

11UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO DE TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO DE ENTRADA E SAÍDA DAS MOTOBOMBAS
UTILIZADAS NO COMBATE A INCÊNDIO PELO CORPO DE BOMBEIROS
MILITAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA**

DAVI PEREIRA DE SOUZA

São José

2008

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

DAVI PEREIRA DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO DE ENTRADA E SAÍDA DAS MOTOBOMBAS
UTILIZADAS NO COMBATE A INCÊNDIO PELO CORPO DE BOMBEIROS
MILITAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências pela Universidade do Vale de Itajaí, Centro Tecnológico da Terra e do Mar.

Orientador: Cap BM Fabiano de Souza

Co-orientador: Prof. Marcelo de Souza

São José
2008

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO TECNOLÓGICO DA TERRA E DO MAR
CURSO TECNÓLOGO EM GESTÃO DE EMERGÊNCIAS

DAVI PEREIRA DE SOUZA

**INFLUÊNCIA DO DIÂMETRO DE ENTRADA E SAÍDA DAS MOTOBOMBAS
UTILIZADAS NO COMBATE A INCÊNDIO PELO CORPO DE BOMBEIROS
MILITAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA**

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências da Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Educação São José.

Área de Concentração: Tecnologia e Gestão

São José, dede 2008.

Cap. BM Fabiano de Souza
UNIVALI – CE de São José
Orientador

Cap. BM Alexandre Coelho da Silva
UNIVALI – CE de São José
Membro

Ten. BM Jefferson de Souza
UNIVALI – CE de São José
Membro

Dedico este trabalho aos meus queridos pais, Maurino e Judite que desde o começo acreditaram no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos aos professores da Universidade do Vale do Itajaí do Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências, principalmente ao meu orientador Cap. BM Fabiano de Souza e ao meu Co-Orientador Eng^o Marcelo de Souza pela dedicação demonstrada, bem como a todos instrutores militares do Centro de Ensino Bombeiro Militar.

Agradecimento aos meus companheiros de turma: Alcântara, Sommer, Túlio, Grígulo, Ana Paula, Márcio, Coste, Diego, Sarte, Cléber, Ivanka, Isabel, Dos Anjos, Lemos, Daniel, Eidt e Pratts pelos momentos e auxílios prestados nesses 3 anos de curso.

Agradeço também a todos os bombeiros militares, principalmente aqueles que contribuíram para que este trabalho fosse concluído dentro do prazo e com sucesso.

Agradecimento a empresa SOMAR S.A. INDÚSTRIAS MECÂNICAS por ceder seus equipamentos e seu laboratório para a realização dos testes de campo.

Agradecimento mais que especial aos meus pais Maurino e Judite, minha namorada Mariliz e a toda a minha família pela compreensão e pelo apoio prestado.

Agradecimento os militares membros da minha banca examinadora Cap BM Alexandre Coelho da Silva e o Ten BM Jefferson de Souza pela compreensão e prontidão mostrada ao convite.

Que Deus abençoe a todos.

"Para realizar grandes conquistas, devemos não apenas agir, mas também sonhar; não apenas planejar, mas também acreditar."

Anatole France

RESUMO

SOUZA, Davi Pereira de. **Influência do diâmetro de entrada e saída das motobombas utilizadas no combate a incêndio pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina**. 2008. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2008.

O estudo é direcionado a influência do diâmetro de entrada de saída das motobombas utilizadas no combate a incêndio pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina. Este é um assunto de poucos estudos dentro da corporação e fará com que a aquisição dessas máquinas hidráulicas não fique restrita a somente um tipo de especificação técnica ou apenas um tipo de fornecedor, tendo assim uma maior opção de escolha, além de se ampliar e fomentar a livre concorrência. Através do trabalho de pesquisa e principalmente das experiências realizadas no laboratório, será demonstrado que não importa qual o diâmetro das bitolas deve ser especificado e sim distinguir qual a altura manométrica e a vazão que a motobomba deverá atingir.

Palavras-chave: incêndio, motobombas, hidráulica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.2 OBJETIVO GERAL	16
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4 METODOLOGIA	17
1.5 ESTRUTURAÇÃO	17
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 HISTÓRIA E ORGANIZAÇÃO DO CBMSC.....	17
2.2 ATIVIDADE DE COMBATE A INCÊNDIO	19
2.2.1 Analogias geométricas do fogo	19
2.2.2 Métodos de extinção de incêndios	25
2.2.3 Água	27
2.3 HIDRÁULICA E COMBATE A INCÊNDIO	29
2.4 GENERALIDADES DAS INSTALAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO.....	29
2.5 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES.....	30
2.6 CONCEITOS BÁSICOS DA HIDRÁULICA	31
2.7 BOMBAS HIDRÁULICAS	34
2.8 CURVAS CARACTERÍSTICAS DA MOTOBOMBA.....	35
2.8.1 Tipos de curvas	36
2.8.2 Obtenção da curva	38
3 PARTE EXPERIMENTAL	40
3.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	40
3.1.1 Laboratório da empresa somar	41
3.1.2 Motobomba	49
3.1.3 Acessórios para adaptação das bitolas	50
3.1.4 Medidores de vazão	51
3.1.5 Transdutores de pressão	52
3.1.6 Anel piezométrico para tomada de dados e pressão	54
3.2 PROCEDIMENTOS	54

3.2.1 Procedimento 1	55
3.2.2 Procedimento 2	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
4.1 PROCEDIMENTO 1.....	59
4.2 PROCEDIMENTO 2.....	62
5 CONCLUSÃO	66
6 REFERÊNCIAS.....	68
ANEXO	71
ANEXO A.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BM – Bombeiro Militar

CBMSC – Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

EPI – Equipamento de Proteção Individual

EPR – Equipamento de Proteção Respiratório

IFSTA - International Fire Service Training Association

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia

NBR – Norma Brasileira de Regulamentação

NFPA – National Fire Protection Association

OBM – Organização de Bombeiro Militar

RBC – Rede Brasileira de Calibração

S.I. – Sistema Internacional

UNIVALI – Universidade do Vale do Itajaí

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Triângulo do fogo	20
FIGURA 2 – Tetraedro do fogo	21
FIGURA 3 – Transferência de calor por condução.....	23
FIGURA 4 – Correntes de convecção em água fervendo	24
FIGURA 5 – Transferência de calor por radiação	24
FIGURA 6 – Retirada do material.....	26
FIGURA 7 – Abafamento	26
FIGURA 8 – Bomba centrífuga.....	35
FIGURA 9 – Curva característica de uma bomba centrífuga.....	36
FIGURA 10 – Tipos de curvas características.....	37
FIGURA 11 – Gráficos da curva característica de uma bomba.....	40

LISTA DE FOTOS

FOTO 1 – Laboratório da empresa SOMAR INDÚSTRIAS S.A.	41
FOTO 2 – Laboratório da empresa SOMAR INDÚSTRIAS S.A.	42
FOTO 3 – Tela de cadastro de bombas	43
FOTO 4 – Tela do início do ensaio.....	43
FOTO 5 – Tela de comandos	44
FOTO 6 – Tela layout do laboratório	45
FOTO 7 – Tela das grandezas elétricas.....	45
FOTO 8 – Tela de relatórios.....	46
FOTO 9 – Tela de gráficos	47
FOTO 10 – Painel elétrico para acionamento do motor	48
FOTO 11 – Módulos eletrônicos para aquisição de dados.....	48
FOTO 12 – Motobomba utilizada no teste.....	49
FOTO 13 – Especificações técnicas da bomba.....	50
FOTO 14 – 2 Jogos de adaptadores	51
FOTO 15 – Medidor de vazão	52
FOTO 16 – Transdutor de pressão positiva	53
FOTO 17 – Transdutor de pressão negativa	53
FOTO 18 – Anel piezométrico para tomada de dados e pressão.....	54
FOTO 18 – Bitola de entrada original de 1 ½”.....	56
FOTO 19 – Bitola de saída original de 1 ¼”	57
FOTO 20 – Adaptador de 2 ½” de plástico acoplado na bitola original de bomba.....	58
FOTO 21 – Adaptador de 2 ½” de aço galvanizado acoplada na bitola original de bomba.....	58

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – Gráfico de performance da bomba do procedimento 1 (Altura Manométrica X Vazão).....	60
GRÁFICO 2 – Gráfico de performance da bomba do procedimento 1 (Potência X Vazão).....	61
GRÁFICO 3 – Gráfico de performance da bomba do procedimento 1 (Rendimento X Vazão).....	61
GRÁFICO 4 – Gráfico de performance da bomba do procedimento 2 (Altura Manométrica X Vazão).....	63
GRÁFICO 5 – Gráfico de performance da bomba do procedimento 2 (Potência X Vazão).....	63
GRÁFICO 6 – Gráfico de performance da bomba do procedimento 2 (Rendimento X Vazão).....	64
GRÁFICO 7 – Gráfico de sobreposição das curvas (Altura Manométrica X Vazão).....	65
GRÁFICO 8 – Gráfico de sobreposição das curvas (Potência X Vazão).....	65
GRÁFICO 9 – Gráfico de sobreposição das curvas (Rendimento X Vazão).....	66

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Sistema Internacional de Unidades.....	30
TABELA 2 – Unidades do SI com Nomes Especiais.....	31
TABELA 3 – Tabela das medidas adquiridas no procedimento 1.....	59
TABELA 4 – Tabela das medidas adquiridas no procedimento 2.....	62

1 INTRODUÇÃO

Segundo o art. 108 da Constituição Estadual de Santa Catarina de 1989, ao Corpo de Bombeiros Militar compete, além de outras atribuições estabelecidas em Lei “realizar os serviços de prevenção de sinistros ou catástrofes, de combate a incêndios e de busca e salvamento de pessoas e bens e o atendimento pré-hospitalar”.

Nesse contexto, os sistemas de bombeamento são de grande importância no combate à incêndios e atividades de esgotamento. Sua utilização constitui-se no processo de evolução tecnológica do CBMSC, resultando na potencialização do serviço, devido à grande flexibilidade operacional que apresentam e à apreciável redução de trabalho humano. Os sistemas de bombeamento representam recurso técnico de muito valia e de aplicação bastante diversificada, exigindo, porém, um criterioso dimensionamento que envolve várias fases. Nestas, são levadas em consideração exigências técnicas e econômicas para que se possa atingir um bom resultado para o sistema, em termos de desempenho e custos razoáveis.

A invenção das bombas hidráulicas, mecanismos capazes de incrementar pressão e velocidade à água que circula por dentro de tubulações, é um exemplo claro de como aparats criados em laboratórios podem vir a contribuir para o serviço do Corpo de Bombeiros.

Este trabalho tem como tema “A influência do diâmetro da boca de entrada e saída das bombas utilizadas no combate a incêndio pelo CBMSC”. Segundo Macintyre (1987, p.38), bombas são máquinas geratrizes cuja finalidade é realizar deslocamento de um líquido por escoamento. O CBMSC utiliza diversos tipos de bombas no seu uso diário. Este trabalho dará ênfase as bombas centrífugas que, segundo Rodrigues (2004, p.9), são aquelas em que a energia fornecida ao líquido é primordialmente do tipo cinética, sendo posteriormente convertida em vazão e energia de pressão que irá adicionar “carga” ao fluido para que ele vença as alturas de deslocamento.

Os Corpos de Bombeiros de uma maneira geral baseiam-se na NFPA-20 (*National Fire Protection Association*), uma norma norte americana que trata da segurança contra incêndios e na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

A influência do diâmetro das bombas de combate a incêndio, no entanto, é um tema pouco estudado, e sua base de conhecimento e aplicação é praticamente formada pelo empirismo.

O presente trabalho procura mostrar através dos testes de laboratórios se o fato de usar qualquer diâmetro tanto na entrada quanto na saída de uma bomba de combate a incêndio, não alterará seu rendimento e seu desempenho. É um assunto de grande relevância para o CBMSC, pois caso confirme, a aquisição de equipamentos, principalmente as bombas de combate a incêndio, não ficará restrita a somente um tipo de especificação técnica ou apenas um tipo de fornecedor, tendo assim uma maior opção de escolha, além de se ampliar e fomentar a livre concorrência

1.2 OBJETIVO GERAL

Verificar qual a influência do diâmetro da boca de entrada e saída das bombas utilizadas pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) com relação à curva característica da bomba.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analisar o referencial teórico que trata do funcionamento das bombas centrífugas.

Apontar a importância da identificação de curvas característica de bombas centrífugas.

Identificar aspectos do estudo que sejam relevantes à atividade realizada pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Dar ao CBMSC uma nova visão para a obtenção de bombas de combate a incêndio, contribuindo, no futuro, para a escolha e compra de equipamentos de menor custo.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia empregada visa definir os procedimentos, métodos e técnicas necessárias para conduzir a pesquisa científica. Para Gil (1999, p.42), a pesquisa tem um caráter pragmático, é um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

A técnica redacional utilizada neste trabalho envolveu primeiramente uma pesquisa bibliográfica (documentação indireta) com intuito de saber o estado da arte, bem como, que trabalhos já foram realizados a respeito e quais são as opiniões reinantes sobre o assunto. Na continuidade, utilizou-se também a técnica de documentação direta através de pesquisa de laboratório com o objetivo de se promover um ensaio para analisar a influência do diâmetro de entrada e saída das bombas utilizadas no combate a incêndio.

1.5 ESTRUTURAÇÃO

Os capítulos que compõem a estrutura deste trabalho podem ser divididos em três partes. A primeira composta pelo capítulo 1 que introduz o assunto apresentando a justificativa da elaboração da obra. A segunda, abrangendo o capítulo 2 que apresenta o referencial teórico, cálculos e equipamentos utilizados nos ensaios. E a terceira parte, envolvendo os capítulos 3, 4 e 5 que englobam a parte experimental, discussão dos resultados e conclusão, respectivamente.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRIA E ORGANIZAÇÃO DO CBMSC

Longa e dura foi a trajetória para a criação de uma seção de combate ao fogo na antiga capital da Província de Santa Catarina. Os incêndios que antes eram raros, tornaram-se mais freqüentes e mais destruidores.

A pressão tanto da imprensa quanto da população acabou tendo como consequência a criação da Lei nº 1137, de 30 de Setembro de 1916, que fixava o efetivo da força policial para o ano seguinte, autorizou, em seu art. 7º, o governador do estado a criar, na Força Pública (como, a partir daquele ano, passaria a denominar-se o então Regimento de Segurança) uma Seção de Bombeiros (BASTOS JÚNIOR, 2006, p.290).

Contudo, esta autorização acabou ficando apenas no papel, pois como a lei tinha vigência limitada ao ano, perdeu a validade, visto que não fora renovada.

Somente em 26 de setembro de 1926 deu-se a real instalação da unidade, composta por um efetivo de 27 praças, que contavam com um caminhão para o transporte da guarnição, duas bombas hidráulicas a vapor, seis escadas de assalto, pequenas ferramentas e dois aparelhos básicos de combate a incêndio.

Em 2 de outubro de 1926, na residência nº 6 da rua Tenente Silveira, registra-se a primeira ocorrência atendida pela guarnição da Seção do Corpo de Bombeiro.

Como somente a capital do Estado era provida da atividade bombeiril, a primeira descentralização da Corporação, ocorreu em 13 de agosto de 1958, com a instalação de uma Organização Bombeiro Militar no município de Blumenau.

Até o ano de 2003, o CBMSC estendia seus serviços a 37 municípios catarinenses. Porém, com a ocupação de apenas 13% das cidades do Estado, via-se a necessidade de não mais pertencer a Polícia Militar, visto que o foco das duas instituições eram totalmente distintos.

Foi então que em 13 de junho de 2003, a Emenda Constitucional nº 033, concedeu ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina o status de Organização independente, formando junto com a Polícia Militar, grupo de Militares Estaduais.

Segundo o art. 108 da Constituição Estadual, a atividade operacional do CBMSC compreende o combate a incêndios; a busca e o salvamento aquático, subaquático e terrestre; o atendimento pré-hospitalar e a atividade de prevenção. Os sete batalhões que existem no Estado estão distribuídos da seguinte maneira: 1º BBM em Florianópolis, 2º BBM em Curitibaanos, 3º BBM em Blumenau, 4º BBM em

Criciúma, 5º BBM em Lages, 6º BBM em Chapecó e o 7º BBM em Itajaí. Esses sete batalhões abrangem um total de 89 cidades catarinenses.

2.2 ATIVIDADE DE COMBATE A INCÊNDIO

Desde os primórdios, a humanidade vem utilizando o fogo para diversos fins, sendo este um dos principais responsáveis pela sua sobrevivência e pelo seu progresso. Serviu de arma para definir a superioridade do homem sobre os animais e a superioridade dos grupos entre si, na luta ditada pelo instinto de egoísmo humano. Serviu de divindade para muitos povos, refletindo o prisma espiritual também característico do homem. Serviu de tema para as indagações filosóficas próprias da curiosidade da civilização, quando em sua juventude. Porém, algumas vezes, o fogo foge ao controle do homem, provocando inúmeros desastres que, só cessam, quando consumido todo o material que o alimenta.

Por esta razão, vários estudiosos, através dos tempos, resolveram analisar profundamente o fogo, procurando identificar as suas causas, a sua composição e o seu comportamento, possibilitando assim, o estabelecimento de procedimentos racionais para combatê-lo de maneira eficaz e segura.

Segundo Tuve (1993), o fogo é um processo (reação química) de oxidação rápida, auto-sustentável, acompanhada pela produção de luz e calor em intensidades variáveis.

O incêndio é um acidente provocado pelo fogo, o qual, além de atingir temperaturas bastante elevadas, apresenta alta capacidade de se conduzir, fugindo ao controle do ser humano (CBMSC, 2006, p.2). Nesta situação se faz necessária a utilização de meios específicos a sua extinção.

O efetivo controle e extinção de um incêndio requer um entendimento da natureza química e física do fogo. Isso inclui informações sobre fontes de calor, composição e características dos combustíveis e as condições necessárias para a combustão. (CBPMSP, 2006, p.1)

2.2.1 ANALOGIAS GEOMÉTRICAS DO FOGO

Antigamente, o conceito de fogo subsistia com base na identificação de três elementos essenciais, o chamado Triângulo do Fogo. Este tipo de geometria era utilizada para ter uma associação com o fogo. De uma maneira simplificada, poderíamos associar o fogo à figura geométrica de um triângulo equilátero, cujos lados, de igual tamanho entre si, atribuem aos elementos que o compõem, igual importância à produção ou manutenção do fogo. Era composta pelos três elementos até então chamados de essenciais: combustível, comburente e calor. Hoje, porém, sabemos que esse triângulo não é tecnicamente correto. Essa teoria foi afastada, tendo em vista que esses três elementos não são capazes de dar uma sustentação ao fogo, sendo capaz de formá-lo sem, contudo, promover sua continuidade. A figura mostra como seria a representação de um triângulo do fogo.



Triângulo do fogo

Fonte: <http://www.defesacivil.rj.gov.br>

Para ter essa continuidade, adotou-se uma nova teoria onde contém na verdade mais um elemento, a teoria do Tetraedro do Fogo. Para que se produza uma combustão, necessita-se de quatro elementos: oxigênio (comburente), combustível, calor e a reação química em cadeia (HALL; ADAMS, 1998, p.43). Cada componente do tetraedro deve estar em seu lugar para que a combustão se produza. Se faltar um dos quatro componentes a combustão não se procede. A função didática deste polígono de quatro faces é a de complementar o triângulo do fogo com outro elemento de suma importância, a reação em cadeia (OLIVEIRA, 2005, p.16). A figura mostra a representação do tetraedro do fogo.



Tetraedro do fogo

Fonte: Manual de Fundamentos de Bombeiro

Segundo SAVOY (2003, p.48), combustível é o material que alimenta o fogo e compreende quase todos os materiais que possamos imaginar, como por exemplo, papel, madeira, gasolina etc. OLIVEIRA (2005, p.18) acrescenta que é o material ou substância que se oxida ou arde no processo de combustão.

Os combustíveis podem ser sólidos, líquidos ou gasosos, e a grande maioria precisa passar pelo estado gasoso para, então, combinar com o oxigênio. A velocidade da queima de um combustível depende de sua capacidade de combinar com oxigênio sob a ação do calor e da sua fragmentação (área de contato com o oxigênio). (CBPMSP, 2006, p.8)

Os combustíveis sólidos têm forma e tamanho definidos. Essa propriedade afeta significativamente a facilidade com que se incendeiam. Quanto maior a superfície exposta, mais rápido será o aquecimento do material e, conseqüentemente, o processo de combustão (CBPMSP, 2006, p.9). Por exemplo, a serragem queima melhor do que tábuas que queimam melhor do que lenha.

Os líquidos inflamáveis têm algumas propriedades físicas que dificultam a extinção do calor, aumentando o perigo para os bombeiros. Um líquido conserva seu volume, mas adquire a forma de seus recipientes (RUSSEL, 1994, p.10). Quando são derramados, os líquidos tomam a forma do piso, acumulando nas partes mais baixas.

Tanto o volume quanto a forma dos gases são variáveis, assim os gases se expandem e adquirem a forma do recipiente em que são colocados (RUSSEL, 1994,

p.10). Para o gás queimar, há necessidade de que esteja em uma mistura ideal com o ar atmosférico, e, portanto, se estiver numa concentração fora de determinados limites, não queimará. (CBPMSP, 2006, p.10).

Comburente é o elemento ativador do fogo, ou seja, que lhe dá vida e intensifica o fenômeno da combustão (SAVOY, 2003, p.48).

Segundo Muniz 2003,

são todos os elementos químicos capazes de alimentarem o processo de combustão, dentre os quais o oxigênio destaca-se como o mais importante, por ser o comburente obtido de forma natural no ar atmosférico que respiramos, o qual é composto por 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases.

Quando a porcentagem de oxigênio ultrapassa os 21%, dizemos que a atmosfera está enriquecida com oxigênio. Os materiais que arderiam nos níveis normais de oxigênio têm uma queima muito mais rápida podem incendiar-se com maior facilidade (OLIVEIRA, 2005, p.17).

Quando a porcentagem do oxigênio do ar do ambiente passa de 21% para a faixa compreendida entre 16% e 8%, a queima torna-se mais lenta. Quando o oxigênio contido no ar do ambiente atinge concentração menor que 8%, não há combustão (CBPMSP, 2006, p.12).

As perícias de incêndio demonstram que a medida que a temperatura de um incêndio compartimentado (no interior de uma edificação) aumenta, necessita-se de menores concentrações de oxigênio para que siga existindo a combustão com chamas.

O calor é uma forma de energia e é gerado através da transformação de outra energia, através de processos químicos físicos ou químicos (OLIVEIRA, 2005, p.19).

É a condição favorável que provoca a interação entre os dois reagentes, sendo este o elemento de maior importância no triângulo do fogo, uma vez que é responsável pelo início do processo de combustão, já que os dois outros reagentes, em condições naturais, encontram-se permanentemente associados (MUNIZ, 2003).

Pode ser descrito como uma condição da matéria em movimento, isto é, movimentação ou vibração das moléculas que compõem a matéria. Quando um corpo é aquecido, a velocidade das moléculas aumenta assim como o calor (CBPMSP, 2006, p.2).

Em conseqüência do aumento da intensidade de calor, os corpos apresentarão sucessivas modificações. Por exemplo, no aquecimento um pedaço de ferro, este, inicialmente, aumenta sua temperatura e, a seguir, o seu volume. Mantido o processo de aquecimento, ocorre uma mudança de cor desse ferro, perdendo sua forma, até o seu ponto de fusão, quando se transforma de sólido em líquido. Sendo ainda aquecido, gaseifica-se e queima em contato com o oxigênio, transformando-se em outra substância.

Segundo WEINGARTNER (2007, p.23) os mecanismos de transferência de calor são a condução, que depende somente de um ΔT (diferença de temperatura), a convecção, que depende de um ΔT e transporte de massa, e a radiação.

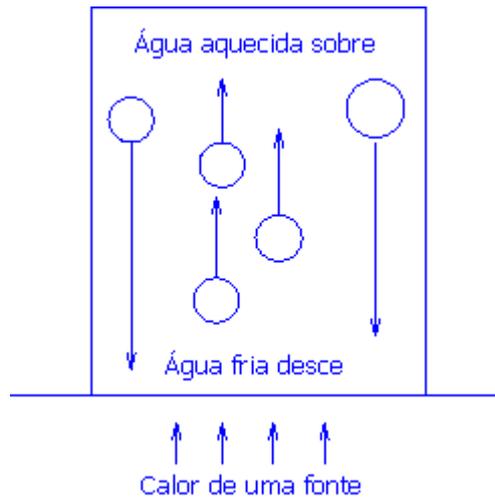
A condução pode ser vista como a transferência de energia de partículas mais energéticas para partículas de menor energia, em um meio devido as interações que existem entre eles (INCROPERA; DEWITT, 1998). A Figura mostra duas substâncias a diferentes temperaturas separadas por uma barreira que é removida subitamente.



Transferência de calor por condução

Fonte: <http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/calor/conducao.html>

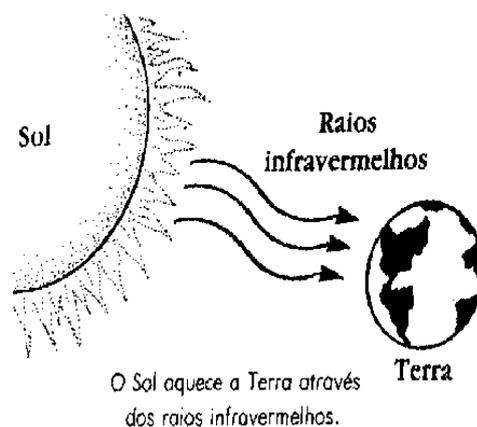
Quando a transferência de energia ocorrer entre um fluido em movimento e uma superfície, encontrando-se os mesmos em temperaturas diferentes, usa-se o termo transferência de calor por convecção (INCROPERA; DEWITT, 1998). A Figura ilustra as correntes de convecção em água fervendo.



Correntes de convecção em água fervendo

Fonte: <http://www.if.ufrj.br/teaching/fis2/calor/conducao.html>

Quando o meio intermitente é inexistente, ocorre uma troca líquida de energia (emitida na forma de ondas eletromagnéticas) entre duas superfícies a diferentes temperaturas, usa-se o termo radiação. A figura mostra a transferência de calor por radiação que o sol emite à Terra.



Transferência de calor por radiação

Fonte: http://www.terra.com.br/fisicanet/cursos/transferencia_de_calor/transferencia_de_calor.html

A combinação entre os termos rapidez e a reação de oxidação auto-sustentável deu lugar a um quarto elemento essencial para o início do fogo.

A reação em cadeia torna a queima auto-sustentável. O calor irradiado das chamas atinge o combustível e este é decomposto em partículas menores, que se

combinam com o oxigênio e queimam, irradiando outra vez calor para o combustível, formando um ciclo constante (CBPMSP, 2006, p.12).

A cadeia de reações, formada durante a combustão, propicia a formação de produtos intermediários instáveis, principalmente radicais livres, prontos a se combinarem com outros elementos, dando origem a novos radicais, ou finalmente, a corpos estáveis. Conseqüentemente, sempre teremos a presença de radicais livres em uma combustão. (MUNIZ, 2003).

2.2.2 MÉTODOS DE EXTIÇÃO DE INCÊNDIOS

Os métodos de extinção do fogo baseiam-se na eliminação de um ou mais elementos essenciais que provocam o fogo (OLIVEIRA, 2005, p.35). Os métodos de extinção visam desagregar um dos três elementos que formam o triângulo do fogo.

Eliminando um dos elementos do fogo, terminará a combustão. Aí se tem uma indicação muito importante de como se pode acabar com o fogo. Pode-se eliminar a substância que esta sendo queimada (esta é uma solução nem sempre possível). Pode-se eliminar o calor provocando o resfriamento no ponto em que ocorre a combustão (site: <http://www.geocities.com/Athens/Troy/8084/fogo_met.html>)

O método mais freqüentemente utilizado por bombeiros combatentes é o método de resfriamento (OLIVEIRA, 2005, p.35). Consiste na diminuição da quantidade de calor gerada pelo incêndio, de modo que a sua temperatura seja reduzida a valores (abaixo do ponto de inflamação), nos quais a combustão possa ser interrompida (CBMSC, 2006, p.17).

Existem ainda outros métodos como: a retirada do material, o abafamento e a quebra da reação química em cadeia.

A retirada do material é a forma mais simples de se extinguir o incêndio. Baseia-se na retirada do material combustível que ainda não foi atingido da área de propagação do fogo, quebrando assim, a alimentação da combustão (CBPMSP, 2006, p.18). Para melhorarmos a compreensão, fica mais fácil exemplificarmos: na sala de uma casa onde o foco de incêndio é um sofá, os bombeiros podem retirar o sofá do cômodo e evitar que o fogo se propaga para os outros móveis; ou numa indústria em que o incêndio é provocado pelo vazamento de combustível, fechamos

a válvula que abastece o vazamento. A figura mostra como deve ser feita a retirada do material.



Retirada do material

Fonte: <http://www.familiasegura.com/index.asp?id=2&codigo=113&menu=55&lang=>

O abafamento, também chamado de controle do comburente, é um dos métodos de extinção mais difíceis pois, a não ser por pequenos focos, que podem ser abafados com tampas, panos, etc., necessita de equipamentos e produtos específicos para sua obtenção (JÚNIOR, 2004). Consiste na eliminação ou diminuição do oxigênio das proximidades imediatas do combustível, e deste modo interrompendo a reação. A figura abaixo mostra como deve ser feita a extinção por abafamento.



Abafamento

Fonte: <http://www.familiasegura.com/index.asp?id=2&codigo=113&menu=55&lang=>

Alguns agentes extintores, quando são jogados sobre o fogo, sofrem ação do calor, reagindo sobre a área das chamas, quebrando a “reação em cadeia”. Isso ocorre porque o oxigênio comburente deixa de reagir com os gases combustíveis. Essa reação só ocorre quando há chamas visíveis. (CBMSP, 2006, p.19).

O trabalho dará maior ênfase ao método de extinção por resfriamento, devido sua relevância na pesquisa, tendo em vista que o objeto de nosso estudo visa a forma de utilização de equipamentos que fazem uso, em sua essência, da água como agente extintor.

Este método consiste em diminuir a temperatura do material combustível que está queimando, diminuindo, conseqüentemente, a liberação de gases ou vapores inflamáveis (http://users.femanet.com.br/quimica/matsemana/Mod_5.doc). Em outras palavras seria dizer que consiste na redução da quantidade de calor presente na reação.

Para se extinguir um incêndio mediante a redução da temperatura, deve ser aplicada água no combustível que queima de maneira suficiente para que haja uma absorção do calor gerado pela combustão.

A água é o agente extintor mais usado, por ter grande capacidade de absorver calor e ser facilmente encontrado na natureza (OLIVEIRA, 2005, p.36). A redução da temperatura está ligada à quantidade e à forma de aplicação da água (jatos), de modo que ela absorva mais calor que o incêndio é capaz de produzir (CBPMSP, 2006, p.23).

Para cada tipo de material existe uma forma de aplicação da água. Como regra geral, quanto mais neblinado o jato d'água, maior a absorção do calor gerado pela combustão, e menor os danos ao patrimônio. Cabe ressaltar, que nem sempre esse tipo de jato será necessário para se extinguir o incêndio, muitas vezes o profissional deverá aplicar um jato compacto de água sobre o incêndio, o que certamente acarretará prejuízo patrimonial.

2.2.3 ÁGUA

Substância de molécula composta de dois átomos de hidrogênio e um oxigênio (H₂O), constituinte fundamental da matéria viva e do meio que a condiciona (BARSA, 1995, p.112). A água existe na natureza nos três estados físicos da matéria: sólido, líquido e na forma de vapor d'água. Estima-se que quase $\frac{3}{4}$ da superfície da Terra estejam recobertos por água. Quase 60% do peso total do homem é constituído de água.

Como a água é indispensável à vida humana e sem ela nenhuma comunidade subsistiria, surge a necessidade de se cuidar do respectivo abastecimento, tendo em vista as suas diversas finalidades: consumo, usos domésticos e industriais, e serviços públicos – limpeza, combate a incêndio, irrigação etc. Acrescente-se que, com o aperfeiçoamento dos conhecimentos científicos aumentam as exigências quanto as propriedades da água potável e, com o progresso dos sistemas de abastecimento das cidades, vão desaparecendo enfermidades, tais como a febre tifóide, a cólera a disenteria.

A importância vital da água fez com que o homem – desde os tempos primitivos – lhe dedicasse os maiores cuidados, que se traduzem nas fases de captação, depósito, preservação, distribuição e tratamento.

Por ser abundante, de baixo custo e por sua grande capacidade de absorver calor, o que torna um elemento eficaz para resfriar os materiais e apagar os incêndios, a água é a substância que mais se emprega no combate ao fogo (Macintyre, 1998). Age por resfriamento, quando aplicada sob a forma de jato sólido ou neblinado nos incêndios de Classe A (site: <<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/virtual%20tour/hipertextos/up1/fogo.html>>).

Como meio extintor, a água tem a capacidade de resfriamento teórica de 2600kw por litro e por segundo, ainda que os testes demonstrem que durante a aplicação prática em um ataque direto essa capacidade caia em 1/3, ou seja, fique em 840kw. Disso podemos deduzir que 2/3 da água aplicada tem pouco ou nenhum efeito sobre o incêndio. (OLIVEIRA, 2005, p.111).

Em razão da existência de sais minerais em sua composição química, a água conduz eletricidade e seu usuário, em presença de materiais energizados, pode sofrer choque elétrico (CBPMSP, 2006, p.23).

Os incêndios são classificados de acordo com os materiais envolvidos (tipo de material combustível), bem como a situação em que se encontram (Oliveira, 2005, p.38). Essa classificação é feita para determinar o agente extintor adequado para o tipo de incêndio específico. Entendemos como agentes extintores todas as substâncias capazes de eliminar um ou mais dos elementos essenciais do fogo, cessando a combustão.

A água é mais usada para incêndios envolvendo combustíveis sólidos comuns, tais como papel, madeira, tecido borracha, plásticos e etc. Esse tipo de incêndio é classificado como de Classe A.

2.3 HIDRÁULICA E COMBATE A INCÊNDIO

Dentre os numerosos problemas que a extinção de incêndios apresenta ao bombeiro, um dos mais importantes e comuns consiste em fazer chegar a água até o fogo, em quantidade suficiente, de modo a se obter a combinação de sua capacidade de absorver calor, com o efeito mecânico do jato.

A situação ideal é, evidentemente, aquela em que se dispõe de um volume de água, suficiente, sob uma pressão estática adequada para atender as necessidades normais.

Entretanto é muito difícil ter uma situação como esta. Geralmente, os casos que se apresentam mais comumente ao bombeiro são os seguintes: altura insuficiente dos reservatórios e conseqüentemente pressão estática muito pequena, insuficiência ou mesmo ausência da rede de água, distância entre o ponto de abastecimento e o local do incêndio, etc.. Em todos estes casos, não temos alternativa senão recorrermos às bombas, a fim de podermos fornecer às linhas de ataque a quantidade de água necessária à pressão desejada.

2.4 GENERALIDADES DAS INSTALAÇÕES DE COMBATE A INCÊNDIO

As instalações de água potável, de esgotos sanitários e de águas pluviais, quando projetadas ou executadas inadequadamente, podem acarretar prejuízos de ordem material considerável, infligir danos à saúde das pessoas e comprometer até mesmo suas vidas. Uma instalação de proteção de combate a incêndio, entretanto, apresenta-se de uma forma mais direta e evidente como a salvaguarda de bens e de vidas humanas, que, na catástrofe de um incêndio, lamentavelmente podem ser destruídos. Enquanto os efeitos negativos de instalações inadequadas se

processam geralmente de forma lenta, as conseqüências de um incêndio não debelado prontamente são imediatas e sinistras.

O valor de uma vida humana justifica por si as despesas, mesmo elevadas, que se façam. Visa-se resguardá-la das conseqüências de irrupção de um incêndio, as quais vão desde o pânico, asfixia por fumaça e queimaduras, numa escalada que pode terminar com a carbonização do corpo.

Tratando-se de uma instalação à qual se espera nunca ser necessário recorrer e que, felizmente, fica apenas aguardando a eventualidade de um temível evento, existe uma tendência a se desprezar a possibilidade do sinistro, o que, conscientemente ou não, tem por efeito procurar justificar a economia com a execução de instalações inadequadas e o não-atendimento as exigências de ordem arquitetônica e construtiva, cuja importância é primordial.

As medidas de prevenção de incêndios devem ser consideradas desde o momento em que se inicia um projeto arquitetônico e se elaboram as especificações dos materiais de construção. O confinamento do incêndio pelo isolamento das áreas com portas corta-fogo; o uso, sempre que possível, de materiais incombustíveis; a previsão de saídas de emergências; instalações elétricas que venham a funcionar sem excesso de carga e com os dispositivos de segurança necessários, são alguns dos pontos a merecer considerações.

2.5 SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

As unidades fundamentais são:

Grandezas	Nome	Símbolo
comprimento	metro	m
massa	kilograma	kg
tempo	segundo	s
corrente elétrica	ampère	A
temperatura	kelvin	K
quantidade de substância	mole	mol
intensidade luminosa	candela	cd

Sistema Internacional de Unidades

Fonte: PALMIERI, 2005 p.3

Todas as unidades existentes podem ser derivadas das unidades básicas do SI (Sistema Internacional). Entretanto, são consideradas apenas aquelas que podem ser expressas através das unidades básicas do SI e sinais de multiplicação e divisão, ou seja, sem nenhum fator multiplicativo ou prefixo com a mesma função. Desta maneira, há apenas uma unidade do SI para cada grandeza. Contudo, para cada unidade do SI pode haver várias grandezas. Às vezes, dão-se nomes especiais para as unidades derivadas.

As unidades derivadas podem ser expressas em termos das unidades bases como: a área – metro quadrado (m^2); a velocidade – metro por segundo (m/s); a massa específica – quilograma por metro cúbico (Kg/m^3).

As unidades mais importantes para nosso estudo com nomes especiais são:

Grandezas	Nome	Símbolo	Expressão em termos de outras unidades	Expressão em termos das unidades fundamentais
Força	newton	N	-----	$m.kg/s^2$
Pressão	pascal	Pa	N/m^2	$kg/m.s^2$
Energia e Trabalho	joule	J	$N.m$	$kg.m^2/s^2$
Potência	watt	W	$N.m/s$	$kg.m^2/s^3$
Freqüência	hertz	Hz	ciclo/s	1/s

Unidades do SI com nomes especiais

Fonte: PALMIERI, 2005 p.3

2.6 CONCEITOS BÁSICOS DA HIDRÁULICA

Segundo Ferreira (2004), hidráulica é uma parte da hidrodinâmica aplicada que investiga de forma simplificada o escoamento de fluidos (especialmente água) e as aplicações tecnológicas de alguns tipos de escoamento. Azevedo Netto (2003,

p.20), complementa que é o estudo do comportamento da água e de outros líquidos, quer em repouso, quer em movimento.

Um fluido é qualquer substância capaz de escoar e assumir a forma do recipiente que o contem, podendo ser líquido ou gasoso (PALMIERI, 1985, p.3).

Massa específica, ρ , é a massa de uma substância contida na unidade de volume $\rho = m/V$. Tem dimensões $M.L^{-3}$. No Sistema Internacional exprime-se em kg/m^3 (PALMIERI, 1985, p.4).

O peso específico, γ , de uma substância é seu peso por unidade de volume $\gamma = \text{peso}/\text{volume}$. Segundo Palmieri (1985, p.4), é a força que a Terra exerce sobre a unidade de volume. No Sistema Internacional, o peso específico exprime-se em Newton por metro cúbico: N/m^3 .

Densidade, δ , é a relação entre a massa (ou o peso) de determinado volume do corpo considerado e a massa (ou o peso) de igual volume de água à temperatura de 4°C. (PALMIERI, 1985, p.5). O termo densidade é de certa forma ambíguo, podendo ser encontrado com definição diferente da que utilizamos. Em literaturas estrangeiras, por exemplo, o termo densidade é definido como massa específica.

Segundo Ignácio (2004, p.170), vazão é a quantidade em volume de fluido que atravessa uma dada seção do escoamento por unidade de tempo, ou ainda pelo produto da velocidade do fluido pela área à qual o mesmo está escoando.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

onde: V = volume

t = tempo

A determinação da vazão pode ser direta ou indireta; considera-se forma direta sempre que para a sua determinação recorrermos a equação (1) e forma indireta quando recorrermos a algum aparelho, como por exemplo Venturi.

A vazão normalmente é expressa em litros por segundo (l/s), litros por hora (l/h), metro cúbico por segundo (m^3/s), metro cúbico por hora (m^3/h). Devemos lembrar que, se o fluido for água, um metro cúbico ($1 m^3$) equivale a mil litros (1000 l).

Segundo SHYOIA (2001, p.3), as perdas de carga representam a dificuldade encontrada pelo fluido para escoar dentro da tubulação. Esta perda é dividida em

duas partes, localizada e distribuída. As perdas de carga localizada representam a dificuldade do fluido em atravessar os acessórios (válvulas, curvas, uniões, bocais, etc.) existentes ao longo da tubulação. Já as perdas de carga distribuída representam a resistência pelo líquido ao percorrer a tubulação.

A altura geométrica representa a elevação do ponto mais baixo, onde se dará a captação do fluido até o ponto mais alto, onde será transportado o mesmo, ou seja, representa a altura na vertical, do ponto onde está o fluido (rio, lago, caixa d'água) até o local a ser transportado (irrigação, caixa d'água, etc.) (SHIOYA, 2001, p.3).

Segundo SHYOIA (2001, p.3), a altura manométrica é a soma da altura geométrica mais as perdas de cargas (localizada e distribuída). Ela pode ser dividida em altura manométrica de sucção, recalque e total. A altura manométrica de sucção representa a soma da altura geométrica e as perdas de carga (localizada e distribuída) da tubulação de sucção, ou seja, do nível do fluido até o centro da bomba na sucção. A altura manométrica de recalque representa a soma da altura geométrica no recalque mais as perdas de carga, do centro da bomba até o nível mais alto em que será transportado o fluido.

O que tem grande relevância para esse nosso estudo é a altura manométrica total. Segundo JARDIM (1992, p.52), A altura manométrica total (AMT) representa, no bombeamento, a energia total que a bomba deve fornecer ao líquido, em metros de coluna líquida para que o mesmo vença o desnível geométrico total e as perdas de carga da instalação.

$$AMT = AMT_s + AMT_r \quad (2)$$

onde:

AMT_s – energia que a bomba deve fornecer para ao líquido para que o mesmo saia do nível do poço de sucção e chegue ao rotor da bomba ao nível do eixo.

AMT_r – energia que a bomba deve fornecer para ao líquido para este saia do nível do eixo do rotor e chegue ao nível final.

Uma bomba destina-se a elevar um volume de fluido a uma determinada altura, em seu certo intervalo de tempo, consumindo energia para desenvolver este trabalho e para seu próprio movimento, implicando em um rendimento característico. Basicamente, para a aquisição de uma bomba de combate a incêndio o Corpo de

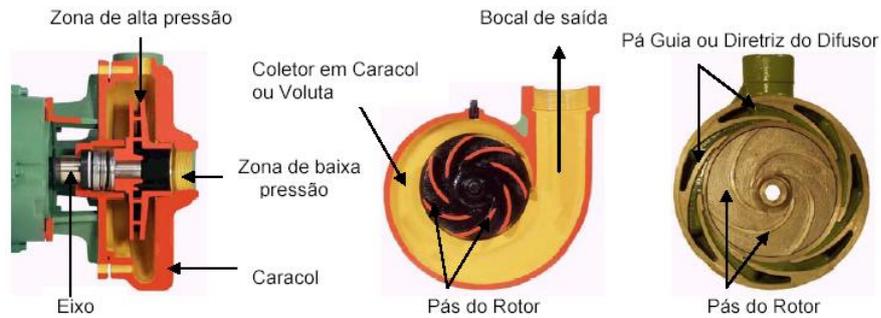
Bombeiros deve atentar-se para duas grandezas características das bombas que são a vazão e a altura manométrica total.

2.7 BOMBAS HIDRÁULICAS

Sabe-se que bombas hidráulicas são máquinas operatrizes que fornecem energia ao líquido com a finalidade de transportá-lo de um ponto a outro. Normalmente, recebem energia mecânica e a transformam em energia de pressão e cinética ou em ambas (GOMES, 2002). Estes equipamentos podem ser classificados basicamente em duas categorias: as bombas rotodinâmicas e as de deslocamento positivo. As primeiras caracterizam-se por deterem o rotor – órgão rotativo cuja finalidade é comunicar aceleração à massa líquida para esta adquirir energia cinética. Já as de deslocamento positivo têm por característica operacional principal o fato de que a pressão recalçada independe da altura manométrica desenvolvida. Entretanto, observa-se que na prática, o comportamento real deste tipo de bomba difere-se da teoria - onde a vazão recalçada independe da altura manométrica - devido às fugas de fluido ocasionadas pelas folgas presentes no interior da bomba (FARIAS, 2005, p.10).

Dentro da categoria das bombas rotodinâmicas, há a classificação segundo a trajetória do líquido no rotor: as bombas centrífugas puras ou radiais onde o líquido penetra no rotor paralelamente ao eixo sendo dirigido pelas pás para a periferia; as bombas de fluxo diagonal; ou ainda bombas axiais ou propulsoras (UNICAMP, 2007).

Neste trabalho, haverá a conceituação das bombas centrífugas, pois este tipo de bomba consiste no modelo mais utilizado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Segundo o catálogo da Schneider (2007), as bombas centrífugas consistem em máquinas que geram a movimentação do fluido pela ação de forças que se desenvolvem na massa do mesmo, em consequência da rotação de um eixo no qual é acoplado um disco (rotor, impulsor) dotado de pás (palhetas, hélice), o qual recebe o fluido pelo seu centro e o expulsa pela periferia, pela ação da força centrífuga, daí o seu nome mais usual. A figura abaixo ilustra um exemplo de bomba centrífuga.



Bomba centrífuga

Fonte: Manual Técnico da Schneider (2007)

De acordo com Azevedo Netto (1998, p. 269), “as bombas centrífugas são fabricadas nos mais variados modelos, podendo a sua classificação ser feita segundo vários critérios”, como por exemplo, pelo movimento do líquido (sucção simples e dupla); pela admissão do líquido (radial, diagonal e helicoidal); pelo número de rotores ou de estágios (podendo ser apenas um ou múltiplos); pelo tipo do rotor (fechado, semifechado, aberto e a prova de entupimento); pela posição do eixo (vertical, horizontal e inclinado) e pela pressão (baixa, média ou alta).

Azevedo Netto (1998, p. 273), discute sobre as bombas centrífugas e salienta que os resultados de ensaios realizados com as mesmas, quando funcionam com velocidade constante (rotações por minuto), “podem ser representados em um diagrama traçando-se as curvas características de carga, rendimento e potência absorvida, em relação à vazão”. Já o catálogo da Schneider (2007) conceitua a curva característica de uma bomba como: “a função particular do projeto e da aplicação requerida de cada bomba, dependendo do tipo e quantidade de rotores utilizados, tipo de caracol, sentido do fluxo, velocidade específica da bomba, potência fornecida, etc.”

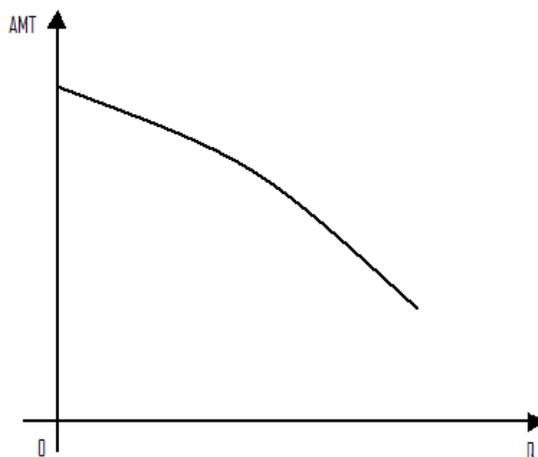
2.8 CURVAS CARACTERÍSTICAS DA MOTOBOMBA

A curva característica de uma motobomba é similar às impressões digitais de uma pessoa, empregando identidade e ilustrando – como uma foto – as particularidades que caracterizam uma determinada bomba centrífuga. Tal curva

consiste na melhor forma de descrever as características operacionais das bombas (FARIAS, 2007, p.10).

Curva característica de uma bomba centrífuga é a representação gráfica do desempenho operacional onde, para certa velocidade angular de giro (n), de um determinado rotor, registra-se a variação da altura manométrica total (AMT) em função da vazão de bombeamento (Q) (JARDIM, 1992, p.61).

A figura abaixo mostra um aspecto geral da curva característica de uma bomba centrífuga para uma determinada velocidade de rotação e um dado rotor.



Curva característica de uma bomba centrífuga

Fonte: do autor

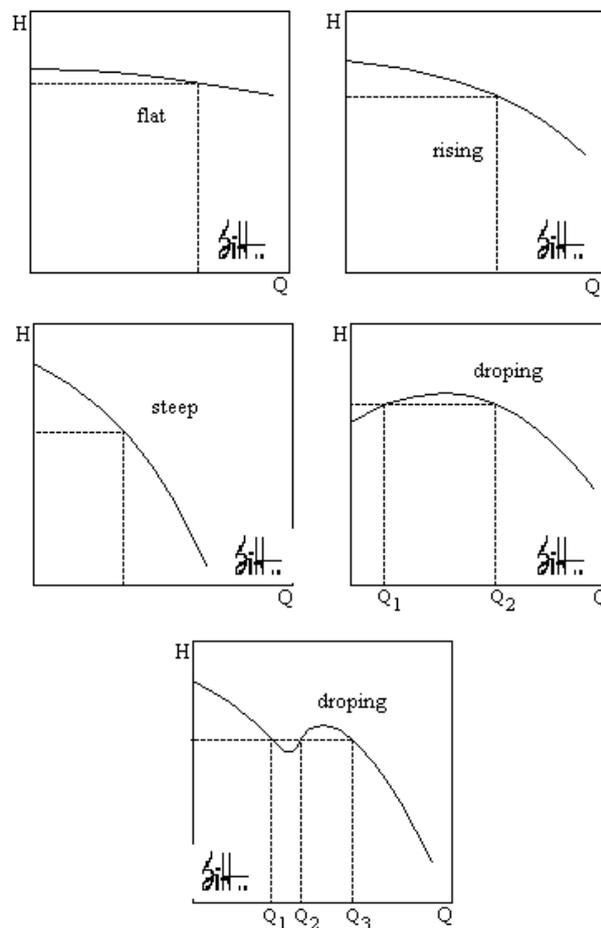
De acordo com o catálogo da empresa Schneider (2007), deve-se levantar a curva característica do sistema para confrontá-la com uma curva característica de bomba que se aproxime ao máximo do seu ponto ótimo de trabalho (meio da curva, melhor rendimento). O autor aconselha evitar os modelos de bomba cujo ponto de trabalho encontra-se próximo aos limites extremos da curva característica do equipamento devido principalmente por dois motivos. Primeiro, pelo baixo rendimento, e segundo porque há possibilidade de operação fora dos pontos limites da curva.

2.8.1 TIPOS DE CURVAS

De acordo com estudos realizados pela Universidade de Campinas – SP (UNICAMP), os tipos de curvas características variam segundo a altura manométrica e a vazão envolvida.

- **Flat** - altura manométrica variando muito pouco com a variação de vazão;
- **Drooping** - para uma mesma altura manométrica podemos ter vazões diferentes;
- **Steep** - grande diferença entre alturas na vazão de projeto e a na vazão zero (ponto de shut off);
- **Rising** - altura decrescendo continuamente com o crescimento da vazão.

A figura abaixo ilustra cada tipo anteriormente descrito.



Tipos de curvas características

Fonte: UNICAMP (2007)

2.8.2 OBTENÇÃO DA CURVA

O Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente (DCEA), em sua página publicada na rede mundial de computadores, observa que para traçar-se a curva característica de uma bomba, parte-se da equação de Bernoulli. Para aplicação desta equação utilizam-se valores identificados no ponto de sucção e de descarga do sistema:

$$H = \left(\frac{P_2}{\rho \cdot g} - \frac{P_1}{\rho \cdot g} \right) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + z_2 - z_1 \quad (3)$$

onde:

H [m] - altura total de elevação;

$P_2/\rho \cdot g$ [m] - pressão no manômetro transdutor na saída da bomba;

$P_1 / \rho \cdot g$ [m] - pressão no manovacuômetro transdutor na entrada da bomba;

v_2 [m/s] - velocidade média de escoamento na saída da bomba;

v_1 [m/s] - velocidade média de escoamento na entrada da bomba;

Para um líquido livre de gases dissolvidos, o aumento da pressão ao passar por uma bomba é função da vazão (Q), de sua massa específica (ρ), de sua viscosidade (μ), da velocidade de rotação (N) e do diâmetro (D) do rotor, ou seja:

$$\Delta P = f (Q, \rho, \mu, N, D) \quad (4)$$

Em razão das muitas variáveis envolvidas no bombeamento, aplica-se o teorema PI de Buckingham, que segundo Azevedo Netto (1998, p. 158), possibilita uma comparação entre as grandezas pertinentes envolvidas além de ser uma análise dimensional dessas mesmas.

É possível diminuir a quantidade de variáveis que ΔP é função criando parâmetros adimensionais, que governam as forças e os momentos envolvidos, através desta análise dimensional. Assim, o número de variáveis independentes é consideravelmente reduzido.

A análise dimensional é baseada no fato que, em uma equação que lida com o mundo real físico cada termo deve ter as mesmas dimensões. Assim tem-se a idéia do teorema PI de Buckingham:

Se K é igual ao número de dimensões fundamentais necessárias para descrever as variáveis físicas (na hidráulica, as variáveis físicas são expressas em termos de força, comprimento e tempo, portanto K=3); e P_1, P_2, \dots, P_N representam N variáveis físicas na relação física:

$$f_1(P_1, P_2, \dots, P_N) = 0 \quad (5)$$

Então, a relação física pode ser reescrita como uma relação entre (N-K) produtos adimensionais, chamados produtos Π ,

$$f_2(\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_{N-K}) = 0 \quad (6)$$

onde cada Π é um produto adimensional de um conjunto K de variáveis físicas mais uma outra variável.

A escolha das repetidas variáveis P_1, P_2, \dots, P_N dever ser tal que inclua todas as K dimensões usadas no problema. A variável dependente deve aparecer em apenas um dos produtos Π .

Sabendo-se, então, as variáveis envolvidas no bombeamento de um fluido através de um sistema qualquer e aplicando o teorema descrito, temos que, acima de um certo número de Reynolds (alta turbulência), a razão entre os adimensionais de pressão e vazão são:

$$\frac{\Delta P}{\rho \cdot N^2 D^2} = f \left(\frac{Q}{N D^3} \right) \quad (7)$$

Desta maneira, a curva característica da bomba, P x Q é única desde que N e D sejam mantidas constantes.

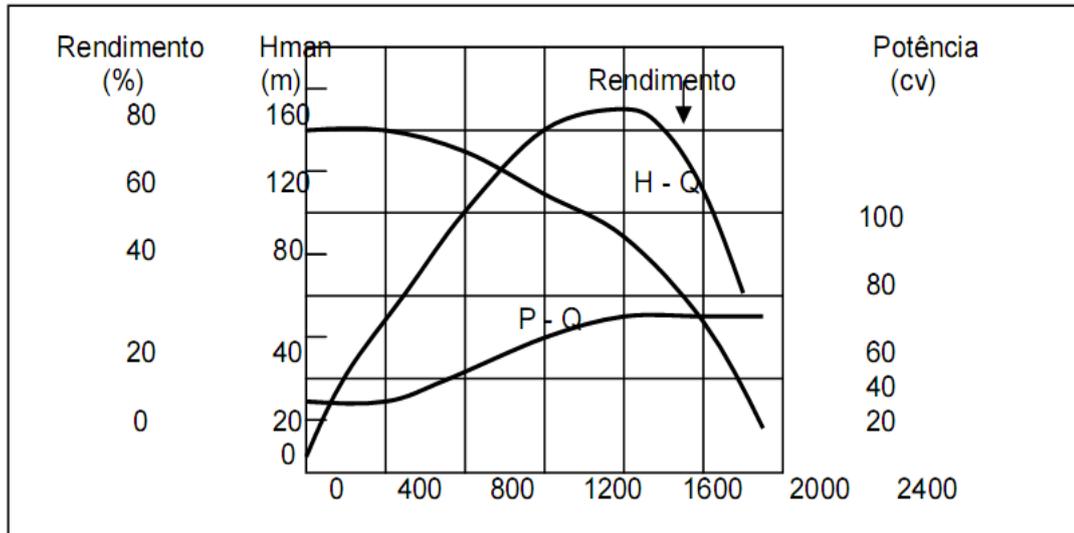


Gráfico da curva característica de uma bomba

Fonte: DCEA (2007)

3 PARTE EXPERIMENTAL

3.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

Além de prancheta, caneta, papel, máquina fotográfica e filmadora, para anotar e registrar os dados dos ensaios, utilizou-se os seguintes materiais:

- Motobomba centrífuga de rotor radial modelo SHX2 2cv, marca SOMAR com diâmetro de sucção 1 ½" e diâmetro de recalque 1 ¼", motor elétrico WEG, II pólos, monofásico, grau de proteção IP 21, 60 Hz.

Na bancada de teste do laboratório foram utilizados:

- Medidores de vazão do tipo eletromagnéticos marca Danffos, com exatidão de 0,3% fundo de escala nas bitolas de 2 ½" polegadas e 1 polegada.
- Transdutores de pressão positiva marca Zurich com exatidão de 0,1% fundo de escala, aferidos por laboratório certificado RBC (Rede Brasileira de Calibração), faixa de utilização de 0 – 60 mca e transdutores de pressão negativa com faixa de utilização de -10 à +10 mca.

- Acessórios para conexão hidráulica:
 - a) anel piezométrico para tomada de dados e pressão
 - b) adaptadores de bitolas de 1 ½” para 2 ½” e 1 ¼” para 2 ½”.
- Painel elétrico para acionamentos do motor e sistema eletrônico de aquisição de dados monitorados por computador.
- Software de aquisição de dados “Elipse Scada”

3.1.1 LABORATÓRIO DA EMPRESA SOMAR

O laboratório da empresa SOMAR foi utilizado como campo de testes para os procedimentos experimentais. O sistema é composto com energia estabilizada e medidores de vazão, pressão, temperatura, corrente, tensão, freqüência, Kva, Kvar, Kw e rendimento. Abaixo estão as fotos do laboratório.



Foto: Laboratório da empresa SOMAR INDÚSTRIAS S.A.

fonte: Empresa SOMAR



Foto: Laboratório da empresa SOMAR INDÚSTRIAS S.A.

fonte: Empresa SOMAR

O sistema automatizado para etiquetagem das bombas é composto de um painel elétrico aonde a tensão de testes varia de: 127, 220, 380, 440, 660V e um sistema de aquisição de dados com módulos especiais mais um computador composto de um Software Supervisório.

A seguir serão mostradas as principais telas do Software Supervisório “Elipse Scada” utilizado pela Somar.

Para dar início ao ensaio é necessário primeiramente cadastrar a bomba, colocando seu código, modelo, todas as suas características. Com isso seus dados serão armazenados em um banco de dados no sistema e no próximo ensaio bastará apenas digitar o código.



Tela da cadastro das bombas

Fonte: Empresa SOMAR

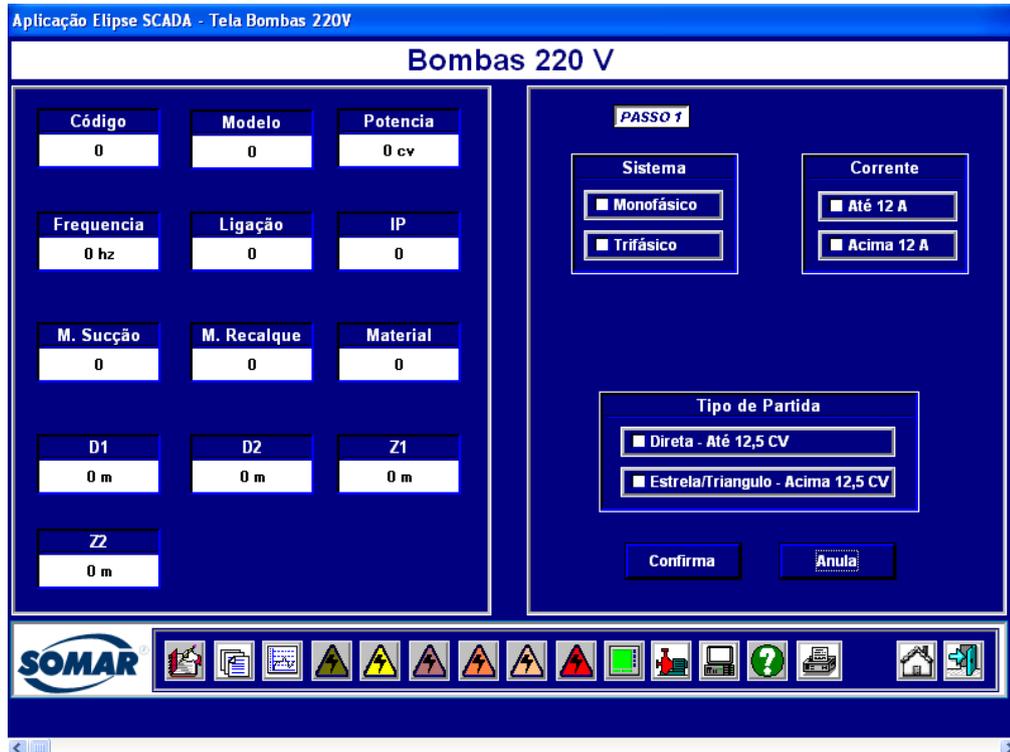
Na tela abaixo o operador digitará o código da bomba que será testada e selecionará a tensão desejada para o ensaio. Com isso o sistema puxará automaticamente todos os dados para realizar o ensaio.



Tela do início do ensaio

Fonte: Empresa SOMAR

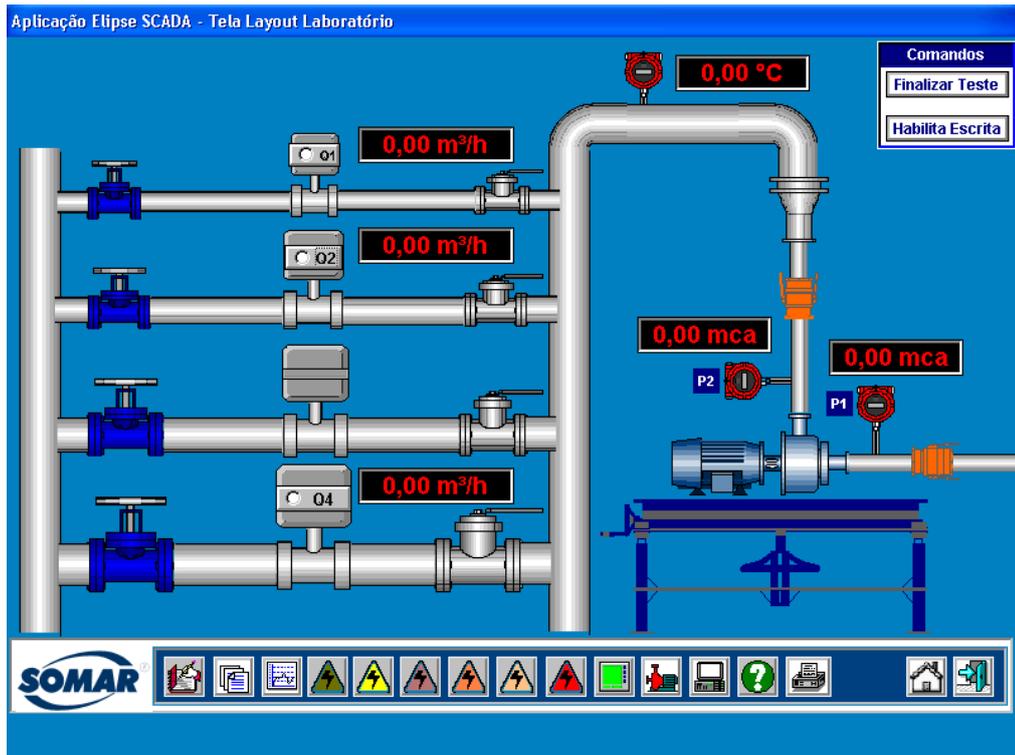
Após digitar o código da bomba e escolher a tensão de teste, uma tela como a mostrada abaixo é aberta. Na janela do lado esquerdo, serão exibidas as principais características e informações da bomba. Na janela do lado direito, o operador dará os comandos para iniciar o ensaio.



Tela de comandos

Fonte: Empresa SOMAR

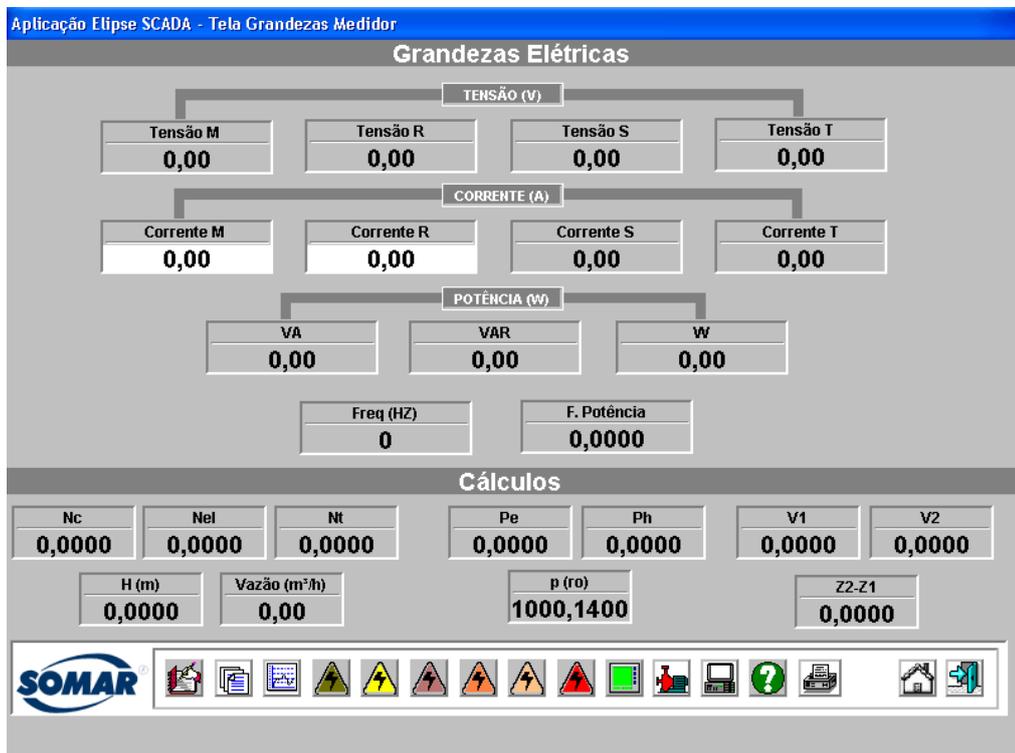
Através da tela de layout laboratório mostrada abaixo o operador poderá visualizar os valores coletados dos medidores de vazão, pressão e temperatura. A bomba ficará trocando de cor indicando que o ensaio se encontra em operação.



Tela layout do laboratório

Fonte: Empresa SOMAR

A tela abaixo exibe as grandezas elétricas coletadas pelo medidor de energia, em tempo real e os resultados são utilizados para o levantamento das curvas e detalhamento das características do conjunto motobomba.



Tela das grandezas elétricas

Fonte: Empresa SOMAR

A tela abaixo exhibe os dados coletados durante o ensaio. Estes dados são armazenados em um banco de dados do sistema aonde pode ser gerado relatório e gráficos ou ainda podem ser exportados para o software da empresa Microsoft que ordena dados em forma de planilha (Microsoft Office Excel).

Aplicação Elipse SCADA - Tela de Relatório

Relatórios

MODELO	POT(cv)	IP	COR NOM(A)	FS	ROTOR(mm)	H	Vazão	Pot. Ab. Kw	Pot. Ab. CV
SCX1	0,330000	21	1,200000	1,750000	112	18,7018	2,7581	0,0000	0,0000
SCX1	0,330000	21	1,200000	1,750000	112	0,7676	6,7387	0,0000	0,0000
SCX1	0,330000	21	1,200000	1,750000	112	4,9044	5,6869	0,0000	0,0000
SCX1	0,330000	21	1,200000	1,750000	112	8,0376	4,7287	0,0000	0,0000
SCX1	0,330000	21	1,200000	1,750000	112	10,8663	3,7856	0,0000	0,0000
SCX1	0,330000	21	1,200000	1,750000	112	13,2571	2,7937	0,0000	0,0000
SCX1	0,330000	21	1,200000	1,750000	112	15,2629	1,8356	0,0000	0,0000
SCX1	0,330000	21	1,200000	1,750000	112	16,7580	0,8775	0,0000	0,0000
SCX1	0,330000	21	1,200000	1,750000	112	18,0047	0,1313	0,0000	0,0000
SCX2	2	21	7	1	140	16,9112	13,6181	0,0000	0,0000

Abbrir Arquivo .dat | Abrir Arquivo .xls | Escrever Excel | Imprimir .dat | Reiniciar Teste

Abbrir Arquivo .dat | Abrir Arquivo .xls | Escrever Excel | Imprimir .dat

D1(m)	D2(m)	V1	V2	Z2_Z1	Ph	Fe	Nc	P1_MCa	P2_
0,0254	0,0254	2,1166	2,1166	0,1200	43,8753	653,8728	0,0597	-1,7195	2
0,0254	0,0254	2,0816	2,0816	0,1200	61,8058	650,5270	0,0844	-1,7106	4
0,0254	0,0254	2,0521	2,0521	0,1200	80,0104	670,8272	0,1068	-1,7463	5
0,0254	0,0254	2,0319	2,0319	0,1200	100,4425	698,9222	0,1296	-1,7871	8
0,0254	0,0254	2,0496	2,0496	0,1200	123,3111	735,0415	0,1523	-1,7628	10
0,0254	0,0254	2,0743	2,0743	0,1200	144,0162	746,7144	0,1777	-1,8074	12
0,0254	0,0254	2,0558	2,0558	0,1200	161,8723	748,5580	0,1970	-1,7998	13
0,0254	0,0254	2,0373	2,0373	0,1200	182,5452	762,7193	0,2199	-1,8062	16
0,0254	0,0254	1,9582	1,9582	0,1200	193,7593	761,4104	0,2331	-1,8979	17
0,0254	0,0254	1,7413	1,7413	0,1200	189,7455	752,6432	0,2297	-2,0484	19

SOMAR

Tela dos relatórios

Fonte: Empresa SOMAR

Para gerar o gráfico basta o operador selecionar o arquivo que foi gerado através da tela de relatórios e clicar sobre o botão “Atualizar Dados”, desta forma a curva é plotada automaticamente pelo sistema e o gráfico pode ser convertido para uma extensão de arquivo gráfico (bitmap).



Tela de gráficos

Fonte: Empresa SOMAR

O software de aquisição de dados foi projetado exclusivamente com a finalidade de ensaio das bombas hidráulicas, de acordo com as exigências do INMETRO.

O painel de acionamento de comando mostrado nas fotos abaixo possui módulos eletrônicos de aquisição de dados que fazem leituras analógicas de sinais de corrente na faixa de 4 a 20mA, provenientes dos medidores de vazão e dos transdutores de pressão e também fazem leituras de sinais digitais provenientes dos equipamentos de medições elétricas. Com isso, as grandezas de: pressão positiva, pressão negativa, vazão, corrente elétrica, tensão de alimentação, frequência de operação, potência elétrica consumida, temperatura da água utilizada, cosseno θ do motor, são transformados em sinais possíveis de serem lidos por computador (lidos) e são apresentados na tela do micro.

Com as grandezas acima citadas lidas, demais grandezas são calculadas automaticamente e também apresentadas na tela. Estas grandezas são: massa específica, potência de eixo do motor, rendimento do conjunto e rendimento da bomba.



Painel elétrico para acionamento do motor

Fonte: do autor



Módulos eletrônicos para aquisição de dados

Fonte: do autor

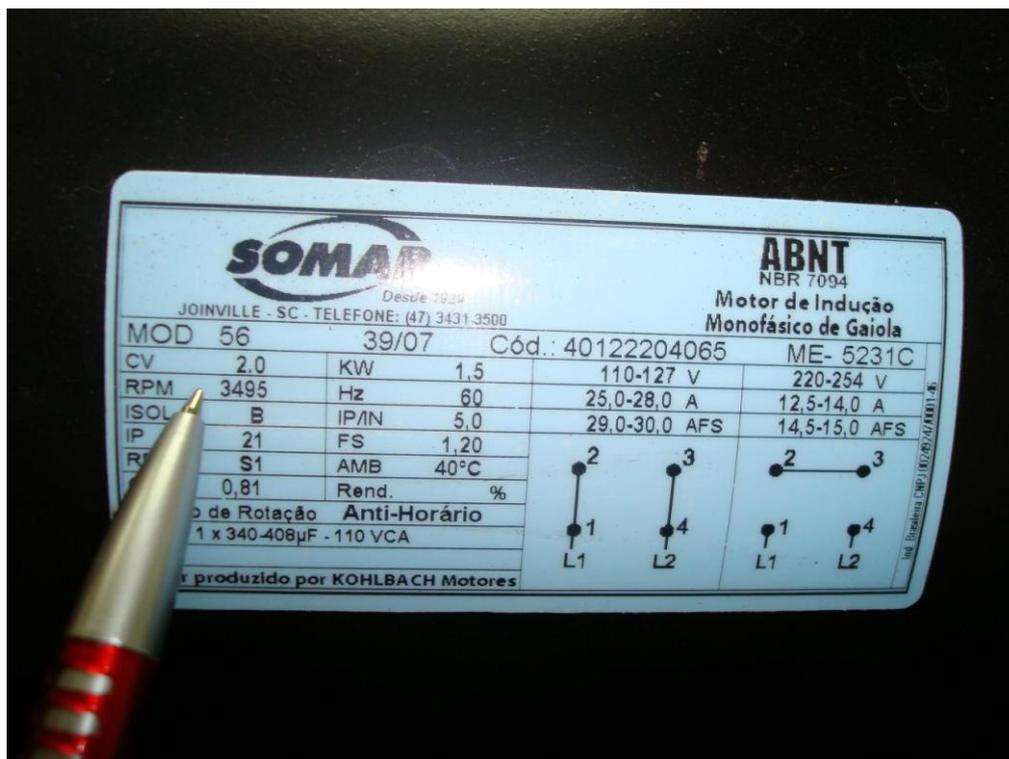
3.1.2 MOTOBOMBA

As figuras abaixo mostram a motobomba utilizada nos testes e suas especificações técnicas.



Motobomba utilizada no teste

Fonte: do autor



Especificações técnicas da bomba
Fonte: do autor

3.1.3 ACESSÓRIOS PARA ADAPTAÇÃO DAS BITOLAS

Os adaptadores de bitolas são objetos utilizados para dar uma ampliação às bitolas originais da bomba. No caso deste trabalho foram utilizados dois jogos de adaptadores, um de plástico na bitola de entrada da bomba e um adaptador de aço galvanizado na bitola de saída da bomba.



2 jogos de adaptadores
Fonte: do autor

3.1.4 MEDIDORES DE VAZÃO

O medidor de vazão utilizado nos testes pode ser mostrado na foto abaixo. O sistema é composto com três destes medidores.



Medidor de vazão

Fonte: do autor

3.1.5 TRANSDUTORES DE PRESSÃO

Os transdutores de pressão (positiva e negativa) utilizados no teste podem ser vistos nas duas fotos seguintes.



Transdutor de pressão negativa

Fonte: do autor



Transdutor de pressão positiva

Fonte: do autor

3.1.6 ANEL PIEZOMÉTRICO PARA TOMADA DE DADOS E PRESSÃO

O anel piezométrico para tomada de dados e pressão utilizado nos testes pode ser visto na foto seguinte:



Anel piezométrico para tomada de dados e pressão

Fonte: do autor

3.2 PROCEDIMENTOS

O ensaio experimental visa reproduzir as condições de uso de uma bomba centrífuga em uma situação real de combate a incêndio, com o intuito de medir as vazões e as alturas manométricas a fim de conseguir o gráfico da curva característica da bomba. Esses procedimentos foram realizados no laboratório de testes da empresa SOMAR S.A. INDÚSTRIAS MECÂNICAS

3.2.1 PROCEDIMENTO 1

De modo a ser possível conseguir mensurar as vazões e as alturas manométricas da bomba, primeiramente foi utilizada a bomba com diâmetros de entrada e saída originais, ou seja, entrada de 1 ½” e saída de 1 ¼”, conforme mostrado abaixo nas figuras 5 e 6. A bomba foi acoplada ao circuito existente dentro do laboratório que se assemelha a uma situação real de uso. Então para dar início ao teste foi feita a abertura da válvula de sucção, instalados sensores de pressão manométrica na entrada e na saída da bomba e feito o acionamento do conjunto. Inicialmente foi deixada a bomba com maior vazão possível, dando com isso uma menor altura manométrica, pois como sabemos, a altura manométrica e a vazão são grandezas indiretamente proporcionais. Em seguida a vazão foi diminuída até ocorrer uma estabilização e observada a altura manométrica daquele ponto. Após alguns instantes de estabilização as grandezas hidráulicas e elétricas são adquiridas através do software Elipse Scada. Após isso a vazão foi diminuída continuamente até chegar a menor vazão possível para a bomba, dando então uma altura manométrica final. A aquisição é feita pelo operador nos pontos de vazão e pressão que melhor lhe convier, e este ponto de vazão e pressão são obtidos através do fechamento e abertura da válvula de descarga acoplada na saída da motobomba. Esta válvula impõe perda de carga ao circuito hidráulico, simulando desta forma a altura manométrica total. Esta AMT é calculada pela fórmula:

$$AMT = \frac{P_2^2 - P_1^2}{\rho g} + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + Z_2 - Z_1 \quad (8)$$

The diagram illustrates the physical meaning of each term in the AMT formula (8):

- The term $\frac{P_2^2 - P_1^2}{\rho g}$ is associated with the label "pressão saída" (outlet pressure) and "pressão entrada" (inlet pressure).
- The term $\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$ is associated with the label "velocidade da água no recalque" (water velocity in the discharge).
- The term $Z_2 - Z_1$ is associated with the label "diferença das cotas entre os transdutores" (difference in elevations between the transducers).

Para cada ponto de vazão e pressão desejados o sistema faz a leitura automática de todas as demais grandezas envolvidas:

Q = vazão

H = altura

RPM = rotação

P_h = potência hidráulica

$\eta_{\text{bomba}}^{\%}$ = rendimento da bomba

Para um ensaio completo de um conjunto motobomba, o INMETRO, em seu regulamento específico para uso da ENCE (Etiqueta Nacional de conservação de energia), exige que sejam aferidos 6 pontos para baixo e 6 pontos para cima do ponto de melhor rendimento do equipamento, dando com isso um total de 24 aferições.



Bitola de entrada original de 1 ½”

Fonte: do autor



Bitola de saída original de 1 ¼”

Fonte: do autor

3.2.2 PROCEDIMENTO 2

Neste segundo procedimento foi utilizada a mesma bomba do procedimento 1, porém, ao invés das bitolas originais, foi acoplado 1 adaptador na entrada da bomba com diâmetro 2 ½” e um 1 adaptador na saída da bomba com diâmetro de 2 ½”. O adaptador acoplado na entrada da bomba é feito de plástico e o adaptador acoplado na saída da bomba é feito de aço galvanizado. Isso pode ser mostrado abaixo nas figuras 7 e 8. Essas bitolas são as exigidas pelo CBMSC e de acordo com algumas empresas responsáveis pela fabricação desse tipo de bomba, tanto em Santa Catarina como também algumas fora do estado, são as exigidas pelos Corpos de Bombeiros em geral.

Este procedimento foi realizado com o intuito de conseguir uma relação da bomba utilizada tanto com suas bitolas originais quanto com o ajustamento feito com os adaptadores. Esta relação é dada pela curva característica da bomba.



Adaptador de 2 ½" de plástico acoplado na bitola original da bomba

Fonte: do autor



Adaptador de 2 ½" de aço galvanizado acoplado na bitola original da bomba

Fonte: do autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PROCEDIMENTO 1

Como resultados do procedimento 1 temos os dados exibidos na tabela abaixo. Para ficar mais clara a comparação entre a bomba com bitolas originais e a bomba com bitolas modificadas, foi adquirido também os dados de rotações por minuto (RPM), potência e rendimento nos procedimentos realizados. Logo abaixo da tabela estão os gráficos de altura manométrica X vazão, potência X vazão e rendimento X vazão.

Data/Hora	Vazão (m³/h)	Alt. Man. (m.c.a)	RPM	Pot. (W)	Rend. (%)
8/3/2008 12:23	23,06	3,08	3432,00	2,64	7,29
8/3/2008 12:23	23,08	3,11	3432,00	2,64	7,41
8/3/2008 12:23	23,07	3,19	3432,00	2,64	7,60
8/3/2008 12:27	21,82	8,14	3415,00	2,69	17,96
8/3/2008 12:27	21,82	8,09	3415,00	2,69	17,85
8/3/2008 12:27	21,80	8,13	3415,00	2,81	17,16
8/3/2008 12:30	19,37	13,34	3395,00	2,67	26,31
8/3/2008 12:30	19,38	13,23	3395,00	2,67	26,10
8/3/2008 12:30	19,42	13,30	3395,00	2,89	24,28
8/3/2008 12:32	16,51	18,59	3397,00	2,87	29,09
8/3/2008 12:32	16,49	18,44	3397,00	2,87	28,83
8/3/2008 12:32	16,49	18,44	3397,00	2,85	28,99
8/3/2008 12:34	13,84	23,19	3407,00	2,74	31,81
8/3/2008 12:34	13,84	23,16	3407,00	2,74	31,76
8/3/2008 12:34	13,82	23,16	3407,00	2,76	31,53
8/3/2008 12:35	10,58	28,27	3428,00	2,52	32,18
8/3/2008 12:35	10,58	28,21	3428,00	2,52	32,12
8/3/2008 12:35	10,58	28,28	3428,00	2,54	31,97

8/3/2008 12:37	6,44	33,13	3468,00	2,15	26,98
8/3/2008 12:37	6,44	33,26	3468,00	2,15	27,08
8/3/2008 12:37	6,44	33,26	3468,00	2,08	27,92
8/3/2008 12:38	0,01	36,75	3524,00	1,44	0,08
8/3/2008 12:38	0,01	36,84	3524,00	1,44	0,08
8/3/2008 12:38	0,01	36,84	3524,00	1,46	0,08

Tabela das medidas aquisitadas no procedimento 1

Fonte: do autor

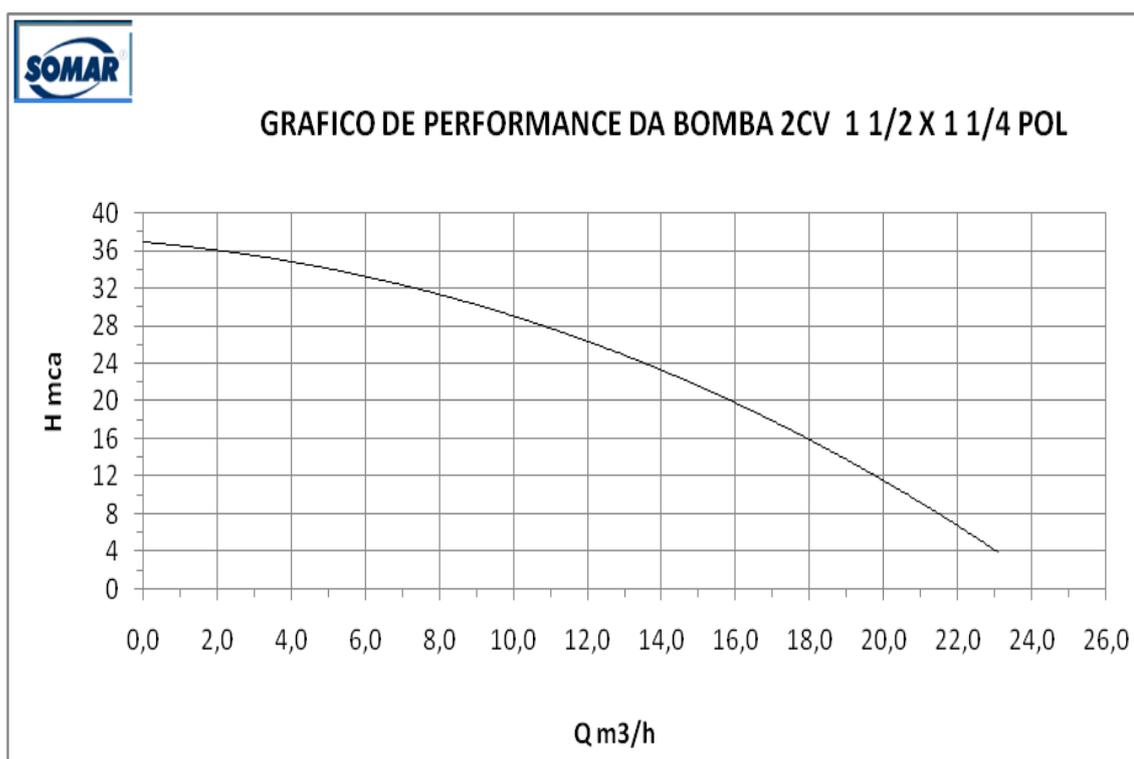


Gráfico de performance da bomba do procedimento 1 (altura manométrica X vazão)

Fonte: do autor

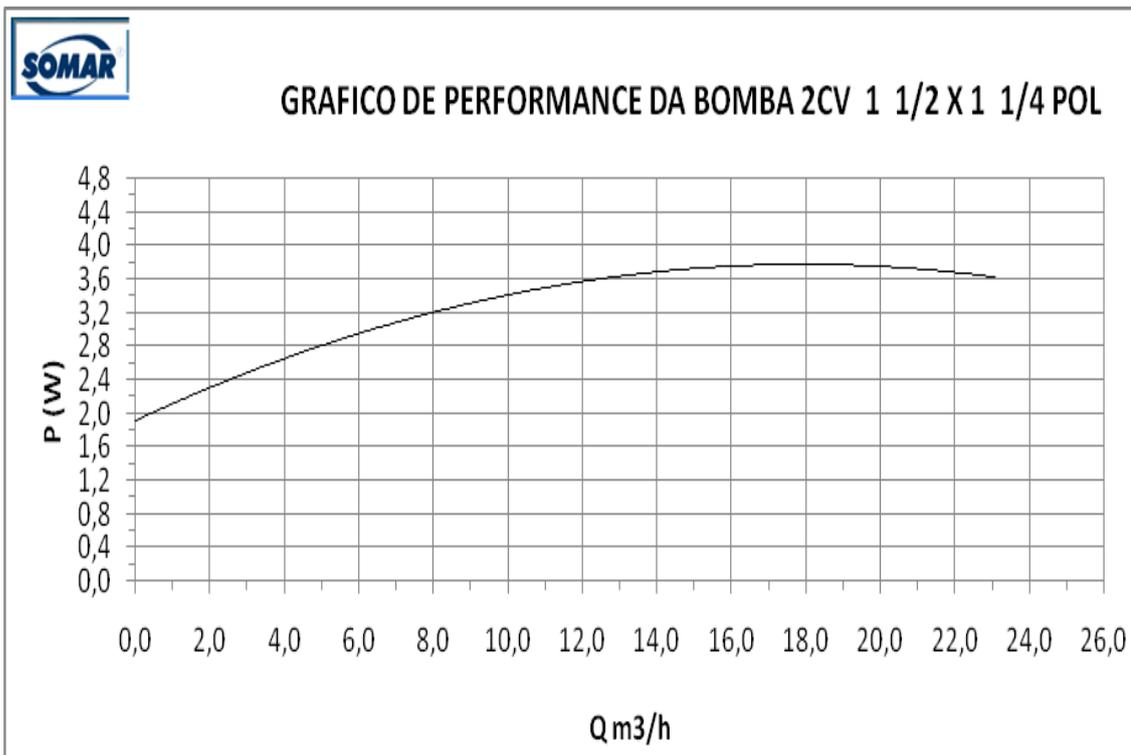


Gráfico de performance da bomba do procedimento 1 (potência X vazão)

Fonte: do autor

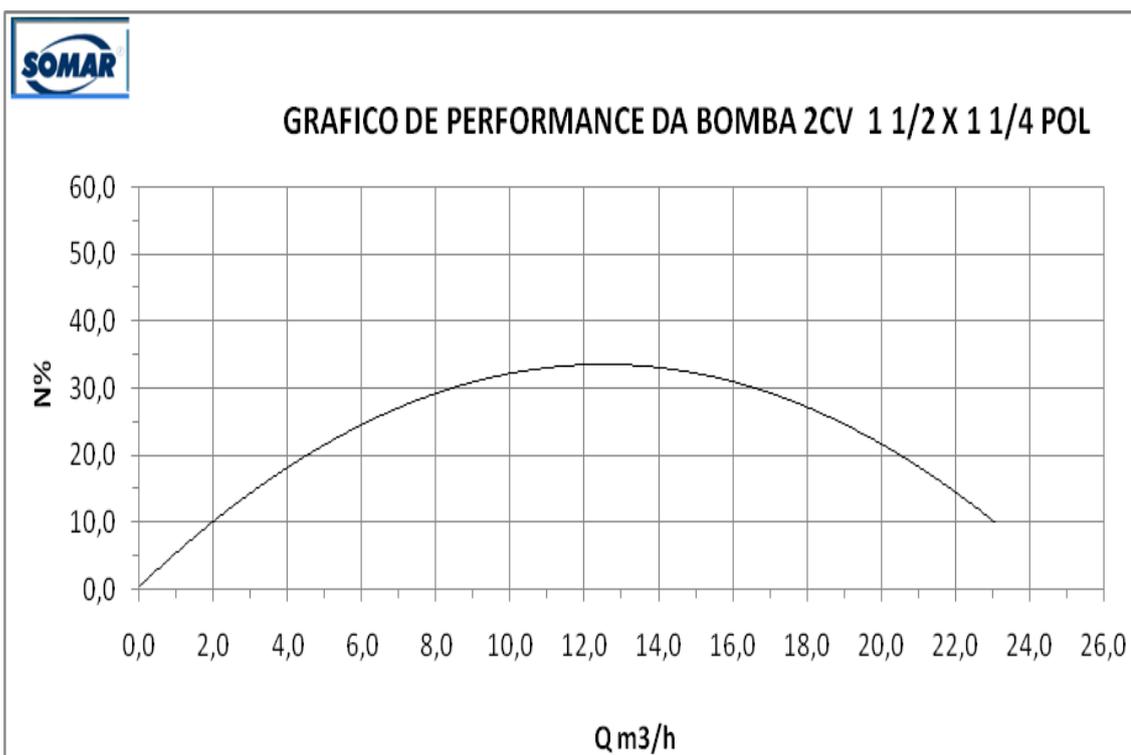


Gráfico de performance da bomba do procedimento 1 (rendimento X vazão)

Fonte: do autor

4.2 PROCEDIMENTO 2

Os dados obtidos com o procedimento 2 estão na tabela abaixo. Logo abaixo da tabela estão os gráficos conseguidos com esses dados.

Data/Hora	Vazão (m³/h)	Alt. Man. (m.c.a)	RPM	Pot. (W)	Rend. (%)
8/3/2008 13:58	22,82	5,28	3435,00	2,71	12,10
8/3/2008 13:58	22,82	5,32	3435,00	2,71	12,20
8/3/2008 13:58	22,82	5,32	3435,00	2,70	12,24
8/3/2008 13:59	21,46	9,84	3423,00	2,83	20,32
8/3/2008 13:59	21,48	9,94	3423,00	2,83	20,53
8/3/2008 13:59	21,49	10,02	3423,00	2,83	20,70
8/3/2008 14:01	19,16	15,18	3427,00	2,79	28,39
8/3/2008 14:01	19,17	15,07	3427,00	2,79	28,19
8/3/2008 14:01	19,17	15,13	3427,00	2,88	27,39
8/3/2008 14:02	16,25	20,22	3424,00	2,84	31,51
8/3/2008 14:02	16,24	20,33	3424,00	2,84	31,67
8/3/2008 14:02	16,24	20,13	3424,00	2,84	31,28
8/3/2008 14:02	13,43	25,09	3433,00	2,71	33,81
8/3/2008 14:02	13,43	25,09	3433,00	2,71	33,81
8/3/2008 14:02	13,43	25,13	3433,00	2,69	34,09
8/3/2008 14:03	10,24	30,17	3451,00	2,49	33,80
8/3/2008 14:03	10,23	30,17	3451,00	2,49	33,76
8/3/2008 14:03	10,23	30,28	3451,00	2,50	33,75
8/3/2008 14:04	5,01	35,24	3493,00	2,00	24,03
8/3/2008 14:04	5,01	35,36	3493,00	2,00	24,12
8/3/2008 14:04	5,00	35,36	3493,00	1,99	24,23
8/3/2008 14:06	0,01	38,55	3530,00	1,44	0,08
8/3/2008 14:06	0,01	38,55	3530,00	1,44	0,08
8/3/2008 14:06	0,01	38,60	3530,00	1,44	0,08

Tabela das medidas aquisitadas no procedimento 2

Fonte: do autor

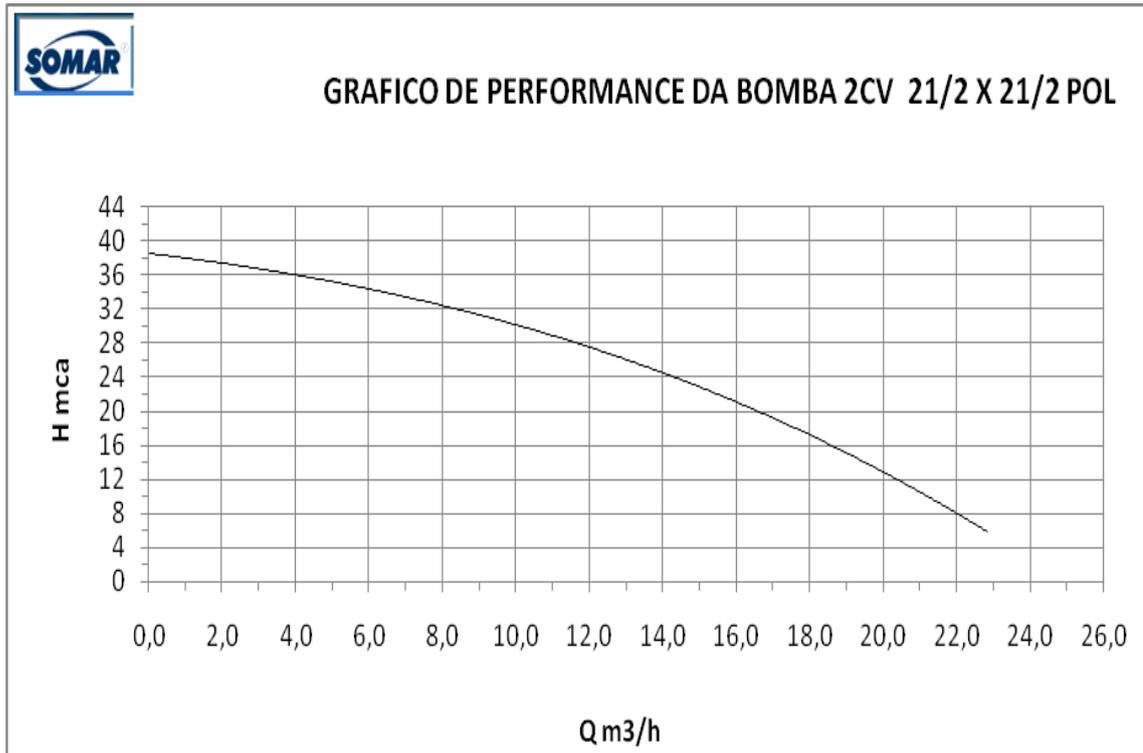


Gráfico de performance da bomba do procedimento 2 (altura manométrica X vazão)

Fonte: do autor

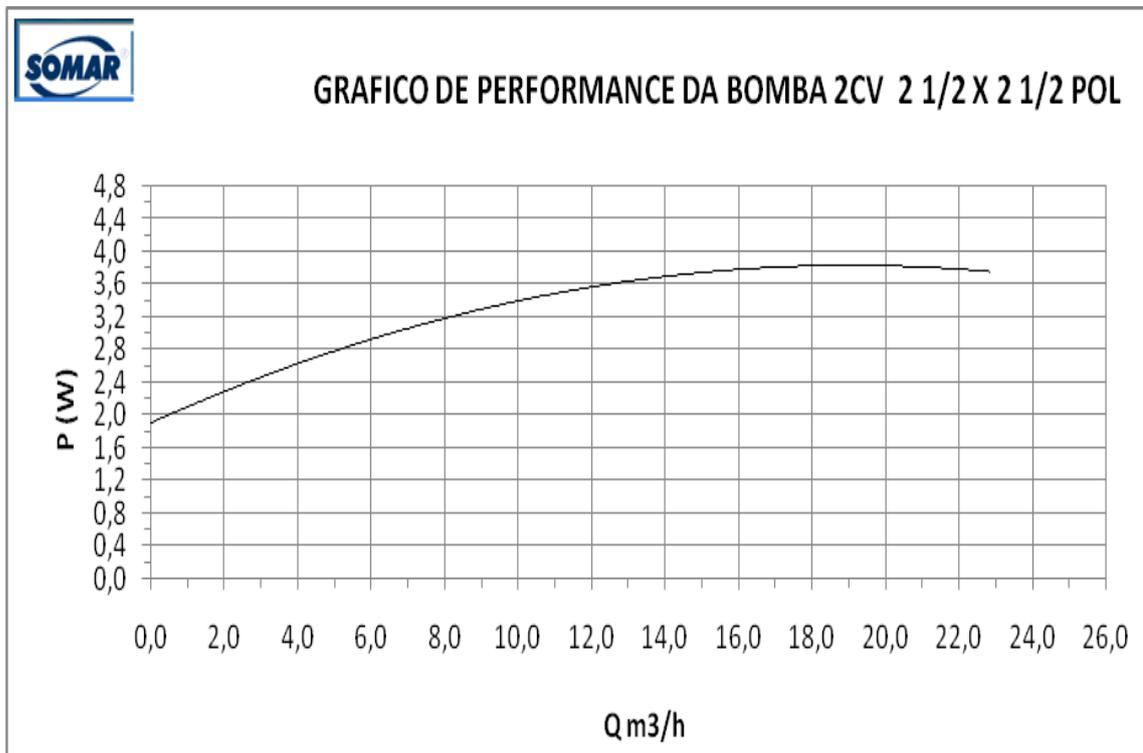


Gráfico de performance da bomba do procedimento 2 (potência X vazão)

Fonte: do autor

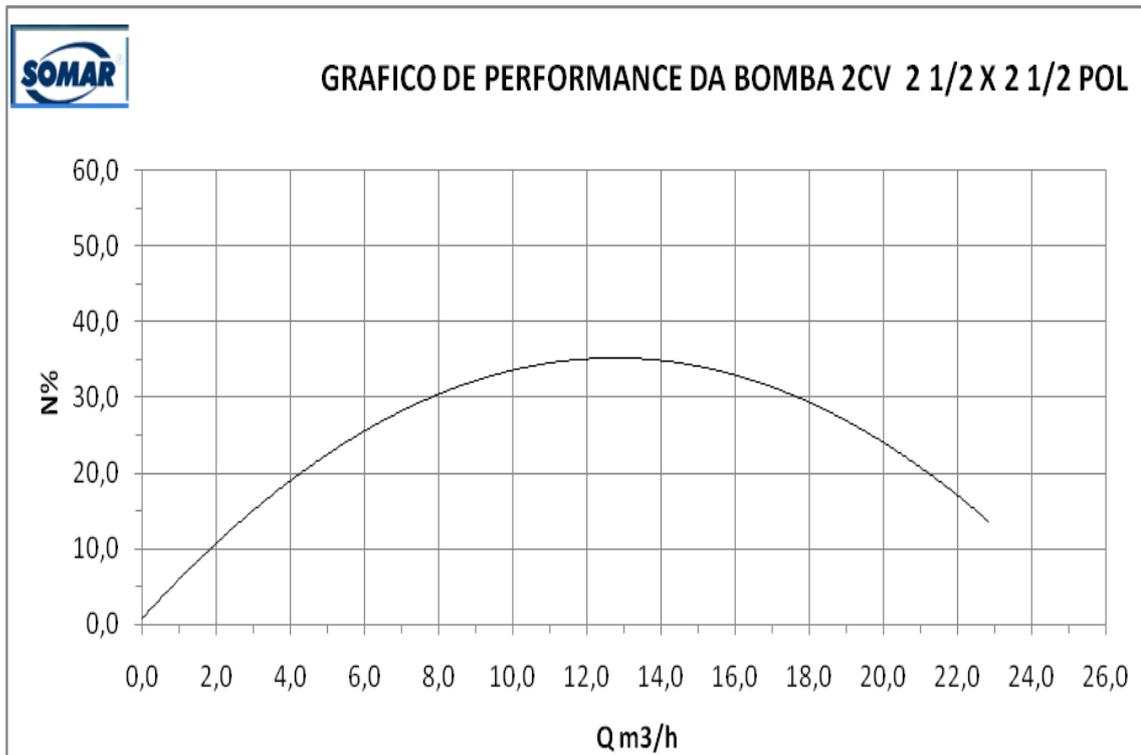


Gráfico de performance da bomba do procedimento 2 (rendimento X vazão)

Fonte: do autor

Como podemos observar nos dois resultados apresentados, tanto do procedimento 1, como do procedimento 2, a bomba teve praticamente o mesmo desempenho, ou seja, conseguimos praticamente uma mesma taxa de vazão para uma mesma altura manométrica. Para ficar mais claro de ser observado esse mesmo desempenho, temos abaixo os gráficos referentes à sobreposição das duas curvas obtidas nos dois procedimentos. A curva azul é a curva da bomba com as bitolas originais de 1 1/2" x 1 1/4" e a curva preta é a curva da bomba com as bitolas modificadas de 2 1/2" x 2 1/2".

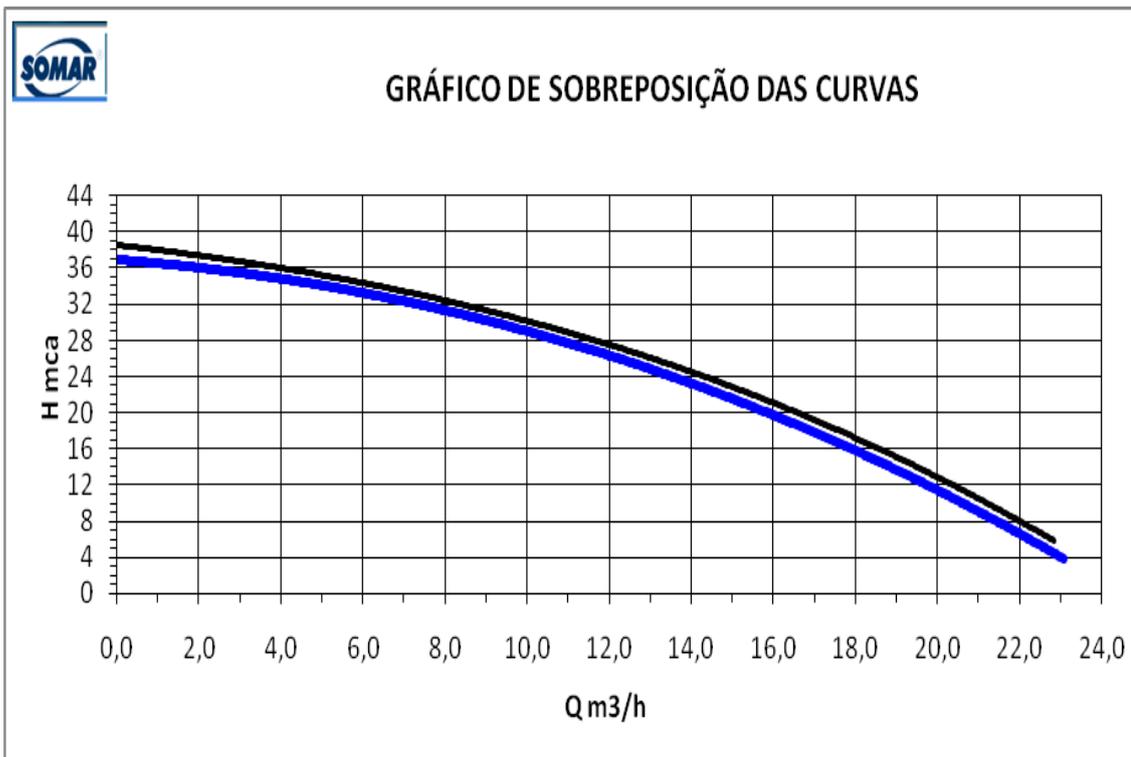


Gráfico de sobreposição das curvas (altura manométrica X vazão)

Fonte: do autor

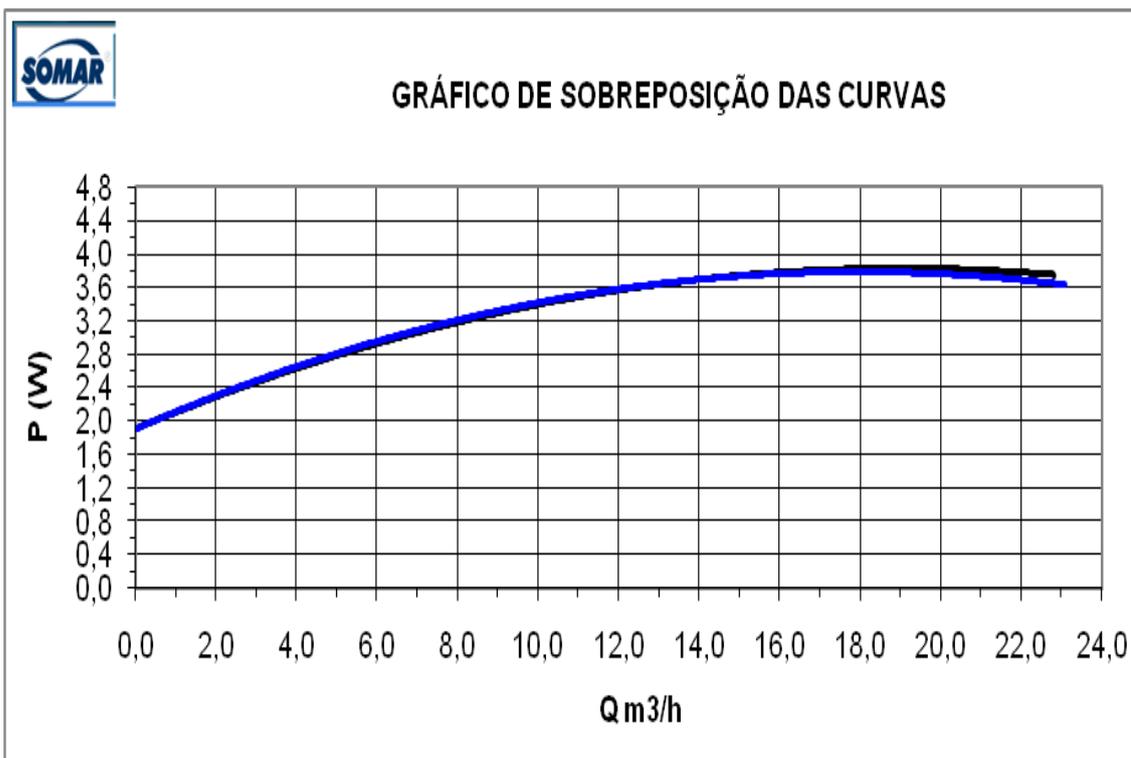


Gráfico de sobreposição das curvas (potência X vazão)

Fonte: do autor

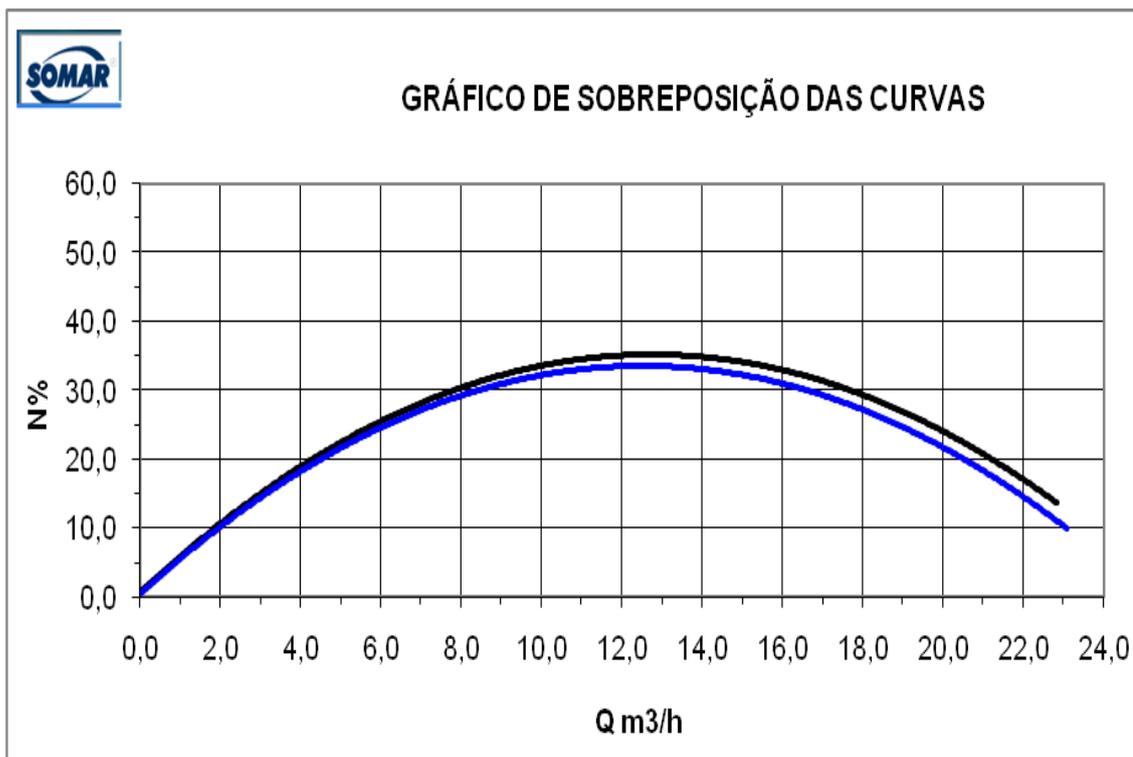


Gráfico de sobreposição das curvas (rendimento X vazão)

Fonte: do autor

A diferença de desempenho entre a bomba com bitolas originais e a bomba com as bitolas modificadas foi desprezível, comprovando que a mudança nas bitolas de uma bomba jamais prejudicaria o equipamento, porém ajudaria a melhorar sua performance. Pode-se observar que a curva preta, ou seja, a curva da bomba com as bitolas modificadas, ficou levemente superior à curva azul; logo, se tivermos uma bomba com bitola determinada e aumentarmos essa bitola temos uma melhora no equipamento.

5 CONCLUSÃO

Os diâmetros de entrada e saída das bombas de combate a incêndio é um assunto que não faz parte de estudos dentro do CBMSC. Hoje, o que acontece, é que as bombas de combate a incêndio adquiridas pela corporação são especificadas com bitolas de entrada e saída baseadas em outras bombas utilizadas no decorrer do tempo.

A partir do que foi discutido e apresentado no trabalho, percebe-se que ao verificarmos se há influência na alteração do diâmetro de sucção e recalque das bombas centrífugas utilizadas no combate a incêndio, foi possível constatar que independente do diâmetro que se utiliza, o desempenho será o mesmo, ou seja, uma bomba com diâmetros de 1 ½" na entrada e 1 ¼" na saída terá o mesmo desempenho que uma bomba com as bitolas de 2 ½" na entrada e 2 ½" na saída, sendo estas últimas as exigidas pelo CBMSC. Resumindo, foi possível provar que as bitolas não exercem influência quanto ao desempenho da bomba. Isso pode ser demonstrado pelo gráfico da sobreposição das curvas.

Sendo o combate a incêndio o carro chefe da profissão de bombeiro e o que causa maiores problemas tanto para os combatentes como para a sociedade, tendo como exemplos recentes o incêndio do Mercado Público de Florianópolis, da empresa Cottonbaby de São José e da loja dos Supermercados Rosa de Florianópolis, este trabalho sugere como forma de ensinamento aos bombeiros do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, que não importa qual o diâmetro das bitolas deve ser especificado e sim distinguir qual a altura manométrica e a vazão que a bomba deverá atingir.

Além disso, este trabalho serve para dar ao CBMSC uma nova visão para a compra de bombas de combate a incêndio, tendo em vista que a aquisição dessas máquinas hidráulicas não ficará restrita a somente um tipo de especificação técnica ou apenas um tipo de fornecedor, tendo assim uma maior opção de escolha, além de se ampliar e fomentar a livre concorrência.

6 REFERÊNCIAS

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Bombas e Instalações de Bombeamento**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, c1987. 782p.

RODRIGUES, Rafael. **Determinação da Cinemática, Curvas Características Reais e do Empuxo Axial em Bombas Centrífugas: Um Estudo Teórico e Experimental**. Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2004.

LAKATOS, Eva Maria e MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. Porto Alegre: Atlas, 2005.

OLIVEIRA, Marcos de. **Manual de estratégias, táticas e técnicas de combate a incêndio estrutural: comando e controle de operações de incêndio**. Florianópolis: Editograf, 2005.

TUVE, Richard L. **Principios de La química de proteccion contra incendios**. Espanha: CEPREVEN, 1993.

MUNIZ, A. **A Cartilha do bombeiro [on-line]**. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br>. Acesso em: 21 jan. 2008.

SAVOY, Vera Lúcia Tedeschi. **Noções básicas de organização e segurança em laboratórios químicos**. São Paulo, 2003.

Fogo. Disponível em: <http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/virtual%20tour/hipertextos/up1/fogo.html>. Acesso em 14/08/08.

Métodos de Extinção. Disponível em: http://users.femanet.com.br/quimica/matsemana/Mod_5.doc. Acesso em 14/02/08

Disponível em: http://www.geocities.com/Athens/Troy/8084/fogo_met.html. Acesso em 14/02/08

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. 3. Ed. Rio de Janeiro. c1998. 739p.

CORPOR DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Manual de Fundamentos de Bombeiro**. São Paulo, 2006

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1992.

WEINGARTNER, Roberto. **A Transferência de Calor Através da Roupa de Combate a Incêndios**. 2007. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2007.

FARIA, Aribaldo Alves de. **Manual de Prevenção Contra Incêndio**. Belo Horizonte, Academia da Polícia Militar da PMMG, 1986. 107p.

HAAL, Richard; ADAMS, Barbara. **Fundamentos de la Lucha Contraincendios**. Universidad Estatal de Oklahoma. 1998. 758p.

JÚNIOR, Odair Garcia. Apostila – **Proteção Contra Incêndio**. Disponível em: <<http://www.cimi.com.br/Site/apostila1.htm>>. Acesso em 29/02/08.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário eletrônico Aurélio**. 3. ed. Editora Positivo. 2004.

Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, **Manual de combate a incêndio do curso de formação de soldados**. Florianópolis: CBMSC, 2006.

AZEVEDO NETTO, José Martiniano de. **Manual de Hidráulica**. São Paulo: Blucher, 2003.

PALMIERI, Antonio Carlos. RACINE HIDRÁULICA. **Manual de Hidráulica Básica**. 5. Ed. Porto Alegre, 1985. 326p.

RUSSEL, J.B. **Química Geral**. São Paulo : Makron Books do Brasil, 1994.

BARSA, Enciclopédia. **ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA DO BRASIL**. São Paulo, 1995. 16v.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

IGNÁCIO, Raimundo Ferreira. **Curso Básico de Mecânica dos Fluidos**. Disponível em : <http://www.escoladavida.eng.br/mecflubasica/aula1_unidade3.htm>. 2004. Acesso em 24/03/2008.

SHIOYA, Takeo, **Curso Básico para Seleção de Bombas Hidráulicas**. Thebe Bombas Hidráulicas LTDA. 2001, 46p.

JARDIM, Sérgio Brião. **Sistemas de Bombeamento**. 1992. Editora Sagra – DC Luzzatto Editores. Porto Alegre. 163p.

UNICAMP – Faculdade de Engenharia Química-FEQ. Disponível em: <<http://www.feq.unicamp.br>>. Acesso em: 27/03/2007.

DCEA - Departamento de Ciências e Engenharia de Ambiente. Disponível em: <http://www.dcea.fct.unl.pt>. Acesso em: 16 ago. 2007.

FARIAS, M.F. **Estudo Teórico Experimental de circuitos de direções hidráulicamente assistidas**. 26f. Monografia (Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <<http://143.54.70.55/pss/diploct/MarceloFernandesFarias.pdf>>. Acesso em: 27/03/08

GOMES, Herber P. **Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento econômico**, 1º Ed. Univ./ UFPB, João Pessoa, 2002, 192p.

ANEXO

ANEXO A

NORMA DO GT-BOM PARA ENSAIOS DAS BOMBAS

1. INTRODUÇÃO

Esta norma apresenta a seqüência de cálculo para a obtenção das curvas características de um grupo moto-bomba e da bomba centrífuga na rotação constante e igual a nominal. A norma tem a finalidade de verificar as condições reais de funcionamento do conjunto moto-bomba e da bomba com o propósito de etiquetagem do equipamento.

Esta norma é baseada na norma Brasileira para este tipo de ensaio MB-1032/nov.1989, Bombas Hidráulicas de Fluxo (Classe C) – Ensaio de Desempenho e de Cavitação.

2. OBJETIVOS

- a) Levantamento dos gráficos vazão (Q) versus altura total de elevação (H); vazão (Q) versus rendimento do conjunto moto-bomba (η_c); vazão (Q) versus rendimento total da bomba (η_t); vazão (Q) versus potência elétrica do motor (p_{el}), vazão (Q) versus potência de eixo da bomba (p_e).
- b) Determinação do rendimento máximo do conjunto moto-bomba e do rendimento máximo da bomba.

3. ROTEIRO PARA OBTENÇÃO DAS GRANDEZAS

As grandezas medidas deverão estar no sistema internacional de unidades.

3.1. Vazão: Q

$Q[m^3/s]$ – vazão medida no eletromagnético através da aquisição de dados.

3.2. Altura Total de Elevação: H

No anexo, na figura 1 estão representadas as posições de entrada e saída da bomba.

$$H = \left(\frac{P_2}{\rho \cdot g} - \frac{P_1}{\rho \cdot g} \right) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + z_2 - z_1 \quad (1)$$

$H[m]$ - altura total de elevação;

$P_2/\rho \cdot g [m]$ - pressão no manômetro transdutor na saída da bomba;

$P_1 / \rho \cdot g [m]$ - pressão no manovacuômetro transdutor na entrada da bomba;

$v_2[m/s]$ - velocidade média de escoamento na saída da bomba;

$v_1[m/s]$ - velocidade média de escoamento na entrada da bomba;

$$v_1 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_1^2}; \quad v_2 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_2^2} \quad (2)$$

$D_1[m]$ - diâmetro interno na posição 1;

$D_2[m]$ - diâmetro interno na posição 2.

3.2.1. Cuidados nas medidas da pressão na entrada (1) e saída (2) da bomba

- As pressões deverão ser medidas através da conexão dos transdutores aos anéis piezométricos colocados respectivamente, na posição de entrada (1) e na posição de saída (2) da bomba.
- A posição de entrada (1) e a posição de saída (2) deverão estar a duas vezes os diâmetros das respectivas tubulações dos flanges de entrada e saída da bomba (vide figura 1).
- O anel piezométrico deverá ser construído conforme desenho (vide figura 2).
- Cada transdutor de pressão deverá possuir na sua conexão, para cada posição de medida, um sistema de válvulas, contendo uma válvula de proteção do mesmo e uma válvula purga para sangria do ar (vide figura 3).
- Na partida da bomba a válvula de proteção do transdutor deverá estar fechada, sendo somente aberta para as medições de pressão.

3.2.2.Cotas de posições z_1 e z_2

- Quando o transdutor estiver instalado desnivelado da posição de medida, deverá ser somado ao valor de z , respectivamente, x para z_1 e y para z_2 (vide figura 1).
- O valor de x deverá ser desprezado quando a pressão manométrica na posição 1 for negativa, pois haverá ar no tubo que alimenta o transdutor.
- Quando os transdutores estiverem nivelados entre si, a diferença de cotas ($z_2 - z_1$) será nula.

3.3. Potência Hidráulica: P_h

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

P_h [kW] - potência hidráulica;

ρ [kg/m³] - massa específica da água;

g [m/s²] - aceleração da gravidade;

Q [m³/s] - vazão;

H [m] - altura total de elevação.

O valor da massa específica deverá ser calculado pela seguinte equação:

$$\rho = 1000,14 + 0,0094.t - 0,0053.t^2 \quad (4)$$

ρ [kg/m³] - massa específica da água;

t [°C] - temperatura da água aqusitada durante o ensaio.

O valor da aceleração da gravidade deverá ser considerado $g = 9,81$ [m/s²].

3.4. Rendimentos

3.4.1.Rendimento do Conjunto: η_c

$$\eta_c = \frac{P_h}{P_{el}} \quad (5)$$

η_c [l] - rendimento do conjunto moto-bomba;

P_h [kW] - potência hidráulica

P_{el} [kW] - potência elétrica (aqusitada no Wattímetro)

3.4.2.Rendimento total da bomba: η_t

$$\mathbf{P_e = P_{el} \cdot \eta_{el}} \quad (6)$$

P_e [kW] - potência de eixo da bomba;

P_{el} [kW] - potência elétrica;

η_{el} [1] - rendimento elétrico (fornecido pelo fabricante do motor elétrico).

$$\eta_t = \frac{P_h}{P_e} \quad (7)$$

η_t [1] - rendimento total da bomba;

P_h [kW] - potência hidráulica;

P_h [kW] - potência hidráulica.

3.5. Correção dos Valores para a Rotação Constante

$$Q_1 = Q \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right) \quad H_1 = H \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^2 \quad P_{e_1} = P_e \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^3 \quad P_{el_1} = P_{el} \cdot \left(\frac{n_1}{n}\right)^3 \quad (8)$$

Obs: os valores com índice 1 são os corrigidos para a rotação constante n_1 .

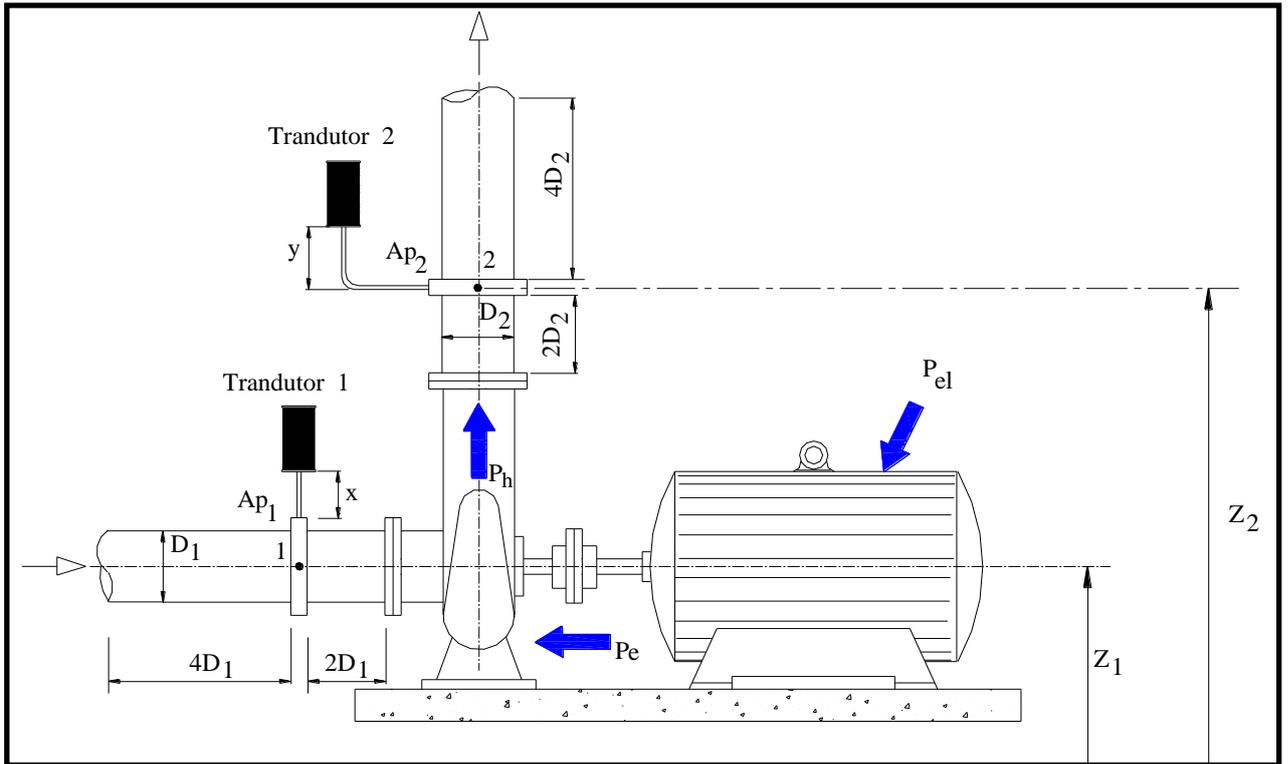


FIGURA 1 – Entrada e saída de uma bomba

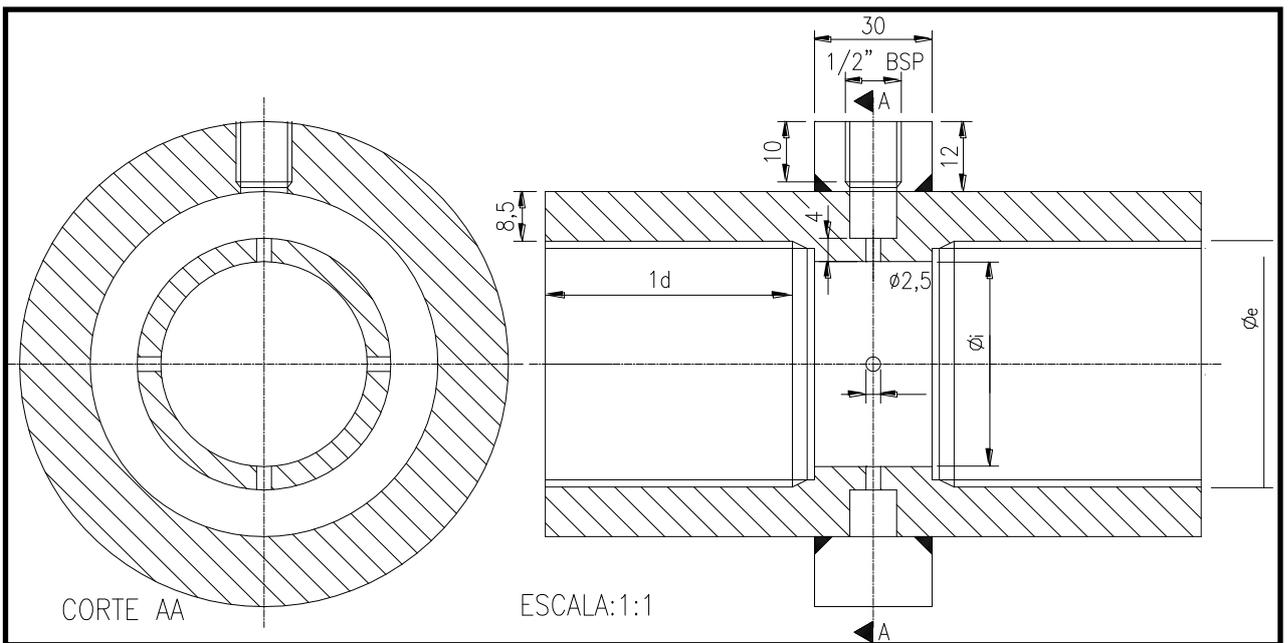


FIGURA 2 – Anel piezométrico

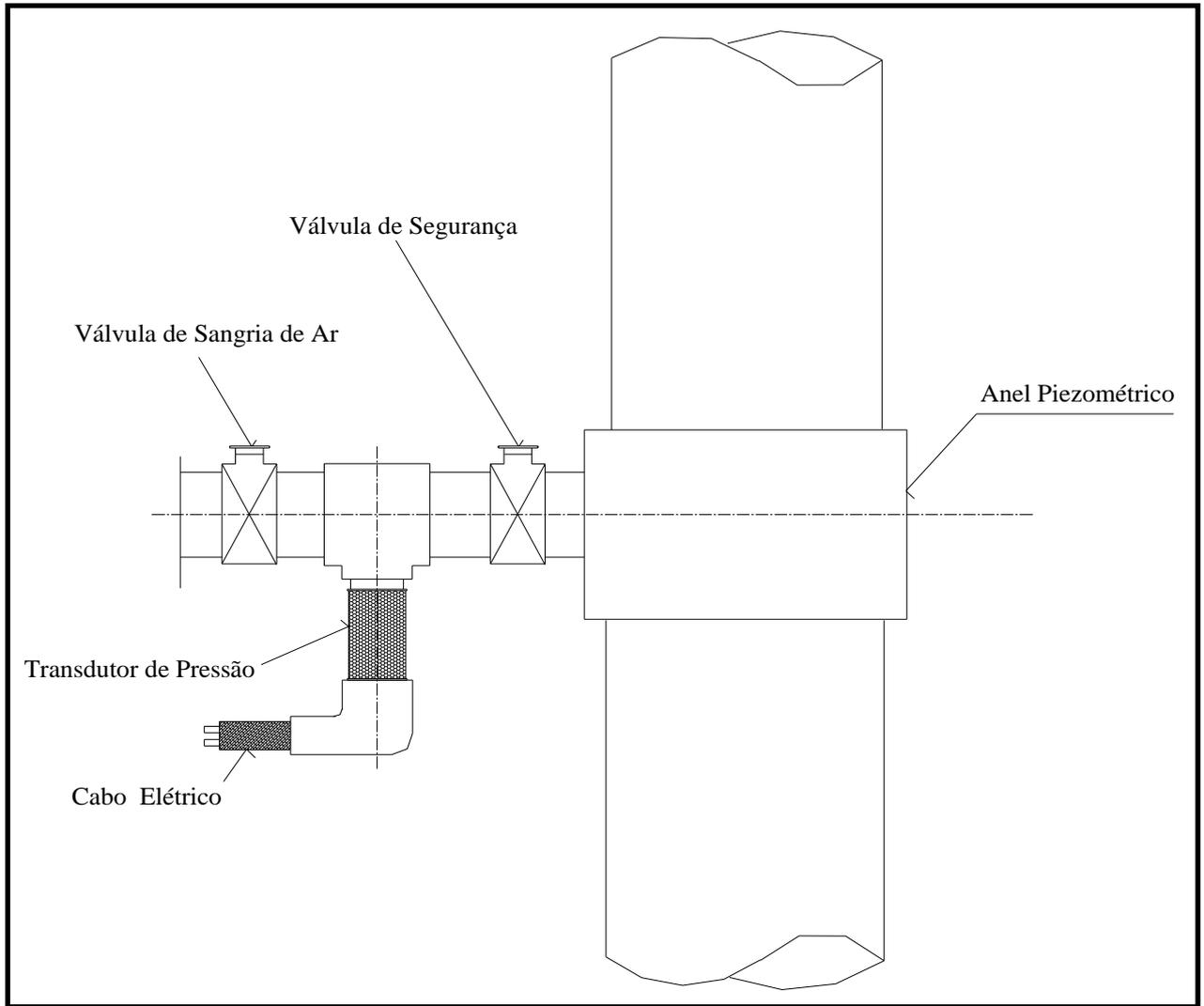


FIGURA 3 – Conexão do transdutor