



CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE IMPULSO HIDROSTÁTICO

Marcelo R. Figueiredo - marcelorf1@gmail.com

Centro Universitário Católica de Santa Catarina em Jaraguá do Sul
Rua dos Imigrantes, número 500 - Bairro Rau
CEP 89.254-430 Jaraguá do Sul – Santa Catarina

Luizildo Pitol-Filho – luizildo@catolicasc.org.br

Luana A. V. dos Reis– lavieira@catolicasc.org.br

Jaisson Potrich dos Reis - jaissonreis@catolicasc.org.br

Resumo: *A área de mecânica dos fluidos é fundamental em diversos cursos de engenharia e experimentos didáticos que incentivem os acadêmicos na compreensão dos fenômenos existentes nesta área são escassos ou muitas vezes possuem valores financeiros altos para serem adquiridos. Portanto, este trabalho tem como finalidade principal construir uma bancada didática para auxiliar os acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica e também de outras engenharias (de Produção, Elétrica e Civil) da Católica de Santa Catarina em Jaraguá do Sul. Após a construção da bancada foi possível realizar várias aulas práticas utilizando a mesma e coletar dados experimentais e comparar estes com os teóricos a respeito do estudo de diferentes formas geométricas (superfícies) submersas. Para a construção da bancada, foram utilizados recursos financeiros da própria instituição e ao final chegou-se a ao valor de 254 reais.*

Palavras-chave: *mecânica dos fluidos, construção, bancada, superfícies submersas.*

1. INTRODUÇÃO

A intensa busca do mercado profissional por engenheiros cada vez mais completos tem criado uma situação de desconforto nas universidades, causando dúvidas em relação à qualidade de seu ensino e exigindo cada vez mais profissionais na área educacional com experiência prática e um ótimo conhecimento teórico. Um profissional completo deve ter vasto conhecimento teórico, prático e, se possível experiência profissional, mas como alcançar todos esses conhecimentos dentro de uma universidade? Em alguns casos, por exemplo, universidades federais e grandes universidades particulares, não há como adquirir experiência profissional tendo aulas em período integral, porém, aliar a teoria e a prática fica mais fácil, quando há laboratórios equipados para tal comparação. A realidade da nossa região é diferente, a grande maioria dos acadêmicos, trabalha e estuda ao mesmo tempo, não conseguindo aliar a teoria com a prática fora do campo de aplicação do seu trabalho.



Várias maneiras de suprir essa necessidade podem ser citadas, como por exemplo, experimentos físicos, bancadas de simulação, bancadas didáticas, viagens de estudos, PROINPES (Programa de Incentivo a Pesquisa) existente na instituição há mais de dez anos. Porém, várias dessas maneiras custam muito caro, e ficam inviáveis de serem feitas em todas as disciplinas. Uma maneira prática e com um bom custo benefício é utilizar o próprio conhecimento acadêmico para efetuar a construção de bancadas, e/ou criação de experimentos físicos.

Atualmente no Brasil existem algumas empresas que constroem e vendem kits didáticos em diversas áreas de conhecimento, demonstrando que esta pode ser uma atividade lucrativa, uma vez que existem diversas instituições de ensino superior no Brasil.

Muitas bancadas custam caro e por causa das especificidades de cada curso e disciplina são difíceis de encontrar, ou muitas vezes são importadas e quando necessitam de manutenção ou assistência técnica, por parte dos fabricantes, não são realizadas devido à grande distância.

Portanto, este trabalho acadêmico possui como objetivo geral a construção de uma bancada didática na área da mecânica dos fluidos que se refere a forças em superfícies submersas. Soma-se a este objetivo as seguintes atividades para a conclusão da construção da bancada: Desenvolver um programa em Excel para comparar resultados teóricos com os práticos, usinar, furar e montar as peças para compor a bancada didática, criar um roteiro para aulas práticas com o uso da bancada por outros acadêmicos e professores.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Os materiais utilizados para a fabricação de todas as peças que compõem a bancada didática, juntamente com sua respectiva utilização são mostrados na Tabela 1. Percebe-se que estes usados para a construção deste experimento são facilmente encontrados em ferragens e em materiais de construção, demonstrando que tal experimento pode ser viabilizado, já que o valor financeiro para adquirir tais materiais é pequeno quando comparado com valores cobrados por empresas especializadas em fabricação de kits didáticos para os cursos de engenharia.

Tabela 1 – Materiais e suas utilizações.

Materiais	Utilização
Acrílico	Caixa recipiente;
Aço 1020	Mancais, conjunto fixação central, contrapesos, eixos e um dos sólidos geométricos;
Nylon	Calços para eixo;

Gesso	Um dos sólidos geométrico;
Resina	Um dos sólidos geométrico;
PU (poliuretano)	Preenchimento interno de um dos sólidos;
Parafusos em aço 1020 classe de resistência 5.8	Fixação dos componentes;
Porca em aço 1020	Fixação dos componentes;
Clorofórmio ($CHCl_3$)	Solda das peças em acrílico;
Réguas em aço polido	Instalada para leitura das medidas;
Medidor de nível	Instalado para balanceamento do momento;
Araudite	Fixação dos componentes;
Torneira metálica	Instalada no acrílico para efetuar o esvaziamento do recipiente;
Fita veda rosca	Utilizada para vedação da torneira;
Massa plástica	Utilizada para corrigir imperfeições do sólido geométrico em resina;
Tinta preta	Pintura das peças em aço;
Silicone	Vedação do recipiente;

3.2. Métodos

A construção da bancada consistiu na fabricação de peças e sistemas previamente projetados. Para que isso fosse alcançado, buscaram-se os métodos mais simples e de baixo custo possível, para que a bancada não se tornasse inviável. Após o desenho, dimensionamento e projeto completo de cada peça, decidiu-se então utilizar alguns materiais que já existiam na instituição. A Figura 1 nos mostra um desenho esquemático da bancada previamente projetada.

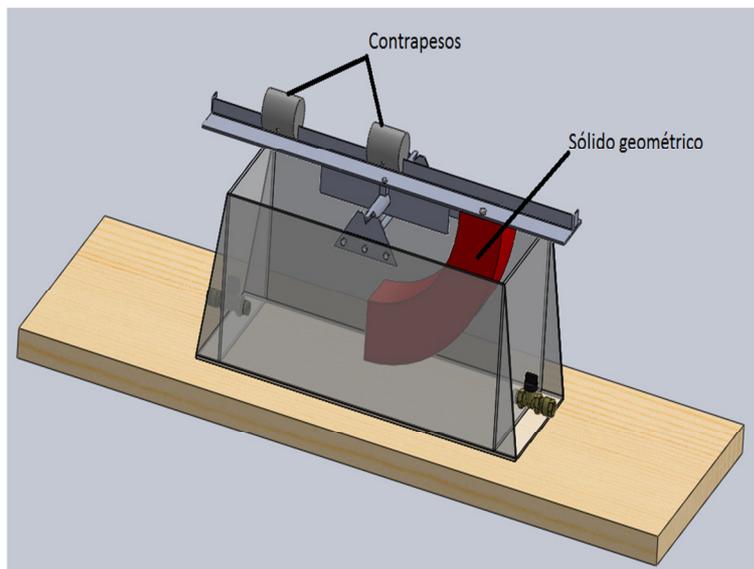


Figura 1: Desenho da bancada didática para simulação de superfície submersa.

Os materiais poliméricos que foram reaproveitados foram os seguintes: placas de acrílicos e resinas poliméricas cedidas pelo laboratório de Materiais da Engenharia Civil. Os materiais metálicos reaproveitados foram: Tarugos e eixos maciços de aço 1020 que estavam no laboratório de fabricação da Engenharia Mecânica. Após esse prévio levantamento de materiais que já contémamos na instituição, iniciaram-se os orçamentos e compras de materiais faltantes.

Neste contexto, iniciou-se a fabricação de uma caixa recipiente de acrílico. O acrílico foi usado para que houvesse uma melhor visualização do experimento. Essa caixa receberá o fluido e nela será colocado a geometria que será estudada. Após o corte das chapas de acrílico nas dimensões estabelecidas previamente no projeto das mesmas, passou-se para a junção das mesmas. Nesta etapa, utilizou-se o clorofórmio (CHCl_3), para soldar as peças em acrílico. O laboratório de química da Católica de Santa Catarina em Jaraguá do Sul possui este produto químico sendo coletado em uma seringa convencional e usado 100 ml do mesmo para efetuar a solda do recipiente, conforme demonstra a Figura 2.



Figura 2: Aplicação do clorofórmio para solda das chapas de acrílicos.

Em uma das chapas foi feito um furo para que fosse posteriormente acoplado a esta chapa a torneira que vai servir para esgotar o fluido após o uso da bancada. Após esta etapa foi efetuada a solda das cinco chapas de acrílicos obtendo como resultado a caixa recipiente, conforme mostra a Figura 3.



Figura 3: Caixa recipiente concluída.

Para facilitar a medição da altura da coluna de fluido, e da distância dos contrapesos para balancear o momento quando são inseridas as geometrias que serão estudadas, foram utilizadas régulas em aço polido, fixadas nas chapas de acrílico e na fixação central. As próximas etapas para montagem da bancada completa incluíram vários processos de

fabricação como: corte laser e dobra (realizados em uma empresa de Jaraguá do Sul parceira deste projeto da Instituição) e usinagem convencional no laboratório de Engenharia mecânica da Católica.

Após a montagem da bancada didática, foi necessário também fabricar os sólidos geométricos que seriam acoplados a bancada para realização do experimento. O sólido geométrico usado foi fabricado em materiais variados, proporcionando assim uma variação na densidade deste material. Os materiais usados para a fabricação destes sólidos geométricos foram: gesso e resina plástica e também chapa de aço 1020.

Já a Figura 4 mostra o sólido geométrico fabricado com mesmas dimensões, para posterior comparação dos resultados, que o fabricado em gesso + resina plástica. Este sólido geométrico foi fabricado em uma empresa da região de Jaraguá do Sul e parceira deste projeto na Instituição.



Figura 4: Sólido geométrico feito com Aço 1020.

Após a fabricação dos sólidos geométricos, a bancada didática estava pronta e foi então realizado a montagem final da mesma, colocando todos os acessórios necessários, como por exemplo: Torneira e medidor de nível além dos outros já mencionados anteriormente. A bancada pronta pode ser visualizada na Figura 5.

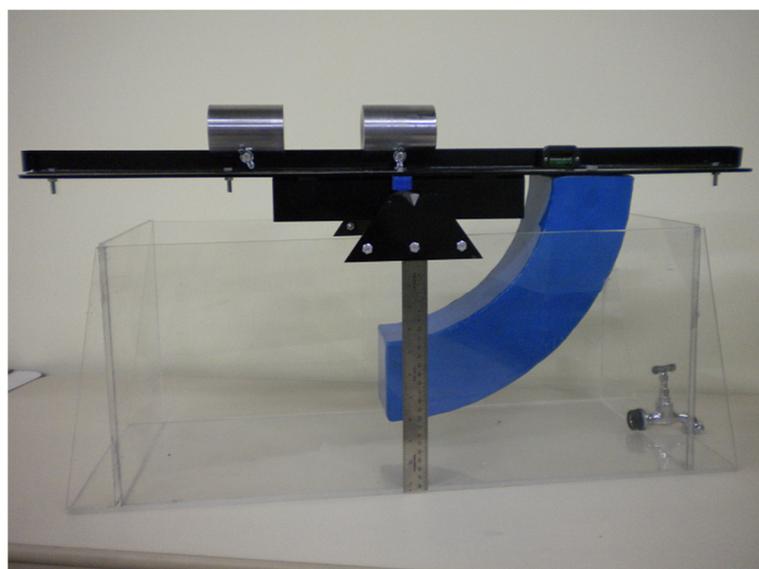


Figura 5: Bancada didática finalizada

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O capítulo a seguir traz os resultados obtidos e suas discussões no desenvolvimento deste projeto. Para melhor entendimento, o mesmo foi dividido em tópicos como: custo da bancada e roteiro prático para aula em laboratório.

3.1. Custo da bancada didática

Um dos objetivos deste trabalho foi desenvolver uma bancada de baixo custo, tendo em vista que uma bancada com um objetivo semelhante ao construído neste trabalho possui alto valor e geralmente é importada de países como a Inglaterra, que forneceu uma bancada semelhante a PUC-PR conforme mostra a Figura 7. Já na Tabela 1 é possível visualizar os itens que fizeram parte da bancada, bem como o custo orçado previamente, o custo real (já que foram reaproveitados alguns materiais fornecidos pela instituição) e a quantidade das peças usadas.

Tabela 1: Demonstrativo de custo total da bancada.

Itens	Custo Orçado	Custo Real	Quantidade
Peças em acrílico	R\$ 140,00	Cedida pela instituição	5 chapas
Geometria em gesso	R\$ 28,00	Cedida pela instituição	1 peça
Geometria em resina	R\$ 49,00	Cedida pela instituição	1 peça
Geometria em aço	R\$ 42,00	Cedida pela empresa Cattoni	1 peça



Mancal	R\$ 35,00	R\$ 35,00	1 peça
Conjunto fixação	R\$ 100,00	R\$ 100,00	1 peça
Eixo de movimentação	R\$ 65,00	Cedida pela instituição	1 peça
Eixo reforço	R\$ 12,00	Cedida pela instituição	1 peça
Contrapesos	R\$ 54,00	Cedida pela instituição	2 peças
Régua em aço 30 cm	R\$ 23,00	R\$ 23,00	1peça
Régua em aço 60 cm	R\$ 47,00	R\$ 47,00	1 peça
Nível	R\$ 29,00	R\$ 29,00	1 peça
Parafusos M6	R\$ 0,10 a unidade	R\$ 0,10 a unidade	25 peças
Porcas M6	R\$ 0,05 a unidade	R\$ 0,05 a unidade	25 peças
Parafuso M8	R\$ 0,10 a unidade	R\$ 0,10 a unidade	6 peças
Borboletas	R\$ 0,25 a unidade	R\$ 0,25 a unidade	2 peças
Torneira metálica	R\$ 15,00	R\$ 15,00	1 peça
TOTAL	R\$ 697,85	R\$ 253,85	

Percebe-se que com o reaproveitamento de alguns materiais que não estavam sendo utilizados na Instituição foi possível obter um custo total excluindo-se a mão de obra de 253,85 reais. Comparando-se esse valor com o custo orçado previamente, nota-se que o mesmo é 36,37 % do custo orçado.

3.2. Roteiro para aula prática em laboratório

Para que a bancada seja utilizada pelos demais acadêmicos de forma fácil e objetiva, foi criado um roteiro de uso, auxiliando os mesmos a efetuarem a experiência. Como o roteiro completo apresenta três páginas, optou-se em mostrar neste artigo apenas um resumo do mesmo para utilização correta do experimento.

Procedimento experimental:



O objetivo do experimento é demonstrar de que forma o sólido submerso em determinado fluido reage hidrostáticamente dependendo de sua área e de seu baricentro.

Para obter resultados, será necessária a utilização de algumas fórmulas de modo a obter a força que o fluido aplica sobre a superfície do sólido.

Para superfícies planas (BRUNETTI, 2010) usa-se a Equação 1 para cálculo da força exercida pelo fluido no sólido geométrico :

$$F = \gamma \cdot h_c \cdot A \quad (1)$$

Sendo F a força (N), γ é o peso específico do fluido (N/m^3), h_c é a altura do centro de gravidade do sólido submerso até o nível de fluido (m) e A é a área submersa do sólido (m^2).

Para o sólido em questão (seção de uma circunferência) utiliza-se a Equação 2 para a força calculada:

$$F_{calc} = 4,9 \cdot y^2 \cdot 10^{-4} \quad (2)$$

Onde F_{calc} é a força (N), y é a altura do fundo do sólido até o nível mais alto de fluido (mm)

Para o cálculo da força experimental usa-se a Equação 3.

$$F_{exp} = \frac{P \cdot x}{\left(300 - \frac{y}{2}\right)} \quad (3)$$

Onde F_{exp} é a força (N), P é a força-peso do objeto de massa 1 (N), x é a distância da massa 1 até o marco 0 da escala sobre o suporte (m), y é a altura do fundo do sólido até o nível mais alto de fluido (m). A Figura 6 demonstra o esquema de funcionamento da bancada e também auxilia na visualização do sentido da força e quase são as grandezas que devem ser coletadas para fins de cálculos.

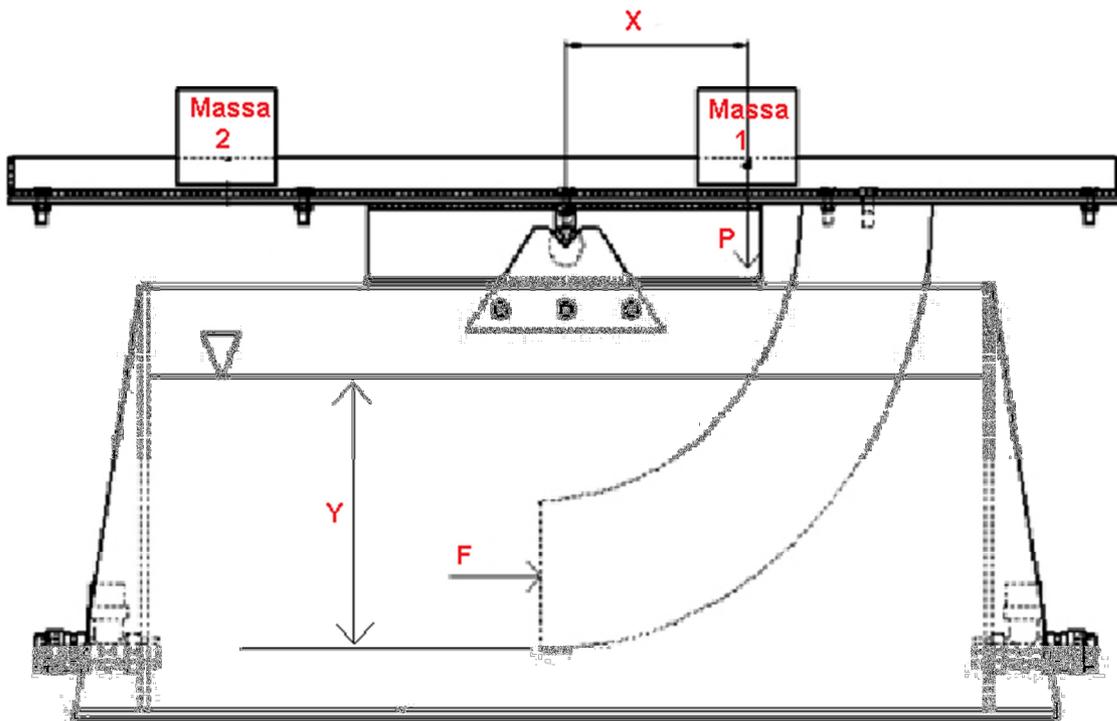


Figura 6: Desenho esquemático do funcionamento da bancada.

Após coletar os dados é possível calcular a força através das equações já mencionadas e comparar os valores encontrados, já que uma expressa o valor teórico e a outra o valor experimental. A Figura 7 compara ambas as curvas.

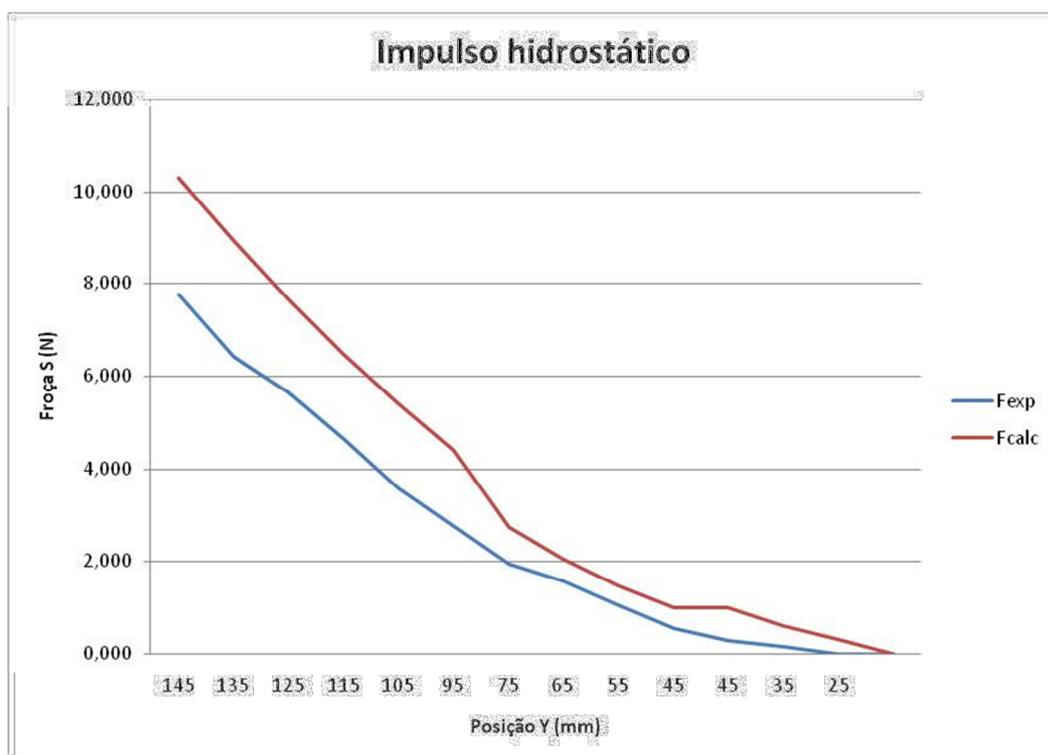


Figura 7 – Dados experimentais e calculados para a força hidrostática.

Conforme verifica-se na Figura 8, a força hidrostática atuando sobre a superfície curva decresce exponencialmente com a distância y , medida a partir da superfície livre de líquido. Os desvios entre os dados experimentais (F_{exp}) e os dados obtidos a partir do modelo teórico diminuem à medida que a distância y é reduzida. O comportamento de ambas as curvas comprova a validade da bancada utilizada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo teve como objetivo principal construir uma bancada didática da mecânica dos fluidos, baseando-se na demonstração de que forma um sólido geométrico qualquer submerso em determinado fluido reage hidrostaticamente dependendo de sua área e de seu baricentro. A bancada didática foi construída usando-se materiais com baixo valor financeiro e também utilizando-se materiais que já estavam disponíveis na própria instituição de ensino. Grande parte das atividades relacionadas à fabricação das peças e acessórios que foram acopladas a bancada foram desenvolvidas nas dependências dos laboratórios da Católica de Santa



Catarina em Jaraguá do Sul. Isto aconteceu principalmente na fase da montagem, já que os laboratórios supriram todas as necessidades de ferramentas e com o auxílio de técnicos com grande conhecimento e grande ajuda na construção das peças. Isso reforça a importância de termos laboratórios mais bem estruturados auxiliando os acadêmicos a desenvolverem trabalhos práticos, mesclando cada vez mais teoria e prática. A construção desta bancada favorece atualmente no ensino e aprendizagem dos alunos e professores, já que a mesma está sendo usada semestralmente em matérias relacionadas a área térmica, nos cursos de Engenharia Mecânica, Engenharia de Produção, Engenharia Elétrica e Engenharia Civil.

A fabricação deste experimento de fácil montagem e execução internamente na instituição de ensino demonstra que para futuros acadêmicos e professores, é possível adquirir conhecimento e aprendizagem durante a graduação desenvolvendo kit didáticos como estes.

A utilização de acadêmicos da própria instituição no desenvolvimento deste trabalho, fortalece o conceito de que os mesmos podem desenvolver projetos de engenharia não só para a indústria e também para difundir ainda mais o conhecimento dentro das instituições de ensino através de aulas e experimentos práticos.

Como em todo trabalho científico, nem todas as opções de estudos são efetuadas. Neste caso, onde a bancada irá pertencer ao Centro Universitário Católica de Santa Catarina, várias trabalhos podem ser efetuados utilizando-se da bancada. Essa possibilidade pode ser explorada pelos outros acadêmicos que tenham o mesmo interesse em desenvolver trabalhos didáticos. Para enriquecer ainda mais esse artigo são feitas três sugestões.

A primeira refere-se a alteração dos materiais para fabricação das formas geométricas, como também a própria geometria pode ser alterada, alterando assim a área e consequentemente a força aplicada nesta geometria.

A segunda refere-se ao fluido usado. Neste trabalho, foi escolhido o uso da água, porém, a mudança de líquido pode trazer resultados interessantes, simulando a utilização de portas ou válvulas para diferentes tipos de líquidos.

A última refere-se a variação de temperatura, já que para este artigo foi utilizado a temperatura ambiente. Modificando a temperatura do fluido, com certeza modificará a densidade do mesmo e portanto essa mudança acarretará o valor da força aplicada no sólido.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores deste artigo gostariam de agradecer o apoio financeiro recebido da Católica de Santa Catarina em Jaraguá do Sul e também por ceder os laboratórios e o Técnico de laboratório Dúlcio Weinfurter que auxiliou no processo de fabricação da bancada e também agradecer as duas empresas parceiras que fabricaram as peças que demandavam serviço de corte a laser e dobramento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUNETTI, F. **Mecânica dos Fluidos**. Editora Pearson education. São Paulo, 2010.



CONSTRUCTION AND VALIDATION OF A HYDROSTATIC FORCE DIDACTIC MODEL

Abstract: *Fluid mechanics is a fundamental discipline in all engineering courses, and didactic experiments, designed to improve the students comprehension of those phenomena and processes, are very scarce or have a prohibitive acquisition cost. Therefore, this work reports the construction and validation of a didactic model to measure the hydrostatic force on a submersed curve, to assess the students of Mechanical Engineering and also of other engineerings (Production, Civil, and Electrical) of the Centro Universitário Católica de Santa Catarina in Jaraguá do Sul. After construction, it was possible to conduct several experimental classes using the model, what allowed to compare the experimental data with theoretical equations concerning different submerge geometries. In order to construct the model, financial resources from the institution were used, and total cost reached 254 BRL.*

Keywords: *fluid mechanics, construction, didactic model, submersed surfaces.*