

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



UNICAMP

**Ajustes das curvas características das bombas para a
análise da evolução dos transitórios hidráulicos em
instalações de bombeamento**

Marcos Roberto Giacomini

Campinas
1999

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**Ajustes das curvas características das bombas para a
análise da evolução dos transitórios hidráulicos em
instalações de bombeamento**

Marcos Roberto Giacomini

Edmundo Koelle

Dissertação apresentada à Comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Recursos Hídricos.

Campinas, SP
1999

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

G346a Giacomini, Marcos Roberto
 Ajustes das curvas características das bombas para a
 análise da evolução dos transitórios hidráulicos em
 instalações de bombeamento / Marcos Roberto
 Giacomini.--Campinas, SP: [s.n.], 1999.

 Orientador: Edmundo Koelle
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Engenharia Civil.

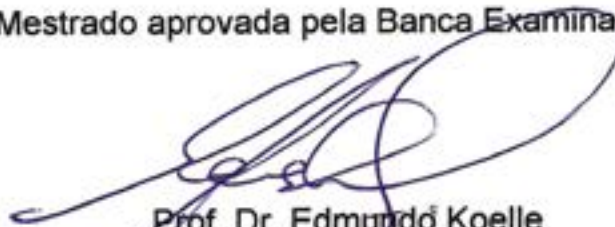
 1. Transitórios hidráulicos. 2. Bombas hidráulicas.
 3. Ajuste de curva. 4. Chebyshev, Polinômios de. I.
 Koelle, Edmundo. II. Universidade Estadual de
 Campinas. Faculdade de Engenharia Civil. III. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

**Ajustes das curvas características das bombas para a
análise da evolução dos transitórios hidráulicos em
instalações de bombeamento**

Marcos Roberto Giacomini

Dissertação de Mestrado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof. Dr. Edmundo Koelle
Presidente e Orientador / Fec - Unicamp

Prof. Dr. Edevar Luvizotto Junior
Fec – Unicamp

Prof. Dr. Júlio Satto
Feagri – Unicamp

Campinas, 10 de dezembro de 1999

Resumo

Giacomini, M. R. & Koelle, E. "Ajustes das curvas características das bombas para análise da evolução dos transitórios hidráulicos em instalações de bombeamento". Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, 1999. xvii. Dissertação de Mestrado.

As instalações de bombeamento estão sujeitas à ocorrência de transientes hidráulicos. Uma das principais causas é a falha no fornecimento de energia para a(s) bomba(s). A. R. Thorley & A. Chaudhry (1996) publicaram dados referentes às características da bomba em todas as zonas de operação para 14 rotações específicas, apresentadas através do Diagrama de Suter. As curvas podem ser ajustadas por Séries de Fourier segundo Koelle E., Andrade J. G. P. e Martin C. S. ou, como agora demonstrado, por sugestão do Prof. Luvizotto Jr., E. com o Polinômio de Chebyshev. O trabalho mostra as vantagens do ajuste das curvas características por Polinômio de Chebyshev, a influência da rotação específica da bomba na instalação hidráulica e também os resultados, utilizando Chebyshev na análise do transiente, simulando instalações com o fator de atrito f atualizado a cada instante, com atrito permanente e igual a zero.

Transientes hidráulicos

Instalações hidráulicas com bombeamento

Ajuste das curvas características das bombas

Polinômio de Chebyshev

Atrito permanente e variado

1- Apresentação

Em redes hidráulicas de condutos forçados, ocorrem transitórios decorrentes de manobras tais como fechamento/abertura de válvulas, liga/desliga ou falha no fornecimento de energia aos grupos motor-bomba. Nas instalações de bombeamento, a solução do fenômeno transitório implica em se conhecer as características da bomba nas diversas zonas de operação, representadas pelas variáveis (vazão, carga, rotação e torque) variando ao longo do tempo.

A literatura apresenta dados das características de bombas para a análise de situações transitórias como, por exemplo, os dados apresentados por A. R. D. Thorley & A. Chaudhry na 7ª Conferência Internacional "Pressure Surges and Fluid Transients in Pipelines and Open Channels". Neste trabalho, foram apresentadas as curvas características de 14 tipos de bombas (rotações específicas) nas oito zonas de operação possíveis, através da representação de Suter.

O ajuste das curvas através de Séries de Fourier, permite transformar os dados tabelados das características das máquinas hidráulicas, nas funções $WH(x)$ e $WB(x)$, para cada tipo de máquina, facilitando o cálculo computacional em regime transitório. Da mesma forma, a utilização do Polinômio de Chebyshev para o ajuste das curvas características possibilita maior praticidade operacional em relação a utilização das Séries de Fourier.

O programa para o cálculo de transientes em instalações hidráulicas de bombeamento, com a parada repentina do funcionamento da(s) bomba(s), considera as características completas obtidas na bibliografia e representadas pelas variáveis de

Suter. Utilizou-se o MOC (Método das Características) na solução das equações representativas do fenômeno transitório hidráulico e com os ajustes das curvas características das bombas, obteve-se resultados que possibilitam a análise da instalação .