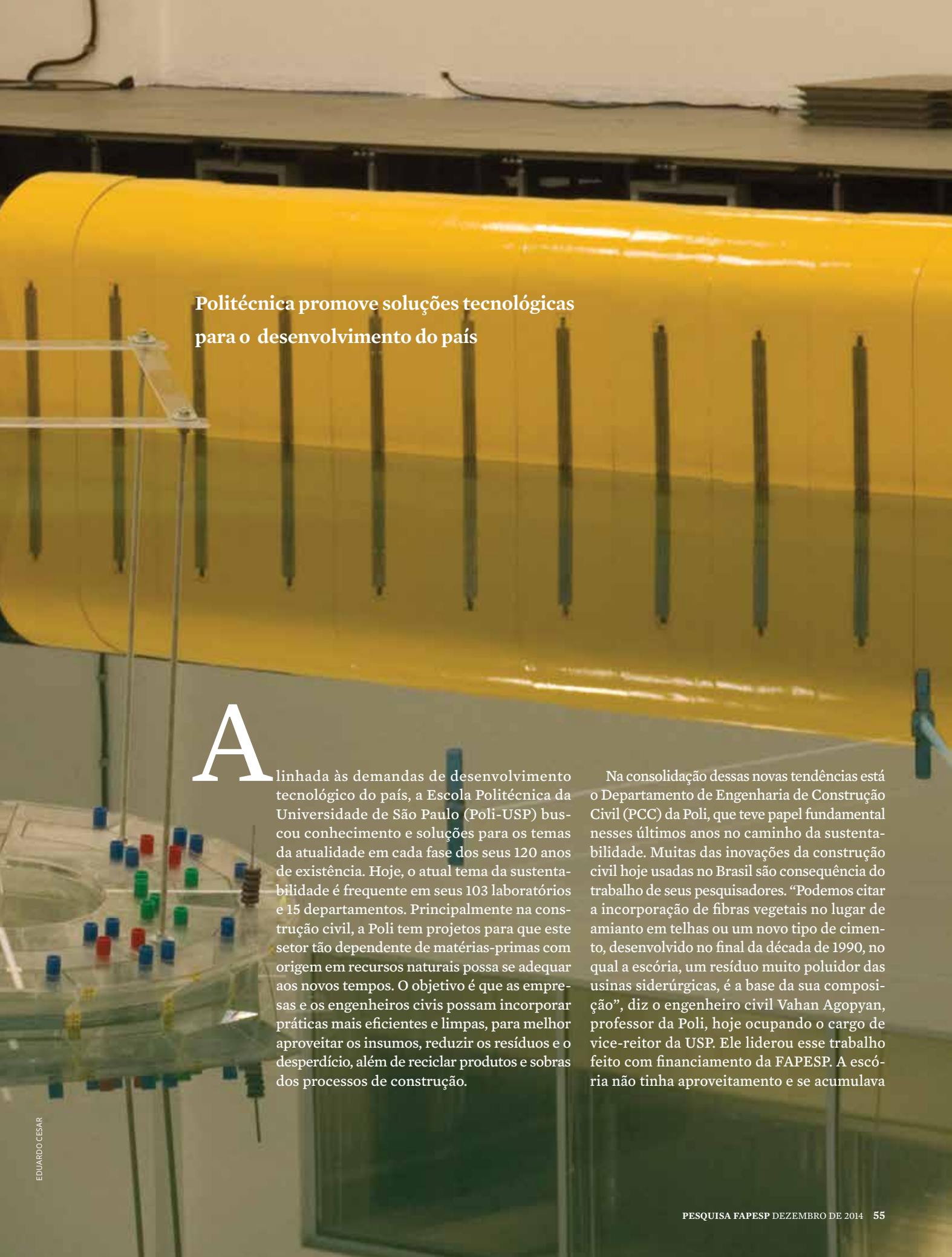


ENGENHARIAS

Estruturas do conhecimento

Evanildo da Silveira e Marcos de Oliveira

Engenharia naval: tanque reproduz condições do mar em escala reduzida para testes de plataformas e navios



Politécnica promove soluções tecnológicas para o desenvolvimento do país

Alinhada às demandas de desenvolvimento tecnológico do país, a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli-USP) buscou conhecimento e soluções para os temas da atualidade em cada fase dos seus 120 anos de existência. Hoje, o atual tema da sustentabilidade é frequente em seus 103 laboratórios e 15 departamentos. Principalmente na construção civil, a Poli tem projetos para que este setor tão dependente de matérias-primas com origem em recursos naturais possa se adequar aos novos tempos. O objetivo é que as empresas e os engenheiros civis possam incorporar práticas mais eficientes e limpas, para melhor aproveitar os insumos, reduzir os resíduos e o desperdício, além de reciclar produtos e sobras dos processos de construção.

Na consolidação dessas novas tendências está o Departamento de Engenharia de Construção Civil (PCC) da Poli, que teve papel fundamental nesses últimos anos no caminho da sustentabilidade. Muitas das inovações da construção civil hoje usadas no Brasil são consequência do trabalho de seus pesquisadores. “Podemos citar a incorporação de fibras vegetais no lugar de amianto em telhas ou um novo tipo de cimento, desenvolvido no final da década de 1990, no qual a escória, um resíduo muito poluidor das usinas siderúrgicas, é a base da sua composição”, diz o engenheiro civil Vahan Agopyan, professor da Poli, hoje ocupando o cargo de vice-reitor da USP. Ele liderou esse trabalho feito com financiamento da FAPESP. A escória não tinha aproveitamento e se acumulava

em montes de até 30 metros de altura nos arredores das siderúrgicas, causando grandes problemas ambientais. Hoje esse tipo de cimento é largamente utilizado na construção civil. “Com o tempo, sua fabricação acabou com a escória que se amontoava pelo país”, conta. “A incorporação desse material ao cimento já existia em outros países, mas nós aqui fizemos um estudo no sentido de entender os aspectos químicos e o funcionamento da mistura do cimento com a escória.”

A origem dessa nova atitude do setor de construção civil em relação à sustentabilidade é antiga. Segundo Agopyan data do início da década de 1970. “Nessa época houve uma mudança de abordagem, passando de uma visão empírica da construção civil para uma científica”, diz. “A partir daí, livros estrangeiros começaram pouco a pouco a trazer uma visão científica dos materiais. Quando fui fazer meu doutorado no King’s College, em Londres, entre 1979 e 1982, tive a oportunidade de ser um dos primeiros brasileiros a estudar com professores que tinham essa visão científica.”

A primeira e principal consequência dessa mudança de abordagem foi os engenheiros passarem a entender os materiais de construção. “Começamos a estudar como o funciona o concreto, por exemplo. Com isso conseguimos aumentar sua resistência de 20 megapascals (MPa) para até 120 MPa [Pascal é a unidade padrão de pressão e tensão e equivale a força de 1 Newton (N) aplicada uniformemente sobre uma superfície de 1 m²], o que facilitou a construção de grandes prédios, como os que vemos em São Paulo. Essa marca aconteceu em paralelo em todo o mundo.” O que muda são os materiais e a matéria-prima usada em cada país. “Entre os trabalhos atuais está o estudo da otimização da produção de concretos objetivando a redução do consumo de cimento”, diz Agopyan.

O ensino e a pesquisa na construção civil levaram a Poli a figurar em primeiro lugar no *ranking* de universidades brasileiras da *Folha de S. Paulo* em 2014. A civil é uma das tradições da Poli que teve como principal idealizador e primeiro diretor Antonio Francisco de Paula Souza, que ministrou aulas de resistência de material e estabilidade das construções logo na primeira turma da engenharia civil em 1894, um ano depois de ter sido implementada. A Poli foi incorporada



Pranchetas, esquadros, lápis e compasso, a engenharia civil antes dos computadores e ainda sem uma visão científica dos materiais, abordagem que viria depois dos anos 1970

à USP em 1934, tão logo a universidade foi criada.

A tradição dos cursos e a excelência em pesquisa no país também premiaram outras três engenharias da Poli no *ranking* da *Folha* em 2014. Ficaram em primeiro lugar, além da civil, a engenharia elétrica, a mecânica e a química. No total, entre sete cursos de engenharia do *ranking*, a Poli ficou em primeiro lugar em quatro e em outros dois, em segundo, engenharia ambiental e de produção. No sétimo, de controle e automação, a Poli não se enquadra.

SISTEMAS ELETRÔNICOS

Na elétrica, mais precisamente no Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos (PSI) existe uma grande variedade de projetos em andamento, como o do cardiocip (um *chip* para monitorar os sinais do coração), um circuito eletrônico que poderá colaborar para que surdos escutem, um software para celulares de baixo custo, além de uma infraestrutura de realidade virtual para a Marinha e um sistema de cinema 3D com movimentos integrados das cadeiras.

Foi no PSI que começou, há mais de 40 anos, o desenvolvimento – quando o departamento ainda não tinha seu atual nome – dos primeiros circuitos integrados, mais conhecidos como *chips*, e até o primeiro computador nacional, batizado de “Patinho Feio”, sob a coordenação do professor Antônio Hélio Guerra Vieira.

Quem conhece bem essa história, porque fez parte dela, é o engenheiro eletrônico João Antônio Zuffo, graduado na Poli em 1963, na terceira turma do curso, e hoje professor aposentando, mas ainda em plena atividade. “Em 1960 havia sido criado o Departamento de Engenharia Elétrica com duas opções, eletrônica e eletrotécnica”, lembra. “Em 1962 e 1963 fui bolsista da FAPESP, como aluno.” Pouco depois, no final dos anos 1960 e início dos 70 foram criados os laboratórios de Microeletrônica (LME) e Sistemas Digitais (LSD) e, mais tarde, em 1975, o de Sistemas Integráveis (LSI), que existem até hoje. Antes disso, em 1971, Zuffo desenvolveu o primeiro *chip* brasileiro. “Era tão rápido quanto os mais rápidos existentes na época, mas não chegou a ser fabricado industrialmente, embora fosse viável”, conta.

O ano de 1972 marca um trunfo do PSI, com a construção do Patinho Feio. Seu desenvolvimento começou com os professores do curso de engenharia elétrica. Foi montada uma oficina e a própria equipe fabricou os componentes e os circuitos integrados da memória do computador, que chegou a oito bits. A máquina foi apresentada ao público em julho de 1972. “Tanto o *chip* quanto o patinho não foram em frente porque na época não havia uma indústria para isso. Os investimentos necessários eram muito altos e deveriam vir de uma empresa”, diz Zuffo.

No caso específico do LSI, o objetivo inicial foi o desenvolvimento mais acentu-

ado das pesquisas na pós-graduação, parecido com o que havia de mais avançado no mundo. “Quando fizemos nosso *chip* havia apenas 12 anos que o primeiro tinha sido feito nos Estados Unidos”, lembra Zuffo. “Não haviam muitos países fazendo isso. Nem o Japão tinha ainda uma indústria de microeletrônica.” Em suas bancadas foram realizados os primeiros projetos de realidade virtual e processamento de dados em paralelo. “Nesse último caso, o resultado foi um supermicrocomputador fabricado mais tarde pela Itautec”, conta.

O sistema de TV digital do Brasil, que se espalha por toda a América Latina, teve forte contribuição do LSI, principalmente para que o sinal pudesse ser captado por celulares e outros aparelhos móveis. A Caverna Digital não tem essa abrangência, mas sua importância científica pode ser até maior. É uma sala com cinco lados de projeção – as quatro paredes, mais o teto – acionada por um supercomputador paralelo, desenvolvido pelos próprios pesquisadores do laboratório. Até seis pessoas podem estar em seu interior e interagir com um mundo simulado por computador. Mas ela não é apenas uma curiosidade. Suas aplicações se estendem a vários campos de pesquisa, como engenharia, medicina, astronomia, astrofísica, biologia e química e até entretenimento, como jogos, visualizações fotorrealísticas e filmes interativos.

Simulações no tanque numérico são essenciais na exploração do pré-sal

A adequação da Poli às demandas recentes do país estão presentes também na exploração do petróleo em águas profundas e ultraprofundas, como as do pré-sal. A parceria entre o Departamento de Engenharia Naval e Oceânica (PNV), da Poli-USP, e a Petrobras contribuiu para o sucesso dessa exploração em mares fluminenses e paulistas. A criação do Tanque de Provas Numérico (TPN), em 2002, e a inauguração de um tanque físico, em 2009, chamado de Calibrador Hidrodinâmico (CH), semelhante a uma piscina ultrassofistica-

da, de 14 por 14 metros, com quatro de profundidade, capaz de produzir ondas e outras condições do mar em escala reduzida foram fundamentais para a Petrobras na exploração do petróleo da camada pré-sal, que pode estar a uma profundidade de sei quilômetros (km), da qual pelo menos três km são de lâmina d’água. Um sistema complementa o outro e juntos são capazes de simular diversas condições ambientais e de operação de navios e plataformas. “Existem muitos tanques físicos na Noruega, na Holanda e no Japão, porém não existe um laboratório que acople um físico e numérico como o *cluster* computacional que temos aqui. Começamos com 120 proces-

sadores e hoje temos cerca de 2.500”, conta Kazuo Nishimoto, que foi chefe do departamento de julho de 2010 a julho de 2014.

Antes de começar a exploração propriamente dita, toda operação é simulada nos computadores do TPN, algumas calibradas no CH e visualizadas numa sala de realidade virtual. No TPN, simula-se desde a ancoragem dos navios-tanque, conhecidos por FPSOs (sigla em inglês para Floating Production, Storage and Offloading), ou sistemas flutuantes de produção, armazenamento e descarga, em alto-mar por meio de linhas (*riser*), que os prendem ao fundo do oceano, até a perfuração da camada de sal, abaixo da qual se encontra o petróleo. “Sem o TPN e essas simulações seria impossível a exploração do pré-sal.”

Antevendo a evolução da exploração marítima de petróleo, o professor Celio Taniguchi, então chefe do departamento, cargo que ocupou de 1984 a 1992 – mais tarde ele viria a ser diretor da Poli de 1994 a 1998 –, firmou um acordo de cooperação com o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes) da Petrobras, para o desenvolvimento de tecnologia e de estruturas oceânicas para águas profundas. “Até então nosso departamento tinha foco na parte de navios”, lembra Nishimoto. “A partir do convênio com o Cenpes, começamos a trabalhar com as plataformas de perfuração e produção de petróleo em alto-mar, linhas para sua ancoragem e dutos submarinos de escoamento de óleo. Por essa razão, ainda em 1986 o PNV, que até então se chamava Departamento de Engenharia Naval, ganhou o acréscimo da expressão ‘e Oceânica’.” ■

Em 1971, o primeiro *chip* feito no Brasil. Tão rápido quanto os *chips* fabricados na época



Em 1971, o primeiro *chip* feito no Brasil. Tão rápido quanto os *chips* fabricados na época



Patinho Feio foi o primeiro computador feito no Brasil com base em um projeto de pesquisa. Na engenharia elétrica foi montada uma oficina e os próprios alunos fizeram os componentes