica dada. As entradas da turbina dada são: diâmetro do rotor  $33\frac{7}{8}$  in, carga líquida mudando desde 25 m até 100 m, capacidade inicial de 1,65 gpm, densidade do fluido de trabalho água a 28 °C, eficiência da turbina 88%, rotação mudando desde 240 rpm até 200 rpm e potência no eixo de 12 MW. Aplique o programa de computador que desenvolveu para:

- Calcular o diâmetro da nova turbina (em mm). Trace um gráfico  $D_{\text{rotor B}} vs D_{\text{rotor A}}$ ;
- Calcular a capacidade da nova turbina (em  $m^3/s$ ). Trace um gráfico  $H vs Q$ ;
- Calcular a variação da potência da turbina. Trace um gráfico  $\dot{W} vs Q$ ;
- Calcule também a velocidade específica da turbina. Qual é o tipo mais provável dessa turbina?

**Grupo 03** – Escreva um programa de computador para resolver o problema a continuação. A curva característica de uma bomba operando a 1200 rpm é dada por:

H (m)	20	15	10
Q (L/s)	0	165	250

Esta bomba está instalada em uma tubulação para aumentar a vazão do reservatório **A** para o reservatório **B**. Quando a elevação da superfície da água no reservatório **A** excede a do reservatório **B** em 15 m, a vazão volumétrica é de 150 L/s. (a) Trace o desenho hidráulico do sistema. (b) Baseado na metodologia analítica, qual será o caudal e a altura de carga do ponto de operação quando a diferença de elevação for de 12 m, 9 m, 6 m, e 3 m? Considere que a curva do sistema é parabólica. (c) Trace o gráfico H vs Q para a bomba selecionada e as diferentes curvas do sistema.

**Grupo 04** – Escreva um código computacional que resolva o problema a seguir. Propõe-se utilizar uma bomba de 13 in e outra de 11 in (ver Figura 1), em paralelo para fornecer água a 318,15 K. A curva da  $H_{\text{sistema}}$  pode ser determinada a partir dos parâmetros de vazão e carga do sistema, apresentados na Tabela 1. Utilizando o método analítico, determine:

- Para o sistema de bombeamento, a altura de carga e a vazão, se ambas as bombas giram com uma rotação variável de 2.200 rpm a 1.800 rpm (resposta no S.I.:  $H_s = m$  e  $Q_s = m^3/s$ ). Trace as curvas  $H_s$  vs Rotação (rpm) e  $C_H$  vs  $C_Q$ ;
- Se a rotação da bomba de 11 in for reduzida abaixo de 1800 rpm, em qual rotação ela interromperá o fornecimento. Trace o gráfico Rotação<sub>B1</sub> vs Rotação<sub>B2</sub>.

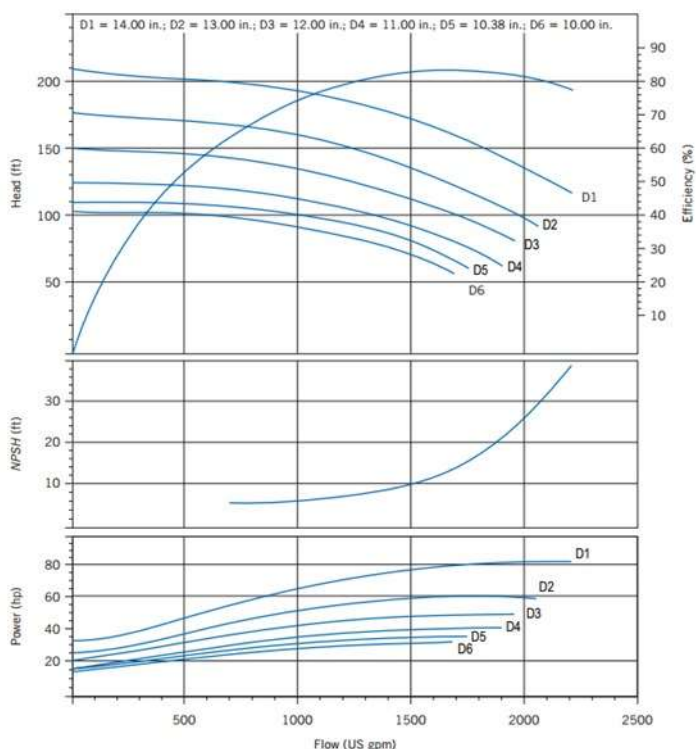


Figura 1. Curvas de desempenho para bomba centrífuga.

Tabela 1. Parâmetros de carga e vazão requeridos pelo sistema.

Vazão (gpm)	600	900	1100	1360	1500	1700
Carga (ft)	62	83	102	132	150	180

**Grupo 05** – Escreva um código computacional que resolva o problema mostrado a seguir. Dois reservatórios **A** e **B** estão conectados através de uma longa tubulação. A perda de carga do deslocamento do fluido de trabalho (água) nessa tubulação pode ser expressa pela equação  $h_L = 20Q^2$ , onde  $h_L$  está em ft e  $Q$  em  $10^2$  gpm. O sistema formado pelos dois reservatórios e os acessórios pode ser considerado como um sistema simples por gravidade com um desnível de 20 ft. Duas bombas idênticas são disponibilizadas para transportar o fluido desde **A** até **B**. A curva característica de operação a 1700 rpm de uma das bombas está dada na Tabela 1. No ponto de máximo rendimento a bomba desenvolve uma vazão volumétrica de 145 gpm e uma altura de elevação de 85 ft. Utilizando a metodologia analítica, determine:

- A velocidade específica  $N_s$  de uma das bombas. Dado de saída do programa;
- O ponto de operação de uma bomba individual a 1700 rpm para atender os requerimentos do sistema. Trace as curvas  $H_s$  vs  $Q_s$  e  $H_B$  vs  $Q_B$  no mesmo gráfico;
- O ponto de operação de 2 bombas em série a 1700 rpm para atender os requerimentos do sistema. Trace as curvas  $H_s$  vs  $Q_s$ ,  $H_{B1}$  vs  $Q_{B1}$  e  $H_{B2}$  vs  $Q_{B2}$  no mesmo gráfico;
- O ponto de operação de 2 bombas em paralelo a 1700 rpm para atender os requerimentos do sistema. Trace as curvas  $H_s$  vs  $Q_s$ ,  $H_{B1}$  vs  $Q_{B1}$  e  $H_{B2}$  vs  $Q_{B2}$  no mesmo gráfico.

Tabela 1. Parâmetros de carga e vazão desenvolvidos por uma bomba.

Vazão (gpm)	0	110	180	250	300	340
Carga (ft)	100	90	80	60	40	20

**Grupo 06** – Escreva um programa de computador para o problema detalhado a seguir. Uma pequena turbina de ação aciona um gerador elétrico ligado ao Sistema Interligado Nacional (rede de 60 Hz). A altura de queda é 350m e a descarga é 634 US gpm. Assuma um coeficiente de velocidade de 0,97 e uma eficiência da turbina variando de 70% a 90%. Adicionalmente, considere que a frequência da rede está relacionada com a rotação do grupo turbogerador e com o número de pares de polos do gerador elétrico. Determinar:

- O diâmetro primitivo do rotor (em mm). Trace um gráfico  $D_{rotor}$  vs  $\eta_t$ ;
- A rotação da turbina (em rpm). Trace um gráfico  $Rotação_{turbina}$  vs  $\eta_t$ .

Sugestão:

Para verificar que a escolha do diâmetro primitivo e a rotação foram bem calculados, é importante lembrar da relação entre o diâmetro primitivo com relação ao diâmetro da área transversal do jato d'água e o  $N_{sp}$ .

- Grupo 07** – Escreva um código computacional que resolva o problema detalhado a seguir. Uma central hidrelétrica de represamento possui em média, o nível d'água de montante que varia na altitude de 950 m a 650 m e o mínimo de jusante 510 m. A água está a uma temperatura de 22 °C. Sendo o comprimento equivalente do conduto forçado em chapas de aço soldado de 250 m com diâmetro interno de 2,0 m e a turbina hidráulica de eixo horizontal instalada a 2,5 m do nível de jusante, com velocidade na saída do tubo de sucção de 2,5 m/s. Sabendo que a perda de carga do sistema de admissão é 1,5 m, pede-se determinar:
- Um esquema da instalação;
  - A vazão de escoamento. Trace um gráfico  $H_b$  vs  $Q$ ;
  - A queda bruta e disponível. Trace um gráfico  $\eta_t$  vs  $H_b$  e  $\eta_t$  vs  $H$ ;
  - A potência hidráulica da turbina. Trace um gráfico  $\dot{W}_h$  vs  $H$ ;
  - A potência de eixo, sabendo-se que o rendimento total da turbina é 85%. Trace um gráfico  $\dot{W}_e$  vs  $H$ ;
  - O diâmetro da saída do tubo de sucção. Trace um gráfico  $D_{ts}$  vs  $H_b$ .

- Grupo 08** – Desenvolva um programa de computador para resolver o problema a seguir. Água a uma temperatura de 519,67 °R escoar por gravidade entre dois reservatórios. A superfície da água no reservatório **A** está a uma elevação de 5010 pés e a do reservatório **B** está a uma elevação de 4980 pés. A água flui através de um tubo de 24 polegadas de diâmetro ( $f = 0,026$ ) e 8000 ft de comprimento. (a) Se alguém deseja dobrar a vazão usando uma bomba operando desde 600 rpm até 1800 rpm, qual velocidade específica da bomba você recomendaria? (b) Qual é o caudal? Despreze as perdas menores (c) Qual seria aproximadamente o diâmetro do impulsor da bomba? (d) Se a bomba fosse instalada na extremidade superior da tubulação, a que elevação a bomba deveria ser instalada para evitar a cavitação, se a perda de carga do reservatório **A** até a bomba for de 1,5 pés? (e) Desenhe um esquema da instalação. (f) Trace o gráfico  $D_{rotor}$  vs  $N_s$ ,  $T$  vs  $N_s$ ,  $e_s$  vs  $N_s$ .