



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

MARCOS VINÍCIUS EVANGELISTA TORRES

DIMENSIONAMENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS COM USO DO SCILAB

PAU DOS FERROS

2020

MARCOS VINÍCIUS EVANGELISTA TORRES

DIMENSIONAMENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS COM USO DO SCILAB

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Ciência e Tecnologia, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Wesley Oliveira dos Santos

PAU DOS FERROS

2020

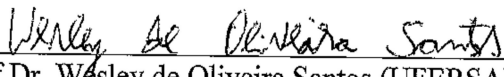
MARCOS VINÍCIUS EVANGELISTA TORRES

DIMENSIONAMENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS COM USO DO SCILAB

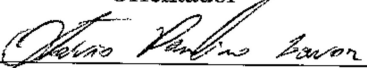
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Câmpus Pau
dos Ferros em cumprimento às exigências legais como
requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 05/02/2020

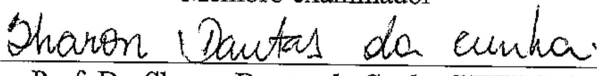
BANCA EXAMINADORA


Prof Dr. Wesley de Oliveira Santos (UFERSA)

Orientador


Prof Dr. Otávio Paulino Lavor (UFERSA)

Membro examinador


Prof. Dr. Sharon Dantas da Cunha (UFERSA)

Membro examinador

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M929a Torres, Marcos Vinícius Evangelista.
ed Dimensionamento de bombas hidráulicas com uso
do Scilab / Marcos Vinícius Evangelista Torres. -
2020.
39 f. : il.

Orientador: Dr. Wesley de Oliveira dos Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2020.

1. Perda de carga. 2. Escoamento. 3. Número de
Reynolds. 4. Tubos. I. Santos, Wesley de Oliveira
dos, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo motivo de hoje estar aqui presente, pela proteção, e determinação durante essa jornada.

Agradeço aos meus pais Jucicleide Evangelista Silva Torres e Francisco Sales Torres Filho por todo amor e carinho, pelos ensinamentos e incentivos da vida para poder chegar até aqui. E a todos os meus familiares que sempre me apoiaram para que eu pudesse ter um caminho mais fácil e prazeroso durante esses anos.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Wesley Oliveira dos Santos, por sua paciência, responsabilidade, compromisso assim como pelos valiosos conhecimentos transmitidos em sala de aula.

Agradeço aos membros da banca examinadora, Prof. Dr. Otávio Paulino Lavor e Prof. Dr. Sharon Dantas da Cunha, por terem aceitado dedicar um pouco de seu tempo para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Agradeço a todos os professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado. Agradeço também UFRSA por ter me dado à chance e todas as ferramentas que permitiram chegar até aqui, e a todos os servidores da UFRSA, campus Pau dos Ferros, que buscam cuidar dela e torna-la um ambiente agradável.

Agradeço aos amigos que fiz ao longo do curso, em especial, Manoel Neto, Rocílio Bessa, Cássio Alencar, Kaio Alencar, Gabryiel Barros, Rita de Cássia, Fernanda Dantas, Joyce Diliane, Victória Ingrid, Ronielber Avelino, Gizele Gonçalves, Kauan Jácome, Anália Fernandes, Lucas Linhares, Ruan Santana e muitos outros. Muito obrigado por todos os momentos compartilhados.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva da minha vida.

Muito obrigado a todos!

RESUMO

O homem primitivo transportava água em baldes ou conchas, com a formação de grupos maiores, este processo foi mecanizado. Atualmente convivemos com modernas máquinas de fluxos e de grandes potências. No sistema de tubulação a vazão depende da potência da bomba e das perdas de cargas, distribuída e localizadas. Para se obter a vazão devida para o sistema de tubos pode-se aplicar a equação da energia e assim encontrar a potência necessária para o deslocamento do fluido. O presente trabalho tem por finalidade elaborar um algoritmo no Scilab para dimensionamento de bombas hidráulicas com o emprego das equações da Mecânica dos fluidos e da Hidráulica. Por meio de uma revisão bibliográfica, foi realizada a análise de conceitos e equações essenciais para o dimensionamento de bombas hidráulicas. O trabalho conduz o desenvolvimento do algoritmo por meio das equações que descrevem as perdas de cargas nos sistemas de tubulações hidráulicas. Dessa forma, pode-se concluir que o estudo da Mecânica dos Fluidos e da Hidráulica é de fundamental importância para o estudo de bombas, sobretudo, muito relevante no contexto da engenharia. E que os softwares estão facilitando cada vez mais a realização de projetos e obtenção dos referidos resultados.

Palavras-chave: Perda de carga. Escoamento. Número de Reynolds. Tubos.

ABSTRACT

The primitive man transported water in buckets or shells, with the formation of larger groups, this process was mechanized. Currently we live with modern flow machines and great powers. In the piping system the flow depends on the power of the pump and the losses of loads, distributed and located. To obtain the flow due to the pipe system, the energy equation can be applied and thus find the necessary power for the displacement of the fluid. The present work aims to develop an algorithm in Scilab for dimensioning hydraulic pumps using the Fluid Mechanics and Hydraulics equations. Through a bibliographic review, the analysis of concepts and equations essential for the design of hydraulic pumps was carried out. The work leads the development of the algorithm through the equations that describe the head losses in the hydraulic piping systems. Thus, it can be concluded that the study of Fluid Mechanics and Hydraulics is of fundamental importance for the study of pumps, above all, very relevant in the context of engineering. And that the software is increasingly facilitating the realization of projects and obtaining the referred results.

Keywords: Cargo loss. Flow. Reynolds number. Tubes.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi Árido
BDPs	Bombas de deslocamento positivo
GPL	General Public License
FORTTRAN	IBM Mathematical FORmula TRANslation System
PVC	Policloreto de polivinila
Hp	Horse power
m^3/h	Metros cúbicos por hora
mm	Milímetros

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Rugosidade absoluta de alguns materiais	17
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de bombas hidráulicas.....	11
Figura 2: Escoamento centrífugo.....	12
Figura 3: Escoamento misto.	12
Figura 4: Escoamento axial.	12
Figura 5: Bomba volumétrica: pistão alternativo ou embolo.	13
Figura 6: Bomba volumétrica, Engrenagens.	13
Figura 7: Bomba volumétrica, Parafusos duplo.	14
Figura 8: Página inicial do site Scilab.	14
Figura 9: Representação da rugosidade absoluta em tubulações.....	16
Figura 10: Regimes de escoamento de um gás.....	18
Figura 11: Diagrama de Moody para o atrito em tubos com paredes lisas e rugosas.	20
Figura 12: Comprimento equivalente dos acessórios (PVC).....	22
Figura 13: Sistema de tubos com o uso de bomba.	23
Figura 14: Tela inicial do Scilab.....	24
Figura 15: Menus do Scilab.....	25
Figura 16: Primeiro passo, SciNotes.	25
Figura 17: Página do SciNotes.	25
Figura 18: Instruções e considerações.	26
Figura 19: Valores solicitados pelo algoritmo.....	27
Figura 20: Sequências das fórmulas.	27
Figura 21: Procedimento para obtenção do comprimento total da tubulação de sucção.....	28
Figura 22: Procedimento final.	28
Figura 23: Ícone de execução do algoritmo.	29
Figura 24: Console.	29
Figura 25: Execução do algoritmo.....	30
Figura 26: Obtenção do resultado.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 BOMBAS HIDRÁULICAS	11
2.1 Bombas Dinâmicas	12
2.2 Bombas Volumétricas	13
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 Scilab	14
3.2 Vazão do sistema	15
3.3 Equação de Bernoulli.....	15
3.4 Rugosidade relativa.....	16
3.5 Escoamento de fluidos, número de Reynolds e fator de atrito.....	17
3.5.1 Escoamento de fluidos	17
3.5.2 Número de Reynolds	18
3.5.3 Fator De Atrito.....	19
3.6 Perda da carga do sistema	20
3.6.1 Perda de carga distribuída.....	21
3.6.2 Perda de carga localizada.....	21
3.7 Sistema de tubulação com uso de bombas	22
4 METODOLOGIA.....	24
4.1 Estrutura do Scilab	24
5 RESULTADOS	26
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
REFERÊNCIAS	32
APÊNDICE A – EQUAÇÕES EMPREGADAS NO ALGORITMO.....	33
APÊNDICE B – ALGORITMO.....	34

1 INTRODUÇÃO

O homem primitivo transportava água em baldes ou conchas, com a formação de grupos maiores, este processo foi mecanizado. As primeiras máquinas de fluxo desenvolvidas foram rodas de conchas e bombas de parafuso para elevar água. (FOX; MCDONALD; PRITCHARD, 2015). Ao passar dos anos com o desenvolvimento tecnológico, outros tipos de máquinas foram desenvolvidas, mais modernas e potentes.

A operação normal das máquinas de fluxo consiste em oferecer energia ao líquido para que possa fornecer o trabalho representado pela transferência de seu peso entre dois pontos que se considerem, cessando as resistências que se apresentarem em seu percurso (MACINTYRE, 2016).

Os projetos hidráulicos contidos por máquinas de fluxo possuem sistemas de tubulações, que segundo (WHITE, 2011. P. 353) são encontrados em diversos projetos de engenharia e, por isso, foram e têm sido estudados extensivamente.

De acordo com Çengel e Cimbala (2007) nos sistemas de tubulações típicos o fluido percorre através de vários acessórios (conexões, válvulas, curvas, cotovelos, tês, entradas, saídas, extensões e reduções), além dos tubos. Esses elementos interrompem o escoamento suave do fluido e geram perdas adicionais devido à separação do escoamento e a mistura que eles induzem.

Nos sistemas de tubulação a vazão depende da potência da bomba e das perdas de cargas, distribuída e localizadas. Com isso, para que se obtenha a vazão necessária para o sistema de tubos pode-se aplicar a equação da energia e assim encontrar a potência necessária para o deslocamento do fluido. Desta forma, é possível reconhecer a importância da Mecânica dos fluidos e da Hidráulica no dimensionamento de bombas.

Logo, o problema básico dos sistemas de tubulação é que com o fornecimento da geometria dos tubos (circular) e de seus componentes adicionais (conexões, válvulas, curvas, cotovelos, tês, entradas, saídas, extensões e reduções) mais a vazão desejada para o escoamento e as propriedades do fluido, qual é a diferença de pressão necessária para manter o escoamento? (WHITE, 2011). Ou seja, qual a potência necessária pela bomba hidráulica para manter o escoamento?

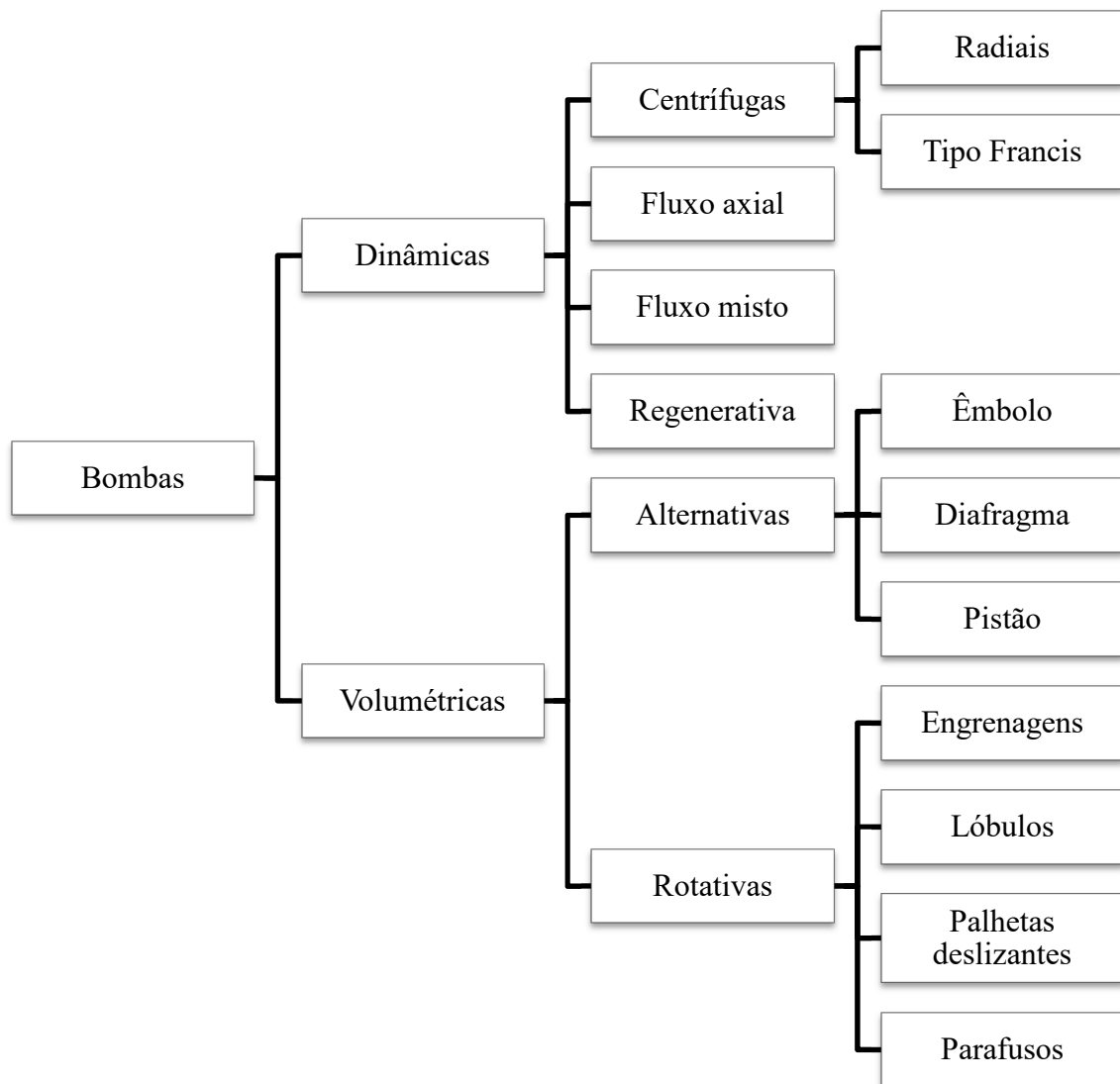
Partindo deste contexto, este trabalho tem por objetivo elaborar um algoritmo com o uso Scilab para dimensionamento de bombas hidráulicas. Onde através das perdas de carga ocorridas em um sistema de tubulação seja possível determinar a potência da bomba hidráulica.

2 BOMBAS HIDRÁULICAS

Bombas são máquinas geratrizes cuja finalidade é realizar o deslocamento de um líquido por escoamento. Sendo uma máquina geratriz, ela transforma o trabalho mecânico que recebe para o seu funcionamento em energia, que é comunicada ao líquido sob as formas de energia de pressão e cinética. (MACINTYRE, 2016, p. 38)

Atualmente são encontrados diversos tipos de bombas hidráulicas no mercado, que são classificadas de acordo com sua aplicação ou pelo modo com que a energia é cedida ao fluido. Existem dois tipos básicos de bombas que são as dinâmicas e as volumétricas, que por sua vez se subdividem em outros tipos, como mostra a figura 1.

Figura 1: Tipos de bombas hidráulicas.



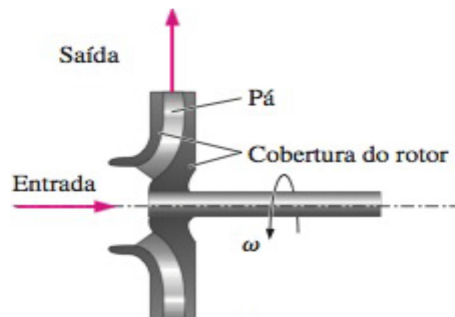
Fonte: Adaptado de Macintyre (2016).

2.1 Bombas Dinâmicas

Também conhecida como turbobomba, as bombas dinâmicas se caracterizam por conter um eixo rotatório composto por pás (pás propulsoras), que desempenha sobre o líquido forças impulsionadas pela aceleração que lhe propicia.

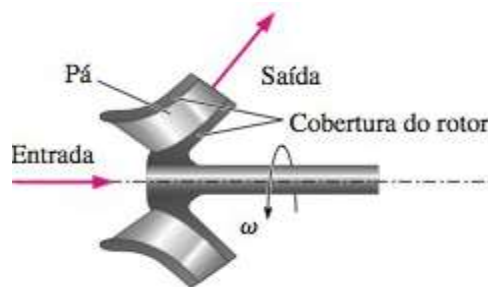
As bombas dinâmicas em geral proporcionam uma vazão maior e uma descarga muito mais estável do que as BDPs, mas são ineficazes para lidar com líquidos de alta viscosidade (WHITE, 2011, p. 765). As figuras 2, 3 e 4 mostram três tipos de bombas dinâmicas.

Figura 2: Escoamento centrífugo.



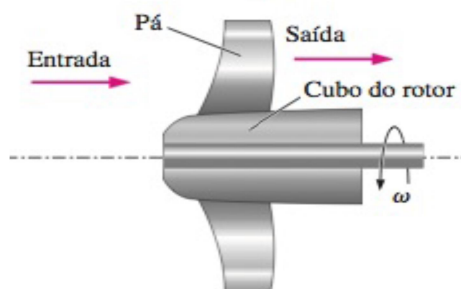
Fonte: Çengel e Cimbala (2012).

Figura 3: Escoamento misto.



Fonte: Çengel e Cimbala (2012)

Figura 4: Escoamento axial.

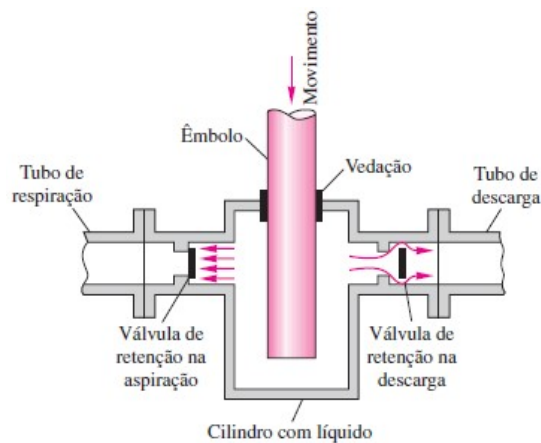


Fonte: Çengel e Cimbala (2012).

2.2 Bombas Volumétricas

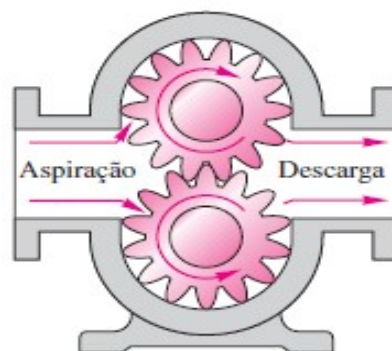
As bombas volumétricas também são conhecidas como bombas de deslocamento positivo, devido a partícula líquida em contato com o órgão que comunica a energia possuir aproximadamente a mesma trajetória com a do ponto do órgão ao qual está em contato (MACINTYRE 2016). Nesse tipo de bomba a descarga e a velocidade do órgão propulsor da bomba estão em uma combinação constante. Seguem abaixo a representação de alguns tipos de bombas volumétricas.

Figura 5: Bomba volumétrica: pistão alternativo ou êmbolo.



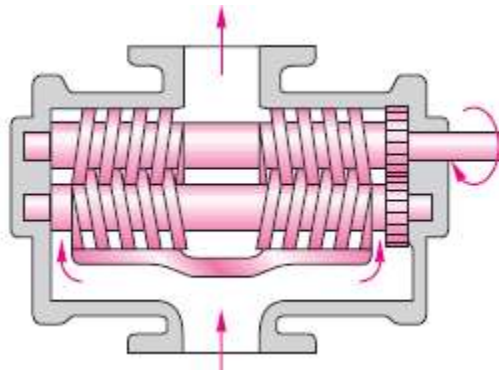
Fonte: White (2011).

Figura 6: Bomba volumétrica, Engrenagens.



Fonte: White (2011).

Figura 7: Bomba volumétrica, Parafusos duplo.



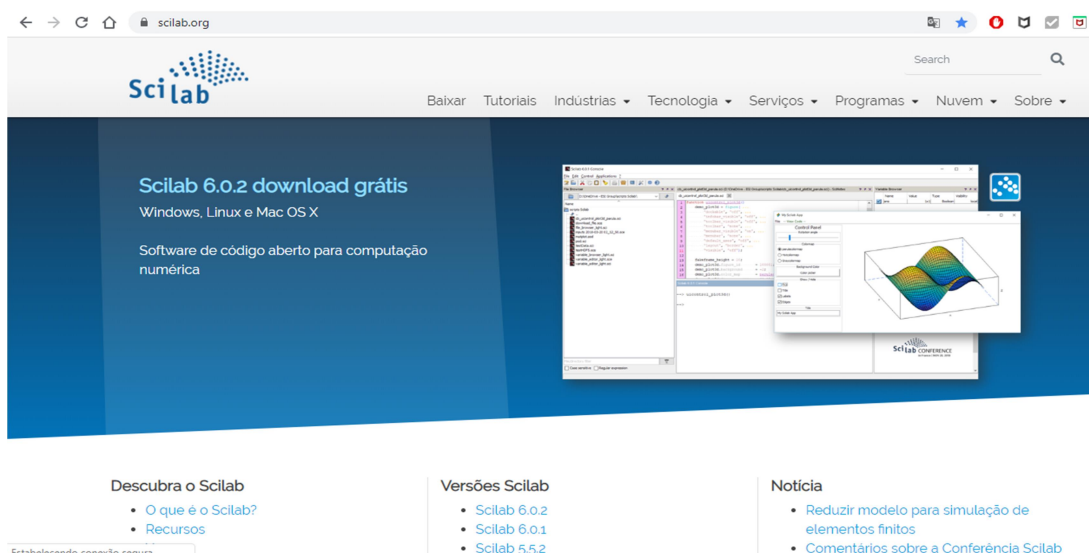
Fonte: White (2011).

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Scilab

O Scilab é um software gratuito e de código aberto para computação numérica, que propicia um poderoso ambiente de computação para inúmeras aplicações científicas e de engenharia. Ele é lançado como código aberto sob a licença GPL e está disponível para download gratuitamente pelo site <https://www.scilab.org> (ESI Group, 2018).

Figura 8: Página inicial do site Scilab.



Fonte: scilab.org (2020).

Além de gratuito, o software Scilab está disponível para diversos sistemas operacionais como o GNU / Linux, Mac OS X e Windows XP / Vista / 7/8/10.

3.2 Vazão do sistema

Segundo ÇENGEL e CIMBALA (2007) “o volume do fluido que escoar através de uma seção transversal por unidade de tempo é chamado de vazão em volume Q ”, que é representada pela equação 3.1.

$$Q = VA \quad (3.1)$$

no qual,

V = velocidade do escoamento;

A = área da seção transversal.

A vazão é expressa em m^3/h ou em outras unidades múltiplas ou submúltiplas.

Logo, a partir da conservação da massa e pelo fato da água ser um fluido incompressível, a vazão volumétrica na entrada da bomba deve ser igual à vazão volumétrica para fora da bomba.

3.3 Equação de Bernoulli

A equação de Bernoulli é uma relação aproximada entre pressão, velocidade e elevação e é válida em regiões de escoamento incompressível e em regime permanente, onde as forças de atrito resultantes são desprezíveis (ÇENGEL E CIMBALA, 2007, p. 161). Essa equação é bastante útil tanto na mecânica dos fluidos como na hidráulica.

A equação de Bernoulli é expressa pela equação 3.2.

$$\frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + z = \text{constante} \quad (3.2)$$

A equação de Bernoulli afirma que durante o escoamento em regime permanente com atrito desprezível, as diversas formas de energia mecânica são convertidas entre si, mas sua soma permanece constante. Em outras palavras, não há dissipação de energia mecânica durante tais escoamentos, uma vez que não há atrito que converta a energia mecânica em energia térmica sensível (interna) (ÇENGEL E CIMBALA, 2012, p.163-164).

Ela também pode ser utilizada quando existem dois pontos distintos na mesma linha de corrente, como mostra a equação 3.3.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \quad (3.3)$$

onde,

P = pressão;

V = velocidade;

γ = peso específica;

g = gravidade;

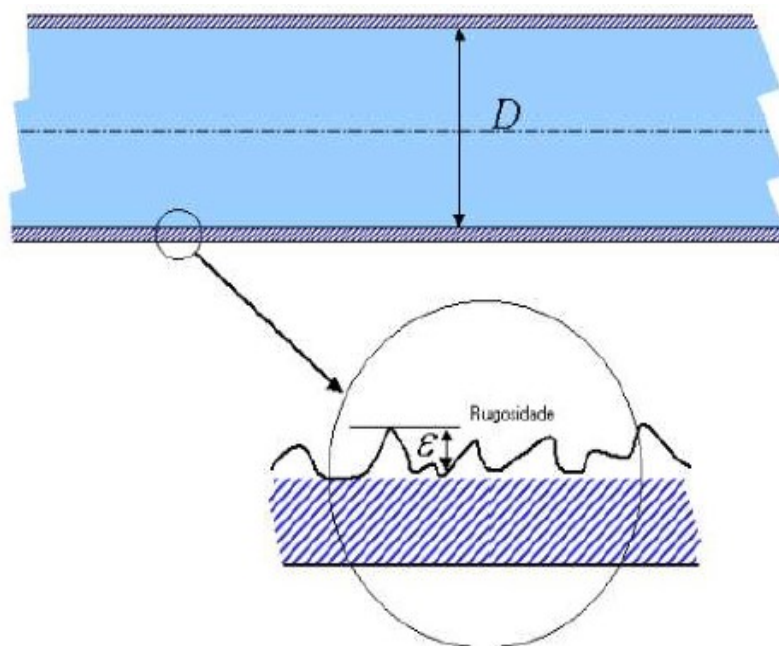
z = altura em relação a um referencial.

Esta equação está sujeita às seguintes restrições: escoamento em regime permanente, ausência de atrito, escoamento ao longo de uma linha de corrente e escoamento incompressível.

3.4 Rugosidade relativa

Qualquer material, por mais bem-feito que seja, apresenta pequenas imperfeições ao longo da sua estrutura, veja figura 9, ao qual se dá o nome de rugosidade. Nos escoamentos em tubos, a rugosidade causa a perda de carga devido ao atrito do fluido com as paredes do mesmo.

Figura 9: Representação da rugosidade absoluta em tubulações.



Fonte: Villar (2011).

A rugosidade absoluta (ϵ) dos tubos pode ser obtida em tabelas, como mostra a tabela 01, que informam o valor de acordo com o material empregado.

Tabela 1: Rugosidade absoluta de alguns materiais

Material	Rugosidade absoluta ε (mm)
PVC e Cobre	0,015
Cimento-amianto novo	0,05 a 0,1
Ferro galvanizado novo, sem costura	0,06 a 0,15
Aço revestido com asfalto quente	0,3 a 0,9
Aço enferrujado	0,4 a 0,6
Aço muito enferrujado	0,9 a 2,4
Ferro fundido com crostas	1,5 a 3,0

Fonte: Adaptado de Villar (2011).

Atualmente sabe-se que o efeito da rugosidade é desprezível para o escoamento laminar em tubos, mas afeta fortemente o escoamento turbulento (WHITE, 2011).

A rugosidade relativa é obtida pela razão da rugosidade absoluta (ε), que se trata da altura média da rugosidade do tubo, pelo diâmetro (D) da tubulação, como mostra a equação 3.4.

$$e = \frac{\varepsilon}{D} \quad (3.4)$$

Tanto ε quanto D são expressos em unidade de comprimento, de forma que a rugosidade relativa (e) é um valor adimensional.

3.5 Escoamento de fluidos, número de Reynolds e fator de atrito

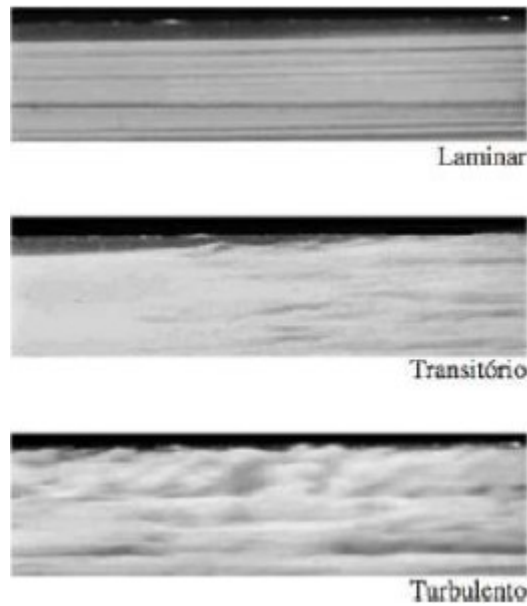
3.5.1 Escoamento de fluidos

O escoamento de um fluido é classificado de acordo com a característica exercido por ele ao longo de seu percurso, e pode ser definido como um escoamento laminar ou turbulento, como mostra a figura 10.

Um escoamento laminar é aquele em que as partículas de fluidos movem-se em camadas planas, ou lâminas. (FOX; MCDONALD; PRITCHARD, 2015).

“Um escoamento turbulento é aquele em que as partículas fluidas rapidamente se misturam enquanto se movimentam ao longo do escoamento devido a flutuações aleatórias no campo tridimensional de velocidades”. (FOX; MCDONALD; PRITCHARD, 2015, p. 42).

Figura 10: Regimes de escoamento de um gás.



Fonte: Cengel e Cimbala (2012).

3.5.2 Número de Reynolds

De acordo com (FOX, MCDONALD e PRITCHARD, 2015) o número de Reynolds permite determinar se o escoamento em tubo será laminar ou turbulento. “Osborne Reynolds, (1842 – 1912), cientista e matemático britânico, foi o primeiro a distinguir a diferença entre estes dois tipos de escoamentos”. (MUNSON; YOUNG e OKIISHI, 2004, p. 399).

“A transição do escoamento laminar para turbulento depende da geometria, da rugosidade da superfície, da velocidade de escoamento, da temperatura da superfície e do tipo de fluido, entre outras coisas”. (ÇENGEL; CIMBALA, 2007, p. 279).

No escoamento em tubos, o número de Reynolds é obtido pela equação 3.5.

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} \quad (3.5)$$

onde,

ρ = massa específica do fluido;

V = velocidade de escoamento do fluido;

D = diâmetro interno do tubo;

μ = viscosidade absoluta.

O tipo de escoamento é determinado através dos seguintes critérios:

$Re \leq 2300$ escoamento laminar

$2300 \leq Re \leq 4000$ escoamento de transição

$Re \geq 4000$ escoamento turbulento

3.5.3 Fator De Atrito

Segundo Fox, McDonald e Pritchard (2015), para determinar a perda de carga em um escoamento completamente desenvolvido sob condições conhecidas, o número de Reynolds é o primeiro parâmetro a ser avaliado. O fator de atrito, f , é obtido para valores conhecidos de Re e ε/D (escoamento turbulento).

“O conhecimento do fator de atrito nos permitirá obter várias informações referentes aos escoamentos em condutos”. (MUNSON; YOUNG e OKIISHI, 2004, p. 411).

O fator de atrito para escoamento laminar pode ser obtido pela equação 3.6.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (3.6)$$

Dessa maneira, no escoamento laminar, o fator de atrito depende apenas do número de Reynolds. Já no escoamento turbulento, devido a altos valores de Reynolds, a obtenção do fator de atrito passa a depender também da rugosidade relativa (ε/D).

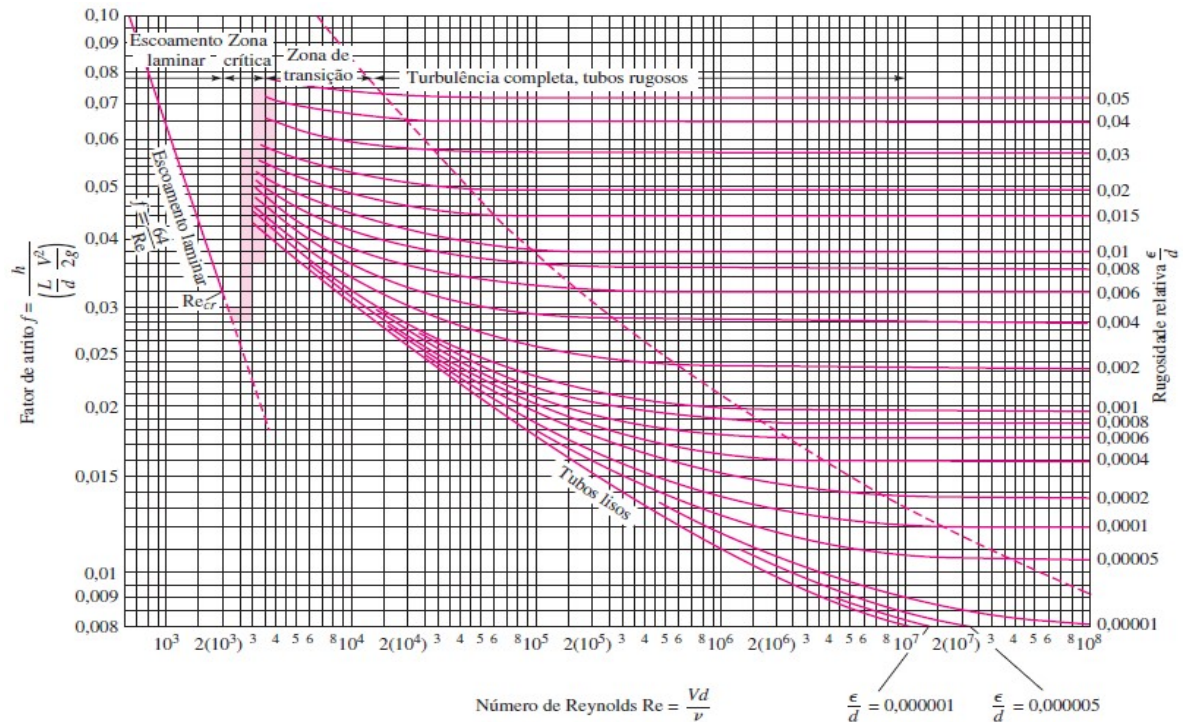
O fator de atrito para escoamento turbulento pode ser obtido através de diversos métodos, e um deles é a equação de Colebrook, equação 3.7, que de acordo com Cengel e Cimbala (2007) foi desenvolvida por Cyril F. Colebrook, em 1939, através da combinação de dados disponíveis para o escoamento de transição e o escoamento turbulento, tanto em tubos lisos quanto em tubos rugosos.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{e}{3.7} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right] \quad (3.7)$$

A equação (3.7) é implícita em f , mas hoje existem calculadoras científicas e programas ao qual é possível a determinação de f .

Outro método bastante utilizado é o diagrama de Moody, figura 11, que foi desenvolvida em 1944 por Lewis F. Moody (1880-1953). Conforme Cengel e Cimbala (2007) o diagrama de Moody apresenta o fator de atrito de Darcy para o escoamento de tubo como uma função do número de Reynolds e de ε/D em um amplo intervalo. Apesar de ter sido desenvolvido para tubos circulares, ele também pode ser usado para tubos não circulares, substituindo o diâmetro pelo diâmetro hidráulico.

Figura 11: Diagrama de Moody para o atrito em tubos com paredes lisas e rugosas.



Fonte: White (2011).

Devido à equação de Colebrook ser implícita em f , S. E. Halaand desenvolveu uma relação explícita aproximada para f , como mostra a equação 3.8.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\left(\frac{\epsilon}{3,7d} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right] \quad (3.8)$$

De acordo com White (2011) seus valores variam menos que 2% em comparação a equação de Colebrook.

3.6 Perda da carga do sistema

Para (FOX; MCDONALD; PRITCHARD, 2015, p. 355):

A perda de carga total, $h_{l,t}$ é considerada como a soma das perdas maiores, $h_{l,d}$, causadas por efeitos de atrito no escoamento completamente desenvolvido em tubos de seção constante, com as perdas localizadas, $h_{l,l}$, causadas por entradas, acessórios, variações de área e outras. Por isso, consideraremos as perdas maiores e menores separadamente.

A perda de carga total é estabelecida com a utilização da equação 3.9.

$$h_{l,t} = h_{l,d} + h_{l,l} \quad (3.9)$$

3.6.1 Perda de carga distribuída

ÇENGEL e CIMBALA (2007, p.285) dizem que:

A perda de carga h_l representa a altura adicional à qual o fluido precisa ser elevado por uma bomba para superar as perdas por atrito do tubo. A perda de carga é causada pela viscosidade e está relacionada diretamente à tensão de cisalhamento na parede.

Podemos calcular a perda de carga distribuída através equação 3.10 que é conhecida como equação de Darcy-Weisbach.

$$h_{l,d} = f \frac{l}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (3.10)$$

na qual,

f = fator de atrito;

l = comprimento da tubulação;

D = diâmetro da tubulação;

V = velocidade do escoamento;

g = gravidade.

3.6.2 Perda de carga localizada

Em qualquer sistema de tubulações, além da perda de atrito calculada para o comprimento dos tubos, existem as perdas localizadas, decorrentes de expansões e contrações bruscas, curvas, cotovelos, tês e outros acessórios. (WHITE, 2011).

A perda de carga localizada pode ser determinada de duas formas, pelo método baseado no coeficiente de perda e pelo método de comprimento equivalente.

O método baseado no coeficiente de perda é determinado pela equação 3.11.

$$h_{l,l} = K_l \frac{V^2}{2g} \quad (3.11)$$

onde K_l (coeficiente de perda), segundo (WHITE, 2011) depende apenas do tamanho do tubo. No método de comprimento equivalente, a perda de carga causada pela componente é equivalente à perda de carga causada por uma seção do tubo cujo comprimento seja l_{eq} . (MUNSON; YOUNG e OKIISHI, 2004). Desta forma:

$$h_{l,l} = K_l \frac{V^2}{2g} = f \frac{l_{eq}}{D} \frac{V^2}{2g} \quad (3.12)$$

Logo, a perda de carga pelo método de comprimento equivalente é obtida por meio da equação 3.13.

$$l_{eq} = \frac{D}{f} K_l \quad (3.13)$$

em que,

l_{eq} = comprimento equivalente;

D = diâmetro da tubulação;

K_l = coeficiente de perda;

f = fator de atrito.

Por simplificação de projeto os fabricantes de acessórios fornecem tabelas de seus acessórios com suas respectivas perdas de cargas, como é o caso da tabela fornecida pela fabricante de tubos e conexões Tigre, exibida na figura 12.

Figura 12: Comprimento equivalente dos acessórios (PVC).

DE (mm)	D. ref. (pol.)	Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem Direita	Tê 90° Saída de lado	Tê 90° Saída Bilateral	Entrada Normal	Entrada de Borda	Saída de Canalização	Válvula de Pé e Crivo	Válvula de Retenção Tipo Leve	Válvula de Retenção Tipo Pesado	Registro de Globo Aberto	Registro de Gaveta Aberto	Registro de Ângulo Aberto
20	½"	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,9
25	¾"	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
32	1"	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
40	1¼"	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,6	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
50	1½"	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
60	2"	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
75	2½"	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,6	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
85	3"	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,2	40,0	0,9	20,0
110	4"	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	16,0	42,3	1,0	22,1

Fonte: Site guidaengenharia.

Após encontrar todos os coeficientes de perda de carga, a perda de carga total do sistema é definida pela soma das perdas de cargas distribuídas com as perdas de cargas localizadas.

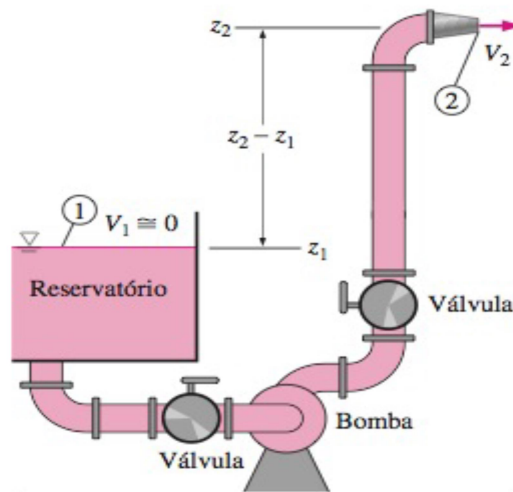
3.7 Sistema de tubulação com uso de bombas

Para ÇENGEL e CIMBALA (2007) quando um sistema de tubulação inclui uma bomba, a equação da energia para escoamento estacionário expressa em unidade de massa pode ser apresentada pela equação 3.14.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_{bomba} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_t \quad (3.14)$$

onde h_{bomba} é a carga de bomba útil fornecida para o fluido, h_t é a perda de carga total na tubulação, γ é o peso específico do fluido e P_1, P_2, V_1 e V_2 são respectivamente as pressões e velocidades dos pontos distintos. A figura 13 ilustra um sistema geral de tubulação com mudança de altura.

Figura 13: Sistema de tubos com o uso de bomba.



Fonte: Cengel e Cimbala (2012).

Após o conhecimento da carga de bomba útil, a potência mecânica necessária pela bomba ao fluido é determinada pela equação 3.15.

$$\dot{W}_{bomba} = \frac{\rho Q g h_{bomba}}{\eta_{bomba}} \quad (3.15)$$

onde,

ρ = massa específica do fluido;

Q = vazão do sistema;

g = gravidade;

h_{bomba} = carga de bomba útil fornecida para o fluido;

η_{bomba} = eficiência da combinação bomba-motor.

4 METODOLOGIA

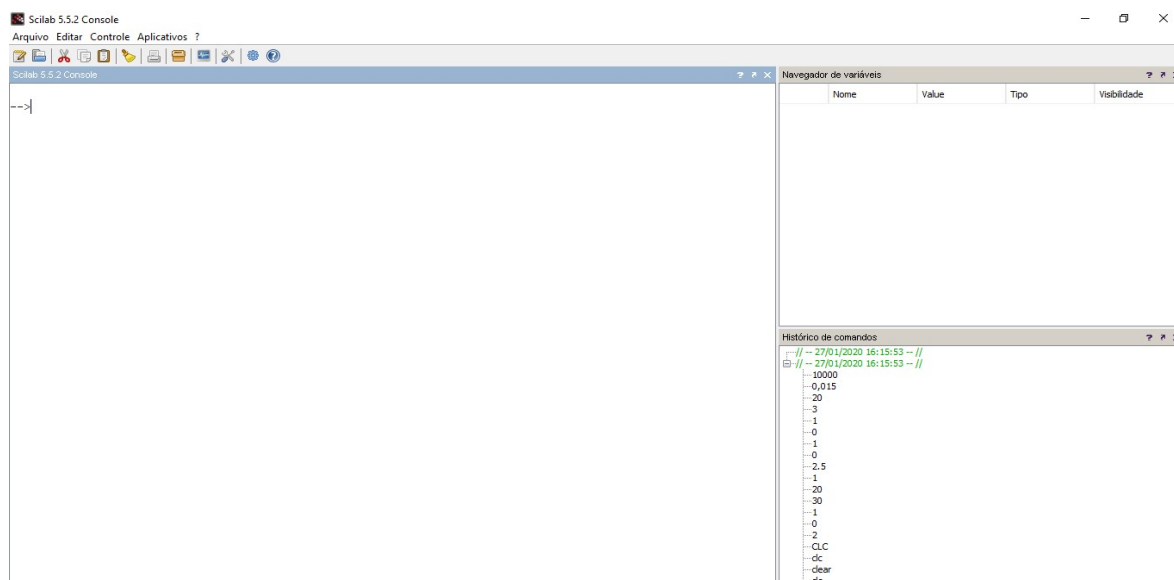
O presente trabalho tem por objetivo desenvolver um algoritmo no SCILAB referente à perda de carga em condutos forçados visando o dimensionamento de bombas hidráulicas. A realização do algoritmo se dá por meio da utilização das equações de perda de carga, e a partir de um determinado projeto hidráulico serão fornecidos os dados do mesmo, ou seja, a vazão desejada, comprimento do sistema, diâmetro da tubulação, tipos de acessórios e suas quantidades respectivamente, além do material da tubulação, para que dessa forma a potência da bomba seja determinada.

Este trabalho será realizado por meio de revisão bibliográfica em Mecânica dos Fluidos e da Hidráulica com ênfase em escoamentos em condutos forçados, baseado em dados de situações que envolvem problemas.

4.1 Estrutura do Scilab

Durante a execução do Scilab várias janelas podem ser utilizadas, a janela de trabalho do Scilab 5.5.2 se apresenta como mostra a figura 14.

Figura 14: Tela inicial do Scilab.

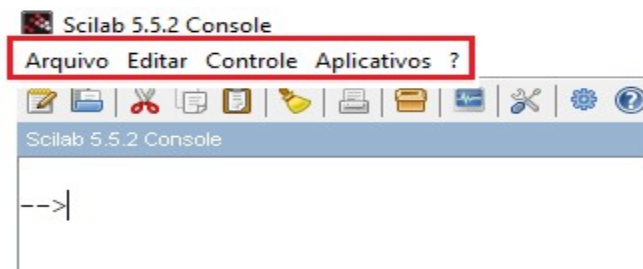


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

É no console do software onde podem ser realizados cálculos e compilados programas sem salvar as alterações. Ainda na tela inicial encontram-se a barra de menus suspenso com

cinco opções: Arquivo, Editar, Controle, Aplicativos e Ajuda (?), como mostra figura 15. Em cada menu estão presentes sub-menus com respectivas funções.

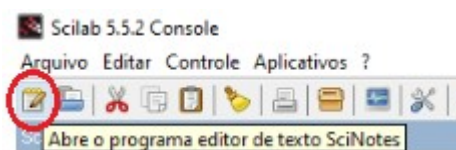
Figura 15: Menus do Scilab.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O editor de textos do Scilab, SciNotes, onde pode ser elaborado o script de programas e funções pode ser acessado através do menu aplicativo ou diretamente no ícone, como mostra a figura 16. É no SciNotes que é realizada toda a linguagem de programação.

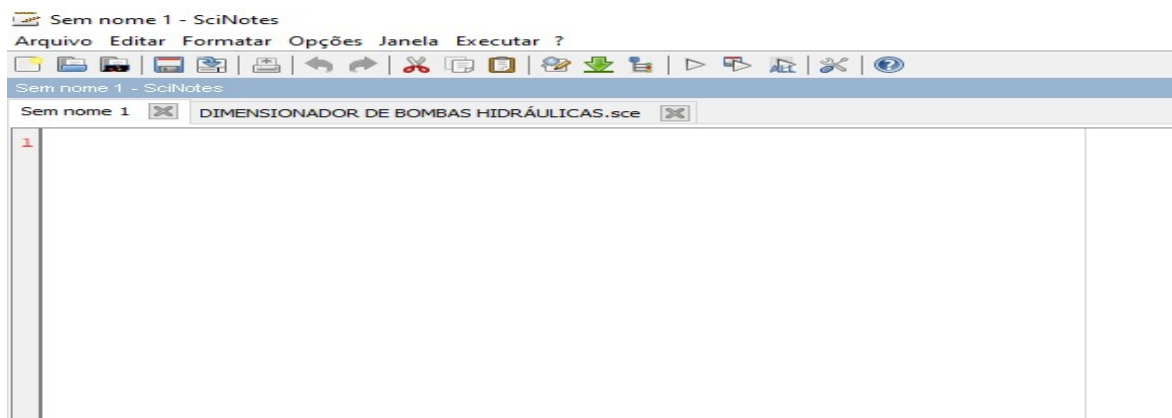
Figura 16: Primeiro passo, SciNotes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Ao acessar o ícone SciNotes, abre uma página aonde será inserida toda a linguagem programação, figura 17.

Figura 17: Página do SciNotes.

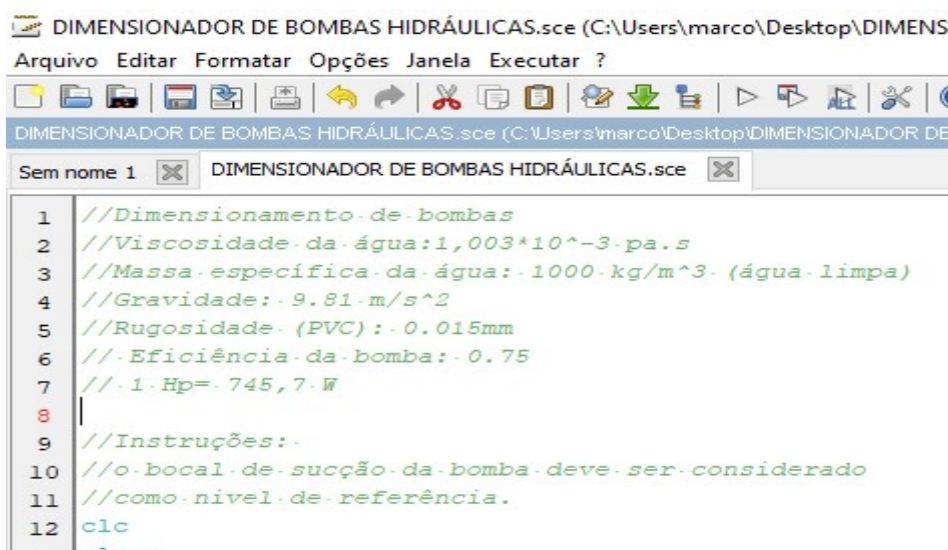


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

5 RESULTADOS

De início são dadas algumas instruções e considerações de valores adotadas na construção do algoritmo para que haja a perfeita execução deste, como ilustra a figura 18. Outros valores introduzidos na construção foram às perdas de cargas localizadas, que foram adquiridas pela tabela fornecida pela empresa Tigre (Figura 12).

Figura 18: Instruções e considerações.



```

1 //Dimensionamento de bombas
2 //Viscosidade da água: 1,003*10^-3 pa.s
3 //Massa específica da água: 1000 kg/m^3 (água limpa)
4 //Gravidade: 9.81 m/s^2
5 //Rugosidade (PVC): 0.015mm
6 //Eficiência da bomba: 0.75
7 //1 Hp = 745,7 W
8
9 //Instruções:
10 //o bocal de sucção da bomba deve ser considerado
11 //como nível de referência.
12 clc

```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Por meio do comando *input* (*prompt* para entrada do usuário), são expostas as mensagens com os passos que deve ser seguido para que o usuário possa fornecer as respectivas informações de forma correta.

Para que haja o dimensionamento é necessário ter o apropriado conhecimento do caso a ser resolvido. Logo, diversos valores tem que ser solicitado pelo algoritmo. A figura 19 mostra alguns destes.

Figura 19: Valores solicitados pelo algoritmo.

```

15 printf("Dados em relação ao material e vazão do sistema")
16
17 Q = input("Vazão desejada para o sistema, em metro cúbico/hora:")
18 r = input("Rugosidade do material da tubulação em milímetros:")
19
20 //Tubulação de sucção
21 printf("Dados da tubulação de sucção:")
22 D1 = input("Diâmetro da tubulação de sucção em milímetros:")
23 Lt1 = input("Comprimento total da tubulação de sucção:")
24 n11 = input("número de joelhos de 90 graus:")
25 n21 = input("número de joelhos de 45 graus:")
26 n31 = input("número de curvas de 90 graus:")
27 n41 = input("número de curvas de 45 graus:")
28 n51 = input("número de Tês com passagem direta de água:")
29 n61 = input("número de Tês com passagem lateral de água:")
30 n71 = input("número de válvulas de retenção:")
31 n81 = input("número de Válvulas de pé:")
32 n91 = input("número de registros de globo:")
33 n101 = input("número de registros de gaveta:")
34 Z1 = input("Distância entre o bocal de sucção da bomba até a válvula de pé:")
35 h = input("profundidade da válvula em relação ao nível da água:")
36

```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As equações foram utilizadas sequencialmente, por motivos de algumas dependerem de outras, logo, elas foram ordenadas da seguinte forma, figura 20.

Figura 20: Sequências das fórmulas.

```

37 //Velocidade do escoamento na tubulação de sucção
38 V1 = (4*(Q/3600))/(3.1416*(D1/1000)^2)
39 //Número de Reynolds
40 Rel=(1000*V1*D1)/1.003
41 //Rugosidade relativa
42 e1=r/D1
43 //Fator de atrito pela eq. de Haaland
44 f1=0.25*(log10((e1/3.7)+(5.74/(Rel^0.9))))^-2
45 //Comprimentos equivalentes dos acessórios
46 if D1==20 then
47 //Joelho 90 graus
48 J901=1.1
49 //Joelho 45 graus
50 J451=0.4
51 //Curva 90 graus
52 C901=0.4

```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O comprimento equivalente dos acessórios é calculado de acordo com o diâmetro concedido pelo usuário. Sendo utilizados os diâmetros de 20 mm a 110 mm que são o mais usuais.

Ainda para a tubulação de sucção, é utilizada a fórmula ilustrada na figura 21 para realização do comprimento total da sucção.

Figura 21: Procedimento para obtenção do comprimento total da tubulação de sucção.

```
158 end
159 L1=Lt1+(n11*J901)+(n21*J451)+(n31*C901)+(n41*C451)+(n51*T1)+(n61*T901)+(n71*V
    R1)+(n81*VPC1)+(n91*RGL1)+(n101*RGV1)
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Para a tubulação de recalque é utilizado o procedimento análogo ao da tubulação de sucção.

E por fim, após a solicitação de todas as informações necessárias, são utilizadas as equações de Steven, perda de carga e da energia, figura 22, para que desta forma se obtenha o resultado final, que é a potência da bomba em Hp.

Figura 22: Procedimento final.

```
279 //Perda de carga total do sistema
280 Hf1 = (f1*L1*V1^2)/(19.62*(D1/1000))
281 Hf2 = (f2*L2*V2^2)/(19.62*(D2/1000))
282
283 //Carga da bomba
284 P1=9810*h
285 P2=0
286 Hb = Hf1+Hf2+((P2-P1)/9810)+((V2^2)-(V1^2))/19.62+(Z2+Z1)
287
288 //Potência da bomba em HP
289 Pb = (9810*Hb*(Q/3600))/559
290 printf("A potência da bomba em HP é de:")
291 disp(Pb)
---
```

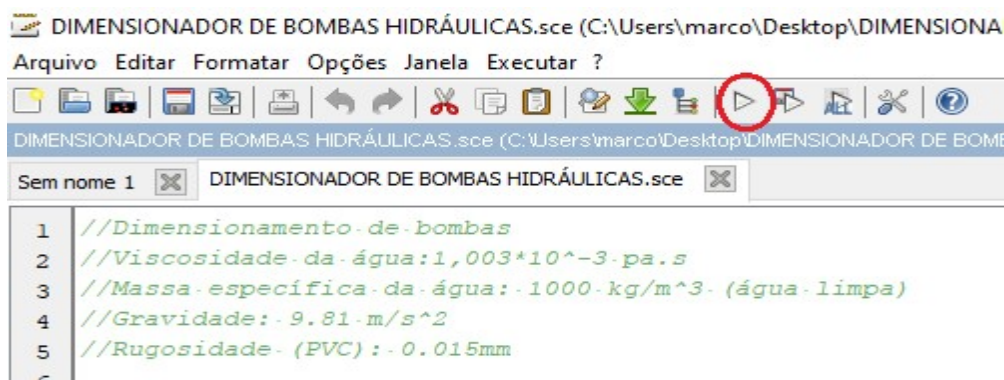
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As equações utilizadas na construção do algoritmo podem ser visualizadas no apêndice A.

Para dar início a execução do algoritmo é necessário clicar no ícone executar (figura 23), que instantaneamente abrirá o console do Scilab. É no console onde todos os dados são

fornecidos ao programa para que seja possível a realização dos cálculos e a obtenção do resultado.

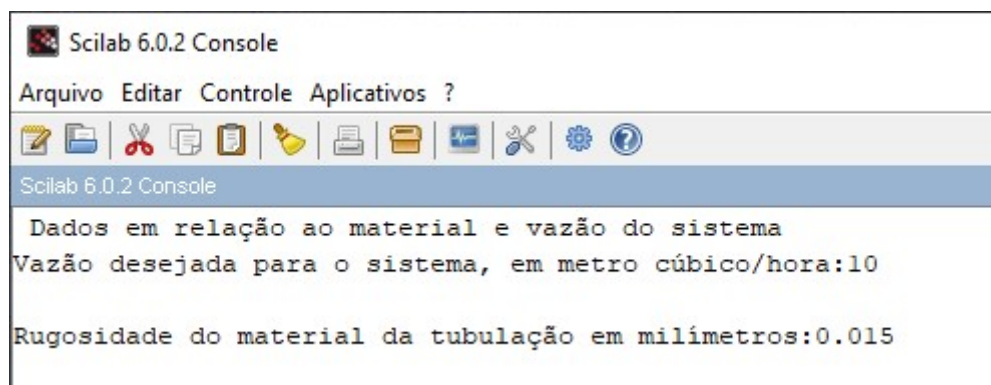
Figura 23: Ícone de execução do algoritmo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Após clicar em executar, a página console (figura 24) abrirá com todas as informações que requerem ser fornecidas pelo usuário, como é o caso da vazão, que deve ser fornecida em m^3/h e a rugosidade do material em mm .

Figura 24: Console.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Depois devem ser fornecidos dados e características das tubulações de sucção e recalque, diâmetro, comprimento, os acessórios utilizados na instalação e suas respectivas quantidades, além das distâncias da válvula de sucção e da descarga até o bocal de sucção da bomba hidráulica.

Figura 25: Execução do algoritmo.

```

Dados da tubulação de sucção:
Diâmetro da tubulação de sucção em milímetros:25

Comprimento total da tubulação de sucção:3.5

número de joelhos de 90 graus:1

número de joelhos de 45 graus:0

número de curvas de 90 graus:0

número de curvas de 45 graus:0

número de Tês com passagem direta de água:0

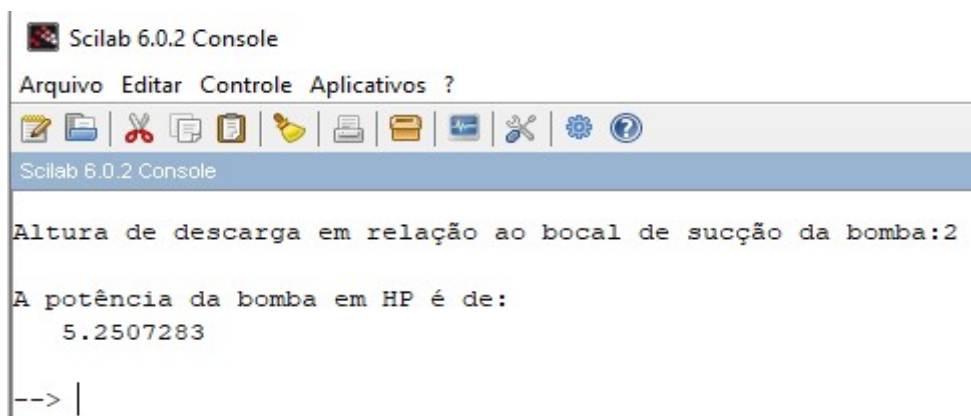
número de Tês com passagem lateral de água:0

```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Com fornecimento de todos os dados é realizada a interação dos cálculos utilizados na criação do algoritmo, que por fim disponibiliza o resultado, potência da bomba em Hp (figura 26).

Figura 26: Obtenção do resultado.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O presente algoritmo foi baseado nas equações da Mecânica dos Fluidos, onde o resultado obtido pelo algoritmo é o mesmo obtido manualmente. O algoritmo foi criado apenas como ferramenta prática para maior rapidez do resultado e diminuição de erros nos cálculos.

A potência de bomba obtida é a potência a ser adicionada ao fluido. Portanto, a potência da bomba deve ser consultada em tabelas de fabricantes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O referido trabalho tem como proposta elaborar um algoritmo desenvolvido gratuitamente no SCILAB, capaz de determinar a potência de bombas hidráulicas de acordo com conceitos de Mecânica dos Fluidos e da Hidráulica.

A determinação da bomba para qualquer tipo de sistema é uma tarefa que exige um pouco de conhecimento técnico e do local a ser aplicado.

Foram fundamentais conhecimentos de Mecânica dos Fluidos, da Hidráulica além de um pouco de programação para a realização do algoritmo. A produção deste projeto foi bastante enriquecedora, pois foi possível por em prática grande parte dos conhecimentos adquiridos nas aulas de Mecânica dos Fluidos, de Hidráulica e Cálculo Numérico.

Com a aplicação do algoritmo projetado, além da obtenção da potência da bomba hidráulica, facilita também na execução do projeto hidráulico obtendo de forma prática e rápida os referidos resultados.

Em referência a utilidade, o algoritmo pode ser empregado para fins profissionais e educacionais, no entanto, para alguns casos, se faz necessário, a mudança de dados utilizados na criação do algoritmo.

Portanto, é disponibilizado um instrumento, Scilab, com funcionalidades semelhantes a outros aplicativos como o Excel, do qual exige conhecimentos básicos de manipulação, gratuito e, por conseguinte acessível a estudantes e profissionais.

REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Mecânica dos Fluidos: fundamentos e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 2007.

ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Mecânica dos Fluidos: fundamentos e aplicações**. Porto Alegre: AMGH, 2012.

MACINTYRE, A. J. **Bombas e instalações de bombeamento**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

MUNSON, B. R.; YOUNG, D. F.; OKIISHI, T. H. **Fundamentos da Mecânica dos Fluidos**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2004.

FOX, R. W.; MACDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à Mecânica dos Fluidos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

WHITE, F. M. **Mecânica dos Fluidos**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH Bookman, 2011.

VILLAR, J. A. **Mecânica dos Fluidos, Curso Básico**. 1. ed. Porto Alegre: PUC-RS, 2011.

ESI Group. **Scilab: O que é o Scilab?**, 2018. Sobre. Disponível em: < https://www.scilab.org/a_bout > . Acesso em: 14 de jan. de 2020.

VIANA, D. **Instalações prediais de água fria: exemplo prático**. Guia da Engenharia, [S.I.] 2019. Disponível em < <https://www.guiadaengenharia.com/agua-fria-exemplo/> > . Acesso em: 17 jan. 2020.

APÊNDICE A – EQUAÇÕES EMPREGADAS NO ALGORITMO

Velocidade de escoamento:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Reynolds:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Rugosidade relativa:

$$e = \frac{\varepsilon}{D}$$

Fator de atrito:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8 \log \left[\left(\frac{e}{3,7} \right)^{1,11} + \frac{6,9}{Re} \right]$$

Perda de carga total no sistema:

$$h_{l,t} = h_{l,d} + h_{l,l}$$

onde,

$$h_{l,d} = f \frac{l}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$h_{l,l}$ = Valor tabelado.

Potência mecânica da bomba

$$\dot{W}_{bomba} = \frac{\rho Q g h_{bomba}}{\eta_{bomba}}$$

APÊNDICE B – ALGORITMO

```

//Dimensionamento de bombas
//Viscosidade da água:  $1,003 \cdot 10^{-3}$  pa.s
//Massa específica da água:  $1000 \text{ kg/m}^3$  (água limpa)
//Gravidade:  $9.81 \text{ m/s}^2$ 
//Rugosidade (PVC):  $0.015 \text{ mm}$ 
//Eficiência da bomba:  $0.75$ 
//  $1 \text{ Hp} = 745,7 \text{ W}$ 

//Instruções:
//o bocal de sucção da bomba deve ser considerado
//como nível de referência.
clc
clear

printf("Dados em relação ao material e vazão do sistema")

Q = input("Vazão desejada para o sistema, em metro cúbico/hora:")
r = input("Rugosidade do material da tubulação em milímetros:")

//Tubulação de sucção
printf("Dados da tubulação de sucção:")
D1 = input("Diâmetro da tubulação de sucção em milímetros:")
Lt1 = input("Comprimento total da tubulação de sucção:")
n11 = input("número de joelhos de 90 graus:")
n21 = input("número de joelhos de 45 graus:")
n31 = input("número de curvas de 90 graus:")
n41 = input("número de curvas de 45 graus:")
n51 = input("número de Tês com passagem direta de água:")
n61 = input("número de Tês com passagem lateral de água:")
n71 = input("número de válvulas de retenção:")
n81 = input("número de Válvulas de pé:")
n91 = input("número de registros de globo:")
n101 = input("número de registros de gaveta:")
Z1 = input("Distância entre o bocal de sucção da bomba até a válvula de pé:")
h = input("profundidade da válvula em relação ao nível da água:")

//Velocidade do escoamento na tubulação de sucção
V1 =  $(4 \cdot (Q/3600)) / (3.1416 \cdot (D1/1000)^2)$ 
//Número de Reynolds
Re1 =  $(1000 \cdot V1 \cdot D1) / 1.003$ 
//Rugosidade relativa
e1 =  $r/D1$ 
//Fator de atrito pela eq. de Haaland
f1 =  $0.25 \cdot (\log_{10}((e1/3.7) + (5.74/(Re1^{0.9}))))^{-2}$ 
//Comprimentos equivalentes dos acessórios
if D1 == 20 then
//Joelho 90 graus

```

```

J901=1.1
//Joelho 45 graus
J451=0.4
//Curva 90 graus
C901=0.4
//Curva 45 graus
C451=0.2
//Tê com passagem direta
T1=10.7
//Tê com passagem de lado
T901=2.3
//Válvula de retenção
VR1=2.5
//Válvula de pe com crivof
VPC1=8.1
//Registro de globo aberto
RGL1=11.1
//Registro de Gaveta aberto
RGV1=0.1
end

```

```

if D1==25 then

```

```

J901=1.2
J451=0.5
C901=0.5
C451=0.3
T1=0.8
T901=2.4
VR1=2.7
VPC1=9.5
RGL1=11.4
RGV1=0.2
end

```

```

if D1==32 then

```

```

J901=1.5
J451=0.7
C901=0.6
C451=0.4
T1=0.9
T901=3.1
VR1=3.8
VPC1=13.3
RGL1=15
RGV1=0.3
end

```

```

if D1==40 then

```

```

J901=2
J451=1

```

C901=0.7
C451=0.5
T1=1.5
T901=4.6
VR1=4.9
VPC1=15.5
RGL1=22
RGV1=0.4
end

if D1==50 then
J901=3.2
J451=1.3
C901=1.2
C451=0.6
T1=2.2
T901=7.3
VR1=6.8
VPC1=18.3
RGL1=35.8
RGV1=0.7
end

if D1==60 then
J901=3.4
J451=1.5
C901=1.3
C451=0.7
T1=2.3
T901=7.6
VR1=7.1
VPC1=23.7
RGL1=37.9
RGV1=0.8
end

if D1==75 then
J901=3.7
J451=1.7
C901=1.4
C451=0.8
T1=2.4
T901=7.8
VR1=8.2
VPC1=25
RGL1=38
RGV1=0.9
end

if D1==110 then

```

J901=4.3
J451=1.9
C901=1.6
C451=1
T1=2.6
T901=8.3
VR1=10.4
VPC1=28.6
RGL1=42.3
RGV1=1
end
L1=Lt1+(n11*J901)+(n21*J451)+(n31*C901)+(n41*C451)+(n51*T1)+(n61*T901)+(n71*VR1)+(n81*VPC1)+(n91*RGL1)+(n101*RGV1)

```

//Tubulação de recalque.

```

printf("Dados da tubulação de recalque:")
D2=input("Diâmetro da tubulação de recalque em milímetros:")
Lt2=input("Comprimento total da tubulação de recalque:")
n12=input("número de joelhos de 90 graus:")
n22=input("número de joelhos de 45 graus:")
n32=input("número de curvas de 90 graus:")
n42=input("número de curvas de 45 graus:")
n52=input("número de Tês com passagem direta de água:")
n62=input("número de Tês com passagem lateral de água:")
n72=input("número de válvulas de retenção:")
n92=input("número de registros de globo:")
n102=input("número de registros de gaveta:")
Z2=input("Altura de descarga em relação ao bocal de sucção da bomba:")

```

//Velocidade do escoamento na tubulação de descarga

```

V2=(4*(Q/3600))/(3.1416*(D2/1000)^2)
Re2=(1000*V2*D2)/1.003
e2=r/D2
f2=0.25*(log10((e2/3.7)+(5.74/(Re2^0.9))))^-2

```

if D2==20 then

```

J902=1.1
J452=0.4
C902=0.4
C452=0.2
T2=0.7
T902=2.3
VR2=2.5
RGL2=11.1
RGV2=0.1
end

```

if D2==25 then

```

J902=1.2
J452=0.5

```

```
C902=0.5  
C452=0.3  
T2=0.8  
T902=2.4  
VR2=2.7  
RGL2=11.4  
RGV2=0.2  
end
```

```
if D2==32 then  
J902=1.5  
J452=0.7  
C902=0.6  
C452=0.4  
T2=0.9  
T902=3.1  
VR2=3.8  
RGL2=15  
RGV2=0.3  
end
```

```
if D2==40 then  
J902=2  
J452=1  
C902=0.7  
C452=0.5  
T2=1.5  
T902=4.6  
VR2=4.9  
RGL2=22  
RGV2=0.4  
end
```

```
if D2==50 then  
J902=3.2  
J452=1.3  
C902=1.2  
C452=0.6  
T2=2.2  
T902=7.3  
VR2=6.8  
RGL2=35.8  
RGV2=0.7  
end
```

```
if D2==60 then  
J902=3.4  
J452=1.5  
C902=1.3  
C452=0.7
```



```

T2=2.3
T902=7.6
VR2=7.1
RGL2=37.9
RGV2=0.8
end

if D2==75 then
J902=3.7
J452=1.7
C902=1.4
C452=0.8
T2=2.4
T902=7.8
VR2=8.2
RGL2=38
RGV2=0.9
end

if D2==110 then
J902=4.3
J452=1.9
C902=1.6
C452=1
T2=2.6
T902=8.3
VR2=10.4
RGL2=42.3
RGV2=1
end
L2 =
Lt2+(n12*J902)+(n22*J452)+(n32*C902)+(n42*C452)+(n52*T2)+(n62*T902)+(n72*VR2)+
(n92*RGL2)+(n102*RGV2)

//Perda de carga total do sistema
Hf1 = (f1*L1*V1^2)/(19.62*(D1/1000))
Hf2 = (f2*L2*V2^2)/(19.62*(D2/1000))

//Carga da bomba
P1=9810*h
P2=0
Hb = Hf1+Hf2+((P2-P1)/9810)+(((V2^2)-(V1^2))/19.62)+(Z2+Z1)

//Potência da bomba em HP
Pb =(9810*Hb*(Q/3600))/559
printf("A potência da bomba em HP é de:")
disp(Pb)

```