

## LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO LISP AUXILIA ENSINO- APRENDIZAGEM EM FENÔMENOS DE TRANSPORTE

**Maris Stela do C. Silveira** – stela@unifei.edu.br

Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), Instituto de Engenharia Mecânica.

Campus Universitário.

37500-903 – Itajubá – MG

**Tapan K. Sen** – tapan@iem.efei.br

Instituto de Engenharia Mecânica.

**Rodrigo de P. Rodrigues** – rodrigoprodriques@yahoo.com.br

Instituto de Engenharia da Computação.

***Resumo:** Um dos principais enfoques da disciplina de Fenômenos de Transporte é dado a realização de projetos que visam instalações de bomba, sendo os mesmos apreciados pelos institutos de pesquisa e educação das universidades. Na busca de melhorias no ensino-aprendizagem, procurou-se apresentar uma metodologia condizente ao conteúdo desejado. O trabalho foi enfocado na obtenção do comprimento de bombeamento, perda de carga à partir de parâmetros tais com potência de bombeamento, rendimento da bomba, vazão do sistema e informações sobre a tubulação. Com o objetivo de dinamizar as aulas foi desenvolvido um software, em linguagem de programação LISP, permitindo o acompanhamento do aluno nas várias simulações do sistema facilitando a compreensão e a análise dos resultados. A intenção é que os métodos e técnicas aqui empregados contribuam para o entendimento do conteúdo apresentado interagindo positivamente no processo de construção do conhecimento.*

***Palavras-chave:** Aprendizagem, Potência de bombeamento, Perda de carga, Autolisp.*

### 1. INTRODUÇÃO

A instalação de bombeamento de água é de grande importância para as propriedades rurais, industriais e também para as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH's). Pelo fato das águas superficiais serem visíveis, torna-se fácil imaginar que a maior parte dos 8 milhões e 200 mil km<sup>3</sup> da água doce disponível na Terra esteja distribuída nos rios, lagos, e açudes. Entretanto isso não é correto; na verdade um pouco mais de 98% desse volume está "escondido" na subsuperfície, representando o que se denomina de água subterrânea. Daí se denota a importância em se realizar projetos bem elaborados de instalação para bombeamento de água.

A disciplina de Fenômenos de Transporte, ministrada no terceiro ano dos cursos de Engenharia da UNIFEI, tem a preocupação de ensinar os alunos a fazerem projetos embasados em teorias sólidas, enfatizando a importância do alcance dos resultados obtidos. Visando a aplicabilidade do conteúdo da disciplina e do ensino-aprendizagem, idealizou-se um ferramental que pudesse simular uma instalação hidráulica, dinamizando a apresentação do conteúdo programático em sala de aula. A linguagem utilizada para tal simulação foi Lisp, operante sob a ferramenta AutoCad (AutoLisp) obtendo a parametrização da instalação de bombeamento mediante uma interface gráfica. A facilidade em alterar parâmetros e visualizar a instalação com os resultados obtidos, à partir desta nova combinação de valores, tornou a

aula mais atrativa . Este trabalho visa não somente a aplicação didática, como também a aplicação prática a qualquer instalação de sistema onde houver tal necessidade.

## 2. MODELAGEM

### 2.1 Modelagem gráfica

A modelagem do software vincula-se a representação genérica para instalações de bombeamento apresentado pela “Figura 1” e tem seu embasamento teórico residindo sob a Teoria da Mecânica de Fluidos, aplicada a instalações.

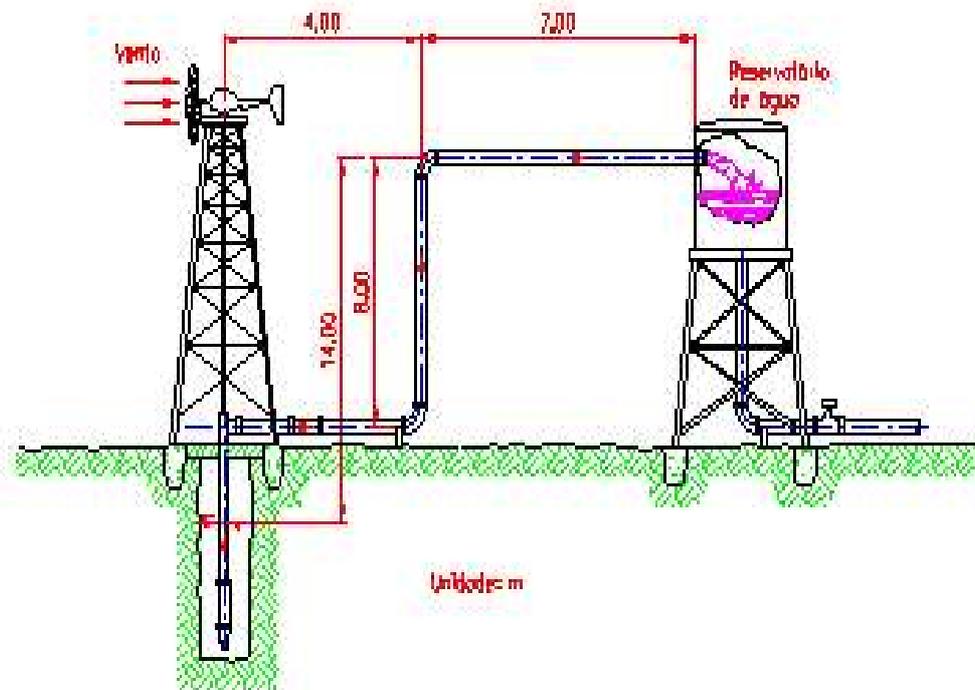


Figura 1 – Modelo genérico utilizado para a instalação de bombeamento.

### 2.2 Modelagem Teórica

Fazendo uso da representação genérica faz-se necessário o equacionamento matemático a fim de se obter características da instalação como o comprimento de bombeamento, a perda de carga total durante o transporte do fluido e o número de Reynolds, caracterizador do tipo de escoamento efetuado.

#### **Potência da Bomba**

Bombas são definidas, FOX e McDONALD (2001), como máquinas hidráulicas que tem a função de fornecer energia ao escoamento, A potência requerida para bombear água é proporcional à vazão(fluxo) e à pressão com que a bomba deve trabalhar (altura manométrica). Esta pressão é geralmente expressa em termos de altura, a qual tem duas condições:

- A altura que a água deve ser bombeada a partir do nível de recalque da água;
- Uma contribuição extra, chamada perdas de carga que é o atrito da água com os tubos, retardando o fluxo de água.

Um valor razoavelmente preciso, para a potência ou vazão, pode ser calculado usando a fórmula:

$$Pot = 9,81 \times 10^3 \times \frac{Q(H_{est} + H_{din})}{\eta_B} \quad (1)$$

onde:

- $Q$  = vazão do sistema [m<sup>3</sup>/s]
- $\eta_B$  = rendimento mecânico da bomba [%]
- $H_{est}$  = diferença de nível entre os dois reservatórios [m]
- $H_{din}$  = perda de carga do sistema [m]
- $Pot$  = potência de bombeamento [W]

### Perda de Carga

A perda de carga total,  $H_{din}$ , é considerada a soma das perdas distribuídas devido aos efeitos de atrito, o escoamento completamente desenvolvido em tubos de seção constante, FOX e McDONALD (2001). A fórmula (2) é interessante para trabalhar com a vazão média e obter a potência média requerida pela bomba. A perda de carga do sistema foi calculada pela referência SEN, T. K (1996).

$$H_{din} = 0,08262685 \times \frac{Q^2}{D^4} \times \left( \sum K_L + f \frac{L}{D} \right) \quad (2)$$

onde:

- $Q$  = vazão do sistema [m<sup>3</sup>/s]
- $D$  = diâmetro do sistema
- $f$  = fator de atrito
- $K_L$  = coeficiente de perda de carga localizada
- $L$  = comprimento das perda de carga

### Fator de Atrito

O fator de atrito é determinado experimentalmente e os resultados publicados por L.F.Moody, STREETER e WYLIE (1982). Para determinar a perda de carga num escoamento completamente desenvolvido sob condições conhecidas, o número de Reynolds é o primeiro parâmetro a ser avaliado sendo a rugosidade  $E$ , obtida da Tabela 1.1, STREETER e WYLIE (1982), em seguida, o fator de atrito,  $f$ , é lido do Diagrama de Moody.

**Tabela 1.1 Rugosidade para Tubos Materiais Comuns de Engenharia**

<b>Tubo</b>	<b>Rugosidade, E</b>			
	<b>Pés</b>	<b>0,03</b>	<b>0,9</b>	<b>Milímetros</b>
Aço rebitado	0,003	0,03	0,9	9
Concreto	0,001	0,01	0,3	3
Madeira	0,0006	0,003	0,2	0,9
Ferro fundido	0,00085		0,26	
Ferro galvanizado	0,0005		0,15	
Ferro fundido asfaltado	0,0004		0,12	
Aço comercial ou ferro forjado	0,00015		0,046	
Trefilado	0,000005		0,0015	

O fator de atrito é dado por

$f = f(Re, E/D)$ , onde:

$$Re = \text{número de Reynolds}, \quad Re = \frac{4Q}{\pi Dv} \quad (3)$$

$E$  = rugosidade absoluta da canalização,  $\nu$  = viscosidade cinemática d'água

A equação do fator de atrito explícita para  $f$ , STREETER e WYLIE (1982), dentro das restrições impostas é:

$$f = \frac{1.325}{\left[ \ln \left( \frac{E}{3,7 \times D} + \frac{5,75}{\text{Re}^{0,9}} \right) \right]^2}$$

(4)

Para  $10^{-6} \leq E/D \leq 10^{-2}$   
 $5000 \leq \text{Re} \leq 10^8$

Esta equação(4) fornece um valor de  $f$  que difere menos de 1% daquele dado pela equação de Colebrook-White, que é a base para o diagrama de Moody.

### 3 IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL

Visando fornecer um ambiente amigável e contextual à elaboração e posterior execução da aplicação, fez-se uso da linguagem de programação Lisp em sua versão AutoLisp, uma versão que opera sob ambiente do software AutoCad.

Os valores utilizados no trabalho foram:

rugosidade do aço comercial  $E = 0,046 \text{ mm} = 0,046 \times 10^{-3} \text{ m}$

viscosidade cinemática da água a  $25^\circ\text{C} = 0,897 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

vazão,  $Q = 0,00125 \text{ m}^3/\text{s}$  (Figura 6)

diferença de níveis,  $H_{\text{est}} = 12 \text{ m}$

rendimento da bomba,  $\eta = 55\%$ , KSB. (1998).

comprimento,  $L = 26 \text{ m}$  (resultado obtido pelo software)

diâmetro,  $D = 0,0381 \text{ m}$

potência de bombeamento,  $P_{\text{ot}} = 372,48 \text{ W}$

coeficiente de perdas de carga localizada,  $K_L$ :

$K_L = 8,82$  – válvula de pé com filtro tipo levantamento

$K_L = 1,2$  – joelho 90 graus rosqueado

$K_L = 1,0$  – saída, entrada bomba

$K_L = 0,8$  – entrada do recalque

$K_L = 2,0$  – válvula de retenção flangeada

$K_L = 0,23$  – válvula gaveta rosqueada

$K_L = 1,4$  – joelho 90 graus rosqueado

$K_L = 1,0$  – saída bomba.

#### 3.1 Linguagem de programação Auto-Lisp

AutoLisp é um dialeto da linguagem Lisp, sendo implementada como um linguagem de extensão do AutoCad da Autodesk, segundo base em uma versão antiga da XLisp, uma variante de Lisp com código aberto.

Todo o ferramental do AutoLisp possibilita ao programador desse script uma interação muito grande entre o ambiente de edição do AutoCad e a interface com o usuário, mediante criação de caixas de entrada e captação de eventos provenientes de ações do próprio usuário do ambiente do AutoCad.

Contextualmente, este dialeto foi utilizado para a geração tanto do módulo de comunicação com o usuário via a construção e ativação de caixa de entrada de dados, bem como para o processamento dos parâmetros utilizados para dinamizar a adequação do modelo segundo os parâmetros obtidos. As figuras de 2 a 4, em seqüência, ilustram as telas do software desenvolvido, “Figura 2”, “Figura 3” e “Figura 4”.

AD 2000 - [telagerada]

File View Layout Format Tools Draw Dimension Modify Format Window Help

### Instalação Hidráulica

Instalação Hidráulica  
 UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá  
 ECO - Engenharia da Computação  
 EME49 - Fenômenos de Transporte  
 Novembro de 2003

Cálculo do comprimento de bombeamento para uma instalação hidráulica.

**Fluido**  
 Viscosidade cinemática (m): 0.000000897

**Instalação**  
 Material: Aço comercial  
 Rugosidade absoluta da encanação (m): 0.000046  
 Potência (W): 372.348  
 Rendimento (%): 55  
 Vazão do sistema (m<sup>3</sup>/s): 0.00125  
 Diâmetro da tubulação (m): 0.03175  
 Diferença de Nível (m): 12

**Perdas localizadas**

Válvula com filtro tipo levantamento:	8.82
Entrada:	0.8
Válvula de retenção flangeada:	2.0
Saída da bomba:	1.0
Joelho 90 graus rosqueado:	1.2
Válvula de gaveta rosqueada:	0.23
Saída/Entrada da bomba:	1.0
Joelho 90 graus rosqueado:	1.4

**Comprimento de bombeamento**  
 Comprimento de bombeamento (m): 0

**Ações**  
 [Calcular] [Gerar planta] [Fechar]

Figura 2: Dados de entrada

Instalação Hidráulica

Instalação Hidráulica  
 UNIFEI - Universidade Federal de Itajubá  
 IEM - Instituto de Engenharia Mecânica - ECO - Engenharia da Computação  
 EME49 - Fenômenos de Transporte  
 Novembro de 2003

Cálculo do comprimento de bombeamento para uma instalação hidráulica.

**Fluido**  
 Viscosidade cinemática (m): 0.000000897

**Instalação**  
 Material: Aço comercial  
 Rugosidade absoluta da encanação (m): 0.000046  
 Potência (W): 372.348  
 Rendimento (%): 55  
 Vazão do sistema (m<sup>3</sup>/s): 0.00125  
 Diâmetro da tubulação (m): 0.03175  
 Diferença de Nível (m): 12

**Perdas localizadas**

Válvula com filtro tipo levantamento:	8.82
Entrada:	0.8
Válvula de retenção flangeada:	2
Saída da bomba:	1
Joelho 90 graus rosqueado:	1.2
Válvula de gaveta rosqueada:	0.23
Saída/Entrada da bomba:	1
Joelho 90 graus rosqueado:	1.4

**Comprimento de bombeamento**  
 Comprimento de bombeamento (m): 26

**Ações**  
 [Calcular] [Gerar planta] [Fechar]

Figura 3: Resultados obtidos

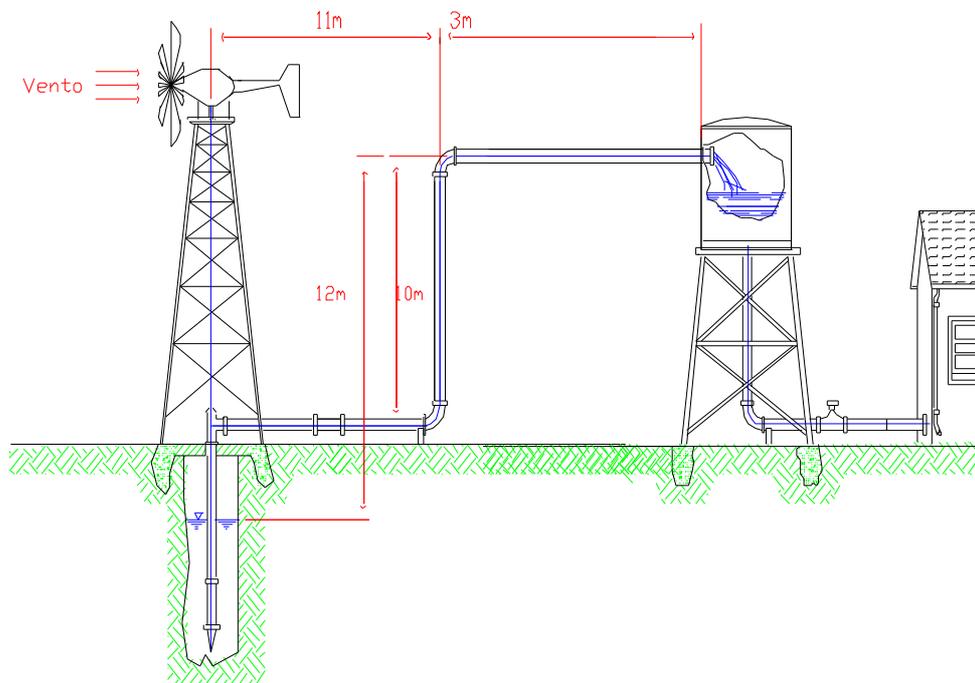


Figura 4: Planta gerada através dos parâmetros de entrada

Resultados obtidos:

Potência	372.348 W
Rendimento	55 %
Diâmetro	0.03175 m
Dif. de Nível	12 m
Vazão	0.00125 m <sup>3</sup> /s
Reynolds	55883.546
Comp. Bombeamento	26 m
Perda de carga	4.7007 m

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os projetos que visam instalações de bombas sempre foram vistos com bons olhos pelos institutos de pesquisas e educação, sendo um dos principais enfoques da disciplina de Fenômenos de Transporte, disciplina ministrada em diversos cursos de Engenharia de todo país. A aplicação desses projetos possui uma vasta utilização tanto nas zonas urbanas quanto nas zonas rurais. É preciso valorizar a presença da tecnologia no que ela tem de melhor e a comunicação virtual no que ela nos favorece. O processo ensino-aprendizagem apresenta-se em constante aperfeiçoamento. O papel do professor é gerenciar e coordenar as atividades através de técnicas que melhor ilustre o conteúdo.

O objetivo do projeto foi alcançado com êxito e como sugestão pode-se melhorar o sistema acrescentando outra bomba bem como modificando alguns parâmetros. O aluno motivado avança mais e facilita todo o trabalho do professor. Esta experiência didática pode contribuir para o interesse do aluno no tópico apresentado aumentando sua capacidade de interrelação com a equipe, abrindo a sua visão e contribuindo para a sua inclusão ao mercado de trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTOLISP PROGRAMMING – <http://www.netcom.com/~rogh>

AFRALISP - <http://www.afralisp.com>

FOX, R.W. e McDONALD, A.T. **Mecânica dos Fluidos**. Rio de Janeiro, LTC, 2001.

KSB. **Catálogo Bombas**. KSB -1998.

SEN, T. K. **Formas não Convencionais de Energia**. Apostila: M917 – EFEI, 1996.

STREETER, V. L., WYLIE,E.B. **Mecânica dos Fluidos**. São Paulo, SP,(1982) - Ed.McGraw-Hill do Brasil Ltda.

## LISP LANGUAGE PROGRAMME HELPS EDUCATION-APPRENTICESHIP IN TRANSPORT PHENOMENON

**Abstract:** *One of the principal theme of the discipline Transport Phenomenon is given to realize projects which aims at Pump installation, the same being appreciated by the research and development institutes of Universities. In quest of betterment in education-apprenticeship, this paper tries to present an appropriate methodology to the desired contents. The work has been concentrated in the obtention of the factors like Pumping length, Head loss from the parameters such as Pumping power, the pump efficiency, volumetric flow rate of the system and the informations on the tubings. In order to establish a dynamic flow of lectures, a software in Autolisp language programme has been developed for this purpose, allowing the understanding of the student in various simulations, giving easily farreaching understanding to analyse results of the problems. The intention is that the methods and tecnic applied here help students in order to understand easily of the present context that integrates positively in the process of construction of the knowledge.*

**Key-words:** *Apprenticeship, Pumping power, Head loss, Autolisp.*