

O Laboratório de Hidráulica e de Mecânica dos Flúidos do Instituto Militar de Engenharia

CORONEL ENG. LEONINO JUNIOR
Professor e Chefe do Laboratório

Para aqueles que não o conhecem, desejamos explicar que o Instituto Militar de Engenharia é um estabelecimento do Exército, de alto padrão técnico e cultural, destinado à formação de engenheiros militares, com os mesmos direitos, prerrogativas e níveis de ensino, correspondentes aos engenheiros civis formados nas diferentes especializações, pelas demais escolas de engenharia do país. Tem também por missão o Instituto, a realização de ensaios e pesquisas de qualquer espécie, para entidades e organizações civis e militares sem qualquer finalidade comercial.

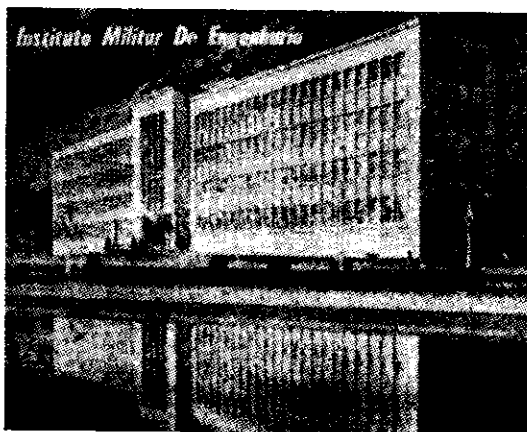
Embora relativamente moderno, quando comparado com certas instituições similares existentes no Brasil, atingiu o Instituto, desde a sua fundação, com o nome de Escola de Engenharia Militar, em 1928, um elevado desenvolvimento que o situa, sem sombra de dúvidas, em plano idêntico ao das mais tradicionais e evoluídas escolas de formação de engenheiros em nossa pátria.

O atual Instituto Militar de Engenharia resultou da fusão de dois órgãos que se achavam instalados no mesmo prédio, realizada em janeiro de 1960: a Escola Técnica do Exército e o Instituto Militar de Tecnologia.

Com suas portas abertas, desde a data de sua fundação, não só para militares do Exército, mas também das demais Forças Armadas, não só do nosso país, mas também de países amigos estrangeiros, e para os civis que o desejarem e tiverem condições para ingresso, vem o Instituto, desde a sua criação, lançando cada ano, nos vastos campos da engenharia nacional, turmas sucessivas de eficientes engenheiros, formados em várias especialidades diferentes, tais como: Industrial e de Armamento, Industrial e de Automóvel, Industrial e de Metalurgia, Eletricista, Químico, de Comunicações, de Eletrônica, de Geodésia e Topografia, de Fortificação e Construção, este último correspondendo ao título de Engenheiro Civil das demais escolas.

Além disso, funcionam no Instituto cursos de aperfeiçoamento e pós-graduação para engenheiros já formados, como o moderno curso de Engenharia Nuclear, que vem sendo ministrado há 5 anos, com duração de um ano.

Dispõe, o Instituto, de um amplo e altamente capacitado Corpo Docente, constituído por mais de 100 professores civis e militares, rigorosamente selecionados, contando-se, dentre eles, grandes nomes da engenharia nacional. É de destacar que quase todos os professores militares possuem cursos de especialização em países estrangeiros, sendo portadores, muitos deles, de diplomas do mais alto grau.



Fot. 1 — Vista Geral do Instituto Militar de Engenharia.

Acha-se o Instituto atualmente instalado em excelente e pitoresco local, na Praça General Tibúrcio, na Praia Vermelha, Rio de Janeiro, ocupando dois amplos, modernos e bem construídos edifícios, um de 5 e outro de 7 pavimentos, dotados de excelentes instalações, dos quais a fotografia 1 nos dá uma idéia.

Dispõe, finalmente, de modernos e bem aparelhados laboratórios, que lhe permitem atender as missões de ensino e aos ensaios e pesquisas de que

se acha incumbido. Esses trabalhos são realizados para entidades militares ou civis, conforme dissemos.

Do outro lado da praça onde está situado, existe um prédio com cerca de 400 apartamentos, onde reside a quasi totalidade dos seus alunos, com as respectivas famílias, e onde são encontrados todos os recursos necessários à sua vida.

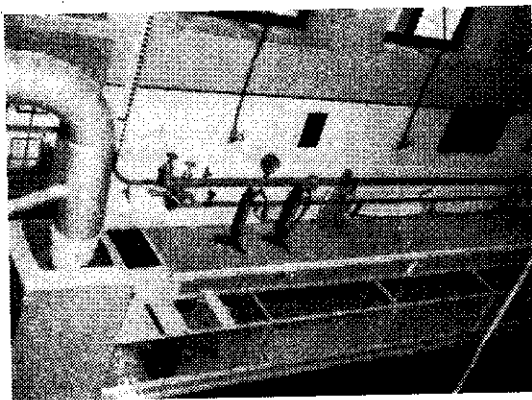
Tal situação, aliada ao alto padrão técnico obtido pela rigorosa seleção de mestres e alunos, e pelo regimento escolar, baseado na frequência obrigatória e na disciplina militar, tem permitido ao Instituto se situar no elevado nível que ocupa perante as organizações congêneres.

Dentre as suas instalações, conta o Instituto com o laboratório que chefiamos, e que é objeto do presente artigo.

II — O LABORATÓRIO

Ocupando uma ampla dependência do Instituto, situada em seu pavimento térreo, dispendo de uma pequena mas muito útil área que o circunda, dotada de galpões, está instalado o seu laboratório de Hidráulica e de Mecânica dos Flúidos.

O Laboratório tem organização ainda mais recente que o Instituto, pois só começou realmente a ser organizado e a preencher sua dupla finalidade de ensino e ensaios, a partir de 1951.

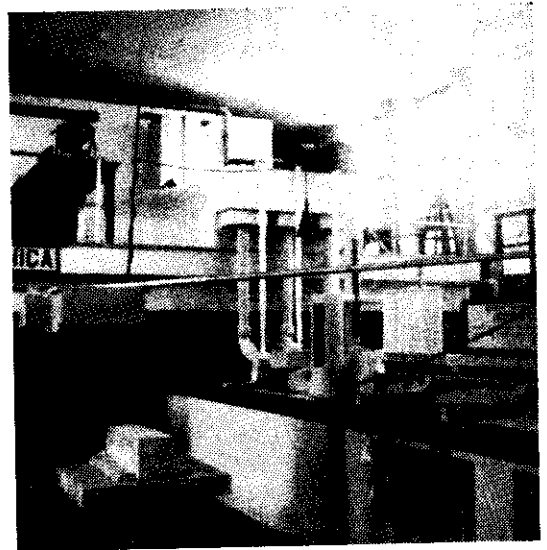


Fot. 2 — Vista de um recanto do laboratório, notando-se um dos canais de ensaio e a tubulação experimental.

Foi seu orientador inicial o professor Edmond Antoine Brun, da Universidade de Sorbonne, em Paris, França, de quem tivemos a honra de ser assistente durante 2 anos, tendo, posteriormente, por intervenção sua e a convite do Governo Francês, realizado um estágio de aperfeiçoamento e estudos de quase 2 anos no Laboratoire National d'Hydraulique, em Chatou, França.

Durante êsse estágio, tivemos a oportunidade de visitar detalhadamente os demais laboratórios fran-

ceses da mesma especialidade e suas principais obras de hidráulica, situadas na chamada região do Massiço Central, nos Alpes, nos Pireneus e na África do Norte. Visitamos, também, todos os importantes laboratórios de hidráulica europeus, localizados fora da zona de influência russa. Valemo-nos desta oportu-



Fot. 3 — Outra vista do laboratório notando-se, em primeiro plano um modelo de câmaras de equilíbrio.

tunidade para, mais uma vez, render nossas homenagens ao grande mestre e amigo que orientou nossos primeiros passos na difícil ciência dos flúidos, bem como à sua grande Pátria, à qual tanto devemos pelo que nos fez, que nos acolheu de braços abertos, de modo tão franco e cordial, e na qual deixamos tantos e tão bons amigos.

Conforme dissemos, o Laboratório foi organizado e funciona, preenchendo uma dupla finalidade:

- a) Ensino
- b) Ensaios e Pesquisas

Abordemos, em linhas gerais, cada um dos aspectos.

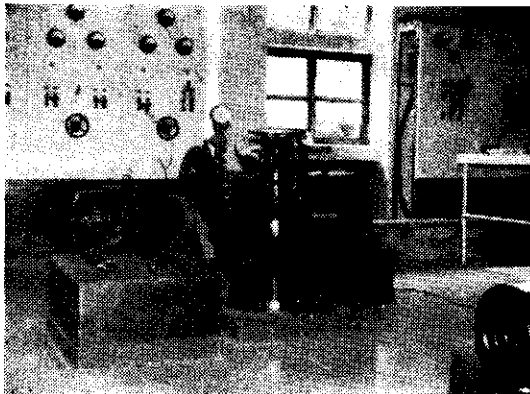
a) Ensino

Tem o laboratório, nesta parte, a missão de, seguindo de perto o que é dado em sala nas cadeiras de Mecânica dos Flúidos e de Hidráulica, nas diferentes especialidades que as tem em seus currículos, dar aos futuros engenheiros, uma base sólida, apoiada em moldes objetivos, sobre os princípios fundamentais das citadas cadeiras e despertar, nos alunos, a atenção e o interesse para o valor do laboratório, como auxiliar precioso e imprescindível para a solução de problemas reais na vida profissional, orientando-os para a execução de tarefas similares, mediante a realização dos trabalhos práticos programados e da elaboração dos relatórios respectivos.

Tem assim o Laboratório, nesta parte, para o cumprimento de tão importante missão, organizadas **Normas Gerais de Trabalho**, que são fornecidas aos alunos e com êles comentadas, como resultado dos estudos e das observações colhidas nas demais organizações congêneres existentes no mundo todo, e também, através dos ensinamentos obtidos no trabalho diário das turmas sucessivas que por êle têm passado, no decorrer dos anos.

Tais Normas são portanto constantemente revistas, ampliadas e melhoradas, e constituem um precioso "dossiê" de orientação para o futuro engenheiro, que assim tem o seu aprendizado modelado em bases racionais, objetivas e perfeitamente definidas, fruto que são dos ensinamentos colhidos de modo tão adequado.

Além disso, todos os trabalhos realizados são organizados sob a forma de fichas esquemáticas, que também são constantemente revistas e atualizadas nos mesmos moldes, às vèzes até por sugestão dos próprios alunos.



Fot. 4 — Uma das máquinas hidráulicas existentes, utilizada para estudos especializados pelos alunos.

Cada ensaio programado tem, portanto, seus objetivos perfeitamente definidos e esclarecidos através de tais fichas, que são apresentadas e expostas metódicamente pelo professor aos alunos, em uma sessão especial, denominada Seção de Apresentação durante a qual têm os alunos a oportunidade de tomar seus apontamentos e solicitar ao mestre o esclarecimento de tôdas as dúvidas, mediante uma sadia e produtiva troca de idéias, que muito concorre para despertar nos futuros engenheiros o interesse espontâneo pela matéria, fazendo com que se sintam e trabalhem como verdadeiros experimentadores e pesquisadores, na solução de casos com fundamentos reais, objetivos e práticos.

Os relatórios são orientados e redigidos como verdadeiros documentos profissionais, e neles devem ser incluídos determinados assuntos julgados indispensáveis para um trabalho de tal gênero, dentre os quais destacamos, a título de exemplo, os seguintes itens:

- 1 — Introdução geral.
- 2 — Esquema geral das instalações e dos aparelhos utilizados.
- 3 — Descrição do trabalho feito de modo claro, preciso e ordenado.
- 4 — Confecção dos gráficos, diagramas e quadros de valores.
- 5 — Observações e conclusões.

Esta última parte é julgada imprescindível, pois nela revela o aluno que realmente participou do trabalho feito, mostrando, através das conclusões a que chegou, das observações colhidas e das sugestões apresentadas, que tomou **parte ativa** no estudo.

A fase que se segue à Secção de Apresentação é a de Execução, para a qual todo o material a ser utilizado é previamente preparado, disposto e organizado, trabalhando os alunos inteiramente a vontade, grupados em pequenas turmas de 4 e 5 no máximo, sob a supervisão do professor, que se mantém afastado, orientando-os apenas e esclarecendo as dúvidas por acaso surgidas, limitando ao mínimo sua interferência no trabalho que está sendo feito, de modo que o aluno possa se sentir como realmente responsável pelo ensaio, mediante o critério importantíssimo já referido, de **participação ativa**.

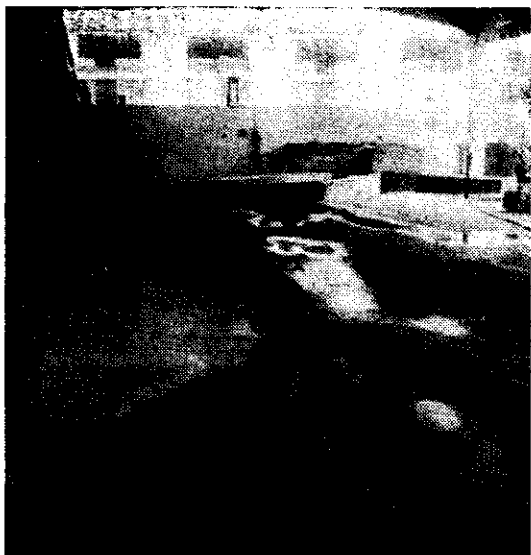
Segue-se, então, a execução do Relatório, que normalmente é apenas esboçado no Laboratório, e que constitui trabalho individual, com feitiço pessoal, onde o aluno tem então a oportunidade de revelar muito das suas aptidões, do seu grau de apreensão, do seu interesse, da sua iniciativa, tal como faria um verdadeiro profissional, à testa de um caso real.



Fot. 5 — Modêlo fluvial em operação.

Os resultados obtidos com tal processo de trabalho têm sido verdadeiramente excepcionais, amplamente comprovados pela observação e pela apreciação dos relatórios.

Os alunos se esmeram no seu preparo, apresentando, às vezes, verdadeiras peças técnicas, dando-se até ao trabalho de datilográfi-las, de anexar fotografias por êles mesmos tiradas, e de fazer gráficos a tinta nanquim.



Fot. 6 — Modelo de um difícil estudo de problema de sedimentação, com emprêgo da técnica de fundo móvel.

Esses relatórios, devidamente apreciados e corrigidos pelos professores, são fixados ordenadamente em um colecionador de cartolina, com etiqueta na capa e, terminado o curso, estão automaticamente colecionados, constituindo preciosa fonte de consultas para trabalhos reais e para a revisão de conhecimentos.

Como assuntos fundamentais, ministrados sob a forma de ensaios, podemos citar os seguintes:

- 1 — Medidas hidráulicas de um modo geral, com apresentação, emprêgo e utilização dos mais variados aparelhos;
- 2 — Estudo de um flutuador, com determinação das condições de flutuação, da posição do metacentro e do período de oscilação;
- 3 — Medidas de viscosidade por vários processos;
- 4 — Estudo do número de Reynolds, com a realização da experiência clássica;
- 5 — Estudo das pressões em um jato de ar;
- 6 — Estudo de bocais e orifícios;
- 7 — Determinação da resistência ao avanço para corpos de diferentes formas e dos respectivos coeficientes;

- 8 — Estudo de um jato de água;
- 9 — Determinação de perdas de carga normais e acidentais;
- 10 — Medida de vazões em condutos livres e forçados, por vários processos;
- 11 — Estudo e aplicação dos princípios da propulsão a jato, com utilização de um carrinho hidráulico;
- 12 — Estudo da distribuição de pressões em torno de um cilindro, submetido a uma corrente de ar;
- 13 — Estudo de uma bomba, com a determinação das curvas características;
- 14 — Determinação da potência e do rendimento de turbinas hidráulicas;
- 15 — Estudo de oscilação dos líquidos;
- 16 — Estudo de formação e propagação de ondas líquidas;
- 17 — Estudo e aplicação prática da semelhança na Hidráulica em particular e na Mecânica dos Fluidos em geral;

O professor, por meio das observações consignadas nos relatórios, procura estimular os alunos e, mediante comentários feitos por ocasião dos trabalhos, orienta-os e critica as principais falhas por acaso verificadas.

b) Ensaios e Pesquisas

Conforme dissemos, em adição às finalidades, realiza o laboratório estudos diversos e pesquisas, utilizando, principalmente, para isso, a técnica do Modelo Reduzido.

Assim, está dotado de ampla, moderna e variada aparelhagem, que será descrita em ítem posterior e possui instalações adequadas que, embora de tamanho relativamente reduzido, lhe dão amplas possibilidades de realizações.

É interessante destacar que vários dos aparelhos utilizados e, principalmente as instalações, são peculiares ao laboratório, tendo alí sido idealizadas, projetadas e construídas.

Possui também, o Laboratório, aparelhos de grande precisão, muitos dêles baseados em princípios eletrônicos, adquiridos em outros países e utilizados em outros laboratórios.

Tem sido preocupação da direção atualizar sempre o laboratório, de modo que êle esteja dotado do que de mais moderno existe na técnica especializada.

Graças a tais possibilidades, tem o Laboratório podido atender às solitações de estudos que lhe têm sido feitas, não só por parte das Forças Ar-

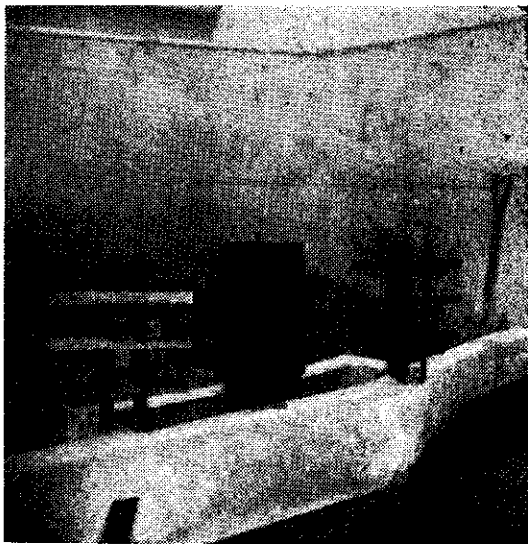
madras, mas também por entidades e organizações de caráter público ou particular.

Dentre os solicitantes, podemos citar:

- Diretoria de Obras e Fortificações do Exército;
- Departamento de Produção e Obras do Exército;
- Comissão do Vale do São Francisco;
- Companhia Nacional de Alcalis;
- Companhia Hidro Elétrica de São Francisco; — CHESF
- Petróleo Brasileiro S/A — PETROBRAS;
- Superintendência de Urbanização e Saneamento do Estado da Guanabara — SURSAN, especialmente a Companhia Estadual de Águas e o Departamento de Esgotos Sanitários.

Os estudos são realizados sem qualquer finalidade de lucros ou sem qualquer objetivo comercial.

A entidade interessada dirige um pedido ao Instituto, comprometendo-se a pagar tôdas as despesas. É elaborada uma "Ordem de Serviço" e, mediante entendimento direto, é feito um orçamento, que é submetido à consideração do interessado. Se aprovado, o estudo é realizado, de acôrdo com as cláusulas pré-fixadas. O lucro único do Instituto, consiste no aumento do seu patrimônio, pela posse das instalações realizadas para os estudos.



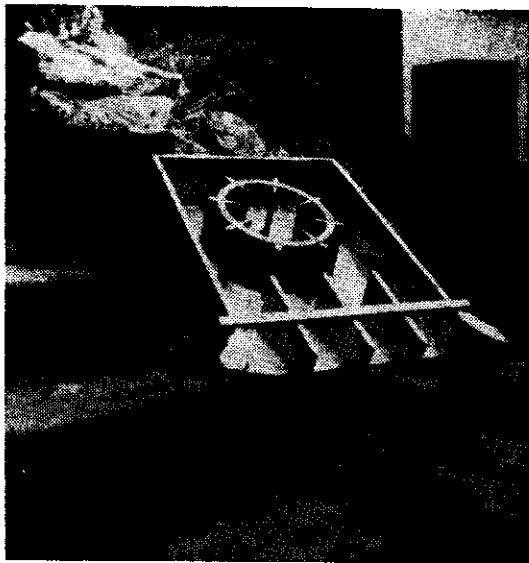
Fot. 7 — Defletores especiais, contra vórtices em câmaras de aspiração de bombas, pesquisados no laboratório com pleno sucesso.

A entidade interessada designa normalmente um engenheiro seu para atuar como elemento de

ligação, apresentar sugestões e acompanhar os trabalhos.

São reduzidas ao mínimo as complicações burocráticas, mediante tal modo de proceder.

No decorrer dos trabalhos, são confeccionados relatórios parciais, que são remetidos periódicamente aos interessados, que assim podem estar ao par do andamento dos trabalhos ou podem mesmo ir realizando certas partes dos projetos em elaboração.



Fot. 8 — Modelo de um novo tipo de tomada d'água para instalação hidro-elétrica, com entrada tipo tulipa.

Terminado o estudo, é organizado e remetido ao interessado um amplo e minucioso relatório, acompanhado de quadros de valores, fotografias e desenhos de projeto.

Com base nesse documento, pode então o interessado realizar o trabalho que foi objeto dos estudos.

Quando se torna necessário, o Instituto contrata por conta do interessado, engenheiros e técnicos especializados, que são pagos de acôrdo com o orçamento previsto.

Assim tem sido realizados os trabalhos, alguns deles pioneiros no Brasil, com pleno êxito, conforme comprovam as obras já executadas.

Os orçamentos e as propostas são acompanhados de um cronograma dos trabalhos, de modo que o interessado pode, com base em tal documento, fazer o seu planejamento de obras.

As pesquisas, das quais teremos a oportunidade de citar algumas, têm sido realizadas, ou por ocasião dos estudos acima ou como parte do trabalho diário, por conta das verbas do Instituto.

A título de exemplo, citaremos alguns dos trabalhos mais importantes já realizados pelo Laboratório:

1 — Estudo da navegação no Braço do Sobradinho para a Comissão do Vale do São Francisco, trabalho pioneiro na época, com a construção e a exploração de um modelo reduzido, abrangendo 17 Km do rio São Francisco e medindo aproximadamente 20 x 7 metros. Tal modelo foi realizado com precisão de 0,1 mm, tendo escalas horizontal e vertical diferentes, de 1/1000 e 1/100 — respectivamente. A topografia foi reproduzida por meio de perfis transversais, dos quais foram desenhados e locados cerca de 600.

2 — Estudo do canal efluente da Estação de tratamento da Penha, para o Departamento de Esgotos Sanitários da SURSAN do Estado da Guanabara. O modelo, na escala de 1/50, foi nivelado com precisão de 0,01 mm, tendo sido para isso necessário empregar um nível especial, para ser obtida tal precisão. Foram reproduzidas as marés na Baía de Guanabara, com utilização da própria água do mar.

A perfeição de execução e o acabamento, foram considerados dos mais completos nos domínios da técnica especializada.

3 — Estudo de instalações da Estação de Tratamento da Penha para a mesma entidade citada no número anterior. O modelo, na escala de 1/20, apresentou o detalhe de ser confeccionado como portátil, sobre lages de concreto com alças. Foi concluído com pleno êxito e acham-se em execução os trabalhos correspondentes, na citada Estação.

4 — Projeto de aferição, sobre modelo, de uma calha medidora, tipo Parshall, para ser ligada ao túnel Engenho-Novo Macacos, do sistema de abastecimento de água do Estado da Guanabara, já construída e em funcionamento.

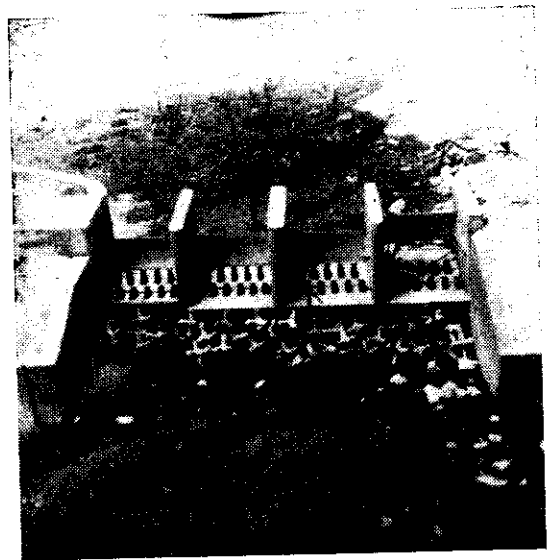
5 — Estudo da Barragem do Pojuca para a Refinaria Landulpho Alves da Petróleo Brasileiro S. A. (Petrobrás), em Mataripe, Estado da Bahia. Trabalho realizado em 3 meses apenas, dada a urgência com que se necessitava da solução, pois a obra estava sendo vítima de séria erosão à jusante, como resultado das deficiências do escoamento através da barragem, havendo o perigo de descalçamento das fundações, com o consequente tombamento da estrutura. Foi empregada, com pleno sucesso, a técnica do modelo de fundo móvel, que é uma das mais difíceis e complexas na Hidráulica Experimental. Os trabalhos de proteção indicados foram imediatamente executados, com pleno sucesso.

6 — Projeto e estudo, sobre modelo reduzido, de novas tomadas para as bombas de refrigeração mesma entidade do item anterior. Trabalho executado em moldes técnicos perfeitos, pois que o laboratório acompanhou o desenvolvimento do projeto,

dando as necessárias indicações ao projetista. O estudo experimental foi realizado com a construção e a exploração de dois modelos reduzidos: um de detalhes das obras, na parte da tomada propriamente dita, e em escala de $\frac{1}{20}$, outro de conjunto,

abrangendo desde a saída do canal até a orla marítima fronteira à refinaria, onde iria ser feita a captação de água do mar.

O primeiro modelo conduziu à elaboração de uma obra de aspecto e forma inteiramente novos, hidrodinamicamente perfeita e com bela apresentação estética. No segundo modelo foram reproduzidas as marés e as correntes marítimas existentes na região, com adoção de escalas horizontal de 1/500 e vertical de 1/100.



Fot. 9 — Estudo de proteção contra erosões, a jusante de uma barragem. Solução de importante caso real.

Note-se em uma das fotografias anexas o belo conjunto realizado.

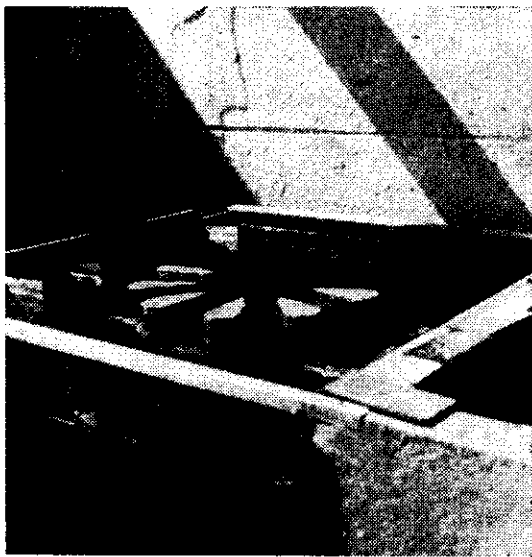
7 — Projeto e estudo, sobre modelo reduzido, de novas caixas de areia para serem empregadas no grande planejamento de melhoria do sistema de esgotos do Estado da Guanabara, feito para o Departamento de Esgotos Sanitários da SURSAN. Foi realizado um trabalho de pesquisa, através do qual, chegou-se à concepção de um tipo de caixa inteiramente novo, diferente de tudo o que já foi realizado sobre o assunto até a presente data.

Foi empregado um novo tipo de fendas de retenção das partículas, baseado em princípios aos quais nos referimos posteriormente. O projeto detalhado das caixas se acha em execução no órgão solicitante, de acordo com as indicações fornecidas pelo Laboratório.

É interessante notar que o laboratório forneceu todos os dados para o planejamento, de modo que

pudessem ser aplicados em qualquer caso e não em um caso específico apenas. Tais fendas foram utilizadas no desarenador final da tomada d'água do rio Guandu, do nóv sistema de abastecimento de água da cidade do Rio de Janeiro, cujo projeto já se tornou famoso no mundo, como uma das maiores obras no gênero.

8 — Estudo dos pilares das tomadas d'água das turbinas da Usina Hidro Elétrica de Paulo Afonso. feito para a Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco. Graças ao trabalho realizado no laboratório, foi possível estabelecer uma forma única e definitiva para os citados pilares, a ser adotado em tôdas as tomadas, não só nas existentes, como também nas futuras que estão sendo projetadas. O estudo esclareceu a causa das erosões que vinham se verificando nos pilares e também verificou as condições de formação de vórtices na entrada dos condutos forçados, tendo chegado a conclusões positivas a respeito. Foram utilizados, no laboratório, além de um modelo em escala 1/30, outros recursos auxiliares, tais como o processo de analogias elétricas, com o emprêgo da Cuba Eletrolítica, o canal de ensaios com paredes de vidro e uma cuba especial, tipo miniatura que, mediante um sistema ótico, permite projetar, estudar e fotografar ou filmar, em uma tela, os escoamentos em torno de perfis em ensaio. As fotografias anexas mostram, respectivamente, a cuba eletrolítica e o modelo executado.



Fot. 10 — Uma tomada de água tipo torre, sendo estudada experimentalmente em modelo reduzido. Notar a janela de vidro, à esquerda, em baixo.

9 — Estudo sôbre modelo reduzido, visando melhorar as condições de funcionamento e determinar a origem de perturbações que vinham se verificando no sistema emissário de esgotos do Leblon, feito a pedido do Departamento de Esgotos Sanitários da SURSAN do Estado da Guanabara. Foram construí-

dos e explorados dois modelos, um de nova caixa da elevatória e outro do emissário geral, que tem um comprimento de aproximadamente 10 Km, com 90 cm de diâmetro. Foram empregadas técnicas inteiramente originais, com pleno sucesso, inclusive a simulação da produção de gases no interior do conduto, com injeção de ar comprimido. Ao que sabemos, foi utilizado pela primeira vez na técnica experimental, um modelo deformado de conduto forçado, pois, mediante um artifício utilizado, o emissário foi reproduzido em escala horizontal de 1/1000 e vertical de 1/10. O trabalho foi realizado e concluído em apenas 6 meses, com absoluto sucesso. Ficaram perfeitamente determinadas e esclerecidas as causas das perturbações e foram encontrados os meios para corrigi-las, com possibilidade de **duplicação** da capacidade de escoamento do sistema.

10 — Estudos diversos em vários modelos, com vistas ao funcionamento da Bacia de Sedimentação da Usina Hidro-Elétrica de Paulo Afonso e a instalação das 8 últimas grandes unidades que completarão o potencial hidráulico daquela grandiosa obra. Esses trabalhos têm sido feitos em estreita colaboração com a Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco.

11 — Estudo sôbre modelo reduzido do funcionamento hidráulico do dique sêco do Centro de Reparos Navais de Aratu, para a nossa Marinha de Guerra. Esse dique será o mais moderno do país e o segundo em tamanho. Poderá êle abrigar os nossos maiores navios, inclusive os porta-aviões e os superpetroleiros. Foram obtidas soluções de grande valor, com características inteiramente originais.

12 — Estudo sôbre modelo reduzido da goteira da Piscina Olímpica do Clube de Regatas do Flamengo, graças ao qual foi possível encontrar, em apenas um mês, um novo tipo de goteira, eficiente e prático, para a construção.

13 — Estudo sôbre modelo reduzido e projeto hidráulico de um Monumento à Água para o Governo do Estado da Guanabara, no qual foi estudada a execução do maior jato de água do mundo, lançando 500 litros de água por segundo a 135 metros de altura.

Além dos trabalhos que citamos a título de exemplo, poderíamos prosseguir na descrição de vários outros, mas deixamos de fazê-lo para não tornar a presente explanação muito longa. Julgamos as citações feitas suficientes para que se possa aquilatar as atividades do Laboratório. Cumpre destacar, nesta parte final sôbre o assunto, que os relatórios apresentados em nada ficam a dever aos que poderiam ser elaborados em qualquer outro laboratório, em qualquer parte do mundo.

A técnica construtiva dos modelos tem sido a mais perfeita, os processos empregados nos estudos têm sido os mais atualizados, e a aparelhagem utilizada é a mais moderna e precisa, compatvel com a

natureza dos estudos em processamento. As fotografias que estamos apresentando dão bem uma noção do que estamos afirmando.

Julgamos haver, com o exposto, dado uma idéia bem simples e geral sobre as atividades do Laboratório nos domínios da experimentação, empregada em casos reais.

Passaremos, agora, a fazer referência a alguns trabalhos de pesquisa, realizados com pleno êxito:

1 — No 2.º trabalho citado, foi utilizado, com ótimos resultados, pela primeira vez na história da Hidráulica, como material reprodutor do transporte sólido, o pó de café já empregado para a confecção da bebida. Tal resultado foi objeto de comunicação feita no VII Congresso Interamericano de Engenharia, realizado em outubro de 1960, em Montevidéu, Uruguai. O trabalho foi aprovado com louvores, por unanimidade, e foi incluído nos anais publicados.

2 — No trabalho citado no n.º 3, foram empregados novos tipos de dissipadores de energia e orientadores de escoamentos, constituídos por placas tipo "brise-soleil", utilizadas para a iluminação e ventilação de edifícios.

Foi feita uma publicação a respeito, que foi objeto de referência bibliográfica feita pela "Houille Blanche" que, como sabemos, é uma das mais importantes revistas especializadas em Hidráulica no mundo.

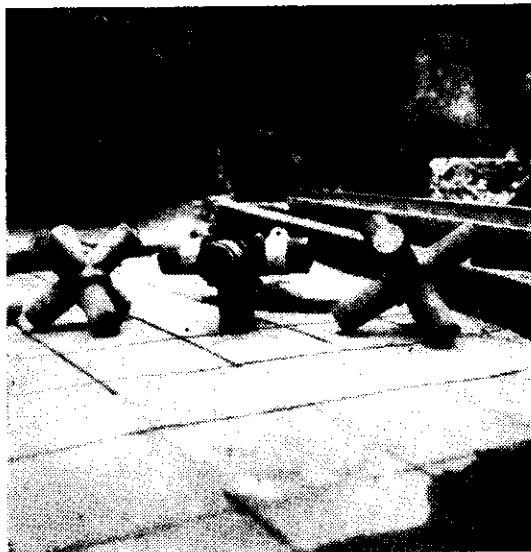
3 — No 6.º estudo citado, a forma das tomadas das bombas é de concepção inteiramente original, sendo **hidrodinamicamente perfeita**.

A forma final foi obtida com o auxílio do pó de café já referido e com o emprêgo de fios de seda presos a hastes de arame, colocados nos pontos críticos do modelo.

No interior das câmaras de sucção, com a finalidade de disciplinar o escoamento, permitindo maior rendimento e para evitar a formação de vórtices, foram utilizados defletores amovíveis, de forma e concepções inteiramente novas e original, que foram coroadas do mais absoluto sucesso. A fotografia nos mostra êsses defletores, tais como foram utilizados no modelo.

4 — No 7.º estudo referido, para a concepção do novo tipo de caixas de areia, foi empregado e demonstrado, matematicamente, um novo sistema de retenção de partículas no fundo de canais, que vem a constituir assunto completamente novo nos casos em apreço, baseado em teoria que desenvolvemos e denominamos de "Retenção dinâmica de partículas". O estudo permite a confecção de dispositivos extremamente simples para realizar a retenção, totalmente diferentes de tudo o que tem sido feito até a presente data. É tal a originalidade do dispositivo, que

está sendo patenteado para garantia dos direitos do inventor. Este trabalho foi apresentado e aprovado por unanimidade, no I Congresso Latino-Americano de Hidráulica.



Fot. 11 — Dissipadores de energia, pré-moldados, estudados no laboratório.

5 — Foi estudado e aperfeiçoado, um novo tipo de pré-moldados a ser utilizado como elemento de proteção e de dissipação de energia, principalmente em obras marítimas sujeitas a ação de ondas, tais como muros de cais, diques, pilares de pontes, etc.

Tal dispositivo, embora obedecendo aos princípios, como não poderia deixar de ser, já utilizados e patenteados em outros países, apresenta forma bastante diferente e é de confecção muito mais simples, tendo sido estudadas, inclusive, as operações de moldagem e lançamento no local da obra.

6 — Existe já construído, ensaiado e aprovado, em pleno uso, um novo dispositivo destinado a colocação e ao nivelamento de perfis na construção de modelos reduzidos, que já está patenteado e vem sendo empregado correntemente nos trabalhos de modelagem do laboratório. Tal dispositivo, além de extremamente útil e prático, em nada se assemelha a outros, com iguais finalidades, em uso em outros laboratórios.

7 — O tanque de ensaios de ondas do laboratório dispõe de um tipo de gerador, cuja placa pode ter movimentos e pode ser regulada com possibilidades não comuns a outras existentes, com idênticas finalidades. Além disso o referido gerador, por processo puramente mecânico, pode ter a sua velocidade variada **progressivamente, sem parar**, de 20 até 120 r. p. m.

8 — Foi estudado e aperfeiçoado, com pleno sucesso, um novo tipo de medidor de velocidades e va-

zões em fluidos com controle eletrônico inclusive, que comparado com os aparelhos comumente empregados com tais finalidades, até com os molinetes mais precisos, apresentou várias e reais vantagens.

9 — Está sendo desenvolvido e comprovada uma nova teoria sobre a transposição de efeitos quantitativos do transporte sólido em hidráulica, medido sobre modelos reduzidos. Como se sabe, no estado atual de conhecimentos, essas transposições em escala ainda não está definida e tais efeitos só podem ser observados sob o aspecto qualitativo. Para obtenção dos efeitos e para a dedução das relações, estão sendo empregadas esferas de vidro, que simulam a granulometria do material.

Tais fatos constituem absolutas inovações.

Identicamente ao que dissemos quando nos referimos aos trabalhos realizados, deixamos de fazer outras citações para não alongar demasiadamente o presente relato.

Pelo exposto verifica-se que o laboratório, sem prejuízo das suas missões didáticas, vem realizando trabalhos de valor que mostram, inclusive, para aqueles que não acreditam ou ainda não sabem que a Hidráulica Experimental em nosso país é já uma realidade e que, na altura em que nos encontramos, já podemos deixar de apelar para laboratórios estrangeiros, para a solução de nossos problemas especializados, sem que isso implique, de modo algum, em menosprezo ao valor e ao tirocínio de tais organizações com as quais procuramos sempre manter proveitoso e útil intercâmbio.

III — APARELHOS E INSTALAÇÕES

Conforme já dissemos no início deste relato, embora ocupando área relativamente reduzida, dispõe o laboratório de toda a aparelhagem e de todas as instalações necessárias ao cumprimento das missões que se acham a seu cargo.

Para melhor esclarecimento, passaremos a fazer uma descrição sumária de tais recursos, dando uma idéia geral de como se acha organizado o laboratório.

Conforme mencionamos no início, o laboratório, na parte didática, atende ao ensino prático e aplicadas seguintes cadeiras:

- a) Mecânica dos Fluidos
- b) Hidráulica
- c) Máquinas Hidráulicas

Para o cumprimento de sua dupla missão de:

- a) Ensino
- b) Ensaios e Pesquisas

Acha-se ele distribuído pelos seguintes setores especializados:

- a) Gases (fluidos compressíveis)
- b) Líquidos
- c) Analogias elétricas
- d) Máquinas

Desejamos destacar aqui que, tratando-se de uma dependência incorporada a um órgão de muito maior desenvolvimento, qual seja o Instituto Militar de Engenharia, não serão mencionadas outras dependências ou órgãos que seriam peculiares a um laboratório autônomo. Trata-se, portanto, de uma dependência nos moldes das que existem por exemplo, nas universidades americanas, tais como as Universidades de Columbia e de Iowa, onde tantos e tão notáveis trabalhos têm sido realizados e nos quais labutam homens da envergadura de Hunter Rouse Ippen e outros.

Tal fato, julgamos, no nosso caso, de trabalharmos incorporados a uma grande organização, representa, para nós, uma vantagem, pelas razões que passaremos a citar:

a) Não temos preocupações de ordem administrativa, pois que a administração do Instituto é geral;

b) Podemos dispor, quando necessário, dos serviços dos demais laboratórios, à testa dos quais encontramos elementos especializados de alto gabarito e cujos serviços utilizamos quando necessário;

c) Temos à nossa disposição as oficinas do Instituto, cuja organização e cujas possibilidades são muito mais amplas do que as que poderiam existir em um laboratório de hidráulica autônomo;

d) Podemos utilizar a aparelhagem existente nas demais dependências do Instituto, tais como dos laboratórios de eletrônica e de física;

e) Quando as solicitações de serviços são grandes, podemos reforçar nossa equipe com elementos especializados, destacados de outros setores;

f) As tarefas de ensino obrigam a uma atualização constante de conhecimentos e uma atividade contínua e produtiva;

g) Podemos, como já temos feito através de simples solicitações ou por meio de convênio, obter a colaboração de outras organizações especializadas, principalmente de caráter público, existentes no país e no estrangeiro;

h) Temos a possibilidade de obtenção de maiores verbas e facilidades de aquisição de aparelhagem, sem os impecilhos e as despesas da importação comum;

Desejamos esclarecer nesta parte que, na organização do Instituto, o Laboratório de Hidráulica e de Mecânica dos Fluidos está subordinado à Divisão

de Ensino e Pesquisas, que é o órgão do estabelecimento que supervisiona e coordena esses assuntos no âmbito da organização.

O Instituto Militar de Engenharia, por sua vez, depende, em ordem hierárquica, dos seguintes órgãos da técnica no Exército:

- Diretoria de Estudos e Pesquisas Tecnológicas;
- Departamento de Produção e Obras.

Todos os órgãos acima, inclusive o Instituto, são dirigidos por Generais, sendo, o último deles, o órgão supremo da técnica no Ministério da Guerra.

A Divisão de Ensino e Pesquisas do Instituto é chefiada por um coronel, com o curso de engenheiro.

O Laboratório tem um Chefe, Oficial Superior, do quadro de engenheiros, e tantos assistentes quantos forem necessários, inclusive engenheiros civis, que colaboram como contratados ou conferencistas.

No mais, o pessoal é constituído pelos Técnicos de Laboratório, modeladores, maquetistas, desenhistas e serventes. Os trabalhos de secretariado ficam a cargo da Divisão de Ensino e Pesquisas.

As instalações principais são as que se seguem e as fotografias anexas mostram vários aspectos do Laboratório, onde as mesmas podem ser vistas:

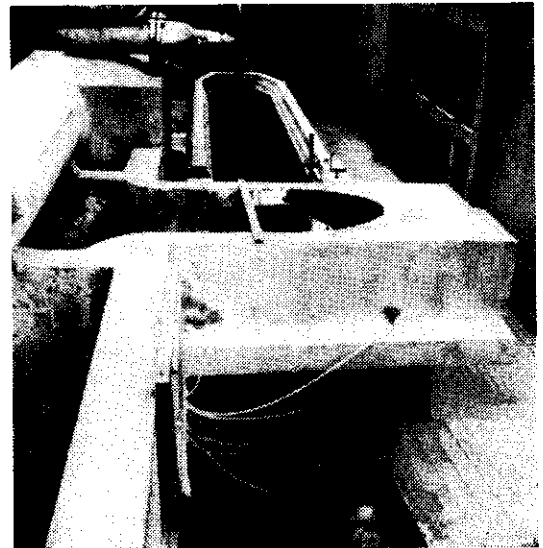
- 1 — Reservatório subterrâneo de abastecimento, com capacidade aproximadamente de 200.000 litros.
- 2 — Um conjunto de bombas, constituído de:
 - duas bombas principais, com potência de 40 cavalos cada, sendo uma de alto rendimento e outra de alta pressão;
 - bombas auxiliares, fixas e móveis, destinadas a ensaios e estudos de baixo consumo de água.
- 3 — Um reservatório superior, a nível constante, trabalhando em "circuito fechado" com o reservatório inferior.
- 4 — Uma tubulação de distribuição de água dotada de grande flexibilidade de emprêgo, e permitindo levar a água a qualquer ponto do laboratório.
- 5 — Um tanque medindo 4 x 7 m, para ensaios de flutuabilidade e ondas (ação, leis de propagação, determinação de características, estudo de obras especiais).
- 6 — Dois canais:
 - um grande, fixo, com janela de vidro, destinado a ensaios em escala de baixo denominador;

— um pequeno, com inclinação regulável, de paredes inteiramente envidraçadas, para demonstrações e estudos.

7 — Um conjunto de condutos forçados, que se desenvolvem ao longo das paredes, destinados principalmente ao ensino, permitindo a realização dos seguintes estudos:

- a) medida de vazões, velocidades e pressões em condutos forçados;
- b) determinação de perdas normais e acidentais;
- c) aferição de aparelhos medidores neles instalados;
- d) realização, medição e observação de golpes de ariete;
- e) estudos de semelhança, baseados no número de Reynolds.

É de notar que existem recursos para fazer circular ar ou água nos condutos.



Fot. 12 — Estudos experimentais, sobre modelo reduzido. Em 1.º plano uma tomada de água, ao fundo, um dique sêco.

8 — Uma caixa especialmente preparada para estudos de infiltrações e percolações, com uma das paredes de vidro, permitindo a observação perfeita dos fenômenos, a tirada de fotografias, a medida de pressões e a introdução de filetes coloridos.

9 — Uma cuba eletrolítica para a execução de estudos por analogias elétricas:

10 — Uma cuba tipo miniatura, para estudos de escoamentos em tórno de perfís ou formas, dotada de um sistema ótico, permitindo a projecção dos efeitos em uma tela. Nessa cuba, por analogia, pode-se obter efeitos de escoamentos até nos domínios das velocidades hiper-sônicas.

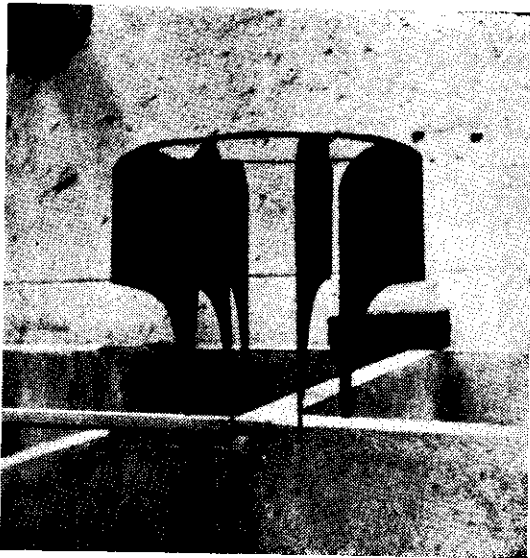
Pode-se assim, por exemplo, analisar a onda de choque formada na ogiva de um foguete supersônico

11 — Dois túneis aerodinâmicos:

- um tipo miniatura, para demonstrações básicas;
- um com cerca de 7 metros de comprimento e garganta de observação, com seção de 20 x 40 cm., permitindo velocidades até 50 m/s.

12 — Um conjunto de máquinas hidráulicas, associadas a geradores de corrente elétrica, com reguladores automáticos e quadros de controle, constituído de:

- duas turbinas tipo Francis, sendo uma de caixa em espiral e outra de eixo mergulhado, esta última permitindo a troca de rotores e distribuidores;
- uma turbina tipo Pelton, com caixa transparente, para observação do funcionamento;
- uma turbina tipo Delta.



Fot. 13 — Os defletores de uma tomada tipo tulipa, lembram uma escultura moderna. Caso real.

As turbinas são alimentadas quer por injeção direta da grande bomba de alta pressão, quer através do reservatório de nível constante.

13 — Um conjunto de aparelhos e dispositivos auxiliares, tais como pequenas caixas, tranquilizadoras, bocais, mangueiras, bomba para ensaios de alta pressão, etc.

14 — Uma aparelhagem completa de medidas dos tipos mais modernos e variados, constituída principalmente de:

- manômetros e micro-manômetros;

- registradores e medidores de níveis;
- medidores de vazões;
- medidores de velocidades;
- medidores e registradores de oscilações;
- extensômetros;
- cronômetros.

15 — Uma aparelhagem completa de reprodução de marés em modelo reduzido, por princípio eletrônico.

16 — Aparelhagem para aferição e calibragem de manômetros.

17 — Uma pequena oficina de maquetes e de modelagem, para serviços do laboratório apenas.

18 — Galpões abertos e áreas externas, para a construção e a exploração de moldes reduzidos.

IV — CONCLUSÃO

Procuramos, nas páginas precedentes, dar uma idéia tão geral e tão completa quanto possível do que é o laboratório de Hidráulica e de Mecânica dos Fluidos do Instituto Militar de Engenharia.

Que nos perdoem os que nos leram se nos alongamos um pouco, mas fomos obrigados a relatar certos assuntos, para bem situar a posição do laboratório e as suas missões.

Não poderíamos, no caso, abordar em maiores detalhes a Técnica Experimental, cujo valor procuramos salientar e defender.

Isso seria objeto de outro trabalho, que poderíamos publicar.

Julgamos, no entanto, através de tudo o que foi relatado, haver mostrado que em uma escola de formação de engenheiros, um Laboratório como o descrito torna-se indispensável e tem amplas possibilidades de prestar relevantes serviços no ensino e na pesquisa.

O testemunho do trabalho feito foi dado não só através dos exemplos citados, mas também poderá ser comprovado por qualquer um dos alunos que pertenceram às inúmeras turmas que por êle têm passado, e que hoje já são engenheiros.

Temos a satisfação e o justo orgulho do dever cumprido, embora modestamente.

Muito estimaríamos, se aqueles que nos lessem pudessem bem aquilatar do valor que realmente tem o laboratório, no cumprimento das elevadas tarefas a que nos referimos.

Conforta-nos poder declarar, em plena e sã consciência, que a Hidráulica Experimental é uma realidade no Brasil de hoje.

É necessário que aqueles que nos leram acreditem nisso e tenham confiança nos nossos técnicos especializados nos assuntos tratados, cujo número cresce de dia para dia.

Longe já estão os anos em que a Hidráulica Experimental no Brasil era expressão misteriosa, da qual ninguém entendia ou na qual ninguém acreditava.

O que é preciso fazer cada vez mais é dar um crédito de confiança aos engenheiros, aos nossos técnicos, estimulando-os, amparando-os e **dando-lhes trabalho.**

Quanto aos nossos estudantes, é necessário agir como nós, mostrando-lhes o indispensável valor do laboratório, fazendo com que nele acreditem e despertando-lhes a mentalidade de **experimentação e pesquisa.**

Os primeiros passos já estão dados, e os resultados colhidos já são amplos e insofismáveis.

É necessário acreditar em mais esta modalidade da técnica, na qual, felizmente, o nosso Brasil se avoluma cada vez mais.

E aí estão, a nossa espera, os vastos campos, apenas inicialmente desbravados, dos nossos imensos valores hidráulicos. Aí estão as nossas enormes costas, os nossos portos, os nossos rios navegáveis, o nosso formidável potencial energético, a espera de técnicos, cada vez mais técnicos, laboratórios, muitos laboratórios, homens de fé e de patriotismo, homens de ação, cientistas, pesquisadores, todo êsse conjunto que define, que forma, que solidifica, que eleva o poderio de uma nação, para que êste Colosso, que arremete para o futuro grandioso que o espera, superando todos os obstáculos e convertendo descrentes, prossiga em seu progresso que não pode nem deve ser detido.

Para que marchem, lado a lado, todos com as mesmas convicções, todos confiantes, porque o Brasil irá sempre para a frente, pois assim querem os verdadeiros brasileiros e porque Deus assim o fez. pujante, rico, forte, indomável, grandioso e belo!



- *“A coleta e remoção adequada de lixo e a limpeza apropriada das ruas são serviços essenciais à manutenção da saúde e do bem-estar da comunidade. Nos países europeus e nos Estados Unidos, gastam-se somas enormes devido à maneira pouco científica e descontrolada como os executam...”*

P. C. Bose, Índia

- *“A população da América Latina é da ordem de 225 milhões, dos quais 120 milhões vivem em zonas urbanas, como tais considerados os centros de mais de 2.000 habitantes, e 105 milhões habitam as zonas rurais. Calcula-se que 35 milhões de pessoas que moram nas cidades, sobretudo nos subúrbios, têm que se abastecer de água em fontes públicas”.*

Ruperto Casanueva, Chile