

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

FERRAMENTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DA ESCOLHA DE BOMBAS EM SISTEMAS DE BOMBEAMENTO DE REDES HIDRÁULICAS

Leonel L. D. Morales, leonel,morales@udf.edu.br¹²
Henrique Carrijo, henriquecarrijo@hotmail.com¹

¹ Centro Universitário do Distrito Federal – UDF, Escola de Engenharia e Tecnologia. Engenharia Mecânica SEP/SUL EQ 704/904 Conj. A, CEP 70390-045 – Brasília, DF.

² Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Ciências Mecânicas, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900 – Brasília, DF.

Resumo: Este trabalho aborda o estudo de sistemas de bombeamento hidráulico, suas aplicações e funcionalidades, com o intuito de elaborar uma ferramenta que viabilize a automatização da escolha da melhor bomba para um sistema de bombeamento de acordo com os parâmetros e características da rede. O tema surgiu a partir da constatação de que ainda há necessidade de o engenheiro utilizar tabelas e gráficos para projetar um sistema hidráulico de bombeamento e de que uma ferramenta computacional tornaria esse trabalho mais rápido e fácil. A ferramenta foi implementada no Matlab e permite a introdução de parâmetros e características do sistema de bombeamento como vazão, altura geométrica, coeficiente de atrito e singularidades de modo a definir com precisão as características da rede hidráulica. Com tais dados, o programa calcula as perdas de cargas e as cargas totais do sistema, retornando resultados gráficos e numéricos. Em sequência, é computada a potência da bomba ideal, facilitando a conclusão do projetista a respeito da melhor bomba para o sistema dentre aquelas cadastradas em um banco de dados inserido previamente. Foram feitos cálculos analíticos para comparação dos resultados, os quais demonstraram a validade da ferramenta.

Palavras-chave: Rotor, Otimização, Energia Eólica, Perfil Aerodinâmico.

1. INTRODUÇÃO

Neste trabalho foram estudadas redes hidráulicas, seus componentes e suas características com o intuito de utilizar esses conhecimentos para propor uma solução computacional que viabilize a escolha da melhor bomba para um sistema de bombeamento de acordo com os parâmetros e características da rede. Esta necessidade se explica devido à carência no mercado de um programa computacional que exerça todas essas funções com precisão. Atualmente, ainda há é necessário que o engenheiro utilizar tabelas e gráficos para projetar um sistema hidráulico de bombeamento.

O objetivo geral do trabalho é elaborar uma ferramenta que permita, por meio de dados previamente inseridos, determinar a escolha da melhor bomba a ser utilizada em uma situação de projeto de redes simples, considerando características como o comprimento da tubulação, a vazão, o atrito e a carga.

A ferramenta apresentada torna este trabalho mais rápido e fácil, a partir da introdução de parâmetros e características da rede de bombeamento como, vazão, altura geométrica, coeficiente de atrito e características dos elementos da rede. Com a inclusão de tais dados, é realizado o cálculo de perdas de cargas e das cargas totais do sistema, possibilitando obter qual é o rendimento e a potência da bomba necessários para atender à demanda apresentada.

O aplicativo foi desenvolvido usando a ferramenta Matlab. Foram feitos cálculos manuais para comparação dos resultados, sendo que estes cálculos foram importantes para viabilizar o programa, pois a partir deles foram revisadas muitas equações que posteriormente seriam incluídas na ferramenta.

A comparação dos resultados dos cálculos manuais e computacionais será apresentada neste trabalho, assim como imagens que mostram o funcionamento do programa. A ferramenta se mostrou satisfatória, pois demonstrou ser multifuncional e capaz de realizar vários cálculos. Além disso, essa ferramenta pode ser utilizada em qualquer computador e por qualquer usuário, pois, como será detalhado adiante, o programa utilizado é disponibilizado gratuitamente pelo próprio fabricante em seu site. A ferramenta implementada tem também a facilidade de ser muito interativa, permitindo assim que pessoas com conhecimento básico de hidráulica possam utilizá-la com facilidade.

2. METODOLOGIA

Esse trabalho é composto por duas partes, uma de caráter teórico e outra de caráter prático sendo a primeira fase do projeto caracterizada pela análise de artigos acadêmicos, livros e sites, sendo realizada uma extensa revisão bibliográfica a respeito dos aspectos teóricos de sistemas de bombeamento, como tipo de escoamento, válvulas, bombas e suas características fundamentais, além de possíveis problemas encontrados em seu funcionamento. Ademais, foram estudadas as equações matemáticas aplicáveis ao caso, sendo demonstrado como calcular cargas, perdas de cargas (tanto por atrito como por singularidades), pressão, rugosidade, a *altura livre positiva de sucção disponível* (*Net Positive Suction Head* - NPSH disponível), vazão, rendimento e potência. Também foi feita uma revisão acerca de automatização de redes, mostrando vários métodos que já foram utilizados, suas características, vantagens e desvantagens.

Na segunda fase, houve a criação de um modelo matemático, tendo como ponto inicial uma rede simples hipotética. Esta rede leva água de um reservatório mais baixo a um mais alto, possui uma válvula de retenção e duas válvulas de gaveta. Usando essas características, fez-se os cálculos da velocidade, número de Reynolds (R_n), rugosidade, da perda de carga por atrito, da perda de carga por singularidade e, conseqüentemente, a perda de carga total. Para esses cálculos também foram utilizados as constantes de perda de carga por singularidade (k_s) e obtidos os coeficientes de atrito com base no diagrama de Moody, em função de R_n e a rugosidade.

Os cálculos citados foram feitos utilizando a ferramenta Microsoft Excel e tanto o conhecimento adquirido nesse procedimento como os resultados obtidos foram cruciais para o processo de implementação da ferramenta.

Desse modo, com base no modelo matemático desenvolvido, foi criada a ferramenta, com a função de auxiliar na escolha da bomba hidráulica adequada a ser utilizada no sistema, levando em consideração as características da rede, tais como comprimento da tubulação, vazão, atrito e carga. A plataforma escolhida para implementação desse software foi o Matlab, por ser um programa com ampla portabilidade, permitir várias possibilidades de cálculos, ser muito interativo e ainda muito utilizado no ambiente acadêmico.

Em uma etapa final foi realizada a comparação dos cálculos do modelo matemático com os resultados do programa para, assim, determinar a acuidade deste.

2.1. Automatização de Redes

Pode-se definir como sendo uma rede hidráulica ou um sistema de distribuição de água, uma organização de tubos os quais tenham o intuito de transportar água ao consumidor. O sistema é visto como um conjunto de diversos tipos de componentes conectados de uma maneira anteriormente determinada. Uma canalização possui dois terminais os quais tem a possibilidade de ser unidos em uma rede. Assim como, por exemplo, uma bomba ou qualquer outro componente hidráulico tem a possibilidade de ser incluído a dois terminais da rede. Utilizando-se métodos experimentais ou empíricos é possível averiguar o comportamento de cada elemento da rede. Tem-se como rede hidráulica uma estrutura com um número determinado de trechos e nós, dependendo da configuração almejada. Todos os trechos podem incluir válvulas, bombas, turbinas, entre outros componentes hidráulicos, já os reservatórios ou fontes podem ser incluídos em qualquer nó da rede. (LAMOGLIA et al, 2011)

Ainda com base no trabalho apresentado por Lamoglia et al, 2011 é possível assumir que as redes que existem são resultantes de interferências de várias características. A partir da criação delas, podem ocorrer mudanças consideráveis das necessidades que acontecem principalmente por causa do crescimento e também pela redistribuição da população ao longo de sua extensão, tendo por várias vezes já sido efetuados aumentos em seu tamanho assim como adequações, como por exemplo, substituições, adições e limpeza; alguns fatos de ocorrência natural como, desgaste, ocorrência de incrustações e envelhecimento causam mudanças significativas nos diâmetros internos dos tubos e da rugosidades; surgem aberturas nas junções condutos e acessórios, podendo causar vazamentos, devido fluxo intenso e pressões internas muito altas. Isso gera complicação no uso de modelos matemáticos, por que é necessário levar em conta as características reais da rede, e não somente simplificar sistemas físicos, porém utilizar dispositivos de cálculos com maior grau de precisão progressivamente.

Segundo Gameiro (2003) as redes hidráulicas começaram sendo planejadas basicamente por tentativa e erro, na falta de um método científico que conseguisse abarcar todas as peculiaridades desses sistemas. A substituição do método de tentativa e erro ocorreu com o surgimento dos primeiros métodos de ajuste simples das redes e foi criado a partir de uma analogia entre um sistema de distribuição hidráulico e um circuito elétrico. Utilizando-se um fator de correção, com o intuito de adequar tais redes, esse método demonstrou ser muito útil, quando são consideradas as tecnologias que se possuía na época.

Em 1936 Hardy Cross desenvolveu um método iterativo de procedimento manual para solucionar redes malhadas de escoamento em pressão. Esse foi o primeiro método de análise de redes hidráulicas e foi a principal contribuição antes do desenvolvimento de computadores. (SIMÕES et al, 2004)

No estudo apresentado por Gameiro (2003) é descrito que O'Connor propôs em 1944 um método chamado de método do comprimento equivalente, este se assemelha ao método de Hardy-Cross. Essa técnica tem como base uma análise das resistências encontradas no tubo ou dos comprimentos correspondentes em cada circuito da rede estudada. Esta metodologia tem a capacidade de proporcionar a escolha dos diâmetros econômicos quando ocorre um processo de relaxação utilizando-se um fator de correção. Portanto esse método pode ser usado tanto em projetos de redes

inteiramente novas e nos casos onde é necessário readequação de projetos já existentes, por exemplo caso de reforços, mostra-se a indicação de onde e quais diâmetros devem ser adicionados.

Com o desenvolvimento dos computadores digitais, no final da década de 1950, Hoag e Weinberg adaptaram o método de Hardy Cross para o computador, com a análise de redes por meio de software comercial. (ALVES, 2012)

Por fim, na categoria de métodos de ajustes simples, foi demonstrado em 1960 por McPherson o método da proporcionalidade das vazões. Com este método consegue-se obter facilmente as pressões de trabalho em um sistema de distribuição de água. Realizando-se somente duas ou três análises de uma rede por um todo consegue-se realizar o cálculo das perdas de carga sobre um grande intervalo de necessidade de vazões do sistema e também a taxa de armazenamento. É possível com o método da proporcionalidade de vazões uma aferição direta das perdas de carga que ocorrem nos tubos, isso é em geral realidade para áreas de predomínio residencial.

Segundo Sousa (1994), passado dos anos 60 o método iterativo de Newton-Raphson foi utilizado com intuito de resolver problemas em redes de distribuição de água. Esse método é o mais utilizado pelos projetistas desde essa data. Essa técnica tem o intuito de encontrar um novo conjunto de melhorias ou retificação dos valores das incógnitas nas determinadas iterações. As melhorias são cálculos do termo de primeira ordem de uma expansão de Taylor sobre o argumento atual que a solução possui. Os estudos anteriores tinham como objetivo primordial solucionar os problemas com o intuito de encontrar o valor de energia e vazão, entretanto não se tinha muitas soluções que resolviam outras incógnitas ou solucionavam problemas de inclusão de componentes hidráulicos, como por exemplo, válvulas, bombas, entre outros.

De modo a se fazer uma aproximação inicial das equações da hidráulica, e tornar linear essas equações não lineares, utiliza-se o método da teoria linear, podendo ser usado para cálculos simultâneos das vazões nas tubulações assim como das energias dos nós. Sendo a quantidade de nós ou circuitos em uma rede inferior a de um tubo, esse método para cálculo simultâneo de vazões soluciona um sistema que possui mais equações e, portanto, necessita uma maior memória computacional. Em contrapartida, converge gerando um número muito inferior de iterações. É mais apropriado utilizar esse método em casos onde tem-se conhecimento sobre a demanda de vazão. (GAMEIRO, 2003)

Utilizar um modelo que analisa as redes tem o intuito de conseguir uma solução a qual consiga atender às equações de conservação de energia e massa, excluindo as limitações do modelo de otimização que será utilizado juntamente. Dimensionamento da tubulação, seleção e localização de reservatórios, válvulas e bombas, são aspectos de um projeto de uma rede de distribuição de água, e assim são considerados em modelos de otimização.

Surgiram vários outros estudos e propostas, com adaptações de fórmulas antigas ou com fórmulas novas, no entanto a complexidade das cidades e o desenvolvimento computadores mais eficientes possibilitaram o surgimento de programas de computador mais abrangentes, com condições de trabalhar simultaneamente com um grande número de parâmetros.

Até meiado dos anos 80, muitas pesquisas se baseavam em aplicações de técnicas determinísticas de otimização (onde tinha-se programação não linear, programação dinâmica e programação linear) para o projeto de redes de distribuição de água. Nesta época, entretanto, as técnicas aleatórias de otimização (como por exemplo, simulated annealing e algoritmos genéticos) tiveram um início de estudo e melhoria, mostrando-se muito útil a sua utilização em grandes problemas combinatórios.

3. IMPLEMENTAÇÃO DA FERRAMENTA

Todo sistema de distribuição de água tem em sua composição uma rede de tubulação e componentes hidráulicos, como, por exemplo, reservatórios, bombas e válvulas. Esse conjunto tem a capacidade de transportar uma determinada quantidade de água, dependendo do consumo conhecido. Essa água será levada de uma fonte até os consumidores que a usarão. A complexidade na interação dos componentes do sistema dificulta encontrar melhorias que possam aperfeiçoar o projeto, inclusive para redes de médio porte. (GAMEIRO, 2003)

Continuando com Gameiro (2003), pode-se dizer que, em um projeto de otimização de distribuição de água por gravidade o problema deve ser formulado desta maneira: Considerando uma dada configuração de tubos e uma dada necessidade nos nós, tenta-se encontrar a melhor combinação de diâmetros de tubos para obtenção do custo mínimo para que a rede funcione satisfatoriamente. É possível dizer que para estudos modernos de projetos e operação de sistema de abastecimento, os modelos são recursos fundamentais quando se fala sobre análise hidráulica de redes de distribuição, considerando que eles conseguem viabilizar diversas possibilidades de operação e ajudam na tomada de decisão. Quando se pensa em expansão da utilização dos modelos discutidos é necessário realizar a adequação para que eles consigam descrever problemas mais reais de sistemas, podendo-se ter como exemplo pressões abaixo das necessárias em pontos da rede e possíveis vazamentos que possam acontecer nas tubulações. (FORMIGA & CHAUDHRY, 2008)

O programa foi desenvolvido usando-se o Matlab que é um software interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico, integrando análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar. Portanto, a ferramenta foi escolhida por ser multifuncional e por possuir diversas possibilidades e facilidades em seu manuseio, além da iteratividade que ela proporcionaria ao programa.

Outro ponto que foi considerado na escolha do Matlab é a possibilidade do programa desenvolvido ser usado em qualquer computador, mesmo que o usuário não tenha a licença do Matlab, já que o programa foi desenvolvido na versão R2012b(8.0). Isso pode ser feito por meio de um software chamado Runtime, fornecido gratuitamente pela empresa MathWorks no site <http://www.mathworks.com/products/compiler/mcr/>. É necessário baixar este programa

específico, que possui versões de 32 e 64 bits para Windows, Linux e também Mac. Tudo isso possibilita que o programa seja usado em qualquer computador. Para ter acesso ao código fonte dele, contudo, é necessário ter acesso ao Matlab versão 8.0 ou mais recente.

A ferramenta computacional efetua cálculos de perdas de cargas e cargas totais do sistema de bombeamento simples e foi desenvolvida para cálculo de redes em forma de malha, sem ramificações seguindo a metodologia apresentada no trabalho de Morales, (1997) sendo também possível calcular a potência da bomba necessária para o atendimento da rede hidráulica projetada.

Na ferramenta proposta são introduzidas as características dos elementos existentes no sistema como, por exemplo, se é um tubo ou uma singularidade. Caso seja um tubo, coloca-se comprimento, diâmetro, vazão e o coeficiente lambda. Poderia não haver a possibilidade de introdução desse coeficiente, entretanto, a inserção pelo usuário foi utilizada como uma solução, tendo em vista que este coeficiente é obtido por meio de um diagrama e não de uma equação propriamente dita. Quando o elemento é uma singularidade, o operador introduzirá o valor do diâmetro e da vazão e escolherá qual singularidade, usando uma listagem de várias singularidades e suas respectivas constantes, presente no programa.

Para o cálculo da potência da bomba há a necessidade de introduzir-se o rendimento e, assim, utilizando-se a carga total do sistema, o programa também fornece a potência.

Como mostrado na Fig. 1 também é possível introduzir a altura total do sistema que, juntamente com a perda de carga calculada, resulta na carga total do sistema. Com isso o programa gerará uma curva que possibilita a escolha da bomba mais adequada para o sistema.

Figura 1. Tela inicial do programa

Na Figura 2 tem-se a tela final do programa, onde mostra a curva do sistema (em azul escuro) juntamente com treze curvas que foram introduzidas no sistema de acordo com os catálogos de referência das bombas, viabilizando a escolha pelo operador do equipamento que melhor atende às especificações da rede hidráulica desejada, quando há a interseção da curva do sistema com uma bomba atendendo sua zona de trabalho, tem-se a melhor bomba.

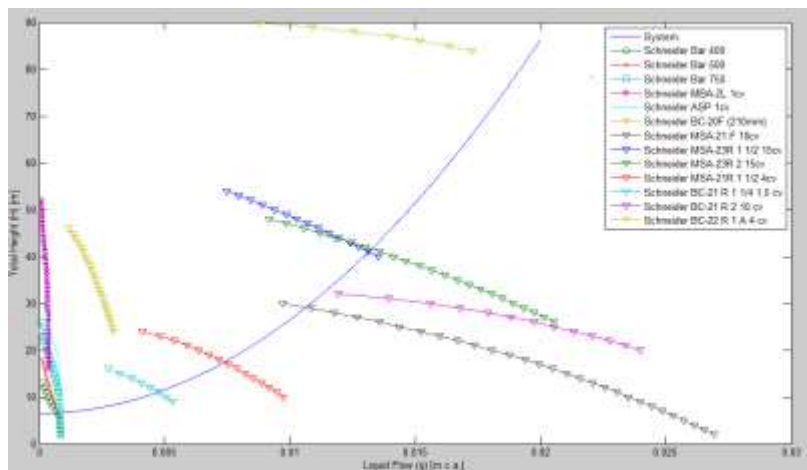


Figura 2. Tela da saída gráfica do programa.

Observando a Fig. 2 é possível perceber que foram introduzidos no programa, para servir de referência, alguns modelos de bombas para possibilitar a seleção. Sua escolha baseou-se na tabela existente no catálogo de um fabricante.

Desse modo, além do cálculo da altura de carga total, a ferramenta desenvolvida informa ao usuário a potência mínima necessária da bomba hidráulica para atendimento à rede simulada em relação à cada vazão. Na prática, além de apresentar a potência necessária para a vazão simulada, o programa gerará um gráfico onde serão visualizados tanto a curva de carga do sistema como as curvas das bombas cadastradas para uma faixa de valores de vazão, possibilitando uma identificação fácil e visual da bomba mais adequada, como pode ser visto na Fig. 4, apresentada anteriormente.

3.1. Aplicação Para Validação

Para efeitos de validação de resultados foi implementado um modelo rede simples, genérica e hipotética, aonde foi feito o processo de cálculo manual e computacional e, em seguida, foram comparados os resultados. A seguir na Fig. 3, é mostrada a topologia da rede, assim como a discretização são apresentadas nas figuras seguintes.

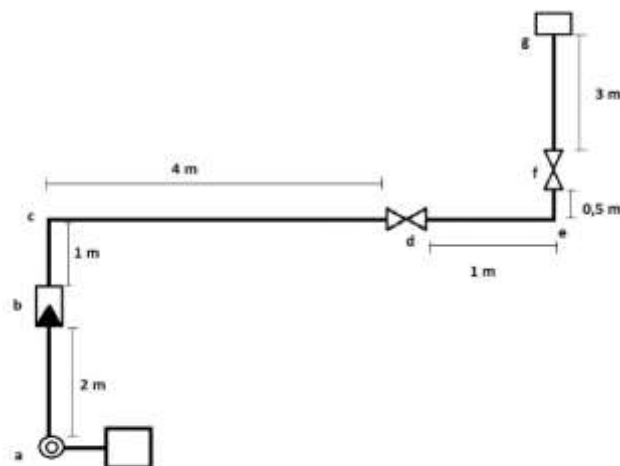


Figura 1. Descrição da geometria e componentes da rede, adaptada de Morales (1997)

A rede estudada Fig. 3 é composta por dois reservatórios de água, uma válvula de retenção e duas válvulas de gaveta, o intuito da rede é levar água do reservatório inferior ao superior, ela possui trechos de tubulação de 2 metros até a válvula de retenção e posteriormente 1 metro até o primeiro limite de elevação, posteriormente tendo mais 4 metros até a primeira válvula de gaveta e 1 metro até a segunda elevação, posteriormente tendo mais 4 metros até a primeira válvula de gaveta e 1 metro até a segunda elevação, posteriormente tem-se meio metro de elevação até uma segunda válvula de gaveta e por fim 3 metros para chegar no segundo reservatório.

Na Tab. 1 são apresentadas as características geométrica da rede estudada. Para haver compatibilidade de unidades os comprimentos e diâmetros estão em metros.

Tabela 1. Características geométricas da rede.

Elemento	Comprimento (m)	Diâmetro (m)
a-b	2	0.0508
b-c	1	0.0508
c-d	4	0.0508
d-e	1	0.0508
e-f	0.5	0.0381
f-g	3	0.0381

Nesta etapa do trabalho foram realizados os cálculos manualmente com auxílio do Microsoft Excel. Os resultados obtidos em Excel serão mostrados adiante, assim como os cálculos realizados pelo programa desenvolvido, com a realização, em sequência, da comparação entre os resultados dos cálculos obtidos pelos dois métodos, o manual e o computacional.

Para a solução do caso em análise é obtida a curva característica do sistema e, com a informação das bombas, foi possível selecionar aquela que satisfaz os requisitos impostos e que apresenta o melhor rendimento.

Todas as tubulações e singularidades foram consideradas nós e elementos para facilitar os cálculos para ter condições para realizar as comparações correspondentes. O modelo de discretização da rede de tubulações e suas componentes é mostrada esquematicamente na Fig. 2.

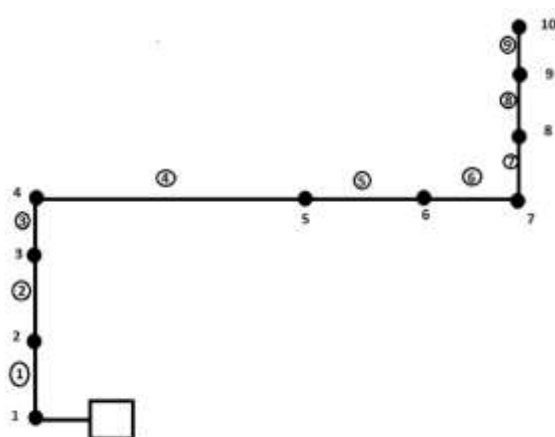


Figura 2 - Discretização da rede.

Para a rede proposta foram realizados os cálculos manuais e computacionais para diferentes vazões e os resultados são apresentados e analisados na sessão seguinte.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma vez finalizados os cálculos manuais e realizados os testes da ferramenta foram comparados os resultados obtidos. Os valores obtidos assim como as diferenças observadas são mostrados na Tab. 2.

Tabela 2. Comparação resultados dos cálculos manual e computacional.

Vazão (m ³ /s)	Perdas de Carga (m.c.a) (Manual)	Perdas de Carga (m.c.a) (Computacional)	Diferenças (%)
0	0	0	0.000
0.0027	1.77865	1.77745	0.067
0.0055	6.61251	6.60803	0.068
0.00833	14.72767	14.7177	0.068
0.01	19.95532	19.9418	0.068

Observando a Tabela 3 nota-se que as diferenças entre o cálculo manual e aqueles obtidos pelo programa desenvolvido são muito baixas, sendo a maior parte das diferenças de 0,0677% e uma diferença ainda menor que essas na vazão de 0,0027 m³/s, de apenas 0,0675%. Mostra-se assim que o programa para efeito de cálculo de perdas de cargas é muito preciso. Explica-se a variação encontrada pela imprecisão da leitura de valores no diagrama de Moody, no caso do cálculo manual. (MORALES, 1997).

5. CONCLUSÃO

O sistema de bombeamento com os muitos modelos e tipos de bombas, de tubos e suas conexões, sua constante exposição ao atrito e respectivo desgaste, além das variações de pressão e vazão requerem do Engenheiro Mecânico e do gestor uma série de tomadas de decisões relativas à escolha da melhor e mais adequada bomba aos diversos tipos de rede trabalhados.

Para auxiliá-los na escolha da melhor bomba hidráulica para cada caso, foi desenvolvido nesse trabalho um programa que efetua cálculos de perdas de cargas e cargas totais do sistema de bombeamento simples, sem ramificações. Com isso é possível calcular a potência da bomba necessária para o atendimento da rede hidráulica projetada e, principalmente, escolher a melhor bomba hidráulica, dentre as cadastradas no programa, para o atendimento de determinada demanda.

Nas capturas de tela do programa, mostradas anteriormente, estão representadas respectivamente a tela inicial do programa e os gráficos resultantes dos cálculos. Na tela inicial destaca-se a possibilidade de introduzir características fundamentais para cálculos de perda de carga tanto por singularidade quanto por atrito, além de dados gerais comuns para os dois casos. Isso permite a execução dos cálculos de perdas de cargas do sistema e das cargas totais. Para perdas por atrito é necessário lançar as informações de comprimento, diâmetro, vazão e o coeficiente de atrito, o lambda. Para

casos de perda de carga por singularidade, foi introduzida no programa uma lista de singularidades, podendo assim o operador escolher as mais adequadas ao seu projeto.

Outra funcionalidade implementada foi o cálculo da altura de carga total do sistema, introduzindo-se a altura geométrica da rede e a eficiência, sendo possível calcular a potência da bomba pretendida. Na segunda figura, mostra-se a tela do gráfico realizado pelo programa, que apresenta o cálculo da rede estudada e também o gráfico das três bombas que foram introduzidas no banco de dados do programa. Desse modo, a análise visual da interceptação das linhas desses gráficos possibilita uma rápida escolha, pelo projetista, da melhor bomba para a sua rede.

Este trabalho teve muitas dificuldades, mas também gerou muito conhecimento e novas possibilidades no campo da engenharia. O escopo do trabalho não abarcou redes ramificadas. Sendo assim, haveria possibilidade de um estudo futuro mais aprofundado para incluir no programa não apenas redes simples, como ramificadas, além da inclusão de outros parâmetros que influenciariam a escolha da melhor bomba para os diversos tipos de redes. Apesar disso, esta ferramenta computacional já gerou um avanço no campo da engenharia e tem muitas possibilidades de uso. Em trabalhos futuros, poder-se-ia buscar também o uso de uma gama maior de bombas a escolher.

Com todas as informações ditas neste trabalho, mesmo a ferramenta mostrando-se muito útil e precisa, fica claro que ela ainda possui limitações, como por exemplo não conseguir resolver problemas de redes ramificadas diretamente. Isso pode ser resolvido em algum complemento no trabalho já feito. Além disso, para atuar em redes de distribuição de uma cidade, ela se mostraria demasiadamente trabalhosa, considerando o tamanho das redes presentes em grandes e pequenas cidades. Assim, a ferramenta implementada seria mais usual, por enquanto, em redes mais simples como as domésticas ou as prediais, que possuem um tamanho inferior quando comparado com redes de bombeamentos de redes de esgoto de cidades.

Outro fator que seria interessante para uma versão melhorada seria a introdução de mais bombas de referência para o programa, de modo a atender diversos tipos de necessidades, contemplando bombas de várias gamas de potências, vazões máximas e máximas alturas manométricas.

Outros fatores que poderiam ser incorporados ao trabalho seriam o programa calcula diferenças de temperatura no sistema, estimativa de cálculo de energia recalculando o rendimento, assim como estimativa de custo de operação para funcionamento da rede, ou seja, um orçamento dos custos gerais que a rede acarretará e outro fator interessante seria o permitir que o programa cálculo também o rendimento mecânico além do rendimento da bomba.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Centro Universitário de Distrito Federal – UDF pelo permanente incentivo à pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- Alves, Z. C. A. G., 2012, “Modelação matemática de um sistema de distribuição de água- aplicação a uma zona de Castelo Branco”. Instituto Politécnico de Castelo Branco, Dissertação de Mestrado, Engenharia Civil, Castelo Branco, Portugal, 116p.
- Formiga, K. T. M., Chaudhry, F. H., 2008, “Modelos de análise hidráulica de redes de distribuição de água considerando demanda dirigida pela pressão e vazamentos”, In: Eng. Sanit. Ambient. vol.13 n°.2. Abr./Jun. Rio de Janeiro, Brasil.
- Lamoglia, H. A., Silva, F.G. B., Viana, A. N. C., Ottoni, A. B., 2011, “Avaliação Hidráulica de Rede de Distribuição de Água da Cidade de Passos - MG”, XIX Congresso Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió, AL., Brasil.
- Morales, L. L. D., 1997, “Estudo de Projeto Hidráulico em Redes de Tubulações”, Dissertação de Mestrado, Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro, Brasil, 101p.
- Simões, N. E., Marques, A. S., Carvalho, R. F., 2004, “Modelagem dinâmica em sistemas de distribuição de água”, In 7º Congresso de água, Lisboa, Portugal.
- Souza, R. S., 1994, “Aspectos computacionais da análise de redes de distribuição de água com componentes hidráulicos em regime permanente”. USP/EES. Dissertação de Mestrado, São Paulo, Brasil.

8. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo artigo.

COMPUTATIONAL TOOL TO PUMP CHOICE OF AUTOMATION NETWORK SYSTEMS PUMPING HYDRAULIC

Leonel L. D. Morales, leonel,morales@udf.edu.br¹²
Henrique Carrijo, henriquecarrijo@hotmail.com¹

¹Centro Universitário do Distrito Federal – UDF, Escola de Engenharia e Tecnologia. Engenharia Mecânica
SEP/SUL EQ 704/904 Conj. A, CEP 70390-045 – Brasília, DF.

² Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Ciências Mecânicas, Campus Universitário Darcy Ribeiro, CEP 70910-900 – Brasília, DF.

Abstract. *This paper describes the study of hydraulic pumping systems, their applications and features, in order to develop software that enables the choice of a better pumping system according to the situation faced by the designer. The issue resulted from the realization that the engineers still need to use charts and graphs to design a hydraulic pumping system and a computational tool would make this faster and easier. The program was developed in Matlab and allows the introduction of parameters and pumping network characteristics such as flow, geometric height, coefficient of friction and singularities in order to precisely define the hydraulic network. With such data, the program calculates the losses of loads and the total load of the system in graphical and numerical form. After that, the power of the ideal pump is computed, resulting in the best pump for the system, among those registered in its database. Manual calculations were done for comparison of results, which demonstrated the validity of the software.*

Keywords: *pump systems, automation, Hydraulic, pumps.*