

MEC070 – MÁQUINAS DE FLUXO

PROVA 01: QUESTÃO - SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Data: 28/09/2026

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

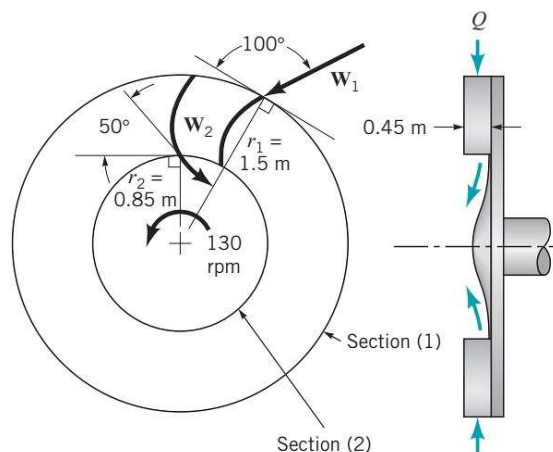
Grupo 01 – Desenvolva um código computacional para resolver o problema a seguir:

O eixo de uma bomba centrífuga está localizado 2 m acima do nível d'água do reservatório de sucção e 42 m abaixo do nível do reservatório de recalque. As perdas nas tubulações de sucção e descarga são 1 m e 8 m respectivamente. As características geométricas do rotor são: $D_1 = 75$ mm, $D_2 = 300$ mm, $b_1 = 15$ mm e $b_2 = 18$ mm. A bomba gira a 1.800 rpm e os coeficientes de estrangulamento do fluxo são $f_1 = f_2 = 0,7$. A entrada do fluido de trabalho no rotor é radial. O ângulo β_1 na entrada do rotor varia desde 20° até 80° e o ângulo β_2 na saída do rotor muda seu valor desde 30° até 90° . Para cada variação do ângulo β_1 existe uma mudança do ângulo β_2 . As eficiências são: $\eta_h = 79\%$ e $\eta_m = 76\%$. Calcular para cada variação de β_1 e β_2 : a) Potência de acionamento da bomba; b) Vazão volumétrica; c) Altura de carga efetiva.

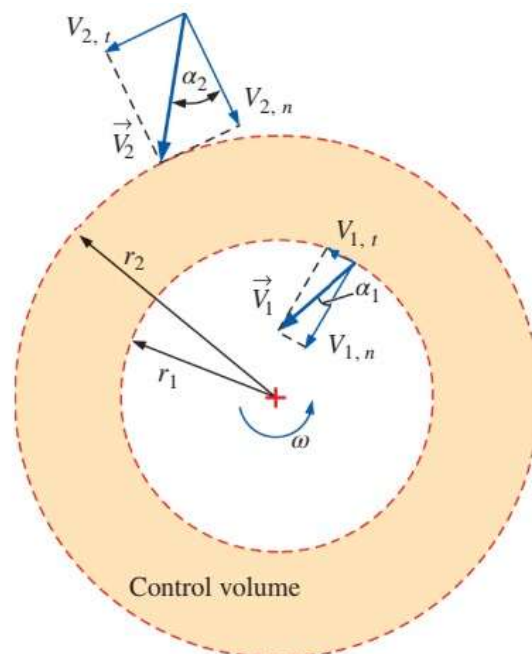
Como dado de saída faça os gráficos: Potência de acionamento vs. Vazão volumétrica, Altura de carga efetiva vs. β_2 e Vazão volumétrica vs. β_1 .

Grupo 02 – Escreva um código computacional que resolva o problema a seguir. A Figura mostra o esboço simplificado do rotor de uma turbina hidráulica. Água entra na seção (1) (área de seção transversal cilíndrica A_1 em $r_1 = 1,5$ m) em um ângulo que varia desde 90° até 100° em relação à direção tangencial e sai na seção (2) (área de seção transversal cilíndrica A_2 em $r_2 = 0,85$ m) em um ângulo que muda desde 50° até 60° em relação à direção tangencial. A altura das pás na aresta de entrada e saída do rotor é 0,45 m. O rotor gira de 130 cpm a 210 cpm (usar 8 diversos valores de rotação) na direção mostrada. Como dados de saída trace os gráficos:

- As magnitudes do triângulo de velocidades na entrada do rotor vs rotação.
- As magnitudes do triângulo de velocidades na saída do rotor vs rotação.
- A potência disponível no eixo da turbina vs rotação.



Grupo 03 – Desenvolva uma ferramenta computacional que resolva o seguinte problema. Uma turbina hidráulica com escoamento radial de Francis está sendo projetada com as seguintes dimensões: $r_2 = 2,00$ m, $r_1 = 1,45$ m, $b_2 = 0,75$ e $b_1 = 0,80$ m. O rotor gira a 240 rpm. As aletas ajustáveis giram o escoamento com o ângulo $\alpha_2 = 30^\circ$ da direção radial na entrada do rotor, e o escoamento na saída do rotor está a um ângulo α_1 da direção radial. Investigue o efeito do ângulo de saída do rotor α_1 sobre a carga líquida necessária e a potência de saída. Deixe o ângulo de saída variar de -30° a 30° em incrementos de 2° e represente graficamente seus resultados. Determine o valor mínimo de α_1 de forma que o escoamento não viole as leis da termodinâmica. A vazão a condições de projeto é de $5,4 \times 10^6$ gpm e a carga bruta fornecida pela represa é $H_{bruta} = 90$ m. Para o projeto preliminar, as perdas irreversíveis são desprezadas. Calcule a variação dos ângulos da pá do rotor de entrada e saída β_2 e β_1 , respectivamente, e preveja a saída de potência (MW) e a carga líquida necessária (m). Esse projeto é possível? Trace os gráficos: Potência de saída vs. α_1 , Carga líquida vs. α_1 , β_2 vs. α_1 e β_1 vs. α_1 .



Grupo 04 – Escreva um programa de computador para o problema detalhado a seguir. A rotação específica adimensional de uma bomba centrífuga é 0,07. A altura de carga estática é 30 m. A vazão volumétrica desenvolvida varia de 600 US gpm a 1.500 US gpm. O diâmetro das tubulações na entrada e na descarga da bomba é 12 cm. O coeficiente de atrito dessas tubulações é 0,03. O comprimento total (tubulação na sucção + tubulação na descarga) é 65 m. Perdas adicionais são iguais a 4 vezes a altura de carga dinâmica na tubulação. As aletas são curvadas para frente com um ângulo de 130° . A altura da aresta na saída do rotor é $1/10$ do diâmetro do rotor. Há um 8% de redução na área do escoamento do fluido de trabalho devido à espessura das pás. A eficiência manométrica é 75%. A entrada é radial. Determine o diâmetro na aresta de saída do impulsor. Em função da variação das perdas adicionais que dependem da altura de carga dinâmica na tubulação (4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 vezes), como dado de saída faça um gráfico Diâmetro na saída do impulsor vs. Perdas adicionais.

Grupo 05 – Escreva um código computacional que resolva o problema detalhado a seguir. O impulsor de uma bomba centrífuga tem um diâmetro de 1,4 m; gira desde 3,0 cps até 6,0 cps (variar 8 valores diferentes de rotação); área periférica na saída de 0,68 m²; ângulo da aleta no bordo de fuga de 50° e uma razão de diâmetros externo/interno de 2:1. Conhecendo que o fluido de trabalho é água a 340 K e 1 atm de pressão. Calcule:

- a) A eficiência hidráulica;
- b) A potência útil em hp;
- c) A rotação mínima para elevar o fluido de trabalho (água) através de uma altura de carga de 6,8 m. A bomba centrífuga tem uma capacidade de 95×10^3 l/min.

Como dado de saída faça os gráficos: Eficiência hidráulica vs. Rotação da bomba, Potência útil vs. Rotação da bomba.

Grupo 06 – Escreva um programa de computador para modelar uma bomba centrífuga com rotação específica adimensional de 0,12, operando em um sistema com altura de carga estática de 45 m, comprimento total de tubulações de 100 m, sendo o diâmetro interno dos dutos de 20 cm e coeficiente de atrito de 0,03, considerando que o fluido entra radialmente no rotor, o qual possui palhetas curvadas para frente com ângulo de saída de 135°, eficiência manométrica de 80%, redução de 6% na área de escoamento devido à espessura das pás, e altura da aresta de saída igual a 1/12 do diâmetro externo do impulsor. O programa deve calcular as dimensões e o desempenho da máquina para uma vazão volumétrica que varia de 500 US gpm a 1.200 US gpm e, considerando que o coeficiente de perdas adicionais na tubulação varia de 2 a 20 vezes a altura de carga dinâmica (avaliando especificamente os multiplicadores 2, 4, 6, 8, 10, 15 e 20), gerar como dados de saída obrigatórios: (a) Gráfico: Diâmetro externo do impulsor versus Vazão volumétrica, (b) Gráfico: Curva de carga requerida pelo sistema (H) versus Vazão volumétrica, (c) Gráfico: Diâmetro externo do impulsor versus Coeficiente de perdas adicionais e, (d) Um módulo de saída de relatório técnico para discutir o impacto físico de usar palhetas curvadas para frente em vez de curvadas para trás no diâmetro final da máquina, evidenciando como a componente tangencial da velocidade absoluta gerada por essa geometria permite atingir a mesma altura de carga com uma velocidade periférica menor, resultando em um diâmetro de rotor significativamente mais compacto, porém sacrificando a estabilidade operacional e a eficiência global da máquina devido ao aumento das perdas cinéticas no difusor.