

TECNOLOGIA & CULTURA

Revista do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ
Ano 11 nº 14 jan./jun. 2009



CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA

Av. Maracanã, 229 - Maracanã
Rio de Janeiro / RJ - CEP 20271-110
www.cefet-rj.br



HISTÓRIA DA TECNOLOGIA NO BRASIL: alguns registros



Revista

Tecnologia & Cultura

Revista semestral do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ
Ano 11 - Número 14 - jan./jun. 2009

Ministério da Educação - MEC
Secretaria de Educação Profissional e
Tecnológica - SETEC

CEFET/RJ - CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA CELSO SUCKOW DA FONSECA

TECNOLOGIA & CULTURA - Revista do CEFET/RJ
Ano 11 - Número 14 - jan./jun. 2009
Tiragem: 1500 exemplares

Av. Maracanã 229 - CEP 20271-110 - Rio de Janeiro/RJ
Telefone geral: (21) 2566-3022 r. 3160
Telefax: (21) 2284-6021

<http://www.cefet-rj.br>
E-mail: revista@cefet-rj.br

Diretor-Geral
Miguel Badenes Prades Filho

Vice-Diretor
Carlos Henrique Figueiredo Alves

Diretor de Ensino
Maurício Saldanha Motta

Diretor de Pesquisa e Pós-Graduação
Pedro Manuel Calas Lopes Pacheco

Diretora de Gestão Estratégica
Carmen Perrotta

**Conselho Técnico-Científico da
Revista Tecnologia & Cultura**
Presidente do Comitê Técnico-científico
Marco Braga (CEFET-RJ)

Tecnologia & Sociedade
Marco Braga
(Editor / CEFET-RJ)
Marisa Brandão
(CEFET-RJ)
Monica Waldhelm
(CEFET-RJ)
Regina Viegas
(CEFET-RJ)
Alvaro Chrispino
(CEFET-RJ)
Gaudêncio Frigotto
(UFF)
Isabel Malaquias
(Universidade de Aveiro - Portugal)
Carlos Fiolhais
(Universidade de Coimbra - Portugal)
Olival Freire Junior
(UFBA)
Ana Margarida Campello
(FIOCRUZ)

Tecnologia & Gestão

Antonio Pithon
(Editor / CEFET-RJ)
José Antonio Peixoto
(CEFET-RJ)
José Dinis Carvalho
(Universidade do Minho - Portugal)
Rui Manoel Souza
(Universidade do Minho - Portugal)
Rogério Valle
(COPPE-UFRJ)
Luis Enrique Valdiviezo Vieira
(UENF)

Tecnologia & Inovação

Hector Reynaldo
(Editor / CEFET-RJ)
Maurício Motta
(CEFET-RJ)
Carlos Henrique Figueiredo Alves
(CEFET-RJ)
Américo Scotti
(Universidade Federal de Uberlândia)
Ari Sauer Guimarães
(UFRJ)
Ivani de Souza Bott
(PUC-RJ)

Editoria

Diretoria de Gestão Estratégica
Secretaria editorial - Edson Galiza

Revisão

Carmen Perrotta
Edson Galiza

Biblioteca Central

Leila Maria Bento
Ana Maria Milanez

Projeto Gráfico/Diagramação Seção de Programação Visual - SPROV

Fernando da Silveira Bracet
Isabela Menezes
Paulo Roberto Pires Macedo

Capa

Trabalho de interferência gráfica

Impressão

Sector Gráfico

Observações

Os conteúdos dos artigos publicados nesta Revista
são de inteira responsabilidade de seus autores.
Proibida a reprodução total ou parcial desta obra
sem autorização dos autores.

- Bartolomeu de Gusmão na Corte de D. João V: o Balão de Ar Quente Henrique Lins de Barros	07
- O Brigadeiro Alpoim: um Engenheiro Militar Português que Contribuiu para a Formação da Engenharia no Brasil Teresa Cristina de Carvalho Piva	13
- A Falta de Padronização na Artilharia Luso-Brasileira no Século XVIII Ricardo Vieira Martins	19
- O “Isolador Capanema”: Contribuição para a História da Tecnologia no Brasil Imperial Sílvia F. de M. Figueirôa Mauro Costa da Silva	26
- As Primeiras Indústrias de Construção Aeronáutica no Brasil Nilda Nazaré Pereira Oliveira	31
- A Aurora da Engenharia Brasileira no Setor Elétrico, em Depoimento de John R. Cotrim O Motor a Jato e a Turbina ETN: Aventuras Tecnológicas Narradas pelo Professor Eugênio Trombini Pellerano	45 58
- Entrevista História da Tecnologia no Brasil: Desafio a Novos Grupos de Pesquisa Marco Braga	67
- Resenha A Decolagem de um Sonho: A História da Criação da EMBRAER Carmen Perrotta	70
- Dissertações Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática Nº 1 - Ondas de Rádio no Ensino Médio com Ênfase CTS Nº 2 - Ensino da Física Mediada por Computador e as Novas Tecnologias para Alunos do PROEJA Nº 3 - Aprendizagem Significativa e Geometria Dinâmica	73 73 73
Mestrado em Tecnologia Nº 1 - Proposta para Adaptação de um Sistema de Gestão Ambiental a Oficinas de Manutenção e Reparação de Veículos Baseada na Gestão por Processos Nº 2 - Modelagem de Transdutores de Ultra-Som de Alta Frequência com Arranjo em Anel Nº 3 - Os Blogs Corporativos como Ferramenta Auxiliar no Trabalho Colaborativo Nº 4 - A Produção Acadêmica Nacional sobre Propriedade Intelectual: um Estudo no Banco de Teses da CAPES Nº 5 - Estudo da Viabilidade de Utilização da Técnica de Ultra-Som Associada ao Processamento Digital de Sinais (PDS) para Detecção da Ocorrência de Pontos Quentes em Equipamentos Elétricos de Alta Tensão Nº 6 - Estudo de um Transdutor de Ultra-Som Capacitivo Utilizando o Método de Elementos Finitos Nº 7 - A Organização do Estágio Supervisionado do Curso de Engenharia de Produção do CEFET-RJ: uma Contribuição à Auto-Avaliação Institucional Nº 8 - Análise Exploratória e Representação dos Fluxos Direto e Reverso de Pneus no Município do Rio de Janeiro Nº 9 - Modelo para Avaliação de Descontinuidades Internas por Ultra-Som em Materiais Forjados Nº 10 - Avaliação da Qualidade Percebida pelo Consumidor de Drogarias, Estudada sob Ótica das Dimensões Estabelecidas por Garvin	75 75 76 76 77 77 78 78 79 79

A idéia de dedicar um número especial de **TECNOLOGIA & CULTURA** à História da Tecnologia no Brasil surge a partir da verificação do interesse crescente de teses de doutoramento que vêm sendo defendidas no âmbito da temática. Esse é um registro auspicioso, de vez que, há algum tempo, pesquisadores da área de História das Ciências observam que, embora a ciência brasileira tenha produzido um conjunto de trabalhos de importância para a ciência mundial, há, também, um sem-número de contribuições a serem resgatadas no campo da tecnologia. Em outras palavras, pouco se pesquisa ainda a respeito da história da tecnologia no Brasil.

A presente edição visa mostrar um pouco dessa história. Escolhemos trabalhos que pontuam os últimos três séculos. O século XVIII vem representado por dois “engenheiros” luso-brasileiros. O primeiro, o padre Bartolomeu de Gusmão, nasceu no Brasil, mas realizou sua obra em Portugal. O segundo, o engenheiro militar José Alpoim, nasceu em Portugal, mas realizou sua obra no Brasil. O primeiro, um projetista que registrou seu invento de balão na corte portuguesa e inspirou muitos europeus a sonharem com o transporte aéreo. O segundo, um mestre de canteiro de obras que, além de construir prédios, pavimentou, como professor, o surgimento da engenharia brasileira. O século XVIII se completa com um relato sobre a fabricação de canhões e a falta de padronização da artilharia luso-brasileira. O artigo é um olhar sobre os processos produtivos, muito mais que os artefatos, campo hoje definido pela Engenharia de Produção.

O quarto artigo remete a uma questão ainda atual. Quando hoje se discute o baixo número de patentes no Brasil, em comparação com a produção científica, o engenheiro Guilherme Schüch, Barão de Capanema, nos traz um importante exemplo de patenteamento de invenção em pleno século XIX. Assim como Gusmão no século anterior, Capanema procurou registrar seu invento – um isolador para as comunicações telegráficas por cabo. O século de Capanema já é o século da industrialização, em que o registro do invento não é mais obra de sonhadores, mas negócio, lucro, produção.

O século XX é o século da industrialização brasileira. Dentre diversas temáticas, selecionamos duas importantes, a da construção aeronáutica e a do setor elétrico, apresentadas em três textos. O primeiro reporta a história das indústrias surgidas no ramo da produção de aeronaves no país, antes da criação da Embraer, utilizada, na pesquisa, a história oral. O nascimento de FURNAS, que, em menos de uma geração, desenvolveu *know how* na área da produção e distribuição de energia elétrica, é contado, no segundo texto, em depoimento de John Cotrim, um dos fundadores da empresa e dos pioneiros na construção de hidrelétricas no país. Com o terceiro texto, envolvendo construção aeronáutica e energia, compartilhamos aventuras tecnológicas empreendidas pelo Professor Pellerano na antiga Escola Técnica Nacional, o nosso CEFET.

Há a intenção de que, em próximos números, outras áreas venham a ser tratadas. Contamos com a participação de mais interessados em difundir a história da tecnologia no Brasil e desejamos que essa linha de pesquisa ganhe impulso nas universidades e demais instituições de educação superior brasileiras, desafiando a formação de profissionais que possam inovar em benefício da sociedade.

Prof. Dr. Marco Braga
Presidente do Comitê Técnico-Científico

Carmen Perrotta
Editoria, DIGES

Bartolomeu de Gusmão na Corte de D. João V: o Balão de Ar Quente

Henrique Lins de Barros

RESUMO: Este artigo apresenta um esboço histórico de Bartolomeu de Gusmão e seu tempo. Nascido na vila de Santos, cursou Humanidades e ingressou na Companhia de Jesus. Na Lisboa do século XVIII, trabalhou na corte de D. João V, destacando-se com suas concepções, seus experimentos, inventos e, sobretudo, pela sua admirável visão de futuro, tendo anunciado as vantagens de um aparelho voador capaz de transportar passageiros: sua Passarola o tornou conhecido como o Padre Voador e povoou o imaginário do Velho Mundo.

Palavras-chave: Ciência; Física; Invenção; Experimento.

ABSTRACT: This article presents a historical profile of Bartolomeu de Gusmão and his time. He was born in Santos, studied Humanities and joined the Society of Jesus. In XVIIIth century Lisbon, he worked in the court of King João V. Gusmão became very famous, especially with his views, experiments, inventions, and particularly for his remarkable vision of the future. He announced the advantages of a flying machine capable of carrying passengers: due his Passarola, he was known as the Flying Priest, enriching the popular imagination in the Old World.

Keywords: Science; Physics; Invention; Experiment.

A história de Bartolomeu Lourenço de Gusmão é pouco conhecida e envolta em mistérios. Nascido provavelmente no início de dezembro de 1685 na vila paulista de Santos, foi batizado com o nome de Bertholameu Lourenço no dia 19 de dezembro do mesmo ano, na Igreja Paroquial de Santos. Filho do cirurgião-mor Francisco Lourenço, médico chefe do corpo de saúde militar da guarnição, e de Maria Alvarez, Bartolomeu foi o terceiro dos doze filhos de Maria Alvarez. Destes, oito foram eclesiásticos, inclusive Bartolomeu, que fez seus estudos elementares no Colégio São Miguel. Antonio Caetano de Souza, em 1735, descreve Bartolomeu Lourenço como um menino prodígio: *Desde os primeiros anos se mostrara singular quem haveria de ser universal! E consumado em todo o gênero de erudição.*

Ainda criança Bartolomeu Lourenço seguiu para a Capitania da Bahia com o objetivo de continuar seus estudos no Seminário de Belém, distante quatorze léguas de Salvador. O seminário foi fundando pelo jesuíta Alexandre de Gusmão (1649-1724), amigo dos pais de Bartolomeu e um eclesiástico influente na colônia e em Portugal.

O seminário localizava-se a cerca de 100 metros em relação ao nível do mar e uma das tarefas cotidianas, que consumia o tempo de muitas pessoas, era o transporte de água. No pequeno intervalo que Bartolomeu estudou no seminário, ele buscou uma solução para transportar a água a

qualquer altura. Não se conhecem detalhes de sua invenção. O pedido de privilégio encaminhado ao rei de Portugal, D. João V (1689-1750), o primeiro realizado por um brasileiro, foi aceito, mas pouco elucida:

Lisboa, 23 de março de 1707

Eu, El Rei, faço saber os que esta minha prolação virem que, havendo respeito ao que se me representou por parte de Bertholameu Lourenço, em razão de ter alcançado com o seu estudo e experiência um invento para fazer subir a água a toda a distância a que se quiser levar, (...) cujo invento aprovara o Senado da Câmara da Bahia, ...

Vários cientistas haviam se deparado com o problema de levar água a grandes alturas. Os experimentos mostravam que não era possível bombear água acima da cota de cerca de 10 metros com um aparelho de sucção, e não se entendia a razão. Ainda nas primeiras décadas de 1600, Galileu escreveu sobre o assunto, depois de ter sido informado que não havia meios de se elevar a água acima de certa altura; *o jardineiro acrescentou que não era possível, nem com as bombas, nem com outras máquinas que fazem a água subir por atração, fazer com que ela subisse o mínimo que fosse além de 18 braças (cerca de 10 metros), quer as bombas fossem largas ou estreitas.*

Aristóteles (384aC-323aC) havia concluído sobre a impossibilidade do vácuo: *A Natureza tem*

horror ao vácuo. De fato, imaginar a ausência de qualquer matéria num espaço é de difícil compreensão. A visão aristotélica passa pela Idade Média Europeia com ares de dogma, a ponto de o bispo de Paris no período de 1268 a 1279, Étienne Tempier, ter incluído o ensino da existência do vácuo como um dos 219 "erros execráveis ou heresias". É claro que a discussão do vácuo não ficou paralisada. Jean Buridan (1300, c.1361), um dos mais importantes filósofos franceses, admitiu publicamente que Deus tinha o poder de criar vácuo de maneira sobrenatural.

Em 1643, Evangelista Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileu, aprofundou o estudo e fez experimentos com um tubo cheio de mercúrio, fechado numa das extremidades e aberto na outra. O tubo era cuidadosamente colocado, com a parte aberta para baixo, num recipiente também cheio de mercúrio, de tal forma que o fluido pudesse escoar sem que ocorresse a entrada de ar. O que ele verificou é que o nível de mercúrio descia até atingir uma altura de 76 centímetros e depois parava. O espaço que antes era cheio de mercúrio agora se encontrava vazio, sem fluido, sem ar. A coluna de mercúrio estabilizava a uma altura 14 vezes menor do que a observada pelo jardineiro que narrou o fenômeno para Galileu. Torricelli sabia que o mercúrio é 14 vezes mais pesado que a água e ele concluiu que o vácuo não só é possível como é possível produzi-lo num espaço fechado. A interpretação de Torricelli foi que a pressão no interior do tubo era equilibrada pela que o ar exterior fazia sobre a superfície aberta do recipiente.

Em 1648, Blaise Pascal (1623-1662) coordenou um experimento realizado no Pico de Dôme, na França, e provou que a altura do mercúrio no tubo variava com a altitude e representava o peso do ar. Pascal concluiu *que a Natureza não tem qualquer repugnância pelo Vazio; que não faz nenhum esforço para evitá-lo; (...) e que, por desconhecimento, inventou-se expressamente este horror imaginário ao vazio para explicar suas razões*.

Bartolomeu certamente conhecia esses resultados. O Seminário de Belém mantinha contato com Roma.

Provavelmente Bartolomeu, para resolver o problema de abastecimento de água do Seminário, utilizou um sistema com vários níveis de forma a estabilizar a pressão, ou alguma bomba hidráulica que empurrasse a água pela tubulação e não a sugasse.

A descoberta do vazio feita por Torricelli mostrou que os objetos na atmosfera estão sujeitos a uma força vertical que corresponde ao volume de ar deslocado, uma decorrência direta do conhecido Princípio de Arquimedes.

Em 1670, o padre jesuíta Francesco Lana de Terzi (1631-1687) pensou em tirar proveito do vazio. Lana fez o desenho de um novo tipo de aparelho voador. Nada de asas batentes, nada de planos de tecido ou madeira. Uma barca suspensa por quatro globos de cobre hermeticamente fechados. Os globos de cobre deveriam ser esvaziados completamente de ar. Desta forma, o empuxo do ar atmosférico iria produzir uma força ascensional que permitiria o voo. Embora seu aparelho não pudesse ter sucesso, pois as esferas capazes de manter o vácuo seriam mais pesadas que o empuxo do ar, seu plano despertou interesse de muitos pensadores europeus do século XVII.

A formação jesuítica de Bartolomeu no seminário de Belém e os contatos com a Universidade de Coimbra nos primeiros anos do século XVIII podem ter dado a ele o conhecimento dos trabalhos em torno do ar e da existência do vácuo, assim como dos estudos sobre naves voadoras de Francesco Lana.

O ar era, na ocasião, um tema importante. Um dos quatro elementos de uma cosmologia tomista, a existência do vácuo, como provada por Torricelli, perturbava a mente de muitos cientistas da natureza. As observações realizadas sob a coordenação de Pascal mostravam algo novo. O ar tinha um peso que variava com a altitude. Muito antes desses trabalhos, Leonardo da Vinci (1452-1519) já havia observado que o ar quente sobe. Dentre seus desenhos Leonardo apresentava o projeto de uma churrasqueira que se utilizava desta propriedade. A churrasqueira possuía uma chaminé que se afunilava. Na parte superior uma hélice horizontal era movida pelo fluxo do ar quente. O eixo dessa hélice estava ligado a um sistema de engrenagens e roldanas que transmitiam o movimento rotativo para o espeto onde a carne era colocada. Mas os desenhos de Leonardo não eram muito conhecidos. Guardados em coleções particulares, poucas pessoas conheciam os esboços de suas invenções. Leonardo também se dedicou ao voo e estudou em detalhe o planeio de aves. Não é provável, entretanto, que Bartolomeu tivesse conhecimento desses desenhos.

Bartolomeu observou o comportamento do fluxo de ar quente das fogueiras e reparou que objetos leves são levados para cima. Desta observação simples, Bartolomeu pôde pensar em uma aplicação até então pouco difundida. Construiu um pequeno balão feito de algum tecido leve. Uma fonte quente colocada logo abaixo do invólucro aquecia o ar no interior do balão. Com isso ele criou um aparelho mais leve que o ar ambiente e que, assim, podia deslizar no espaço.

Em 1709 Bartolomeu está em Lisboa e apresenta o segundo pedido de privilégio realizado por um brasileiro, aprovado por D. João V. Promete

mundos e fundos falando somente das fantásticas possibilidades de seu invento, que cai em terreno fértil. A corte de D. João V vivia o início de um período de riqueza com a chegada do ouro e de pedras preciosas do Brasil. Qualquer fausto era bem-vindo.

De fato, Portugal havia lutado por sua soberania no século anterior. Conseguiu livrar-se do domínio espanhol, mas estava com as finanças arruinadas. Em 1703, Portugal assinou com a Inglaterra o Tratado de Methuen, garantindo o mercado para os vinhos portugueses na Grã-Bretanha e para os produtos de lã ingleses em Portugal.

O recém-inaugurado reinado de D. João V prometia grandes mudanças e seu desejo era ver Portugal ressurgir como um país influente no cenário europeu. Após o glorioso período das grandes navegações, quando Portugal anexou um sem número de colônias além-mar, a história do país havia entrado

num estado de perdas graduais. Portugal se viu ameaçado pela Holanda, pela França e pela Espanha. A idéia de uma mudança de sede da Corte para o Brasil chegou a ser considerada, mas abandonada.

Uma notícia do Brasil, a principal e mais extensa colônia portuguesa, que fornecia a maior riqueza para a corte, prometia alterar a grave crise econômica. Ouro no Brasil. Ouro e diamantes estavam sendo encontrados em Minas Gerais. A notícia chegou a Portugal em 1697. É nesse clima de perspectivas de riqueza, com o país livre do jugo espanhol, que é coroado rei D. João V, um soberano absolutista e extravagante. Apesar de toda a riqueza que saía do Brasil, D. João V quase levou à falência Portugal em seu reinado, que iniciou em 1706 e terminou em 1750.

Nesse ambiente de riqueza e de prosperidade, as promessas feitas por Bartolomeu de Gusmão em seu pedido de patente foram muito bem recebidas.

Alvará expedido a favor do P. Bartholomeu Lourenço

Lisboa, 19 de abril de 1709

Eu, El Rey, faço saber que o P. Bartolomeu Lourenço me representou por sua petição que ele tinha descoberto um instrumento para se andar pelo ar, da mesma sorte que pela terra e pelo mar, e com muita brevidade, fazendo-se muitas vezes duzentas e mais léguas de caminho por dia; no qual instrumento se poderiam levar os aviso de mais importância aos exércitos e a terras mui remotas, quase no mesmo tempo em que se resolviam no que se interessava Eu mais que todos os outros Príncipes pela maior distância dos meus domínios, evitando-se desta sorte os desgovernos das Conquistas que procediam em grande parte de chegar mui tarde a Mim notícias deles; além de que poderia Eu mandar vir todo o preciso delas muito mais brevemente e mais seguro e poderiam os homens de negócio passar letras e cabedais com a mesma brevidade, e todas as praças sitiadas poderiam ser socorridas, tanto de gente, como de munição e víveres a todo o tempo, e retirarem-se delas as pessoas que quiserem, sem que o inimigo o pudesse impedir; e que se descobrirão as regiões que ficam mais vizinhas aos pólos do mundo, sendo da Nação Portuguesa a glória deste descobrimento, que tantas vezes tinham tentado inutilmente as Estrangeiras. Saber-se-ão as verdadeiras longitudes de todo o mundo, que por estarem erradas nos mapas causaram muitos naufrágios; além de infinitas conveniências, que mostraria o tempo, e outras que por si eram notórias, que todas mereciam a Minha Real Atenção; e porque deste invento tão útil se poderiam seguir muitas desordens, cometendo-se com o seu uso muitos crimes, e facilitando-se muitos mais confiança de se poder passar logo aos outros Reinos, o que se evitaria estando reduzido o dito uso a uma só pessoa, a quem se mandassem a todo o tempo as ordens que fossem convenientes a respeito do não transporte, proibindo-se a todos as mais sobre graves penas; por ser justo que se remunere a ele suplicante invento de tanta importância, me pedia lhe fizesse mercê conceder privilégio de que, pondo por obra o dito invento, nenhuma pessoa, de qualidade que for, pudesse usar dele, em nenhum tempo neste Reino e suas conquistas, com qualquer pretexto, sem licença dele suplicante ou de seus herdeiros, sob pena e perdimento de todos os bens, a metade para ele suplicante, e a outra a metade para quem os acusassem, e sobre as mais penas que a me parecessem, as quais todas teriam lugar tanto que contasse que alguém fazia o sobredito instrumento, ainda que não tivesse usado dele, para que não ficassem frustradas as ditas penas, ausentando-se que as tivesse incorrido...

O alvará, que reproduz quase literalmente o pedido de privilégio, aponta para os pontos de maior importância para uma corte que se ressentia dos acontecimentos recentes.

Em agosto de 1709 a corte portuguesa reuniu-se para ver a demonstração do aparelho de Bartolomeu.

Foram feitas quatro demonstrações cujas datas não são precisas, assim como as características do aparato. O núncio de Lisboa, cardeal Michelangelo Conti (1655-1724), futuro papa Inocêncio XIII, estava entre os convidados. Provavelmente a primeira demonstração foi realizada no dia 3 de agosto, sem sucesso. O "instrumento para andar pelo ar" logo se incendiou

numa das salas da então Casa da Índia. Uma segunda demonstração foi feita no dia 5 do mesmo mês, mas o sucesso foi questionável. Assim que o invento elevou-se cerca de 20 palmos (algo como 4 metros), os serviços destruíram o aparato.

A terceira experiência, esta realizada no pátio da Casa da Índia, e novamente com a presença do rei, da corte, de fidalgos e nobres, e de uma imensa multidão, mostrou um artefato produzido por mão humana a elevar-se livremente no espaço, sem qualquer apoio, e deslizar no ar. Voou e foi esbarrar numa cimalha da torre da Igreja do Rosário. Com a colisão, o pequeno balão caiu e incendiou-se.

Segundo um testemunho anônimo, ao Pe. B.meu Lourenço que fazendo no Paço a primeira experiência do seu Engenho de Voar, trouxe para isso um globo de papel, o qual metendo-se-lhe dentro uma vela acesa, por si mesmo havia de elevar se aos ares.

Não se conhece o formato do invento de Bartolomeu e as descrições da época variam bastante:

... um meio globo de madeira delgada e dentro trazia um globo de papel grosso... (Salvador Antonio Ferreira)

... um corpo esférico de pouco peso... (Cardeal Conti)

... um globo de papel... metendo-lhe dentro uma vela (José Soares da Silva)

Outras testemunhas são mais econômicas na descrição. Um "navio de papel", diz Cunha Brochado, enquanto Francisco Leitão Ferreira limita-se a afirmar que se tratava de "um globo".

Mas a demonstração não causou muito entusiasmo. Foi algo muito distante das promessas ofertadas ao rei. Bartolomeu Lourenço sente a necessidade de prestar esclarecimentos sobre o seu invento. Em uma *Memória*, encontrada em 1849, o jesuíta brasileiro pretendia explicar para o público o que a sua invenção poderia trazer. Com o título de "Manifesto Sumário Para Os Que Ignoram Poder-se Navegar Pelo Elemento Ar", Bartolomeu procura ser claro:

Diz um autor moderno que entre os homens uns têm o entendimento nos olhos, e outros os olhos no entendimento: os que têm o entendimento nos olhos são aqueles que crêem o que somente viram ou costumam ver; os que têm os olhos no entendimento, são os que, não vendo, dão credito aquilo, que se faz visível aos olhos do discurso (...)

Primeiramente, não há, nem pode dar-se maior razão para serem navegados as águas do que os ares; porque ambos são elementos fluidos, (...)

Três coisas, pois, são necessárias à ave para voar, convém a saber: asas e vida e ar para as sustentar; de sorte que faltando um destes três requisitos, ficam inúteis os dois; porque asas sem vida não podem ter movimento; vida sem asas não pode ter elevação; ar sem estes indivíduos não pode ser sulcado: porém dando-se estas três circunstâncias de asas, vida e ar, conforme a necessária proporção, é infalível o voo em qualquer artifício, como o estamos vendo na ave. (...)

O nosso invento tem asas, tem ar e tem vida.

Tem asas porque lhas formamos à mesma imitação e proporção das da ave; tem ar porque este as trás em toda a parte e tem vida nas pessoas, que o hão de animar para o movimento (...)

Resta-nos agora advertir um absurdo, que entendeu o vulgo, em dizer que estas navetas haviam de cursar mais de duzentas léguas por dia. (...)

A medição das léguas, que pela terra demarcamos por léguas, pelo ar tem diferente distância.

Exemplo; de Lisboa a Coimbra contam trinta e quatro léguas pelos giros e circunferências, que fazemos no curso, por respeito dos montes, que não podemos atalhar, e os caminhos ásperos, que por linha paralela não podemos vencer.

E pelo ar, como não há estes obstáculos, são muito menos as léguas, ao que as fazemos por terra. (...)

Embora Bartolomeu tentasse explicar como o seu invento deveria ser interpretado, seus argumentos não poderiam convencer nem o público, nem os poucos sábios portugueses que viam em suas palavras argumentos desconexos e sem uma elaboração minimamente científica.

O "globo de papel" com uma vela acesa é provavelmente o que hoje conhecemos nas tradicionais festas juninas. São os pequenos balões de São João. O pequeno artefato de Bartolomeu demonstrava ser possível buscar uma solução para um aparelho voador. Era um protótipo e o seu desenvolvimento poderia ter dado frutos mais práticos. Mas Portugal não era um local para isso acontecer, não havia uma tradição no estudo das ciências. Portugal estava em atraso com respeito ao resto da Europa.

Mas apesar de não ter despertado grande interesse em Portugal o mesmo não ocorreu em outros países. Logo a notícia espalhou-se ganhando novas cores. "Um padre voou nos ares em Lisboa: Padre Voador Bartolomeu Lourenço". Junto com as notícias sensacionalistas surgiu um desenho apócrifo, feito com o conhecimento do próprio Bartolomeu, representando um estranho artefato munido dos mais extravagantes instrumentos. O ponto crucial, a fonte térmica que permitiu que o balão subisse, não está representada.

Foram publicadas na França, na Alemanha, na Itália e recebeu o nome de Passarola. O medo era que seu invento fosse copiado e o desenho mirabolante da Passarola contribuiu para transformar os seus feitos em ridículo.

Após as precárias demonstrações de 1709, Bartolomeu dedica-se a outros inventos. Homem criativo e de uma inteligência aguçada e apreciada por seus contemporâneos, ele apresentou em 1710 uma "*Memória*" onde descreve um novo invento: "*processo para esgotar água sem gente dos navios alagados*". Trata-se de um sistema de canaletas inclinadas de tal forma que o jogo da embarcação permitisse fazer a água subir dos porões e ser devolvida ao oceano.

Nos anos seguintes Bartolomeu reingressou na Universidade de Coimbra. Frequentou a universidade esporadicamente. Entre 1716 e 1720 cursou até o 5o ano, faltando completar a segunda matrícula. De 1713 a 1715 existem poucas informações sobre o paradeiro do Padre Voador. Nessa época passou a usar o sobrenome Gusmão, uma homenagem ao seu protetor e preceptor Alexandre de Gusmão. Esteve na Holanda, na França e talvez na Inglaterra. Apresentou o pedido de privilégio de outros inventos, mas nenhum deles teve a repercussão da Passarola. Nesses anos, Bartolomeu de Gusmão faz vários sermões que foram publicados.

Bartolomeu de Gusmão era considerado por seus contemporâneos como um homem de cultura extraordinária e possuidor de uma memória fora do comum. Dizia-se que bastava ouvir um sermão e era capaz de repeti-lo palavra por palavra. E ia além. Era capaz de repetir uma lauda de qualquer livro e recitá-la às avessas sem cometer erros. Eram estas características de personalidade que fizeram de Bartolomeu de Gusmão o grande orador que embevecia o público com os seus sermões.

Mas a situação privilegiada de Bartolomeu de Gusmão na Corte não estava livre dos problemas que a Inquisição trazia. Nem a influência de seu irmão, o diplomata Alexandre de Gusmão (1695-1753), que adotou o mesmo nome do reitor do Seminário de Belém, atenuou a situação. Na década de 1720 viu-se envolvido num processo. Embora nada tenha sido provado, não eram provas que o Santo Ofício precisava.

O caso envolve outros personagens e o mistério só aumenta à medida que se procura compreender o clima que reinava, com intrigas, acusações e suspeitas. Um certo João Correa de Souza, escrivão, tinha cinco irmãs, "*demoiselle folles de leurs corps*", ou, simplesmente, "*folgadas de costumes*". Uma, a viúva D. Mariana, era "*teuda e manteuda*" do Infante D. Francisco, irmão do rei, detestado por este, sentimento

reciprocamente compartilhado. D. Antônia e D. Paula, irmãs de D. Mariana, eram do convento de Sant'Anna, enquanto as outras duas, D. Luíza e D. Bárbara, frequentavam o convento de Odivelas. Apesar da péssima relação entre o rei e o infante, D. João V às vezes acompanhava o irmão nas visitas às "*cunhadas da mão esquerda*" e foi numa dessas visitas que o soberano português encontrou-se com uma tal de Trigueirinha e logo caiu de paixão. *Desde então as visitas do monarca a Odivelas eram quase diárias.*

Em 1724, apesar dos favores reais, D. Mariana e as irmãs brigaram com a favorita do rei. A situação agravou-se a tal ponto que as irmãs recorreram aos processos mais baixos de sortilégios e bruxedos.

Brito Rebello comenta: *Bartolomeu Lourenço, imitando os exemplos da Corte e de muitos homens, mais ou menos eminentes, e segundo os usos do tempo, entretinha relações amorosas, no convento de Sant'Anna, com D. Paula de Souza, ...* No meio de uma série de idas e vindas envolvendo as irmãs Souza a situação foi parar no Santo Ofício. Suspeita de conspiração para assassinar o monarca. Suspeita de práticas de bruxaria. As ações foram rápidas. A Inquisição encontra o Alcorão aberto numa mesa na casa de Bartolomeu. Suspeita de conduta judaizante. Na noite de 26 de setembro (de 1724) Bartolomeu desaparece de Lisboa e foge em direção à Espanha, acompanhado por seu irmão frei João Álvares. *Toda mulherio deu entrada na Inquisição a 27 de setembro, quarta-feira, pelo meio dia. Eram a viuvinha Mello, D. Antônia da Fonseca, outra viúva, Brites Maria, também na frecura dos vinte e cinco anos, a feiticeira Izabel da Moita, e a sua colega de Setúbal, Catharina Salema, octagenária. O padre Bartolomeu foi procurado, mas tinha-se prevenido fugindo... O desembargador Bacalhau deu-lhe busca ao domicílio, seqüestrou-lhe os haveres, apreendendo um exemplar do Alcorão, que estava aberto sobre uma mesa, e anotado, nos relata um cronista da época.*

Daí para frente nada se conhece do paradeiro do Padre Voador. Manteve-se incógnito, fugindo da Inquisição espanhola, mas por pouco tempo. Morreu em 1724, aos 39 anos, em Toledo, na mais extrema miséria. Foi enterrado na Igreja de São Romão Mártir. Em 1912, numa homenagem tardia, a cidade de Toledo dedica-lhe uma lápide:

Neste templo de São Romão Mártir repousam os restos mortais de Bartolomeu Lourenço de Gusmão, presbítero português, nascido na cidade de Santos, Brasil, no ano de 1685, primeiro inventor dos aeróstatos. Faleceu nesta capital a 19 de novembro de 1724.

As representações da Passarola foi o que restou da contribuição de Bartolomeu Lourenço de Gusmão. Não o desenho original, mas as cópias, cada uma com um novo detalhe. E em nenhuma delas aparece a verdadeira contribuição: o uso de uma fonte quente para aquecer o ar no interior de invólucro. E o vôo pareceu estar tão distante quanto antes da demonstração de 1709. As notícias vindas de Lisboa ficaram como mais uma das várias histórias da derrota do homem pelo voo.

A importância de Bartolomeu de Gusmão não está no fato de ter voado num balão, coisa que ele não fez, nem mesmo em ter inventado o balão de ar quente, já utilizado na China alguns séculos antes das experiências em Lisboa, e que, com razoável certeza, já havia debutado na Europa do século XIII. Sua importância está no fato de ter olhado para o futuro e, como um visionário, anunciado ao mundo europeu as

vantagens de um aparelho voador capaz de transportar passageiros. A notícia das experiências que ele realizou tomou conta do imaginário de vários países, que reproduziram e alteraram o fantasioso desenho da Passarola: Itália, França, Alemanha, ... publicaram a estampa e Bartolomeu de Gusmão passou a ser conhecido como do Padre Voador, sem nunca ter realizado qualquer voo.

Somente em 1783 é que os primeiros balões de ar quente de grandes proporções apareceram no cenário tecnológico, graças aos trabalhos realizados na França pelos irmãos Montgolfier. E na França, às vésperas da Revolução Francesa, o ambiente era propício e logo um balão Montgolfier transportou os primeiros passageiros: em 21 de novembro de 1783, Pilâtre de Rozier e o marquês d'Arlandes realizaram o primeiro voo tripulado de uma aeronave.

Referências bibliográficas

- ANDRÉ, Paul (org.). *Lês temps des ballons: Arts et Histoire*. Ed. De La Martinière: Musée de l'Air et de l'Espace. Paris, 1994.
- CRUZ, Murillo. *Bartholomeu de Gusmão: sua obra e o significado fáustico de sua vida*. Biblioteca Reprográfica Xerox/MAST. RJ, 1985.
- DOLFUS, Charles & BOUCHÉ, Henri. *Histoire de l'Aéronautique*. Paris: Ed. Saint-George, 1942.
- FREITAS, Divaldo Gaspar de. *A vida e as obras de Bartolomeu Lourenço de Gusmão*. SP: SEDAI, 1967.
- HGAB. *História Geral da Aeronáutica Brasileira: dos primórdios até 1920*. RJ: Ed. Itatiaia Ltda/Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica, 1988.
- LINS DE BARROS, Henrique. *Desafio de voar: brasileiros e a conquista do ar. 1709-1914*. SP: Ed. Metalivros, 2006.
- TAUNAY, Affonso de E. *A vida gloriosa e trágica de Bartholomeu de Gusmão*. SP: Escolas Profissionais Salesianas, 1934.
- _____. *Bartholomeu de Gusmão e a sua prioridade aerostática*. São Paulo, SP: Imprensa Oficial, 1935.

Dados do autor

Henrique Gomes de Paiva Lins de Barros (hlins@cbpf.br), professor-titular do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, é bacharel, mestre e doutor em Física (PUC-Rio, 1970 e 1973; CBPF, 1978).

O Brigadeiro Alpoim: um Engenheiro Militar Português que Contribuiu para a Formação da Engenharia no Brasil

Teresa Cristina de Carvalho Piva

RESUMO: José Fernandes Pinto Alpoim foi um notável politécnico luso-brasileiro do século XVIII, infelizmente pouco conhecido nos dias atuais. Depois de uma larga formação em Portugal, veio para o Brasil, país em que viveu de 1738 até sua morte em 1765. Aqui desenvolveu uma série de atividades ligadas à engenharia, à arquitetura, ao urbanismo, ao ensino e à publicação de vários aspectos das técnicas próprias de um engenheiro militar, em adição a suas tarefas como militar. Muitas de suas obras perduram até hoje, embora o mesmo não se possa dizer de sua memória.

Palavras-chave: Alpoim; Engenharia Colonial; Ensino de Engenharia.

ABSTRACT: José Fernandes Pinto Alpoim was a notable Luso-Brazilian polytechnician of the XVIIIth century, unfortunately scarcely known at present. After considerable training as a military engineer in Portugal, he came to Brazil, where he lived from 1738 until his death in 1765. Here he developed a series of activities connected with engineering, architecture, urban planning, teaching, and the publication of several aspects of the pertinent techniques of a military engineer, in addition to his military assignments. Many of his works last to this date, although the same cannot be said of his memory.

Keywords: Alpoim; Colonial Engineering; Engineering Teaching.

INTRODUÇÃO

A comemoração dos 200 anos da vinda da família real portuguesa para o Rio de Janeiro foi um dos motivos para relembrar o nome de um politécnico que muito contribuiu com a história da ciência e da engenharia do Brasil, o Brigadeiro Alpoim.

No dia 7 de março de 1808, a família real, depois de ter passado um breve período em Salvador, finalmente chegou ao Rio de Janeiro, a nova capital do império. Não havia um palácio preparado para receber a família real, os prédios eram inferiores às construções portuguesas. Limitaram-se simplesmente a fazer as adaptações necessárias para os novos moradores.

O local escolhido para ser a morada real foi o Palácio dos Vice-Reis, prédio onde residia o Vice-Rei do Brasil, e que atualmente abriga um Centro

Cultural localizado na Praça XV de Novembro, considerado um dos mais importantes edifícios civis do Brasil colônia. Nas redondezas moravam os nobres e os mais ricos negociantes da cidade. Sem dúvida, tratava-se do centro político, econômico, comercial, militar e religioso da cidade no século XVIII.

Poucos sabem, porém, que essas instalações foram projetadas pelo Sargento-Mor José Fernandes Pinto Alpoim, o arquiteto construtor preferido do Governador Gomes Freire de Andrade, o 1º Conde de Bobadela.

Os alicerces foram fixados no lugar ocupado pela antiga Casa da Moeda e armazéns da Alfândega, que possuía apenas um pavimento. O pórtico original desenhado por Alpoim ocupava toda a frente do prédio. A planta tinha a forma de um T, definindo dois percursos, sendo articulada por quatro arcos abatidos.

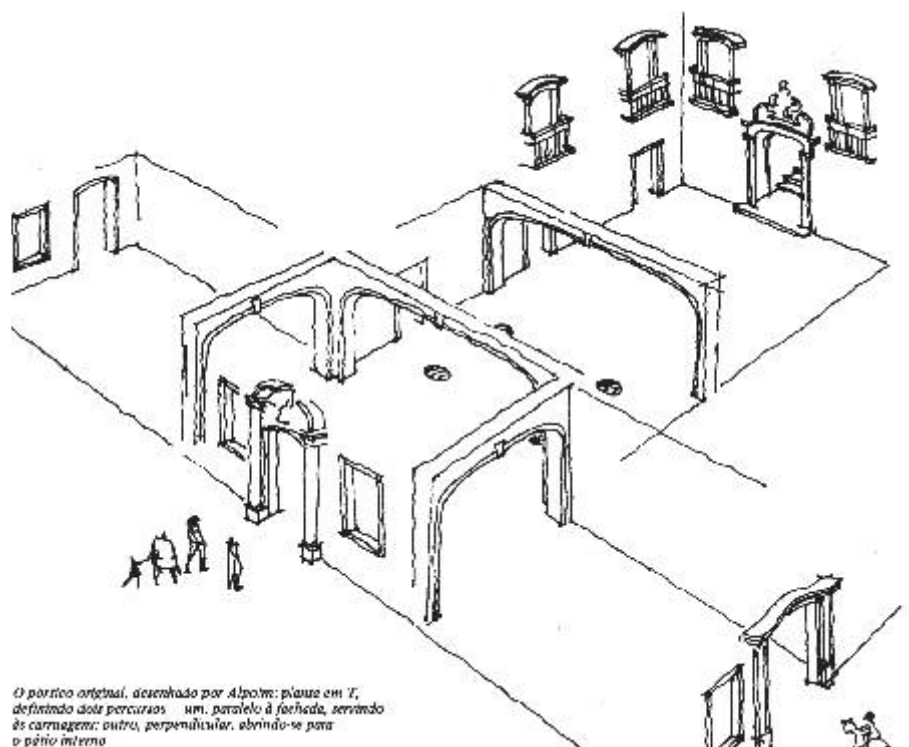


Figura 1
Pórtico desenhado originalmente por Alpoim. Desenho de Glauco Campello.
Fonte: *Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional*, 1984.

Alpoim acrescentou um segundo pavimento e adicionou nos vãos das janelas vergas curvas, uma novidade que se apresentou pela primeira vez na construção no Rio de Janeiro no ano de 1743.

Glauco Campello, o arquiteto que coordenou o projeto de restauração do Paço em 1983, admitiu ter sido uma construção audaciosa para o século XVIII a projeção dos arcos abatidos e delgados que venciam grandes vãos. O autor acrescentou ainda nas suas explicações que o local era *um belo espaço da cenografia barroco-portuguesa da época* (Campello, 1984).

Foram muitas as modificações e acréscimos introduzidos na edificação nos séculos posteriores e tiveram várias justificativas: reforçar a estabilidade, mudar o estilo, aumentar a praticidade. Para abrigar da melhor forma a família real no início do século XIX, instalou-se a sala de audiências, a sala do trono e construiu-se um passadiço para o Convento do Carmo, prédio vizinho em que ficaram instaladas D. Maria I e suas damas.

Após a reforma em 1929 ficou difícil determinar qual das reformas anteriores foi a

responsável pela descaracterização das idéias de Alpoim. As obras do tempo do Império foram destruídas e até mesmo deturpadas com esta última reforma, por isso quase nada restou da arquitetura de Alpoim. Moreira de Azevedo, em 1877, ao retratar a história dos monumentos do Rio de Janeiro, fez críticas severas sobre a construção e o estado de conservação do Paço, que, a seu ver, era um edifício indigno de sediar o governo imperial. *Se o exterior deste edifício é mesquinho e acaçapado, o interior é pobre e despido de ornatos; não há grandeza, nem elegância nas salas do Paço Imperial que, destruído pelos cupins, não deixa de ameaçar ruína.* (Azevedo, 1969)

Essa crítica não pode ser estendida a Alpoim ou à sua obra, que não foi concebida com tal finalidade. Após esta breve apresentação de uma das obras de Alpoim, se mostrará um pouco da sua vida e obra.

Muitas das fontes bibliográficas disponíveis são imprecisas e conflitantes no fornecimento de dados pessoais de Alpoim e também quanto à autoria de algumas de suas obras, citadas, por exemplo, em Sacramento Blake (1848) e Augusto de Lima Junior (1953), Francisco da Silva Innocencio (1860), Rodolfo

Garcia (1941) e Francisco Mendes de Oliveira Castro (1994). Na pesquisa desenvolvida, efetuou-se inicialmente um levantamento das informações publicadas por diversos autores. Posteriormente, executou-se uma busca documental em arquivos, bibliotecas e instituições civis e militares no Brasil e em Portugal. O objetivo principal era relatar a vida e a importância da obra de José Fernandes Pinto Alpoim para a formação da Engenharia no Brasil.

A VIDA EM PORTUGAL

José Fernandes Pinto Alpoim nasceu no dia 14 de julho de 1700, na vila de Viana do Minho, atual cidade de Viana do Castelo, em Portugal.¹

A sua vida escolar começou com os estudos militares na Academia de Viana do Minho, que ocorreram sob a orientação de seu padrinho e avô Manoel Pinto Villa Lobos. Posteriormente aprofundou seus estudos na Academia Militar em Lisboa. Nos Arquivos Nacionais da Torre do Tombo encontra-se a Carta Patente de Alpoim como Sargento-Mor de Artilharia, datada de 19 de agosto de 1738.² Esse documento possibilitou comprovar algumas das missões de José Fernandes Pinto Alpoim como militar e engenheiro em Portugal. Alpoim trabalhou sob a orientação do Engenheiro-Mor do Reino e Professor da Academia Militar de Lisboa, Manuel de Azevedo Fortes.

A Ordem Régia de D. João V, datada de 19 de agosto de 1738,³ promoveu Alpoim ao posto de Sargento-Mor, designando-o como Sargento-Mor do Terço de Artilharia do Rio de Janeiro, sendo transferido para o Brasil: (...) *Fui servido haver por bem por Decreto de treze desse presente mês e ano, que se estabeleça a dita Aula e para Mestre dela nomeei a José Fernandes Pinto Alpoim, que proximately provi no Posto de Sargento Mor do referido Terço*(...)

A Aula do Terço foi instituída no Rio de Janeiro porque o Brasil necessitava de proteção. A extensão do litoral e territorial brasileira, a quantidade de embarcações de guerra insuficientes, a produção de açúcar, as descobertas auríferas e de diamantes em Minas Gerais exigiram um permanente controle de Portugal nas fronteiras da Metrópole na primeira metade do século XVIII.

Portugal precisava fornecer uma estrutura militar terrestre ao Brasil na época da colonização; sendo assim, a Coroa Portuguesa decidiu criar uma forma possível de ensinar ciências, técnicas de fortificação e matemática em escolas especializadas, capacitando homens para defender a Colônia. O custo operacional de Portugal para enviar e manter no Brasil

profissionais estrangeiros competentes nos trabalhos de fortificações era muito alto e a solução encontrada foi enviar professores e criar escolas que formassem pessoas qualificadas no serviço de guerra na Colônia. Alpoim foi o militar escolhido por D. João V para a árdua tarefa.

A VINDA PARA O BRASIL

Alpoim chegou em 1739 ao Rio de Janeiro. O Governador-Geral era o engenheiro militar português Antonio Gomes Freire de Andrade (1685 -1763), futuro Conde de Bobadela. Tão logo Alpoim chegou ao Brasil se transformou no grande auxiliar de Gomes Freire, tornando-se seu amigo e braço direito. Segundo o historiador Vivaldo Coaracy (1955): *Em todos os trabalhos que promoveu, serviu-se Gomes Freire dos serviços do Brigadeiro Alpoim (...) e que foi o seu braço direito.*

Gomes Freire de Andrade tinha um interesse especial pela engenharia de fortificações. Em seu governo foram executados diversos melhoramentos nas fortalezas, em especial na Fortaleza de Santa Cruz. O Governador também reconstruiu a Fortaleza da Ilha das Cobras e construiu a Fortaleza da Conceição. As construções e reformas dessas fortalezas eram executadas pelos engenheiros militares enviados por Portugal, estando estas entre suas funções principais. Alpoim foi o engenheiro que colaborou com Gomes Freire na maioria dessas obras, porém seu nome normalmente não é citado nos documentos alusivos às reformas.

Para os soldados atuarem com eficiência precisavam ter perícia técnica, e a solução encontrada por Portugal foi formar o “engenheiro-soldado”.

Apesar de a finalidade inicial da vinda de Alpoim para o Brasil ter sido de cunho basicamente militar, ou seja, para comandar o Terço de Artilharia, isso não impediu que ele atuasse de forma bastante significativa como arquiteto. Além das obras comprovadamente de sua autoria, existem muitas outras atribuídas a ele, mas sem respaldo documental. Além do Paço Imperial, já mencionado, são suas obras no Rio de Janeiro: o Convento dos Barbonos ou Hospício dos Barbonos; a Igreja de Nossa Senhora da Conceição e Boa Morte; a Casa de Câmara e Cadeia no Rio de Janeiro; o arruamento do Largo de São Francisco; o Convento de N. Sra da Conceição, Rio de Janeiro, ou Convento da Ajuda; a reforma do Claustro do Mosteiro de São Bento; a Casa dos Telles de Menezes e o Arco do Telles; a Quinta do Bispo, também conhecida como Antiga Residência Episcopal no Rio Comprido; a Igreja e Convento de Santa Teresa; a reconstrução do

Aqueduto da Carioca; a reforma da fachada da Igreja de N. S^a de Bonsucesso; a Igreja de Nossa Senhora Mãe dos Homens; a sede de Fazenda Jurujuba, Niterói; a antiga Casa do Trem de Artilharia.

José Fernandes Pinto Alpoim também atuou como engenheiro e arquiteto em Minas Gerais, conforme se pode verificar na sua Fé de Ofício do ano de 1749.⁴ São suas obras naquela Capitania: o traçado da Cidade de Mariana; o Palácio dos Governadores em Vila Rica; a Casa de Câmara e Cadeia em Vila Rica; o Casario assobradado próximo ao Antigo Palácio dos Governadores.

Silva Nigra (1950) considera Alpoim um arquiteto moderno e inovador da colônia, afirmando ainda que *Alpoim se sobressai pela multiplicidade das obras realizadas em que transparece sempre o cunho da maestria da sua arte*.

Ao relatar um número tão grande de obras executadas tanto no Rio de Janeiro como em Minas Gerais, não se percebem as dificuldades que ele precisou enfrentar para erguer essas obras. A cidade do Rio de Janeiro no início do século XVIII era pantanosa, com pouquíssimas ruas, insalubre e vulnerável a ataques de corsários. Existia uma grande dificuldade de abastecimento de água, não havia saneamento e a população era praticamente toda analfabeta. Pode-se fazer uma idéia do que ocorria no interior do país, por exemplo, em Minas Gerais, devendo ser acrescidas a dificuldade de transportes e a proliferação de doenças. Com todos os obstáculos e condições desfavoráveis é de se admirar que Alpoim tenha conseguido realizar tantas e tão variadas obras.

Alpoim foi também autor de muitas construções e obras de urbanização do Brasil, podendo-se dizer que ele, além de militar, foi engenheiro, arquiteto e urbanista.

O ESPÍRITO CRIATIVO NA ENGENHARIA

O engenheiro Alpoim utilizou seu espírito inventivo, otimizando o uso dos armamentos. Reformou o sistema de armamentos facilitando o transporte dos canhões leves, ou, como eram chamadas, *“as peças de amudar”* (Pardal, 1987).

Sua obra principal de engenharia foi o desenho e a construção, em 1744, da máquina para querenar navios, chamada *Paixão*. As embarcações eram muito grandes e não se conseguia deitar os navios para os reparos necessários. Na Carta datada de 10 de outubro de 1746 que se encontra na parte introdutória do livro *Exame de Bombeiros*, escrito por Alpoim, esse invento é citado por André Ribeiro Coutinho, que foi seu

comandante, como uma *“engenhoza Máquina de querenar os mais corpulentos navios, vencendo, com as regras da Estática, as forças da Natureza”*.

O engenheiro e construtor naval português Manuel Luiz dos Santos, no ano de 1844, escreveu o livro *Memória sobre o Plano Inclinado – para querenar os navios em terra*. Nesse livro, o autor escreve sobre o assunto sem, contudo, mencionar o nome de Alpoim, o qual indubitavelmente é o principal dos *“distintos engenheiros”* por ele referidos: *No princípio do século passado, alguns distintos engenheiros constructores navaes começaram a escrever sobre as vantagens que haveria de se querenarem os navios em terra, e também de os reparar, construir e até estacionar fora d’agua*. (Santos, 1844)

A atuação dos engenheiros militares não se limitava à construção, reformas de fortes e fortalezas, e em planejar e embelezar de cidades e vilas; a maior preocupação dizia respeito à defesa do território, à demarcação das fronteiras e ao fortalecimento de uma organização militar capaz de preservar a unidade do país. (Abreu, 1996)



Figura 2
Ilustração do livro *Memória sobre o Plano Inclinado*, 1844, com uma máquina de querenar navios. Acervo da Biblioteca de Obras Raras da Marinha do Brasil.

A DEMARCAÇÃO DE LIMITES

Alpoim foi nomeado Primeiro Comissário da Segunda Partida de Demarcação de Limites da América Meridional, fazendo parte do comando que participou da Campanha do Sul. Após a assinatura do Tratado de Madri, duas comissões foram formadas para demarcar os limites: a Comissão do Norte, e a do Sul. A Comissão do Sul foi chefiada pelo Governador do Rio de Janeiro,

Gomes Freire de Andrade, acompanhado por seu lugar tenente, o Coronel José Fernandes Pinto Alpoim.

Com o falecimento do Conde de Bobadela foi criada no dia 1º de janeiro de 1763 uma Junta Governativa Provisória, composta por José Fernandes Pinto Alpoim, o bispo D. Frei Antonio do Desterro Malheiro e o Chanceler da Relação João Alberto de Castelo Branco, que durou alguns meses, até a chegada de D. Antonio Alvares da Cunha (1700-1791), o Conde da Cunha, 1º Vice-Rei do Brasil.⁵

O ENGENHEIRO PROFESSOR

Como professor do Terço de Artilharia, Alpoim tinha não só a missão de ensinar a técnica da artilharia, mas também deixar registradas as suas aulas. A Ordem Régia de 19 de agosto de 1738 determinava que todo oficial militar, para ser promovido ou nomeado, deveria estar aprovado na Aula de Artilharia e Fortificação. Para otimizar o trabalho, Alpoim decidiu escrever livros que facilitassem a sua atividade. Desta forma, escreveu no Brasil os dois primeiros livros de Matemática do país: *Exame de Artilheiros*, em 1744, e *Exame de Bombeiros*, em 1748. Esses livros foram publicados em Lisboa e Madri, respectivamente.

Wagner Valente (1999) opinou que a Aula do Terço de Artilharia se tornou o embrião da escolaridade militar no Brasil, e que os livros de Alpoim provam como se cultivava e ensinava a “arte da guerra” e a engenharia militar na época.

O livro *Exame de Artilheiros* tem três partes: o Tratado de Aritmética, o Tratado de Geometria e o Tratado de Artilharia, possuindo este último quatro apêndices.

A forma empregada na apresentação textual é baseada, em parte, no método de perguntas e respostas que foram elaboradas e respondidas pelo próprio autor e, também, em uma parte expositiva. Alpoim ensinava matemática elementar a seus alunos utilizando uma forma narrativa.

Os quatro apêndices são específicos de Artilharia. Num deles, em especial, o Apêndice II, Alpoim ensina a calcular o número de balas de canhão empilhadas. A finalidade do ensino da matemática era a

prática, a otimização da atividade do artilheiro visando à eficiência e rapidez de um soldado no seu dia-a-dia.

O *Exame de Bombeiros* é uma continuação do *Exame de Artilheiros*, porém neste livro a matemática foi utilizada com mais rigor que no anterior.

O *Exame de Bombeiros* tem dez tratados. Ele também se compõe de perguntas e respostas, mas é voltado ao preparo dos artilheiros que desejassem trabalhar com bombas.

Alpoim era um homem bastante instruído para a sua época e, mesmo não tendo estudado fora de Portugal, teve contato com obras de artilharia e matemática de autores estrangeiros, muitos deles citados como referências no livro *Exame de Bombeiros*, a exemplo de Galileu Galilei, Evangelista Torricelli, Padre Ricciolo, o Marquês de Vauban, Francisco Malto, Bernard Forest de Belidor, entre outros.

CONCLUSÃO

A carreira e a obra de Alpoim mostram um aspecto dos mais importantes da reação portuguesa à invasão do Rio de Janeiro pelos franceses em 1711. Esta invasão havia demonstrado a fragilidade das defesas da cidade, assim como de todo o território brasileiro. O Rio de Janeiro jamais voltaria a ser tomado e ocupado por estrangeiros, e isso se deve à reação de fortalecer as defesas da cidade. José Fernandes Pinto Alpoim teve papel fundamental nessa transformação. O Brigadeiro Alpoim mudou o panorama das defesas do Rio de Janeiro, profissionalizando-a e tornando-a competente, por meio de seus ensinamentos de décadas. Ele instaurou uma nova mentalidade e sua forma de agir esteve intimamente relacionada às suas convicções. Um dos seus objetivos foi passar a seus camaradas e discípulos a crença de que só pelo conhecimento e aplicação da ciência e da técnica se poderia desenvolver e consolidar um sistema de defesa eficaz e consoante às necessidades de seu tempo.

Sua atuação não se limitou a esses aspectos, também se manifestou num enorme conjunto de realizações de engenharia, como projetos e execução de muitas construções, planos urbanísticos e de infraestrutura urbana, das quais um número significativo perdura ainda em nossos dias.

Notas

1. *Livro de Batismos do período de 1688 a 1708*, da Freguesia de Monserrat, Concelho de Viana do Castelo, Arquivo Distrital, Viana do Castelo, Portugal. O registro do nascimento de Alpoim consta da folha 150 v, cota do livro 3.19.4.19.

2. *Carta Patente de José Fernandes Pinto Alpoim* – Sargento Mor, 19 de agosto de 1738. Arquivos Nacionais da Torre do Tombo (Portugal, Lisboa). Registro Geral da Mercês, cota: D. João V, Lv 29, folha 358 e 358 verso.

3. *Ordem Régia 19 de agosto de 1738*. Catálogo de cartas régias (1662-1821). Arquivo Nacional, Publicação do Arquivo Nacional. Rio de Janeiro, I, p.472.

4. *Fé de Ofício de Alpoim*. Rio de Janeiro, 17 de janeiro de 1749. Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro, Ref. II-35, 5, 34, nº26.

5. *Carta dos Governadores interinos José Fernandes Pinto Alpoim e João Alberto Castelo Branco pedindo para serem aliviados da contribuição destinada a reedificação e obras públicas de Lisboa*. Arquivo Histórico Ultramarino. Caixa 23, Doc. 2186, rolo 26. São Paulo/Minas Gerais.

Referências bibliográficas

ABREU, Mauricio de. Pensando a cidade no Brasil do Passado. In: CASTRO, Iná; GOMES, Paulo e Corrêa, Roberto L. BRASIL: *Questões atuais de organização do Território*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

AZEVEDO, Manuel Duarte Moreira de. *O Rio de Janeiro – sua história, monumentos, homens notáveis, usos e curiosidades*. Edição original em 1877. Anotada por Elysio de Oliveira Belchior. 3.ed., 1v. Rio de Janeiro: Livraria Brasília Editora, Coleção Vieira Fazenda XII, 1969.

CALMON, Pedro. *História do Brasil*. 4.ed. Rio de Janeiro: José Olympio, v.III e v. IV, 1981.

CAMPELO, Glauco. A Restauração do Paço: revendo 240 anos de transformações. In: *Revista do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional*. n.20, ano 1984.

COARACY, Vivaldo. *Memórias da Cidade do Rio de Janeiro*. Coleção Documentos Brasileiros n.88, Livraria José Olympio, 1955.

PARDAL, Paulo. Nota Biográfica e Análise Crítica. In: ALPOIM, José F. Pinto. *Exame de Artilheiros*, reprodução Fac-Similar, Rio de Janeiro: Xerox do Brasil, 1987.

PIVA, Teresa Cristina de Carvalho. *O Brigadeiro Alpoim: um politécnico no cenário luso-brasileiro do século XVIII*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em História das Ciências, das Técnicas e Epistemologia, UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.

SANTOS, Manuel Luiz dos. *Memória sobre o plano inclinado – para querenar os navios em terra*. Lisboa: Typografia Lusitana, 1844.

SILVA NIGRA, Dom Clemente Maria. *Construtores e artistas do Mosteiro de São Bento do Rio de Janeiro*. Salvador: Tipografia Beneditina Ltda, 1950, p.103.

VALENTE, Wagner Rodrigues. *Uma História da Matemática Escolar no Brasil (1730 – 1930)*. São Paulo: Annablume: FAPESP, 1999.

Dados da autora

Teresa Cristina de Carvalho Piva (teresa.piva@yahoo.com.br) é mestre e doutora em Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, UFRJ.

A Falta de Padronização na Artilharia Luso-Brasileira no Século XVIII

Ricardo Vieira Martins

RESUMO: A padronização, como aquilo que iguala o que antes era diverso, foi uma das grandes contribuições da modernidade, pois enquanto iguala permite compartilhar. Neste trabalho, examina-se como no século XVIII ficou claro à engenharia militar luso-brasileira que seria necessário padronizar, como atitude fundamental para o aumento da eficiência da sua artilharia, assim como para criar possibilidades de compartilhar com outras nações os produtos relativos à ciência e tecnologia da arte de fazer guerra com canhões.

Palavras-chave: Canhão; Defesa; Modernização; Padronização; História.

ABSTRACT: This work intends to prove that the standardization of the cannons would be necessary to the Luso-Brazilian military engineering to increase the efficiency of the artillery in the eighteenth century. Doing the standardization of the artillery, Portugal could share with other nations the science and the technology of the art of doing war with cannons.

Keywords: Cannon; Defense; Modernization; Standardization; History.

AS BOCAS DE FOGO

O canhão, como a mais terrível das bocas de fogo, deu fim à Idade Média jogando abaixo as muralhas dos castelos. Aos nobres cavaleiros se apresentou como uma arma covarde, que não permitia a aproximação dos oponentes. O canhão terminou com a forma antiga de fazer guerra, em que, no confronto direto dos oponentes, Deus estabelecia o justo vencedor.

A Guerra dos Cem Anos¹ (1337-1453), quando pela primeira vez se fez uso do canhão, marcou na história militar a separação de duas épocas, ao definir-se então um distanciamento dos exércitos europeus em relação às práticas militares em vigor durante a época medieval (Bebiano *et al.*, 2004).

As diversas categorias de bocas de fogo deram origem a uma nova arte de fazer guerra, uma revolução militar, uma guerra que se fazia com ciência e com homens preparados através de conhecimentos específicos que precisavam ser *aprendidos e ensinados*.

A ENGENHARIA MILITAR LUSO-BRASILEIRA

No final do século XIV, o mar Mediterrâneo ainda era o grande caminho das rotas comerciais. No entanto, Portugal, no extremo leste da Europa, teria tido dificuldade de penetrar nesse mercado dominado por outras nações poderosas. O oceano além do estreito de Gibraltar foi a única saída. O

transbordamento de Portugal para o mar foi um dos maiores projetos da humanidade rumo ao espaço desconhecido e somente comparável à ida do homem à Lua. O projeto que foi gerenciado pela “escola” de Sagres não poderia ter ocorrido sem a ciência e a tecnologia.

Durante o século XV, ao velho mundo Portugal anexou um novo mundo. Os oceanos passaram a ser a via de acesso que interligava a metrópole às novas colônias. O porto se tornou um local importante, em torno do qual surgiam as novas aldeias, que se tornavam vilas, e, pouco a pouco, poderiam se transformar em cidades. O projeto português de transbordamento para o mar se auto-sustentou através das riquezas que fluíam nessa imensa rede de comunicação porto a porto (Pinto, 2001). Para sobreviver à cobiça das outras nações, os portos deveriam ser localizados em ilhas ou no fundo de baías, e as vilas, que cresciam ao redor dos portos, deveriam ser fundadas em regiões altas. Nas vilas eram criadas duas estruturas de organização militar: uma de defesa, formada por fortificações, outra constituída de combatentes volantes, aptos a se opor à ação de ataques às feitorias por terra e, se necessário fosse, poderiam oferecer oposição ao desembarque de elementos corsários. No interior das fortalezas, assim como nas naus, o canhão passou a ser uma das principais armas.

A necessidade de construir fortalezas com o uso de canhões obrigou o desenvolvimento da engenharia militar portuguesa e a transferência de

engenheiros militares para as colônias. Desta forma chegaram ao Brasil os primeiros engenheiros militares. A quantidade enviada geralmente aumentava sempre que os portos da colônia estavam em perigo. No gráfico mostrado na figura 1 se percebe através do aumento da quantidade de engenheiros militares enviados pela metrópole ao Brasil os períodos em que a colônia esteve sob a ameaça da cobiça estrangeira. A vinda de engenheiros militares para o Brasil implicava a vinda de homens formados para pensar com a ciência e a tecnologia empregada em suas nações de origem, que nem sempre era Portugal.

O ouro foi descoberto no Brasil no final do século XVII. Na primeira metade do século XVIII, o Rio de Janeiro passou a ser o principal porto das colônias portuguesas com enorme fluxo de riquezas. Em 1711, a França de Luís XIV, o rei Sol, invadiu o porto do Rio, seqüestrando a cidade por dois meses e cobrando um valioso resgate em troca da liberdade da cidade. A invasão que serviu para mostrar a ineficiência do sistema de defesa da cidade provocou uma mudança de atitude da metrópole em relação à sua colônia, a qual passou a incluir o Brasil no esforço de modernização de Portugal. Tal fato torna a invasão ao porto do Rio de

Janeiro um grande acontecimento para o desenvolvimento da engenharia no Brasil. O rei de Portugal, D. João V, passou a enviar para o Brasil os seus melhores engenheiros militares, os quais, além de melhorar o sistema de defesa da colônia, deveriam iniciar o ensino militar. Entre esses engenheiros, em 1738, veio para o Brasil, onde permaneceu até morrer, o engenheiro militar português José Fernandes Pinto Alpoim (1700-1765). Alpoim muito fez pelo avanço do ensino da Artilharia na colônia, escrevendo em 1744 o *Exame de Artilheiro*, e, em 1746, o *Exame de Bombeiros*. A importância dessas obras é atestada pelo número de exemplares que ainda hoje são encontrados nas bibliotecas portuguesas e brasileiras. O ensino militar no Brasil, que inicialmente se destinava a formar artilheiros e oficiais técnicos, através da *Aula de Regimento de Artilharia*, em 1774 assumiu toda a sua plenitude, incorporando o ensino de Arquitetura ao ensino militar e passando a se denominar *Aula Militar*. Desta forma, 1774 se considera a data em que teve início a formação de engenheiros militares no Brasil (Pirassununga, 1958), surgindo assim um novo elemento na História do Brasil, o *engenheiro militar brasileiro*, que foi fundamental para a modernização do Brasil através da engenharia.

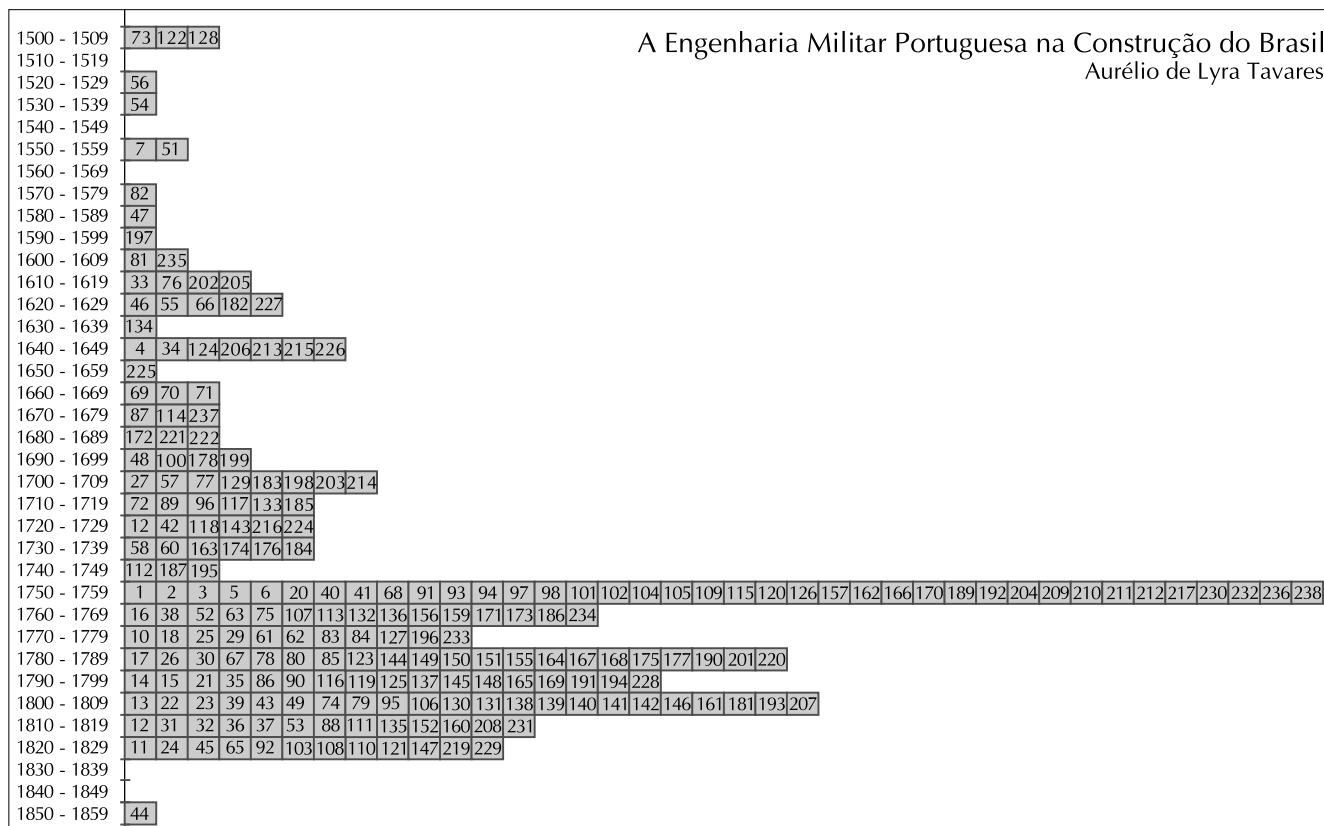


Figura
A Engenharia Militar Portuguesa na Construção do Brasil
Fonte: MARTINS, R.V., 2006.

O CANHÃO

As peças de artilharia empregadas nas fortalezas e nas naus eram de uma grande variedade. No entanto, poderemos organizá-las em três gêneros: colubrinas, canhões e canhões pedreiros. Para simplificar, chamaremos de canhão as diversas peças de artilharia, não importando o seu gênero, as quais tinham uma mesma composição básica, mostrada na figura 2.

O canhão até o início do século XVIII era uma peça diferenciada pelas marcas impressas no seu corpo:

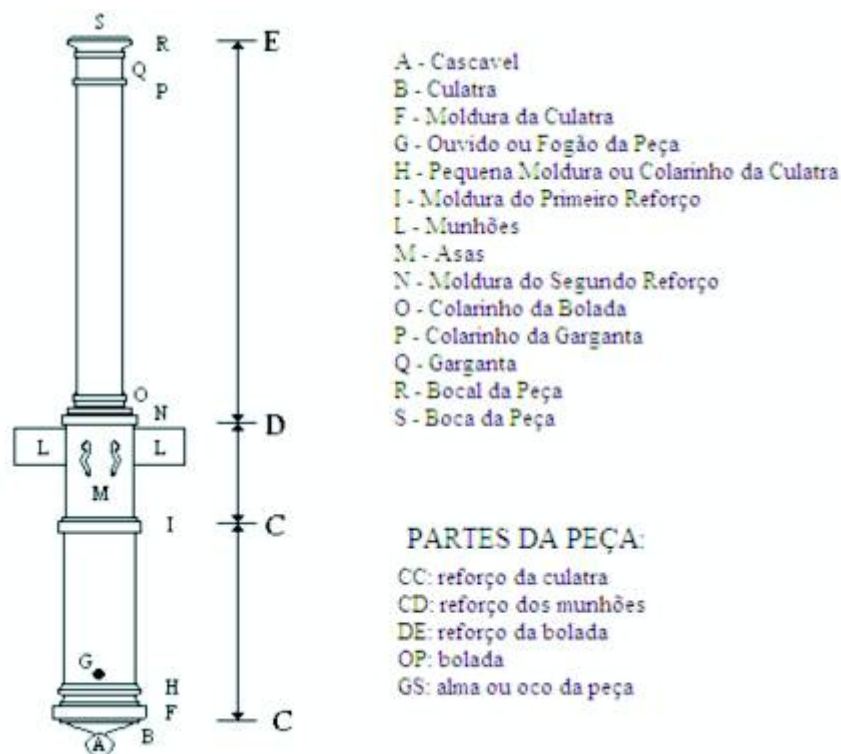


Figura 2

As partes que compõem uma peça de artilharia. Desenho feito pelo autor, considerando as informações obtidas em FORTES (1993).

FÁBRICA DE CANHÕES

As primeiras bocas de fogo eram feitas de ferro forjado. Um processo complicado em que a peça de artilharia era montada com lâminas de ferro forjadas a quente. Porém, entre 1460 e 1545, as bocas de fogo passaram a ser feitas com metal fundido, utilizando uma técnica muito semelhante à que é conhecida como *cera perdida*. Esta técnica de fabricar canhões praticamente se manteve inalterada por quatro séculos.

O construtor de canhão era um mestre que orgulhosamente deixava seu nome marcado em cada

números informavam seu peso; brasões identificavam o proprietário; e nas grandes peças, também se encontrava o nome do mestre que o tinha feito. Como uma verdadeira obra de arte, o canhão recebia o nome do seu criador. Mais adiante veremos que uma característica do canhão que muito interferia na qualificação de um sistema de defesa era o fato de ser único, não existindo dois iguais. Entretanto, para que possamos entender melhor por que eram únicos, precisamos saber um pouco sobre o processo da sua fabricação.

um dos grandes canhões que construía. Quando o canhão era de pequeno calibre, este não possuía a identificação do fabricante, porque era fabricado pelos subordinados ao mestre, seus aprendizes. Além do nome do fabricante e o brasão² do proprietário, também era comum deixar marcada sobre a peça a sua massa, considerada na época como a medida do peso da peça, uma importante informação para os canhões marítimos, os quais precisavam ser corretamente distribuídos para não prejudicarem a estabilidade dos navios. A massa da peça era informada por meio de três números, escritos em seqüência e precedidos do sinal de mais, para

adicionar, ou de menos, para subtrair. A massa final seria o resultado da sequência de operações de somar e subtrair as quantidades diferentes de três unidades de massa: *quintais*, *arrobas* e *arráteis* (figura 3). Por exemplo, um canhão poderia ter a massa: +36; -1; -16. O primeiro número correspondia ao número de *quintais*, o segundo ao de *arrobas*, e o terceiro ao de

arráteis. Logo, a massa do canhão seria de +36 *quintais* – 1 *arroba* – 16 *arráteis*. Para o leitor moderno, seria mais fácil considerar a massa do canhão em quilogramas, que considerando as antigas unidades de massa portuguesas, teria: $+(36)58,758\text{kg} - (1)14,690\text{kg} - (16)0,46\text{kg} = 2.093\text{kg}$.

MASSA (Unidades)	DIVISÕES PORTUGUESAS	VALOR MÉTRICO (gramas)	
		PORTUGAL	INGLATERRA
Quintal	4 arrobas	58.758	50.736
Arroba	32 libras	14.689,6	12.684
Arrátel (libra)	2 marcos	459,05	453
Onça	8 oitavas	28,691	28,3125
Oitava	72 grãos	3,586	

Figura 3

Unidades arcaicas portuguesas e inglesas de massa obtidas em: ANDRADA & CASTRO (1993), OLIVEIRA (2004), Dicionário Marítimo Brasileiro (1877), FORTES (1993), e REIS (1947).

Os canhões até o início do século XVIII não possuíam formas padronizadas e a técnica de fabricação³ fazia com que cada peça fosse única. Como toda peça torneada, o canhão possuía uma simetria em relação a um eixo de rotação, que era a primeira peça que o mestre artesão procuraria ter em mãos no ato da sua fabricação. O eixo era uma grande peça cilíndrica de madeira, com comprimento superior ao do canhão. O grande eixo inicialmente era mantido na horizontal, sustentado por dois cavaletes. Ao seu redor, uma grande corda era enrolada, como se estivesse se construindo um grande carretel. A grande tora de madeira, com a corda enrolada ao seu redor, era a seguir coberta de uma grossa camada de argila e posta a girar sobre os cavaletes que a sustentavam. O artesão, com auxílio de moldes de madeira, modelava pouco a pouco, na argila, o formato externo que deveria ter o canhão. Ao final da modelagem, a peça era aquecida para que a argila endurecesse. A seguir, a grande peça, após ter esfriado, era coberta com um desmoldante⁴, formando-se assim a *matriz* da fundição.

Com a *matriz*, o artesão iria construir o *molde*. Para fazê-lo, a *matriz* deveria ser coberta com uma grossa camada de argila, que era reforçada por cintas de metais. Esta operação fazia surgir um imenso corpo de forma irregular, o qual era aquecido para endurecer. Para finalizar a construção do *molde*, a *matriz* deveria

ser retirada do interior do *molde*. A retirada da *matriz* se fazia com o tracionamento da corda que inicialmente fora enrolada ao redor do eixo de rotação. Desta forma, a argila que formava a *matriz* se fazia em pedaços. A operação de retirada da *matriz* acarretava a sua própria destruição, *tornando único o canhão que assim se construía*. Com a retirada da *matriz*, surgia o *molde*, um bloco de argila com uma cavidade que tinha o *formato externo* do canhão.

Para dar continuidade ao processo de fabricação, o *molde* era colocado na posição vertical, em um local próximo de onde se fundia o metal com o qual seria feito o canhão. Porém, antes de verter o metal derretido no molde, o artesão deveria preparar o que se tornaria a cavidade por onde seriam lançadas as balas, a *alma* do canhão. Como o nome dá a entender, a *alma* era a parte do canhão que lhe dava a vida e deveria ser preparada com muito cuidado para que a peça não fosse desqualificada.

Um cilindro de argila com as dimensões que deveria ter a alma do canhão era colocado no interior do molde, pendente e centralizado, preso à extremidade superior do molde. Após a fixação do *molde da alma*, o metal fundido era derramado no interior do *molde do canhão*. Nesta fase do processo da fabricação, o artesão deveria ser muito cuidadoso, pois

o molde da alma não poderia se movimentar da posição centralizada que ocupava no interior do molde do canhão, enquanto o metal era vertido. Caso contrário, a alma da peça ficaria *ladeada*, isto é, o eixo da alma não coincidiria com o eixo de simetria do canhão. Com uma peça *ladeada* não se podia fazer boa pontaria, pois os tiros com a peça seriam todos avessos. Os canhões *ladeados*⁵ deveriam ser inutilizados ou vendidos por um menor preço.

Os fabricantes de canhão sabiam que a culatra, parte traseira da peça, onde se iniciava a queima da pólvora, era o local onde ocorreria a maior pressão. Nessa região as paredes deviam ser mais espessas⁶. Porém, durante a fundição da peça, havia a tendência a se formarem porosidades e esponjosidades no bronze⁷, devendo ser evitadas para que a peça não se tornasse frágil. Os efeitos negativos que a porosidade, a esponjosidade e a presença de impurezas teriam na resistência do metal poderiam ser minimizados se o bronze fosse fundido a grande pressão (Guilmartin, 1981:6). A técnica utilizada na fabricação dos canhões, na qual o molde era mantido na vertical enquanto se vertia o metal fundido, produzia uma coluna cujo peso causava uma elevada pressão na base, onde se encontrava a culatra do canhão. Desta forma, a grande pressão na base evitava a formação de bolhas e esponjosidades⁸.

Para finalizar, o molde era quebrado assim que a peça de metal sólido estivesse fria. Desta forma surgia um grande bloco de metal, o canhão, que recebia manualmente os últimos acabamentos⁹.

A descrição do processo de fabricação de uma peça de artilharia torna evidente o que Andrada & Castro (1993) afirmam:

*Como a técnica de fabricação não permite o reaproveitamento do molde e da matriz empregados na fabricação de um dado canhão, pois são quebrados durante o processo, tal fato impossibilita a reprodução **exata** de duas peças de artilharia. De onde se conclui que não existiam dois iguais.*

ARTILHARIA COMO INDICADOR DA RIQUEZA DAS NAÇÕES

As bocas de fogo eram feitas de bronze e ferro. Porém o ferro, pouco a pouco, se tornou o metal mais usado na fabricação dos canhões. O bronze, fabricado com cobre e estanho, era uma liga cara. Os canhões de ferro eram mais baratos, porém mais perigosos, pois quando explodiam se fragmentavam. Os canhões de bronze podiam rachar, mas não se fragmentavam com facilidade. Os menores custos dos canhões de ferro fizeram a sua rápida predominância na Artilharia de

várias nações. Para Guilmartin (1981:33), o canhão é o contra-exemplo da *idéia usual de que a tecnologia avança por melhoramentos qualitativos nas possibilidades técnicas e nas características de amostras individuais do item tecnológico em questão*. O canhão de bronze dos séculos XVI e XVII, apesar de tecnologicamente superior, foi substituído no processo de fabricação pelo canhão de ferro, mais barato. Os Pedreiros também foram deixados de lado para que se diminuíssem os custos da Artilharia. Com o aumento dos salários no final do século XVI e no XVII, a confecção de projéteis de pedra tornou-se muito cara. Os projéteis esféricos de ferro fundido eram mais baratos.

A carência de recursos financeiros em Portugal, após a Restauração¹⁰ (1640), impôs limitações à Artilharia portuguesa, que passou a ser composta de uma grande variedade de peças. O estudo que Guilmartin (1981) fez sobre os canhões do navio de guerra português Sacramento, que naufragou em maio de 1668 na costa brasileira, mostra que aquele que era um dos melhores navios portugueses estava armado com uma grande variedade de canhões, o que normalmente deveria ser evitado nos navios de guerra. A diversidade de canhões criava a necessidade de uma grande variedade de munição, o que causaria uma grande ineficiência do galeão durante o combate.

A *padronização* evitaria os problemas gerados pela diversidade de equipamentos. Porém, na fabricação dos canhões, a padronização somente passou a ocorrer em Portugal em meados do século XVIII, com o início da reforma das forças armadas, desenvolvida pelo Marquês de Pombal. A diversidade nas unidades de medidas utilizadas na Europa também causava problemas à Artilharia. Um canhão de calibre¹¹ 18 não seria idêntico em diferentes nações. Como no início do século XVIII a Artilharia portuguesa era composta de canhões provenientes de diferentes nações, a diversidade das unidades de medida não permitia, muitas vezes, que a munição de um canhão fosse compartilhada com os demais canhões de mesmo calibre. Tal diversidade certamente pressionou as nações que mantinham relações comerciais a buscarem, pouco a pouco, um sistema único de unidades. A modernização de Portugal implicava buscar uma padronização das peças utilizadas na artilharia. Na obra intitulada *Exame de Artilheiros*, Alpoim (1744) termina o seu trabalho fazendo um apelo aos fundidores portugueses, descrevendo a necessidade de padronização na fabricação dos equipamentos:

Seria de grande utilidade, para o real serviço, que as fundições da artilharia fossem de calibres, comprimento, e grossuras certas, conforme o para que as peças hão de servir, como havendo-se de

fundir artilharia de bater, toda fosse do mesmo peso de bala, do mesmo comprimento, e da mesma grossura.

Para as peças de campanha todas do mesmo calibre.

Desta sorte nunca faltarão balas, para a artilharia, não só nas naus de guerra, mas nas praças, e campanha, levando cada peça as competentes, porque se podiam servir das balas as peças, que não jogavam.

Se quebrasse um reparo, montava-se a peça em outro do mesmo calibre; se arrebenta-lhe a peça, ficava o seu reparo servindo para outra; porque por mais especulativo, e pratico que seja o Artilheiro, por mais zelo que tenha do real serviço, se lhe falta comodidade e a facilidade necessária nas suas armas, não será possível usar delas; e nós sabemos muito bem o quanto é útil a agilidade, e prontidão em qualquer função de guerra, principalmente na artilharia; porque fazem que seja o Príncipe bem servido; e se reduziria a artilharia a uma facilidade, e

nos livraríamos de tanta diferença de calibres de peças, que não causam mais que uma obscura confusão.

CONCLUSÃO

A artilharia luso-brasileira no século XVIII era composta por uma grande variedade de peças de artilharia, uma verdadeira coleção de canhões obtida em diversos locais e diferentes épocas. O que nos permite concluir, devido à falta de padronização dos equipamentos, que certamente deveriam existir, nas fortalezas e nas naus, *canhões sem munição e munição sem canhões*. A falta de padronização tornava os sistemas de defesa ineficientes, assim como impedia que Portugal compartilhasse com outras nações os produtos relativos à ciência e tecnologia da arte de fazer guerra com canhões.

Notas

1. A disputa do trono da França por várias gerações de famílias reais francesas e inglesas.
2. O preço de um canhão praticamente o tornava um símbolo de poder.
3. A técnica de fabricação que será descrita faz parte do trabalho de Andrada & Castro (1993:63).
4. Andrada & Castro (1993:63) nada informam sobre a natureza de tal desmoldante.
5. Para Alpoim (1744:95), quando o Artilheiro laborava com uma peça *ladeada* deveria ter muita cautela no momento de fazer a pontaria. No entanto, em sua opinião, o melhor seria que sua Majestade tivesse rejeitado a boca de fogo, porque tais peças nunca fazem um tiro bom, por mais emendas que se façam na pontaria. Logo, com essas armas se gastam munições sem se conseguir um real serviço. Na opinião de Alpoim (1744:166), os oficiais que aceitassem ter peças ladeadas deveriam ser castigados, pois colocam no Real serviço instrumentos que tiram a honra dos Artilheiros que, em presença dos seus Generais, nunca conseguem acertar um tiro, cuja falha normalmente se atribui ao pobre oficial e não à peça.
6. O *bocal* também era uma região onde a peça se tornava mais espessa. Para Alpoim (1744:81), esta parte da peça deveria ser mais espessa porque quando a bala saía da boca da peça se chocava com muita força contra o ar, o que quebraria o bocal do canhão se este não fosse espesso. Como se percebe, a forma como Alpoim explica a razão do bocal quebrar demonstra que não era do seu conhecimento a mecânica newtoniana, pois se a bala faz uma ação no ar, na bala ocorreria a reação à ação, e não no bocal da peça.
7. O bronze de canhão apresenta tendência a porosidades e esponjosidades. O exame dos destroços de canhões, segundo Guilmartin (1981:6), mostra que o material dilacerado parece uma esponja rasgada.
8. Evangelista Torricelli (1608-1647), discípulo de Galileu, estudou a grandeza física da pressão na base de colunas de líquidos ou gases. No entanto, como podemos notar, os fabricantes de canhões já utilizavam *qualitativamente* tal conceito antes que Torricelli o tivesse estudado de forma *quantitativa*.
9. Para o leitor que necessitar de maiores detalhes sobre o processo de fundição dos canhões, o que está além do escopo deste texto, eles poderão ser obtidos nos trabalhos de Andrada & Castro (1993:63) e no trabalho de Guilmartin (1981).
10. Em 1640, um rei português voltou a reinar em Portugal. Durante 60 anos, de 1580 a 1640, os reis da Espanha reinaram em Portugal.
11. O calibre de uma peça de artilharia lisa era dado pelo peso da bala, o qual era medido por unidades diferentes em cada país. Em Portugal, o calibre era medido em *arráteis* (unidade de massa equivalente a 459 gramas). Todavia, na França, o calibre era medido em livres, unidade de massa aproximadamente igual a 480 gramas, e na Inglaterra o calibre era medido em *libras*, unidade equivalente a 453 gramas (Andrada & Castro, 1993:69). A diferença entre as unidades de massa impedia que as armas permutassem as suas munições, principalmente a francesas e as portuguesas.

Referências bibliográficas

- ALPOIM, José Fernandes Pinto (1700-1765). *Exame de Artilheiros*, 1744. Reprodução fac-similar. Rio de Janeiro: Biblioteca Reprográfica Xérox, 1987.
- ANDRADA, Ruth Beatriz S. Caldeira de; CASTRO, Adler Homero Fonseca de. *O Pátio Epitácio Pessoa e seu acervo*. Rio de Janeiro: Museu Histórico Nacional, 1993.
- BEBIANO, Rui; COSTA, Fernando Dores; DOMINGUES, Francisco Contente; HESPANHA, Antonio Manuel; LOBATO, Manuel; MONTEIRO, Nuno Gonçalo; PUTONI, Pedro; RODRIGUES, José Damião; RODRIGUES, Vitor. *Nova História Militar de Portugal*. Direção de Manuel Themudo Barata e Nuno Severiano Teixeira e coordenação de Antônio Manuel Hespanha. Volume 2. Portugal: Circulo dos Leitores, 2004.
- DICCIONARIO MARITIMO BRAZILEIRO. Organizado por uma comissão nomeada pelo Governo Imperial, sendo ministro da marinha o conselheiro Affonso Celso de Assis Figueiredo. Direção do Barão de Angra. Rio de Janeiro: Marinha do Brasil, 1877.
- FORTES, Manoel Azevedo. *O Engenheiro Português*. Tomo 1, editado em 1728, e Tomo II, editado em 1729. Edição *fac-simile*. Lisboa: Imprensa Nacional, Casa da Moeda, 1993.
- GUILMARTIN Jr., John F. *Os canhões do Santíssimo Sacramento*. Navigator, subsídios para a história marítima do Brasil, Serviço de Documentação Geral da Marinha, Nº 17, jan-dez de 1981.
- MARTINS, R. V. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
- MARTINS, R. V. *A Importância dos Capitães de Artilharia Luso-Brasileiros na Modernização do Brasil no Início do Século XVIII*. Scientiarum Historia – 1º Congresso de História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, Rio de Janeiro, Brasil, 2008.
- MARTINS, R. V. A Invasão Francesa em 1711 e o despreparo da artilharia portuguesa. *Ciência Hoje*. 2009, 43, pp.31-35.
- OLIVEIRA, Mário Mendonça. *As Fortificações Portuguesas de Salvador quando Cabeça do Brasil*. Salvador, Bahia: Fundação Gregório Mattos, 2004.
- PINTO, Luiz Fernando da Silva. *Sagres – A Revolução Estratégica*. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas, 2001.
- PIRASSUNUNGA, Adailton Sampaio. *O Ensino Militar no Brasil (Período Colonial)*. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1958, p.25.
- REIS, Amphilóquio. *Dicionário Técnico da Marinha*. Rio de Janeiro, 1947.

Dados do autor

Ricardo Vieira Martins (rvieiramartins@yahoo.com.br), professor do CEFET/RJ e do Colégio Cruzeiro, é licenciado em Física (UFRJ, 1978) e mestre em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia (UFRJ, 2006).

O “Isolador Capanema”: Contribuição para a História da Tecnologia no Brasil Imperial

Silvia F. de M. Figueirôa
Mauro Costa da Silva

RESUMO: *Guilherme Schüch, posteriormente Barão de Capanema, foi engenheiro e professor de física e mineralogia da Escola Militar do Rio de Janeiro do século XIX. Formado na Escola Politécnica de Viena, Capanema desenvolveu um modelo de isolador para linhas telegráficas, que recebeu patente em 1873, no Reino Unido. Este artigo apresenta a contribuição desse inventor e empreendedor do Império, que teve uma atuação ampla na vida brasileira, em particular usando seus conhecimentos de física aplicada e de engenharia para contribuir com o desenvolvimento tecnológico do país.*
Palavras-chave: *Ciência; Tecnologia; Invenção; Isolador; Patente.*

ABSTRACT: *Guilherme Schüch, later Baron de Capanema, was an engineer and professor of physics and mineralogy of the Military School of Rio de Janeiro in the XIXth century. Graduated in the Polytechnic School of Vienna, Capanema developed an insulator for telegraph lines, which received a patent in 1873, in the United Kingdom. This paper presents the contribution of this inventor and developer, which had a large role in Brazilian life, particularly using his knowledge of applied physics and engineering to contribute to the technological development of the country.*
Keywords: *Science; Technology; Invention; Insulator; Patent.*

Ainda que pequeno quando comparado a outros países e restrito pelos marcos de uma economia agroexportadora ancorada no braço escravo, o desenvolvimento tecnológico brasileiro merece atenção, até mesmo para que, compreendendo seus limites, possamos avançar na formulação de políticas de C&T e de formação profissional. Este artigo apresenta e discute brevemente um inventor e seu invento, a saber: Guilherme Schüch, barão de Capanema (1824-1908) e o isolador para linhas telegráficas por ele concebido.

Capanema, como é mais conhecido, engenheiro formado em Viena, teve atuação marcante, constante e incansável na implantação de uma cultura técnico-científica no Brasil, assim como no fortalecimento da engenharia, como campo disciplinar, e dos engenheiros, como profissionais. Sua trajetória profissional, na engenharia e nas ciências naturais (particularmente nas ciências geológicas), vinculou-se ao Segundo Império de forma intensa, por meio de suas diversas frentes de atuação: nas associações científicas e profissionais como o Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, a Sociedade Auxiliadora da Indústria Nacional, o Imperial Instituto Fluminense de Agricultura, a Sociedade Velloziana, a Sociedade

Palestra Científica, ou o Instituto Politécnico Brasileiro; em comissões científicas: Comissão Exploradora das Províncias do Norte (também conhecida como “Comissão do Ceará”), Comissão para Implantação do Sistema Métrico-decimal no Brasil); em comissões de obras públicas ou questões políticas: Comissão para Uniformização da Nomenclatura Técnica, Comissão de Limites entre o Brasil e a Argentina; em atividades de pesquisa no Museu Nacional (Seção de Geologia e Mineralogia); na formação de engenheiros (professor de Física, Matemática e Mineralogia na Escola Militar e na Escola Central); como fundador de revistas científicas (os *Ensaios de Ciência por Diversos Amadores*); como empresário (proprietário da fábrica de papel *Orianda*, já em ação em 1857, usando energia hidráulica para movimentar certas máquinas); e também como inventor e produtor do *Formicida Capanema*¹, ou concessionário da exploração mineral de jazidas diversas².

Guilherme Schüch nasceu em Minas Gerais (mais precisamente em Timbopeba, Arraial de Antonio Pereira, nos arredores de Mariana-MG, onde ainda hoje se explora minério de ferro), filho do austríaco Roque (Rochus) Schüch, bibliotecário e curador do Gabinete de História Natural da Imperatriz Leopoldina. Seu pai comprou de

Wilhelm Ludwig von Eschwege, em 1821, a fábrica de ferro por este implantada e continuou a desenvolvê-la³. Guilherme ingressou no Imperial Instituto Politécnico de Viena no ano letivo de 1841-42 e prosseguiu seus estudos por cinco anos (ano letivo de 1845-46)⁴, como bolsista do Imperador Pedro II e sempre com autorização de estudos da administração superior da instituição escolar, pois era aluno estrangeiro. Por que essa instituição? É bastante plausível que a motivação prioritária deva-se à origem familiar e à longa ligação de Rochus Schüch aos serviços para o Imperador austríaco. Porém, uma análise mais demorada da instituição e dos cursos freqüentados por Capanema pode sugerir motivações adicionais.

O Imperial Instituto Politécnico de Viena foi fundado em 1815, por iniciativa do Imperador Francisco I, sob a direção do importante químico Johann Josef Pechtl (1778-1854), que lhe imprimiu forte caráter aplicado, com reforço na formação em química, ao longo dos 35 anos em que dirigiu a instituição. Ao proferir a conferência de abertura, Pechtl sintetizou a missão do instituto recém-fundado: “o instituto politécnico se pretende um instituto técnico, um museu técnico e uma academia de ciências técnicas”⁵. O ensino era livre – isto é, os alunos escolhiam as disciplinas que queriam cursar – e a idade mínima para ingresso era de 16 anos⁶. A instituição possuía duas grandes linhas de treinamento: uma técnica e outra comercial, e, como era regra geral nessa época para as escolas de formação técnica, não conferia diploma.

Capanema permaneceu o tempo máximo permitido de cinco anos e, mesmo com a morte do pai enquanto lá estava, não regressou e cursou (sendo aprovado com boas notas) todas as disciplinas disponíveis:

- 1º ano: *Matemáticas Elementares, Química Técnica Geral e Tecnologia* (esta última, um curso sobre a história da técnica e da tecnologia);
- 2º ano: *Matemáticas Avanzadas, Física, Geometria Descritiva, Desenho de Edificações e Técnica de Construções Geométricas*;
- 3º ano: *Funcionamento de Máquinas, Técnicas Mecânicas, Geometria Prática, Geodésia e Topografia*;
- 4º ano: *Química Aplicada, Arte de Minas, Ciência de Minas, Geometria Prática, Economia Mineral, Contabilidade Mineral e Desenho Arquitetônico; Construção de Estradas e Canais* (hidrografia, pontes e canais);

- 5º ano: *Ciências Aplicadas às Pontes, Canais e Estradas, Desenho de Máquinas relacionadas à Hidrografia e Hidrologia, Economia Mineral e Contabilidade Mineral*.

É visível que neste conjunto de disciplinas sobressai, de um lado, a formação em Mecânica e, de outro, em exploração e administração de minas. Aí, talvez, possamos encontrar os motivos para a opção de formação, além das razões para seu perfil claramente aplicado: p.ex., o de administrar as minas da família⁷ e tornar-se empresário de mineração, aliado à sua forte atuação como “engenheiro mecânico”. Em 1846-47, Capanema passou ainda curta estadia na Academia de Minas de Freiberg⁸ para completar sua formação.

É oportuno avaliar o que significou o *Imperial Instituto Politécnico* de Viena em sua época, embora sejam raros os trabalhos sobre sua história. O testemunho de um contemporâneo – o belga van den Corput, médico com vasto currículo, que visitou em missão oficial algumas escolas de ensino superior da Europa a fim de contribuir para pensar uma reforma do ensino técnico em seu país – afirma em 1866: *Dentre os numerosos materiais que recolhi de forma não sistemática percorrendo a maior parte da Europa, tomei, por base do trabalho que publico agora, a organização da Escola de Artes & Ofícios de Viena, pela razão de que é, entre todas, a que achei a mais completa e, sob todos os aspectos, a que mais está em harmonia com as exigências da época. Instituições análogas existem em quase toda a Alemanha. Mas nenhuma pode rivalizar com as proporções grandiosas da Escola Politécnica de Viena*, e segue elogiando a estrutura dos cursos, a riqueza dos gabinetes de máquinas e das coleções de estudo⁹. Em seu corpo docente figuraram, em diferentes épocas, Christian Doppler (1803-1853), Eduard Suess (1831-1914), Victor Kaplan (1876-1934) e Karl von Terzaghi (1883-1963), dentre outros. Assim, Capanema teve sua formação marcada por um curso técnico de certa forma exemplar, seja pelo aspecto das atividades práticas e da ênfase nos trabalhos de aplicação, seja pela atualidade em relação às demandas do século XIX.

Capanema não hesitou em pôr em prática, quando de seu regresso ao Brasil, em 1849, os ensinamentos variados propiciados pelos seis anos de sua diversificada e sólida formação. Por concurso público, passou a professor de Física e Matemática (e, posteriormente, também de Mineralogia) na Escola Militar (transformada em Escola Central em 1855), ingressou na Seção de Mineralogia e Geologia do Museu Nacional e tornou-se membro ativo do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, já publicando seus primeiros textos e dando sugestões nos debates. É na Escola Militar que recai agora nosso foco, pois em 1851,

em cooperação com o coronel Polydoro Quintanilha Brandão, Guilherme Schüch construiu um telégrafo elétrico utilizando aparelhos disponíveis nos laboratórios desse estabelecimento de ensino superior e teve sucesso ao enviar uma mensagem de uma sala a outra do prédio. Os equipamentos empregados haviam sido comprados à prestigiosa firma francesa “Bréguet”, principal fabricante e fornecedora dos telégrafos elétricos franceses. De fato, Louis-François-Clement Bréguet teve sua vida ligada aos telégrafos, particularmente os elétricos, tendo desenvolvido em 1845 um modelo de certa forma portátil para uso na rede ferroviária¹⁰.

Ao tomar conhecimento da transmissão, o Ministro da Justiça, que necessitava urgentemente de eficiência na comunicação interna ao Império, em especial no que dizia respeito ao controle do tráfico de escravos após a Lei Eusébio de Queiroz, encarregou Capanema de construir uma linha telegráfica, finalmente inaugurada em 11 de maio de 1852 e medindo 4,3km. A implantação no Brasil se fazia quase que contemporaneamente ao restante do mundo: por volta de 1851 estabeleceram-se as primeiras ligações telegráficas internacionais no âmbito europeu. E quando da Exposição Universal de 1855 em Paris, à qual Capanema esteve presente, o telégrafo foi um dos destaques, saudado como “uma invenção destinada a marcar época na ciência, a revolucionar a indústria”¹¹. Após a primeira linha, o telégrafo começou a se estender pelo Brasil, inicialmente de modo tímido, em torno da Capital e na direção Norte, e depois rapidamente para o Sul. Até 1865, o telégrafo atendeu às repartições públicas, à polícia e aos bombeiros, todos na cidade do Rio de Janeiro. Uma única linha ultrapassava os limites da Corte, estendendo-se até Petrópolis. Com a declaração de guerra contra o Paraguai, foi estendida uma linha entre o Rio de Janeiro e o *front*¹². Entre 1865 e 1866, as linhas telegráficas brasileiras tiveram um salto em sua extensão, passando de menos de 100km para mais de 2.000km. A ligação telegráfica entre as várias cidades da costa brasileira com a Europa foi realizada, em 1873 e 1874, por meio de cabos submarinos de companhias inglesas. A expansão das linhas e estações do serviço telegráfico brasileiro, sem dúvida, deve muito aos esforços contínuos de Capanema. Silva (*op.cit.*, p.99) ressalta este aspecto claramente:

Capanema sabia da importância com que o assunto era tratado na Europa e buscava no Brasil despertar nos políticos e governantes o mesmo reconhecimento que o telégrafo tinha na Europa. (...) ... com competência técnica e muito esforço, tentou promover o desenvolvimento de uma rede nacional submetida ao estado e por ele construída. Este foi o cerne de sua luta. Segundo ele, era algo que precisava ser entendido e incentivado pelas classes

dominantes, como elemento de garantia da soberania nacional

Os problemas para construir e operar uma linha que cresceu tanto, em tão pouco tempo, saltaram na mesma proporção. A construção da linha sul deixou um legado de falhas que tiveram de ser resolvidas. A ausência de estudos técnicos prévios, projetos ou qualquer planejamento obrigou a que, em muitos locais, o traçado da linha tivesse de ser refeito. A maioria dos materiais empregados no telégrafo era importada da Europa e empregada no Brasil sem qualquer adaptação às condições locais. A experiência demonstrou que a natureza tropical era adversa aos materiais telegráficos produzidos no velho continente. Para fazer face, minimamente, a tal situação, uma estação de manutenção e uma pequena fábrica para construir equipamentos foram criadas por Capanema, em abril de 1865, no Rio de Janeiro,

com um único torno velho retirado de uma embarcação. Entretanto, quatro anos mais tarde obteria na Exposição Nacional uma menção pela exibição de alguns pequenos aparelhos de telegrafia e de um instrumento geodésico. (...) Apesar da má instalação, a oficina estava preparada para consertar e construir aparelhos e utensílios telegráficos, bem como instrumentos de física, topografia e geodésia. Além de participar das exposições nacionais, a oficina marcou presença na Exposição de Viena, em 1873, com a apresentação de aparelhos construídos por ela. (Silva, 2003, p.119)

O cabo submarino produzido pela companhia alemã *Siemens & Brothers*, e utilizado na linha sul para a travessia das barras, teve de ser substituído pouco tempo depois de instalado. Os isoladores europeus, necessários à proteção das linhas, tinham na composição de sua cerâmica fragmentos metálicos que se dilatavam em excesso quando submetidos às variações de temperatura e umidade típicas de boa parte das regiões do Brasil. O fenômeno provocava rachaduras e quebras dos isoladores, que, danificados, expunham os fios a contatos elétricos indesejáveis, com conseqüente interferência nas comunicações. A conservação dos isoladores constituiu um problema grave, que ocupou as mentes de diversos técnicos e engenheiros de vários países durante longo tempo (Volatron, 2002).

Capanema estudou o problema dos isoladores e desenvolveu um modelo cuja cerâmica não continha substâncias metálicas. Era produzido basicamente utilizando vidro e ebonite (uma substância dura e escura, produzida a partir do processo de vulcanização da borracha com excesso de enxofre), dentre outros materiais. O isolador de Capanema tinha em sua parte superior uma ranhura onde era assentado o fio

telegráfico. Acima do fio era colocada transversalmente uma trava em forma de pino cuja função era evitar que o fio pudesse sair da ranhura (Fig. 1).



Figura 1
Isolador Capanema

O isolador de Capanema obteve patente internacional concedida sob no 4.171, em 19 de dezembro de 1873, publicada pelo *Great Seal Patent Office*, em Londres. O isolador Capanema, conforme ficou conhecido, é ainda hoje produzido e empregado no isolamento de redes elétricas, configurando um bom exemplo de tecnologia desenvolvida no Brasil válida até hoje. Talvez seu principal mérito resida no fato de seu

inventor, além de engenheiro, atuar também em Ciências Naturais e ser arguto observador da natureza brasileira, em sua especificidade tropical. Sua atuação à frente dos telégrafos elétricos lhe proporcionou, de modo especial, a circulação pelo território para implantação das linhas e, com isso, permitiu-lhe acesso a, e conhecimento das condições do meio físico. Em particular, cabe destacar as condições de intenso intemperismo tropical (i.e., processos superficiais químicos e físicos que resultam na transformação das rochas em solo), no qual sua contribuição original e pioneira ainda está por receber o devido reconhecimento¹³.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos momentos de altos e baixos, Guilherme de Capanema permaneceu na chefia do serviço telegráfico desde sua implantação até a chegada da República (1852-1889). Diversamente do que se poderia a princípio supor, este *locus* institucional não especificamente científico não impediu ou dificultou suas atividades científicas e tecnológicas. Ao contrário, por permitir a combinação da teoria com a prática na ação, marca típica das engenharias, propiciou que Capanema inventasse e inovasse, incorporando no objeto produzido os aspectos contingentes à situação. Uma das importantes lições que se pode tirar dessa breve história refere-se à articulação entre formação profissional, contexto político-social-natural, e demandas institucionais, como janelas de oportunidade para o exercício da criatividade.

Notas

1. O decreto nº. 5.357, de 23 de julho de 1873, garantia a Guilherme Schüch o privilégio para produção do dissulfeto de carbono, comercializado sob o nome de "Formicida Capanema". (Santos, 2005, p.1)
2. Arquivo Histórico do Museu Imperial, Coleção Silva Costa. Cartas, cartões e bilhetes (109) a Miguel Arrojado Lisboa, tratando de diversos assuntos de propriedades de terras e jazidas (1894 a 1904).
3. Staatsarchiv Marburg, Fundo 340 Wilhelm Ludwig von Eschwege. Cópia da informação documental gentilmente cedida a Silvia Figueirôa pelo prof. Friedrich Renger (IGC/UFMG).
4. Technische Universität zu Wien – Universitätsarchivs. Prüfungs Katalog der Technische Abteilung der k. k. Polytechnische Institut im Studieren Jahre 1842, 1843, 1844, 1845 und 1846.
5. Cf.: <http://www.tuwien.ac.at>, acesso em 04/06/02.
6. Maiores informações sobre a história da instituição em: Mikoletski, 1997.
7. Desde 1821, Rochus Schüch envolveu-se em negócios de exploração de minas e metalurgia (ferro, ouro e também prata). Ao morrer, em 4 de março de 1844, deixou em testamento uma doação para que o governo aplicasse numa escola de minas, quando esta viesse a ser criada (cf. Telles, *op.cit.*). O filho Guilherme sempre manteve negócios na área de minas e mineração (cf. documentos da Coleção Capanema, Arquivo do Museu Histórico Nacional) e possuía, no fim da vida, um considerável patrimônio em minas, como se percebe a partir de sua correspondência: Arquivo Histórico do Museu Imperial, Coleção Silva Costa. Cartas, cartões e bilhetes (109) a Miguel Arrojado Lisboa, tratando de diversos assuntos de propriedades de terras e jazidas (1894 a 1904).
8. Cf.: *Festschrift zum hundertjährigen Jubiläum der Königl. Sächs. Bergakademie zu Freiberg. Freiberg, 1866*, p.270. Capanema tem a matrícula nº. 1.609 do ano de 1846.

-
9. van Den Corput, 1866, p.4.
 10. Bréguet, 1873, p.10.
 11. Vincent, 1856, p.1.
 12. *Ela [Guerra do Paraguai] atrasou os planos para a linha do Norte e promoveu a mais rápida expansão da rede telegráfica durante todo o período do Segundo Império, agora para o Sul.* (Silva, 2003, p.126)
 13. Veja-se Capanema, 1866.

Referências bibliográficas

- BLAKE, Antonio Vitorino A. S. *Diccionario bibliographico brasileiro*. Rio de Janeiro, Typ. Nacional, 1883-1902. 7 vols. (reimpressão do Conselho Federal de Cultura, 1970).
- BRÉGUET, Louis F. C. *Notice sur les travaux de M. Louis Bréguet, artiste membre du Bureau des Longitudes*. Paris, Gauthier-Villars, 1873. 16p.
- CAPANEMA, Guilherme Schüch de. *Decomposição dos penedos no Brasil (lição popular proferida em 25/06/1866 [sic] por G. S. de Capanema, lente de Geologia da Escola Central)*. Rio de Janeiro, Typographia Perseverança. 1866. 32p.
- FIGUEIRÔA, Silvia F. de M. Ciência e tecnologia no Brasil Imperial: Guilherme Schüch, Barão de Capanema (1824-1908). *Varia Historia*, 21:34, pp.437-55. 2005(b).
- GRELON, André. Emergence and growth of the engineering profession in Europe in the 19th and early 20th century. In: GOUJON, Ph.; DUBREIL, B. H. (eds.) *Technology and ethics: a European quest for responsible engineering*. Leuven, Peters, 2001. pp.75-99.
- MARINHO, Pedro E. de M. M. *A Engenharia Imperial. O Instituto Politécnico Brasileiro (1862-1880)*. Niterói, História/UFF, Dissertação de mestrado, 2002, 220p.
- MIKOLETZKI, Juliane. Geschichtliche Entwicklung. *Veröffentlichungen des Universitätsarchivs der technischen Universität Wien*, Viena, Heft 3, pp.5-67, 1997.
- MOREIRA, Ildeu de C.; SILVA, Mauro C. da. Capanema: um professor de física cria a telegrafia elétrica no Brasil. *Física na Escola*, v.2, n.2, 2001. p.31.
- MORIN, Arthur. Notice sur le système métrique. *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, Paris, 1873.
- SANTOS, Nadja P. dos. *Privilégios industriais no Brasil e a Química: o Formicida Capanema*. In Anais do Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, 10, Anais..., Belo Horizonte, out/2005, 10p. CD-ROM
- SILVA, Mauro C. da. *A introdução da telegrafia elétrica estatal no Brasil durante o segundo Império*. Dissertação de Mestrado, Coordenação dos Programas de Pós-graduação em Engenharia/UFRJ, Rio de Janeiro (mimeo). 2003. 274p.
- TELLES, Pedro C. da S. *História da engenharia no Brasil*. Rio de Janeiro, Livros Téc. Cient. Ed., 1984. 510p.
- van Den CORPUT. *De l'organisation des écoles pratiques professionnelles en Allemagne, en Suède et en Russie, et en particulier des écoles des Arts 'Métiers de Vienne et de St. Petersburg* (extrait des Annales du génie civil de mars 1866 : 5^{ème} année).
- VARGAS, Milton. Introdução. In: VARGAS, Milton. (org.). *História da técnica e da tecnologia no Brasil*. São Paulo: Ed. Unesp: CEETEPS, 1994. 412p.
- VINCENT, Jean. *Des appareils télégraphiques em 1855, dans le service des lignes électriques et à l'Exposition Universelle de Paris*. Bruxelles, B.-J. van Dooren, 1856. 55p.
- VOLATRON, Jean P. Le verre et l'isolateur télégraphique. Paris, *La revue du Musée des Arts et Métiers*, n.36, p.53-61, set/2002.

Dados dos autores

Silvia Fernanda de Mendonça Figueirôa, docente do Instituto de Geociências da UNICAMP, onde atualmente exerce o cargo de Diretora, é geóloga (1981), mestre (1987) e doutora (1992) em História Social pela Universidade de São Paulo, na especialidade da História das Ciências. Seu pós-doutorado foi junto ao Centre Alexandre Koyré d'Histoire des Sciences et des Techniques (França, 2002).

Mauro Costa da Silva, docente do Colégio Pedro II, graduou-se em Engenharia Elétrica (USU, 1987) e em Física (UFF, 1999), e é mestre em Engenharia de Produção (2003) e doutor em História das Ciências, das Técnicas e Epistemologia (2008) pela UFRJ.

As Primeiras Indústrias de Construção Aeronáutica no Brasil*

Nilda Nazaré Pereira Oliveira

Creio, deveria ser chamada “época heróica da aeronáutica” a que compreende os fins do século passado [XIX] e os primeiros anos do atual [XX]. Nela brilham os mais audaciosos arcos dos inventores, que quase se esqueciam da vida, por muito se lembrarem de seu sonho.

Alberto Santos Dumont
O que ví, o que veremos, p.15

RESUMO: O presente artigo resgata parte da história das primeiras indústrias de construção aeronáutica no Brasil. Hoje o país possui uma grande empresa, competitiva mundialmente no ramo da produção de aeronaves, a Empresa Brasileira de Aeronáutica – Embraer. O que poucos brasileiros sabem é que, na primeira metade do século XX, o país já tivera diversas montadoras de aviões. O primeiro avião projetado e construído no Brasil voou em 1910. Nas décadas seguintes houve diversos projetos e protótipos; poucos, porém, chegaram à produção industrial. Na primeira metade do século XX foram criadas algumas fábricas montadoras de aviões e também de motores, entre elas: a Fábrica de Henrique Lage (HL), RJ; a Companhia Aeronáutica Paulista – CAP; a Fábrica de Aviões do Galeão, que mais tarde foi adquirida pela Fokker Ind. Aeronáutica S.A.; a Fábrica Nacional de Motores – F.N.M.; a Fábrica Nacional de Aviões em Lagoa Santa – MG; e a Sociedade Construtora Aeronáutica Neiva, em Botucatu, SP. Essas empresas, porém, tiveram vida curta: ou faliram, ou passaram para outro ramo de produção, ou foram encampadas pela Embraer, o que aconteceu com a Neiva.

Palavras-chave: Indústria Aeronáutica; EMBRAER; História da Aviação no Brasil.

ABSTRACT: This article presents part of the first aircraft construction industry history in Brazil. Nowadays, there is a great competitive worldwide aircraft factory in the field of airplanes production, the Empresa Brasileira de Aeronáutica – EMBRAER; however, which few Brazilians know is that the country had several aircraft manufacturers in the first half of 20th century already. The first aircraft, designed and built in Brazil, flew in 1910. In the following decades, there were several projects and prototypes, but only a few of them have reached a level of an industrial production. In the first half of 20th century, some assembly plants as well as aircraft engines had been created: a factory Henrique Lage (HL), RJ; the Companhia Aeronáutica Paulista – CAP; the Fábrica de Aviões do Galeão, which was later acquired by Fokker Ind. Aeronautica S.A.; the Fábrica Nacional de Motores – F.N.M.; the Fábrica Nacional de Aviões em Lagoa Santa – MG; and Sociedade Construtora Aeronáutica Neiva, in Botucatu, SP. Nevertheless, these aircraft factories were short-lived: some of them went bankrupt, others moved to another type of industry or were taken over by Embraer – like Neiva.

Keywords: Aeronautical Industry; EMBRAER; History of Aviation in Brazil.

A indústria de construção aeronáutica é identificada como um setor de grande sucesso no Brasil.

Considerada a terceira maior construtora de aeronaves do mundo, a Empresa Brasileira de Aeronáutica – Embraer – é fruto da estratégia desenvolvida por um grupo de militares da Aeronáutica Brasileira, liderados pelo então coronel Casimiro Montenegro Filho, que pôs em prática um

plano, nos moldes de desenvolvimento norte-americano do pós-guerra, de unir ensino, pesquisa e indústria. Assim foi criada a escola: o Instituto Tecnológico de Aeronáutica e o instituto de pesquisas – o Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento (IPD) –, local onde foi desenvolvido o protótipo do avião Bandeirante, que daria início à criação da empresa de construção aeronáutica.

* Trata-se o presente artigo de uma adaptação do primeiro capítulo de minha tese de doutorado, intitulada **Entre o criar, o copiar e o comprar pronto: a criação do ITA e do CTA como instituições de ensino e pesquisa para a consolidação da indústria aeronáutica brasileira (1945-1990)**.

A Embraer foi criada em 1969 como uma Empresa de economia mista, com um grande aporte de capital da União, o que lhe caracterizava como empresa estatal. Teve grande sucesso de vendas na década de 1970, mas não ficou imune à crise econômica da década seguinte, sendo privatizada em 1994. Atingiu, nos primeiros anos do século XXI, o terceiro lugar mundial entre as montadoras de aeronaves.

O que poucos brasileiros sabem é que a Embraer não foi a primeira indústria de construção aeronáutica do Brasil. Na primeira metade do século XX, nosso país já tivera diversas montadoras de aviões, nenhuma, porém, com o alcance da Embraer.

A história da Construção Aeronáutica no Brasil é uma história com altos e baixos, e está relacionada com o próprio produto deste setor. O avião não é um produto que possa ser vendido em grande escala, para a população em geral. Ao contrário, seu custo é elevado e seu tempo de produção é longo. Existem poucos compradores potenciais e, menos ainda, se pensarmos no contexto da primeira metade do século XX, quando o principal comprador no Brasil era o Governo. Existiam ainda os aeroclubes, que precisavam de aviões para treinamento de pilotos, alguns particulares que podiam comprar aviões, e as companhias aéreas que começavam a nascer.

Hoje o mercado é bem maior, os aviões são usados com grande sucesso na agricultura, existem empresas especializadas no chamado táxi aéreo, entre outras utilizações. Ainda assim, o avião está longe de ser um produto comparável a um automóvel ou a um eletrodoméstico.

Para uma grande parcela da população brasileira e, sobretudo para os militares ligados ao Comando da Aeronáutica, a História do Brasil e a História da Construção Aeronáutica, em nível mundial, estão entrelaçadas. Essa visão é reforçada pela obra do jornalista Roberto Pereira de Andrade, *A construção Aeronáutica no Brasil 1910 / 1976*, publicada pela Editora Brasiliense em 1976. Esse livro é referência para os trabalhos realizados sobre a indústria aeronáutica brasileira. Trata-se de um levantamento minucioso realizado pelo jornalista e que contou com o apoio financeiro da Embraer.

Uma relação entre inventores brasileiros e a construção aeronáutica remontaria aos inventos do padre Bartolomeu de Gusmão, que criou a “Passarola”, um balão de ar quente que ele demonstrou em vôo para o rei de Portugal em 1709, ou, ainda, aos inventos do paraense Júlio César Ribeiro de Souza, que construiu e voou em balões alongados em Paris. Tomo, entre outros, esses dois exemplos mencionados no livro e muitas vezes festejados no Brasil.

Mas, embora não possamos negar a nacionalidade de nenhuma dessas personalidades, devemos ressaltar que nenhum desses inventores realizou ou industrializou seus inventos e trabalhos no Brasil.

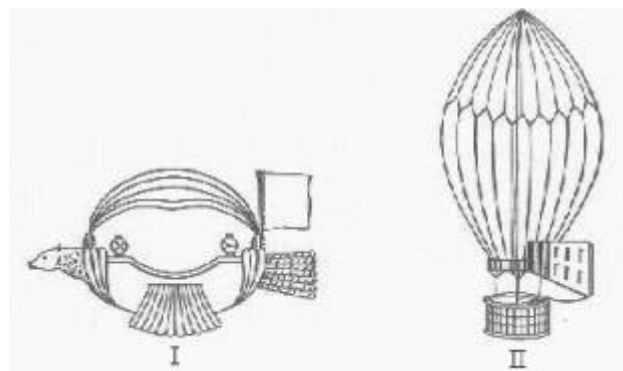


Figura 1
A Passarola de Bartolomeu de Gusmão: I. Forma atribuída pela fantasia da época; II. Forma provável do aparelho.
Fonte:
<http://www.instituto-camoes.pt/cvc/ciencia/passarola3.gif>.
Acessado em 23/10/07.

O inventor mais comemorado é, sem dúvida, Santos Dumont, que voou com o “14 Bis” nos céus de Paris em 1906. O Ministério da Aeronáutica, diante da conveniência de criar um “herói” para os seus quadros, elegeu Alberto Santos Dumont como ídolo, como “Pai da Aviação”, sem destacar, entretanto, que o seu trabalho foi desenvolvido em território francês e seus inventos são obras francesas e não brasileiras, como atestado pela sua comercialização.

O 14 Bis alcançou 6m de altura, no campo de Bagatelle (Paris), em 23 de outubro de 1906.

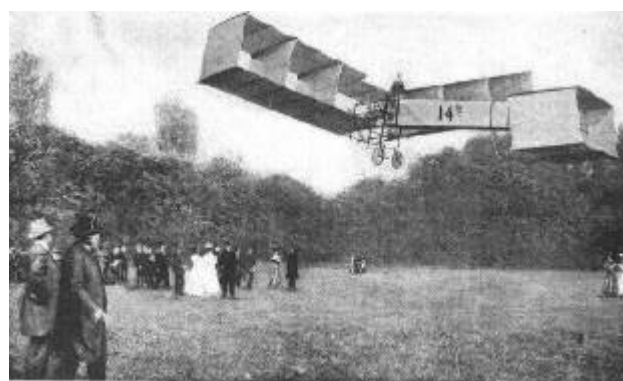


Figura 2
14 Bis – Foto publicada com destaque na revista Illustrated London News em sua edição de 24 de novembro de 1906
Fonte: *O que vi, o que veremos*, p.67

Assim como na Europa e nos EUA o voo de Santos Dumont desencadeou uma avalanche de modelos e experimentos, aqui no Brasil isso também ocorreu. O avião São Paulo foi o primeiro projetado e construído no Brasil e voou, em Osasco, em 7 de janeiro de 1910. Foi projetado por Demetre Sensaud de Lavaud e percorreu 103 metros em pouco mais de seis segundos, fato que virou notícia e foi amplamente divulgado na imprensa nacional. Nas décadas seguintes tivemos uma série de projetos e protótipos, alguns deles até homologados, mas poucos foram os que chegaram à produção industrial. (Andrade, 1976)



Figura 3
Avião São Paulo
Fonte: Câmara Municipal de Osasco.
<http://www.camaraosasco.sp.gov.br/osasco/noticia.htm>.
Acessado em 23/10/07.

Na maioria desses protótipos o projeto era de brasileiros, mas sua realização dependia da importação de muitas peças. A homologação das aeronaves, hoje feita pela Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC, era realizada nas primeiras décadas do século XX pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT de São Paulo, local em que também foram desenvolvidos vários projetos e protótipos¹.

No decorrer da década de 1930 ocorreram diversos movimentos para difundir e estimular a criação e o desenvolvimento, tanto da aviação, como da construção aeronáutica no país. Em 1931 foi criado o Departamento de Aviação Civil – DAC, que originalmente estava ligado ao Ministério da Viação e Obras Públicas, e, em 1938, foi publicado o Código Brasileiro do Ar. A partir da década de 1930, que é o começo do governo de Getúlio Vargas, o Estado brasileiro já visava estimular a construção aeronáutica no país.

O Ministério da Aeronáutica foi criado apenas em 1941 e, até essa data, a aviação militar estava vinculada às duas outras forças militares existentes, Marinha e Exército, cada uma se ocupando de partes diferenciadas deste setor, que depois será assumido pela Aeronáutica. Por exemplo, a formação de técnicos e engenheiros se dava na Escola Técnica do Exército, enquanto a fabricação de aviões era uma preocupação da Marinha.

No que diz respeito à aviação civil, há que se destacar que, pelas dimensões geográficas do Brasil, pela insuficiência de linhas ferroviárias e precariedade das estradas de rodagem, o empreendimento do transporte aéreo era extremamente atraente. Entretanto, o mercado civil para a aviação foi mais lento e esteve nas mãos de estrangeiros até meados da década de 1930. As linhas eram operadas por empresas norte-americanas, francesas e alemãs, cabendo ao governo brasileiro apenas a fiscalização das operações e a concessão das linhas. É somente a partir do governo Vargas que a aviação passa a ser vista como uma possibilidade de integração nacional.

A primeira iniciativa para o estabelecimento e a exploração de linhas aéreas no Brasil partiu da empresa Latecoère, que, em 1924, começou a operar um serviço postal entre Natal e Buenos Aires. Posteriormente, constituiu-se a Empresa de Viação Aérea Riograndense – Varig, fundada em meados de 1927 por Otto Mayer Labstille, Ruben Martin Bertha, Rodolfo Abrons e Alberto Bins. A Varig surgiu com uma empresa regional e até o final da Segunda Guerra Mundial mantinha-se nessa condição. Suas linhas ligavam Porto Alegre a Pelotas, Bagé, Uruguaiana e outras cidades do Rio Grande do Sul, além de uma linha internacional para Montevideu.

Em dezembro de 1927, era fundada a companhia Sindicato Condor. Durante a Segunda Guerra Mundial, a empresa foi nacionalizada e teve seu nome mudado para Serviços Aéreos Cruzeiro do Sul. A Condor inaugurou suas atividades com a linha Rio de Janeiro – Porto Alegre. Em 1929, começou a operar sua segunda linha, ligando Rio de Janeiro e Natal, com escalas em Vitória, Caravelas, Belmonte, Ilhéus, Salvador, Aracaju, Maceió e Cabedelo. Em 1933, ligou o Rio de Janeiro e São Paulo a Cuiabá. Em 1934, foi até Buenos Aires. Em 1937, chegava a Fortaleza e São Luiz do Maranhão, Porto Velho e Rio Branco, no coração da Amazônia. Em 1944, possuía uma frota composta de 18 aparelhos, sendo dois quadrimotores, 12 trimotores e quatro bimotores para passageiros e cargas.

Em outubro de 1929, foi criada a Nyrba do Brasil, que no ano seguinte mudou sua denominação para Panair do Brasil, subsidiária da Pan American Airways. Em 15 anos, a Panair conquistou metade do mercado de transporte aéreo comercial do país, operando grande número de rotas. Inaugurou as

ligações entre Belém e Manaus, ligou o Rio de Janeiro a vários pontos de Minas Gerais e chegou a Assunção, no Paraguai, em 1941. Em meados dos anos 40, possuía uma frota de 18 aparelhos, sendo nove aviões, seis hidroaviões, um avião de treinamento e dois aviões anfíbios.

A Viação Aérea São Paulo – VASP foi fundada em 1933, por Camargo Aranha, Fritz Roesler, Henrique Santos Dumont, Fernando Galvão e Roberto Warda. Inicialmente, era uma empresa regional, inaugurando linhas entre São Paulo, São Carlos e São José do Rio Preto e outra entre São Paulo e Ribeirão Preto, seguindo até Uberaba. Mais tarde iniciou a linha entre São Paulo e Rio de Janeiro. (Viegas, 1989:104-105)

Voltando à construção aeronáutica, devemos destacar a figura do Engenheiro Antônio Guedes Muniz. Ele foi oficial do Exército brasileiro, conviveu com a Missão Militar Francesa contratada em 1920 e, quando foi criada a Arma de Aviação no Exército, foi para a França para frequentar a Escola Superior de Aeronáutica. Guedes Muniz foi um dos maiores projetistas brasileiros.

Guedes Muniz foi de grande importância para o desenvolvimento de iniciativas na Indústria Aeronáutica, tanto no setor privado como nas iniciativas governamentais. Entretanto faltou-lhe o apoio e o respaldo de mais camadas da sociedade. Ele era talentoso, apresentou várias propostas e tinha grandes idéias. Foi um engenheiro militar, do Ministério do Exército, numa época em que ainda não existia Ministério da Aeronáutica no Brasil, mas também trabalhou como projetista da CNNA, do industrial Henrique Lage.

Henrique Lage implantou duas empresas de construção aeronáutica na década de 1930, ambas no Rio de Janeiro. Em 1935 ele criou a empresa denominada Companhia Nacional de Navegação Aérea – CNNA, que foi a primeira fábrica de aviões no Brasil. Esta empresa tinha como objetivos o transporte de carga e passageiros e a fabricação de aviões. Para tal seria criada uma subsidiária da empresa, a Fábrica Brasileira de Aviões, que nunca chegou a ter personalidade jurídica. Ambas as empresas teriam a orientação técnica do Major aviador e engenheiro Antônio Guedes Muniz, que produziu vários modelos de aeronaves com a sigla HL.

Entretanto, de acordo com informações obtidas através de depoimento por João Alexandre Viegas, Guedes Muniz não participava da Companhia Nacional de Navegação Aérea. O Exército, que era proprietário dos desenhos para fabricação dos aviões, cedera-os a Henrique Lage. Muniz assistia a fabricação quando necessário, permanecendo como oficial da Aviação

Militar e, mais tarde, da Força Aérea Brasileira. (Viegas, 1989, p.120)

No texto *Fontes para a História da Tecnologia no Brasil: a Indústria Aeronáutica brasileira na década de 1930*, Gildo Magalhães trabalha com um artigo do Eng. Antônio Guedes Muniz, intitulado *A Construção de Aviões e Motores no Brasil*, que foi apresentado no 1º Congresso Brasileiro de Aeronáutica, em abril de 1934.

O artigo de Guedes Muniz teve parecer no Congresso de Aeronáutica emitido pelo engº Ary Torres, que o endossou, recomendando ainda ao governo federal que fomentasse e dirigisse a construção de aeronaves brasileiras. O trabalho de Guedes Muniz começa abrindo um leque de três possíveis soluções:

- uma fábrica estatal, como havia então na Argentina; esta alternativa é descartada, por considerar o Estado inepto como industrial;

- a instalação no Brasil de uma fábrica estrangeira, por meio de concorrência pública; contra esta solução, Guedes Muniz argumenta que ela não teria mercado e que seria uma “indústria fictícia”, pois se limitaria a ser montadora de componentes importados;

- desenvolver a indústria nacional, pelo autor considerada a melhor alternativa. (Magalhães, 1997, p.3)

Para Magalhães, as análises feitas por Guedes Muniz são bastante pertinentes e apresentam um ponto de vista que foi pouco praticado na história brasileira. Além disso, o artigo suscita questões sempre presentes na história do desenvolvimento tecnológico brasileiro: que tecnologia não se compra, mas se aprende fazendo; que o ideal a buscar é desenvolvimento feito com pés no chão, trazendo a máxima independência, com recurso inclusive à tecnologia estrangeira, mas nada se consolida sem uma firme direção nacional; que é necessário o investimento em atividades de pesquisa. (*Idem*, p.5)

Se do exército temos Guedes Muniz como grande expoente, na Marinha existe a figura de Raymundo Vasconcellos de Aboim. Ele era engenheiro civil e participou das primeiras turmas da Aviação Naval. Viajou para a Inglaterra, onde realizou o curso de pós-graduação em Engenharia Aeronáutica no Imperial College of Science and Technology, tornando-se o primeiro engenheiro aeronáutico brasileiro. Voltou ao Brasil em 1925, foi nomeado diretor de material da Aviação Naval em 1929. Ele foi o principal responsável pelo acordo firmado entre a Marinha brasileira e a empresa alemã Focke Wulf, que levou à criação da Fábrica do Galeão, onde se iniciou a produção seriada de aeronaves militares.



Figura 4
Primeiro Muniz M7 de série, prestes a ser colocado em movimento. Setembro de 1936, na Ilha do Viana, Baía da Guanabara.
Fonte: *Vencendo o Azul*, p.125

Aboim iniciou a empreitada com o propósito de instalar uma oficina de manutenção de aviões. Ele acreditava e defendia a idéia de obter licenças para a produção de aeronaves. Assim, em 1936, começou a construção das Oficinas Gerais da Aviação Naval, inaugurada, em 1939, com o nome de Fábrica do Galeão, na Ilha do Governador, no Rio de Janeiro. A obra foi realizada por Henrique Lage, que atuava como procurador da Focke Wulf.

A Marinha entraria com a construção da fábrica e os alemães com técnicos, engenheiros, instrutores e gabaritos. O planejamento era começar a construção pelos modelos mais simples até chegar aos mais avançados, visando ao treinamento de mão-de-obra, que não existia no Brasil. Essa fábrica chegou a produzir o modelo Focke Wulf 44 "Stieglitz", que no Brasil recebeu o nome de Pintassilgo. A continuação da produção planejada foi prejudicada e interrompida pela eclosão da Segunda Guerra Mundial. A construção de modelos bimotores e até do quadrimotor "Condor" ficaram apenas nos protótipos. (Andrade, 1976:43-46)



O ano de 1949 é uma referência para o fim de suas atividades, sendo que suas instalações foram cedidas em 1953 para a Fokker Indústria Aeronáutica S.A. Pouco tempo depois a Fokker foi obrigada a pedir concordata e a Fábrica do Galeão foi transformada em Parque de Aeronáutica, destinado à reforma e modernização dos aviões da Força Aérea Brasileira. (Andrade, 1976:172)

Outra empresa privada, localizada em São Paulo, a Companhia Aeronáutica Paulista – CAP, criada em 1942 e nascida da empresa Laminação Nacional de Metais, que era uma das empresas do grupo Pignatari, produziu o modelo de um dos aviões mais vendidos no Brasil, o Paulistinha, atingindo o número de 777 aviões desse modelo. (Andrade, 1976:69-77)

O Paulistinha era um avião de dois lugares, asa alta, estrutura de madeira de tubos de aço cromomolibdênio, e foi empregado largamente no treinamento de pilotos civis pelos aeroclubes. Contava com um motor norte-americano Franklin, de 65 cavalos, e hélices de madeira fabricadas pelo IPT. Era uma aeronave plenamente adaptada às condições brasileiras: robusta, simples, barata, de manejo e manutenção fáceis. Por essas razões, o Paulistinha tornou-se um sucesso de vendas. Foram produzidos 777 aviões. Foram exportadas aeronaves para a Argentina, Paraguai, Chile, Uruguai e Portugal. (...)

No início de 1945, a Companhia Aeronáutica Paulista resolveu desenvolver uma aeronave com as mesmas características do Paulistinha, mas com assentos lado a lado. A aeronave foi denominada Carioca e recebeu a designação CAP-5, o quinto projeto da companhia. (Viegas, 1989, p.144-145)



Figura 6
CAP-4 Paulistinha
Fonte:
<http://www.aeroclubetupipaulista.com.br/images/pphfi.jpg>.
Acessado em 23/10/07.

Figura 5
Fábrica do Galeão
Fonte: *Vencendo o Azul*, p.167

No fim da Segunda Guerra Mundial, a CAP, bem como as demais fábricas de aviões existentes no Brasil, enfrentou o problema da falta de compras. O mercado militar encontrava-se abastecido por aviões norte-americanos, que eram sobras de guerra e eram vendidos a preços mais baixos do que ela poderia produzir, enquanto o mercado privado ainda não era suficiente para viabilizar a operação da empresa. Assim, a CAP fechou definitivamente suas portas em 1949, antes que se pudesse consolidar a tecnologia adquirida com a produção em larga escala do Paulistinha.

Desde 1933 o Governo Vargas tinha a pretensão de criar uma Grande Fábrica de Aviões no Brasil. Abriu concorrência com bases bastante favoráveis para a empresa que viesse a realizá-la, mas, apesar disso, só uma empresa se candidatou, a Construções Aeronáuticas S.A. Após uma série de idas e vindas, em 1940 foi criada a Fábrica Nacional de Aviões em Lagoa Santa – MG. O modelo industrial adotado não previa o projeto de aeronaves, mas sim a fabricação sob a licença de aparelhos norte-americanos North American Texan 6, o “T6”.

A fábrica foi construída em local e momento inadequados. A construção foi iniciada no período da Segunda Guerra Mundial, quando existiram grandes dificuldades para importação de peças e alguns dos engenheiros envolvidos tiveram que voltar aos seus países de origem. A inadequabilidade do local e a dificuldade de importação de insumos dos EUA, no período da guerra, são apontadas como principais fatores do “fracasso” da fábrica, que foi transformada em Parque de Material Aeronáutico.



Figura 7
Montagem de aeronaves T6 em Lagoa Santa
Fonte: *Vencendo o Azul*, p.154



Figura 8
Fábrica de Lagoa Santa
Fonte: *Vencendo o Azul*, p.155

Em 1938 o engenheiro Guedes Muniz, entre outros oficiais do Exército brasileiro, propôs e conseguiu, junto ao Ministério da Viação, a construção da Fábrica Nacional de Motores – F.N.M., para montagem de motores de avião sob licença. Os motores escolhidos foram os da fábrica norte-americana Wright, inclusive porque já existia uma Oficina Wright na base aérea de São Paulo, que realizava reparos nos motores utilizados em muitos aviões da Aviação do Exército. A F.N.M. foi criada em 1942, sua construção foi lenta, sendo mais uma “tentativa” em plena Segunda Guerra Mundial, quando a importação de máquinas e peças estava prejudicada. A F.N.M. também sofreu com o fim do governo Vargas, tendo que se transformar para a montagem de motores para tratores e caminhões.

Os últimos anos da década de 1940 foram um marco para o fim das iniciativas mencionadas e, evidentemente, este divisor está relacionado ao fim da Segunda Guerra Mundial, quando os espólios de guerra foram vendidos a um preço que derrubava qualquer concorrência. Nesse clima é que foi realizado o Segundo Congresso Nacional de Aeronáutica, no Rio de Janeiro, em junho de 1949. As quatro fábricas existentes no país antes do final da Guerra, a Companhia Aeronáutica Paulista, a Companhia Nacional de Navegação Aérea, a Fábrica do Galeão e a Fábrica de Aviões de Lagoa Santa, e mais a Fábrica Nacional de Motores estavam falindo em virtude de o Brasil ter aberto seu mercado às sobras de guerra norte-americanas.

De acordo com o Engenheiro Olympio Sambatti², o grande responsável pelo ciclo de nascimento e morte das empresas aeronáuticas no Brasil é o próprio governo, pois:

O ciclo de crescimento e morte da indústria aeronáutica se deve ao próprio Ministério da Aeronáutica. Porque era atribuição deles a aeronáutica civil, que eu achava uma coisa muito ruim. Podia até ser bom, mas eu achava ruim... Não só eu. Então, esse ciclo é o seguinte: começava, por exemplo, Henrique Lage, começava a fazer avião e tal, o Ministério encomendava uma série de aviões; aí, alguém precisava viajar. E aí viajava para o exterior e comprava um avião importado e, aí, a firma do Henrique Lage ia "pro vinagre". O Muniz, também, um outro cidadão que não me lembro o nome, era o Muniz, a mesma coisa.

(...) Aí veio a CAP, Companhia Aeronáutica Paulista. Eles começaram a fazer o CAP-4. Fizeram uma série grande desse avião de treinamento primário e já estavam fazendo um avião de lado a lado, estavam fazendo um avião quadriplace, chamado Carioca. Então tinha o Paulistinha, tinha o Carioca, tinha mais não sei o quê, começou a dividir aí: o mineirinho [risos]. Bom, aí, o Sr. Chateaubriant resolve importar o PA-18. O Pignatari ficou muito bravo com aquilo, importou mais de 200 PA-18, ao invés de comprar o avião nacional. Conclusão: morreu, de novo. A Neiva, ela sobreviveu mais por causa da teimosia do Cel. Aldo. É a tal situação, você pode querer que a indústria se desenvolva, você tem que colocar pedidos nela, não tem outra saída, em todo mundo é assim. A indústria aeronáutica sobrevive com encomendas do governo. Então, como nós estávamos aqui com uma solução de aviação única do Ministério da Aeronáutica, a Marinha não tinha aeronáutica, o Exército não tinha aeronáutica. Está certo! Mas a Marinha americana, por exemplo, tem uma evolução tremenda com os porta-aviões. Então, esse ciclo... A Embraer quase morreu por causa desse ciclo. A Embraer quase morreu. Eu conversei uma vez com o Cel. Ozires, ele estava me falando que processos de importação de coisas para o Bandeirantes que estavam lá embaixo, ele ia lá, tirava e botava em cima, aí ele voltava no outro dia lá, o processo estava lá embaixo, ele tirava e botava em cima, senão não dava certo. Existe uma série de pessoas vaidosas, também, que não gostariam que tivéssemos sucessos. Isto já é do ser humano. A Aerotec! Ela teve um ciclo de vida também, parou a encomenda: acabou! Talvez, nenhuma dessas empresas, nem a Embraer resolveu o problema da viação aérea do Brasil, porque eles estavam interessados em pendurar no Ministério da Aeronáutica. Também o lado do empresário, que não quer muito o trabalho de colocar o produto dele na aviação civil. A Avibras, a proposição da Avibras era a aviação civil. Ela tinha, também, produtos. Projetos potenciais: tinha um bimotor, esse Alvorada; tinha um treinamento avançado, à turbina, era mais ou menos o que é o Tucano hoje. Inclusive aquele bocal ali, tem um desenho dele lá, Avibras, é aquilo, o treinador avançado da Avibras. Então tinha esse quadriplace, tinha o Saci, que era

monoplace, tinha o bimotor e tinha o treinador avançado. Mas esse quadriplace bimotor era justamente para o mercado civil. Mas a gasolina foi cortada ... [risos]. Não teve mais jeito. Então, esse ciclo, oh! Para você ter idéia, se a Embraer não tivesse sido privatizada, ela teria ido como as demais. E graças a um projeto que o Guido participou bastante dele, que foi o Brasília, que demorou, outra guerra de vaidade lá, entre Ozílio e Ozires [risos]. Um queria comer o fígado do outro [risos]. Então essas coisas acontecem. (Sambatti, Depoimento, 2006)

Na década de 1950 nasceu a Sociedade Construtora Aeronáutica Neiva, de José Carlos de Barros Neiva, em Botucatu, São Paulo. Neiva inicialmente produziu planadores e mais tarde associou-se a alguns diretores da Oficina de Manutenção e Reparos de Aeronaves – OMAREAL, passando a produzir aviões.

Sobre a OMAREAL, vale a pena reproduzir uma parte da entrevista do Engenheiro José Carlos de Souza Reis³, concedida dentro do Projeto *A Criação da Grande Indústria Aeronáutica Brasileira através da memória de alguns de seus protagonistas (1960-1990)*, realizado por mim e pela professora Claudete Moreno Ghiraldelo, do Departamento de Humanidades do ITA.

A entrevista com José Carlos de Sousa Reis foi realizada no Auditório da Biblioteca do ITA, em 13 de junho de 2005.

Quando eu trabalhei em Botucatu, na NEIVA, pude estudar em detalhes a fabricação do avião "Paulistinha", cuja asa era de madeira, construída numa cadência de quatro por mês. Na mesma cidade existia uma outra firma chamada OMAREAL [Oficina de Manutenção e Reparos de Aeronaves]. Estávamos na década de cinquenta: cinquenta e sete, cinquenta e oito, por aí, era a época da expansão da agricultura do café no norte do Paraná, estavam invadindo tudo lá com a agricultura do café, derrubando as araucárias e plantando café. O aeroporto de Londrina naqueles tempos tinha mais movimento do que o de Congonhas, só que com aviões pequenos, de táxi-aéreo. Existia então um intenso movimento de táxis-aéreos naquela região, mas existiam poucas oficinas para manter aqueles aviões em voo.

Foi quando a OMAREAL foi fundada em Botucatu, pensando exatamente em oferecer manutenção para todos aqueles aviões usados na conquista do norte do Paraná. Assim, muitos daqueles aviões, todos metálicos, passaram a ser mantidos e reparados na OMAREAL de Botucatu: CESSNA's, BONANZA's, etc. (...)

Para poder reparar os aviões daquela época na OMAREAL, eles improvisaram alguns gabaritos de

montagem para cada um deles. Mais tarde passaram a usar aqueles mesmos gabaritos para fabricar clandestinamente aqueles aviões do começo ao fim, concorrendo então com os fabricantes originais! Passaram a fabricar os aviões Cessna e Bonanza, exatamente iguais, só que eram fabricados clandestinamente! Então eles ficavam esperando cair algum, de preferência com perda total. Quando um caía, iam ao local, consolavam a viúva, compravam os pedaços que tinham sobrado, jogavam tudo fora e, no dia seguinte, aquele mesmo avião já estava “recuperado” e ia para venda, porque eles só estavam mesmo interessados é nos documentos do avião, ou seja, do registro na D.A.C. Então carimbavam o mesmo número de série do avião acidentado num dos que já tinham sido fabricados clandestinamente e no dia seguinte o avião já estava “recuperado” e voando. A OMAREAL só entrou mesmo em dificuldades quando o crédito no Brasil passou a ser dificultado. Isso porque os proprietários dos aviões da época nunca tinham dinheiro sobrando, o único dinheiro que tinham vinha do próprio movimento dos vôos. Mas quando um avião deles era danificado e necessitava reparos, o movimento deles se interrompia e não ganhavam mais dinheiro, então necessitavam de crédito para poder pagar o reparo na OMAREAL, ficando para pagar o Banco só após os reparos, depois que o avião voltasse a operar. (...)

Pouco antes da falência da OMAREAL aconteceu um episódio até pitoresco: apareceu um piloto com o seu avião todo acidentado, pedindo que o reparassem, mas, como estivesse no momento sem dinheiro, deixaria o seu avião acidentado guardado com eles, prometendo voltar mais tarde, quando conseguisse os recursos para pagar o reparo. Dias depois apareceu um outro interessado em comprar um avião exatamente igual àquele, podendo ser algum mesmo “sem documentos”, porque isso ele possuía. Então a OMAREAL, desesperada por dinheiro, reparou às pressas aquele mesmo avião acidentado, que tinha sido deixado em confiança pelo seu proprietário, e o vendeu a este novo interessado, passando a fabricar um outro avião igual, para repor ao proprietário original, com os gabaritos que então possuía. Tempos depois chegou o proprietário original do avião com o dinheiro para o reparo e descobre que lhe restava menos avião do que ele tinha deixado, porque a OMAREAL ainda não o havia terminado, tinha falido antes! [risos] (Reis, Depoimento, 2005)

Voltando à história da Sociedade Construtora Aeronáutica Neiva, em meados da década de 1950, José Carlos Neiva fez um acordo com o industrial Pignatari, que já estava desiludido com a construção aeronáutica no Brasil, mediante o qual a Companhia Aeronáutica Paulista cedia alguns gabaritos⁴ e todas as plantas do Paulistinha CAP-4, que passou a ser produzido pela empresa. A existência desse acordo é questionada por

alguns militares do CTA e mesmo por professores do curso de Engenharia Aeronáutica do ITA. Já escutei várias vezes a afirmação que o industrial Pignatari teria cedido os direitos do Paulistinha para o Ministério da Aeronáutica e não para a Neiva.

De acordo com Roberto Pereira de Andrade:

Neiva enviou um relatório ao industrial Francisco Pignatari, proprietário dos direitos de fabricação do famoso ‘Paulistinha’, propondo adquirir as plantas e a licença para a sua montagem.

Pignatari recusou-se a princípio. Neiva fez então outra proposta, em 1955, oferecendo pagar uma certa quantia em dinheiro para cada avião produzido, quantia essa que seria destinada à manutenção de um fundo para pagar bolsas a alunos do ITA, que estudavam engenharia aeronáutica. E foi essa proposta e mais a insistência do brigadeiro Montenegro e do Cel. Aldo Weber Vieira Rosa que decidiram o industrial Pignatari, levando-o a concordar com o plano.

Esse acordo foi acertado quando José Carlos de Barros Neiva já tinha mudado para Botucatu. Pavia a cessão, pela CAP, de alguns gabaritos e todas as plantas do ‘Paulistinha’ CAP-4, além dos direitos de sua fabricação seriada pela Sociedade Construtora Aeronáutica Neiva. O Centro Técnico de Aeronáutica entrava no acordo como ‘assessor técnico’, e a fábrica Neiva se comprometia, em troca dessa assessoria, a pagar uma taxa de 6% sobre o valor de cada célula construída. (Andrade, 1976:139-140)

Sobre a desilusão de Pignatari e o desestímulo para produção aeronáutica no Brasil, o Engenheiro Reis declarou que:

Na época em que fiz o ITA, a indústria aeronáutica era quase inexistente... Existia o Neiva, fabricando os Paulistinhas, mas isso só no fim da década de 50. Até então eram aquelas iniciativas que rendiam mais protótipos que aviões de série: HL, Muniz, etc. A C.A.P. já tinha fechado as portas... Praticamente não existia indústria aeronáutica naquela época. Teria havido se Lagoa Santa tivesse continuado a fabricar os aviões T-6, mas não fez, fabricou apenas uma série e parou. Aliás, houve um... houve... não sei se vocês sabem disso aí... até está naquele livro [História da construção aeronáutica no Brasil, do jornalista Roberto Pereira de Andrade]. Quando o Pignatari colocou gente dele em Lagoa Santa, conseguiu produzir e não precisava muito: estava tudo lá, até hoje deve estar tudo lá. Há uns dez ou vinte anos eu visitei aquela fábrica e ainda estava tudo lá, tudo pronto para fazer o T-6. O Pignatari usou tudo aquilo e fabricou o avião em série, mas ainda faltavam os motores, hélices, etc., que, por contrato, deveriam ser fornecidos pelo Ministério da Aeronáutica. Soube que todos os aviões fabricados

pelo Pignatari ficaram prontos no pátio, mas sem as hélices, por falha da FAB. Bom, aí venceu o contrato, e a FAB decidiu processar o Pignatari por descumprimento do contrato! Eu lembro que no fim da década de 50 ou no começo da de 60, o Pignatari ganhou a causa e recebeu uma enorme indenização... A justiça naquele tempo também era lenta. Ele levou anos defendendo-se na justiça, que afinal deu-lhe ganho de causa. Soube que as hélices que faltavam já tinham sido todas importadas e estavam em algum depósito da FAB. Eles seguraram as hélices, desconheço se foi intencionalmente ou por bagunça. O Pignatari não podia entregar os aviões sem hélice, e a FAB decidiu colocar a culpa nele. E o Pignatari lutou na justiça, até à última instância e ganhou. Mas nessa altura, o Pignatari, muito aborrecido com o episódio, não quis mais saber nem da FAB e nem da aviação, por isso fechou a fábrica C.A.P. que tinha em Utinga, SP. Naquela época, quase todos os aviões "Paulistinhas" eram adquiridos pela FAB para a Campanha de Aviação. Ele, muito desgostoso, não queria mais nada com a FAB, mandou fechar a fábrica e ficou tudo lá. Quando o Neiva decidiu refabricar o Paulistinha, o Pignatari lhe disse: "Olha, embora eu tenha me aborrecido muito com a FAB, ainda tenho muita ligação afetiva com o meu "Paulistinha". Então, se você prometer realmente fabricar o avião, eu te dou tudo de graça". Então, a licença foi transferida para o Neiva, gratuitamente. (Reis, Depoimento, 2005)

Em 1961 foi criada a AVIBRAS, que se propunha a projetar, desenvolver e construir aviões e foguetes. Em pouco tempo decidiram concentrar os esforços somente no desenvolvimento de foguetes. Esta empresa foi criada por um grupo de Engenheiros egressos do ITA. Como entrevistamos três dos quatro sócios iniciais, temos três diferentes depoimentos sobre a criação da Avibras. Vou reproduzir inicialmente o do Eng. Reis, pois foi o que primeiramente esteve envolvido com o projeto de desenvolver o avião:

Naquele tempo, eu tinha começado a projetar e construir um avião de dois lugares em casa, em Botucatu, onde eu morava porque trabalhava na Neiva, inclusive cheguei a ser sócio dele. Certo fim de ano o Neiva me disse:

– Reis, resolvi te dar uma gratificação de fim de ano, você pode escolher entre dinheiro ou uma porcentagem da minha sociedade.

Aí eu pensei e disse:

– Bem, Neiva, já decidi, eu prefiro dinheiro mesmo. [risos]

Mas, então, ele disse:

– Bem, acontece que eu falei por falar, pensei que você ia preferir ser sócio, porque de fato dinheiro eu não tenho...

Então passei a ser sócio dele. [risos] De dia eu trabalhava na NEIVA, e de noite projetava o meu avião. Comecei a construí-lo em minha própria casa, na cozinha. Bom, [risos] até que minha esposa começou a reclamar que eu estava acabando com a cozinha dela. [risos] Então, aluguei um barracão por lá e continuei trabalhando. Um senhor, que também trabalhava na Neiva, me ajudava. Mais tarde, o Neiva transferiu o Departamento de Projetos aqui para São José dos Campos, e eu vim junto. Mas continuava a trabalhar no meu avião lá em Botucatu: cada sexta-feira eu ia para lá de trem, trabalhava no fim de semana e voltava domingo. Eu trabalhava na Neiva aqui.

Entrevistadora: *Aqui em São José dos Campos?*

Eng. Reis: *Sim, a NEIVA Projetos tinha sido transferida para cá e eu vim junto, mas o meu barracão continuava lá. Então chegava sexta-feira, eu ia para lá, trabalhava fim de semana, voltava... Bom, isso era um bocado pesado. O avião então já estava com a asa quase pronta, e algumas outras coisas.*

Aqui em São José, junto com alguns colegas (Guido, Verdi, Sambatti), decidimos fundar a Avibras, que por acaso foi fundada na minha própria casa. A nossa idéia inicial era tentar interessar a FAB [Força Aérea Brasileira] em nos contratar para a realização do anteprojeto de um avião de quatro lugares. Depois de muita luta eles toparam, contrataram, fizemos o anteprojeto, inclusive a maquete ficou por aí, até que jogaram fora (o avião chamava-se Alvorada...).

Mais tarde eu sugeri aos sócios transferir aquele meu avião de Botucatu para a Avibras, para que o terminássemos em conjunto. Eu já não agüentava mais a maratona de passar todos os fins de semana trabalhando sozinho em Botucatu. Os outros sócios gostaram da idéia, então eu trouxe as partes já construídas do avião aqui para São José, numa carreta de planador emprestada.

Entrevistadora: *Esse avião é o Falcão...*

Eng. Reis: *É, era o Falcão. Eu o tirei do barracão, desmanchei o aluguel que eu tinha lá, arranjei uma carreta de planador e nela ajeitei as peças já fabricadas do avião. O avião, que até então era só meu, passou a ser da empresa, dos três, não é? Era o Guido, o Sambatti e o Verdi. Então, a fundação da Avibras foi feita na minha casa. Bem, lembro que naquela época registramos a companhia apenas na Prefeitura, naquele tempo podia-se fazer isso. Então, o primeiro registro da Avibras foi feito na Prefeitura de São José dos Campos, como se usava fazer na época. Mas o Verdi preferia o ramo dos foguetes, ele tinha trabalhado aqui no CTA, creio que no IPD [Instituto de Pesquisas e Desenvolvimento, 2º instituto do CTA, criado em 1953], ele tinha alguma experiência em combustível para foguetes e pensava*

em continuar com aquela especialidade na recém-fundada Avibras, mas aquelas idéias não me interessavam, preferia mesmo os aviões...

Entrevistadora: O Falcão...

Eng. Reis: Passamos então a construir o Falcão em conjunto, mas, perto do término, o dinheiro acabou! (Os recursos trazidos pelo anteprojeto do Alvorada já se tinham esgotado)... Como nesta altura eu tinha saído da NEIVA e vendido minhas quotas na sociedade ao próprio Neiva, estava com algum dinheiro disponível. Usei então estes recursos para financiar o término do Falcão, fazê-lo voar, e conseguimos. Bom, então nós estávamos todos completamente "duros", não é? Foi quando decidimos tentar vender aquele protótipo para o Ministro da Aeronáutica. Lutamos, conseguimos entrevista com o Brig. Eduardo Gomes, então o Ministro da Aeronáutica, falamos com ele, explicamos, levamos fotografias... "Mas, dizia ele, se eu ajudo depois não dá em nada..." "Se o sr. ajudar, dá, retrucávamos..." E ele afinal resolveu colaborar, comprou o protótipo do Falcão só para nos ajudar. Ele resistiu bastante, mas nós conseguimos finalmente convencê-lo. Até então a única renda da nossa Avibras tinha sido aquele anteprojeto do Alvorada, mas que já se tinha esgotado. Bom, então o protótipo do Falcão passou a ser da FAB, tinha poucas horas de voo. Nisso, eu aproveitei para recuperar o dinheiro que eu tinha emprestado à firma. Só recuperei mesmo o dinheiro emprestado, todas as minhas despesas anteriores realizadas em Botucatu e os inúmeros fins de semana solitários passados num barracão daquela cidade distante foram todos para o "espaço"... Mas não posso me queixar, todo aquele esforço me serviu não só para fornecer uma ótima experiência para minha futura carreira profissional, como me ensinar como é que devemos escolher os nossos sócios... Pouco depois me desentendi com o Verdi e saí da Avibras, isso foi em 1963. A Beatriz, minha esposa, estava esperando na época nosso segundo filho, já com nove meses de gestação. Ela também tinha se envolvido profundamente com aquela minha iniciativa, desde a minha pesadíssima maratona de Botucatu, tinha suportado tudo aquilo porque também acreditava no futuro do avião Falcão e da firma que tínhamos fundado. Então, quando eu cheguei em casa e lhe comuniquei: "Saí, briguei com o Verdi e saí", ela ficou tão chocada com a notícia, que começou a entrar em trabalho de parto naquela mesma noite, nascendo a Luciana no dia seguinte, que hoje mora na Suíça... Então, deixei a Avibras. A partir deste ponto, o Verdi, já sem a minha participação, interessou-se mais nas atividades do desenvolvimento de combustíveis para foguete. Que eu saiba, nunca mais se interessaram pelos aviões. (Reis, Depoimento, 2005)



Figura 9

Protótipo do Falcão, com José Reis como piloto

Fonte: Silva, 2002, p.116

Quando saiu da Avibras, o Engenheiro José Carlos de Sousa Reis, que queria continuar projetando e construindo aviões, associou-se ao Engenheiro Carlos Gonçalves, também formado no ITA, que havia criado a Aerotec, em 1962, e estava desenvolvendo o Uirapuru, depois transformado no T-23, usado por muitos anos como primeiro avião de treinamento na Academia da Força Aérea – AFA, em Pirassununga – SP, que é o local de formação dos pilotos da FAB.



Figura 10

Uirapuru, depois transformado no T-23

Fonte: Silva, 2002, p.117

Interessante também o depoimento do Engenheiro Olympio Sambatti sobre a criação da Avibras e a razão de a empresa ter parado de desenvolver e produzir aviões e ter passado a produzir propelentes sólidos e foguetes de sondagem meteorológica:

No final, acho que foi em setembro de 1961, ou antes, agora me falhou a memória, mas foi em 1961 que eu estava fazendo o projeto de um avião biplace lado a lado, à noite, porque eu trabalhava na homologação durante o dia e sobrava tempo à noite, e eu tinha que fazer alguma coisa para a minha profissão, não é? E o José Carlos de Sousa Reis, ele vivia vindo, a cada dois meses, lá da homologação, para fazer algum processo de homologação do Paulistinha. E ele falou, conversando comigo: “Eu também estou projetando um avião biplace lado a lado.” Ele falou: “Vamos fazer uma aposta? Quem fizer alguma coisa prática, primeiro que o outro, a gente abandona o outro e começa a fazer aquele.” E eu comecei a fazer o projeto dentro do padrão e o José Carlos de Sousa Reis, ele é aflito, [risos] depois de três meses, ele chegou aqui em São José e falou: “Como está o seu avião? Tem alguma coisa pronta?” Eu falei: “Tenho a parte de lofting da cabine toda pronta, vou começar a fazer o desenho das cavernas.” Ele falou: “Perdeu.” [risos] “Eu já tenho a parte da fuselagem pronta e as asas prontas. Prontas não, semiprontas”. Eu falei: “Está bom! Perdi! E, daí, agora o que a gente vai fazer? Só que tem uma coisa, eu não vou para Botucatu, você vem para cá.” Aí, no Clube de Voo à Vela, tinha carreta para transporte de planadores. Peguei uma carreta e eu tinha um jipe, um Candango 2, fui para Botucatu e colocamos o avião, que tinha o nome de Falcão, em cima da carreta e viemos para São José dos Campos. Já tínhamos alugado um galpão ali na Rua Major Antonio Domingues. Levamos o avião para lá. De repente, semanas após o estabelecimento do Reis aqui em São José, ele convidou o Aluísio Figueiredo para tomar parte do projeto, sem me consultar. Eu falei: “Como é que você faz uma coisa dessas, Reis? Você me deu o direito a convidar outra pessoa.” Aí, eu falei: “Vou convidar o João Verdi de Carvalho Leite”, que era o meu colega de apartamento no ITA e a gente se dava muito bem. O Verdi tinha ido para São Paulo. Ele saiu do PMR e foi para São Paulo tentar uma atividade em assessoria em metalurgia. Porque o trabalho dele foi muito interessante, aqui no PMR, em metalurgia. Aí o Reis se adiantou e telefonou para ele e ele falou: “Claro que eu vou. Pelo que vocês estão contando aí, nós vamos fazer uma coisa diferente e é o tipo da coisa que eu gosto.” Aí, ficamos em quatro.

(...) É interessante, então, que nós imaginamos fazer o projeto preliminar de um avião de quatro lugares metálico. E eles, José Carlos de Sousa Reis e João Verdi, com a assessoria nossa à noite, nós fizemos uma proposta que foi colocada no IPD. E o Cel.

Veiga Filho, vê como é, se eu não atropelo a memória, ela funciona, ele topou financiar o projeto do chamado “Alvorada”. Era um projeto para ser entregue em cinco meses, se não me engano, com um projeto preliminar, ensaios em túnel, e construção de um moca-pe da cabine. Esse projeto foi entregue em quatro meses.

(...) Já tínhamos criado a Avibras. Chamava-se Avibras porque Aviões Brasileiros, Avibras Sociedade Civil Ltda. (...) O projeto preliminar do Alvorada serviu como “arroz com feijão” para a gente sobreviver, e com esse dinheiro, nós colocamos todo ele no projeto ... no acabamento do Falcão. (...)

Mas, o nosso amigo Cel. Aldo Weber Vieira da Rosa, que tinha dado muito empenho para que a Neiva se estabelecesse lá em Botucatu, quando ele viu que o grupo da Avibras..., ele falou: “Seu eu deixar esse pessoal continuar aí, eles vão acabar com a Neiva.” Porque o pique era muito maior. Então ele falou: “A gasolina do voo de vocês acabou.” [risos] As palavras dele. Eu adoro ele, mas ele acabou com a nossa indústria aeronáutica. Mas, eu tenho aqui um projeto de desenvolvimento de um propelente sólido. Aí, a gente conversando com ele: “Puxa vida! A gente não entende nada disso. Propelente é coisa de química. Por que não arranja um grupo de química? Daí, faz esse desenvolvimento.” Ele falou: “Não! Eu preciso de engenheiros do ITA para fazer. Vocês querem ou não querem?” Encostou a faca no pescoço... e “Queremos, não é?” Aí, começamos a fazer, junto com o acabamento do Falcão, o desenvolvimento desse propelente sólido, o foguete de sondagem meteorológica. (Sambatti, Depoimento, 2006)

Na visão de Sambatti, o “corte do combustível”, da “gasolina de voo”, pelo Cel. Aldo Weber Vieira da Rosa, foi fundamental para o término da produção de aviões pela Avibras. Ao que tudo indica, a visão do coronel era de que o Brasil só comportava uma empresa de construção aeronáutica. Esta visão é compartilhada por vários militares e alguns civis também. A idéia é que, se várias empresas convivessem ao mesmo tempo, não haveria mercado para todas, elas seriam enfraquecidas. Naquele momento, início da década de 1960, como o Ministério da Aeronáutica queria fortalecer a Neiva, o Cel. Aldo “cortou” as asas dos quatro iteanos.

Em 1965 foi criado pelo presidente Jânio Quadros o Grupo Executivo da Indústria de Material Aeronáutico – GEIMA. A criação desse grupo vinha atender reivindicações de pessoas, instituições e empresas relacionadas ao setor aeronáutico que desejavam um Grupo Executivo à semelhança do que tinha ocorrido com a criação do GEIA para a indústria automobilística.

O GEIMA foi criado com o objetivo de estudar e propor medidas para a formulação da política nacional da produção de material aeronáutico. Era subordinado diretamente ao Presidente da República e vinculado ao Ministério da Aeronáutica. Constituíam-se do Ministro da Aeronáutica, que deveria presidi-lo pessoalmente, ou mediante o Vice-Presidente, seu representante. E tinha mais 18 representantes dos seguintes órgãos da Administração Pública e de entidades privadas: Centro Técnico de Aeronáutica (CTA); Ministério da Indústria e do Comércio (MIC); Banco Central da República do Brasil; Conselho de Política Aduaneira; Departamento de Rendas Internas do Ministério da Fazenda; Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico; Secretaria Geral do Planejamento e Coordenação Econômica, do Ministério Extraordinário para Planejamento e Coordenação Econômica; Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA); Carteira de Comércio do Banco do Brasil S.A.; Carteira de Câmbio do Banco do Brasil S.A.; Empresas de Produção de Aeronaves; Empresas de Fabricação de Peças e Acessórios; Empresas de Revisão de Motores e Acessórios; Sindicato Nacional de Empresas Aeroviárias; Estado-Maior da Aeronáutica; Diretoria de Rotas Aéreas; Diretoria de Material da Aeronáutica; Diretoria de Aeronáutica Civil. (Brasil, Decreto Nº 57.049/1965)

O GEIMA foi presidido pelo Brigadeiro Faria Lima e tinha como função estudar e fixar as normas brasileiras de construção aeronáutica, propor estudos ou pesquisas a serem financiados pelo Governo ou pela indústria, fomentar a indústria de aeronaves, mediante o concurso de projetos e protótipos financiados pelo Governo, para atender as necessidades mais urgentes do país, tais como táxi aéreo, instrução, aviação agrícola, transporte de passageiros, etc. Caberia ainda à comissão o fomento à indústria de materiais, peças e acessórios, pela conjugação de esforços com a indústria e com os órgãos controladores de importação.

Mas o GEIMA não obteve do governo a decisão política de implantar a grande indústria aeronáutica no país, como ocorrera com o Grupo Executivo da Indústria Automobilística – GEIA, presidido pelo Almirante Lúcio Meira e que direcionou, de fato, a implantação da grande indústria automobilística no país. Provavelmente ainda não era o tempo de implantar a indústria aeronáutica no Brasil.

Entre os anos de 1965 a 1968 foi desenvolvido o protótipo do avião Bandeirante dentro do Departamento de Projetos do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento do Ministério da Aeronáutica, em São José dos Campos. Seu primeiro voo interno foi no dia 22 de outubro de 1968, a apresentação oficial ao público foi no dia 27 de outubro de 1968, sua demonstração em

Brasília ocorreu em maio de 1969, e em agosto do mesmo ano foi realizada uma demonstração em Campo Grande.

Esse projeto deu origem à Empresa Brasileira de Aeronáutica – Embraer, criada em 1969, inaugurando o capítulo mais bem sucedido da indústria de construção aeronáutica no Brasil.

A Construção Aeronáutica, apesar de ser um ramo muito específico e caro em qualquer processo de industrialização, esteve sempre na pauta da industrialização brasileira, com a realização, inclusive, de Congressos Nacionais para discussão da implantação e organização do setor.

O Primeiro Congresso Brasileiro de Aeronáutica foi realizado em 1934, em São Paulo, período em que o Brasil já possuía alguma experiência com a construção aeronáutica. Como já mencionado, o Segundo Congresso, no Rio de Janeiro, em junho de 1949, aconteceu em um clima em que as fábricas existentes no país estavam falindo em virtude de o Brasil ter aberto seu mercado às sobras de guerra norteamericanas.

Nesse Segundo Congresso foram apresentadas três teses para soerguimento da indústria: a primeira, pelo engenheiro Romeu Corsini, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, intitulada *Reerguimento da Indústria Aeronáutica Nacional*; a segunda, apresentada pelo Instituto Brasileiro de Aeronáutica, chamava-se *Indústria e Fomento*; e a terceira, de autoria do engenheiro Luís Felipe Marques, tinha como título *Problemas de Administração e Construção Aeronáutica no Brasil*. As teses tinham diferentes abordagens quanto à análise do setor, mas apontavam o mesmo caminho como solução, aquele em que caberia ao Estado fomentar a Indústria Aeronáutica realizando encomendas programadas às fábricas existentes.

O Terceiro Congresso Brasileiro da Aeronáutica foi realizado em março de 1955, em São Paulo. Novamente foram apresentadas teses para discutir a questão da indústria aeronáutica no Brasil.

Uma das teses foi apresentada pelo engenheiro paulista Marc W. Niess. Ele defendia a *Possibilidade da Indústria de Aviação Leves no Brasil*. Para ele, a razão do fracasso da indústria aeronáutica até então era a falta de um plano comercial que garantisse o funcionamento da indústria. Considerando que apenas o governo era comprador de aviões, defendia que o setor privado também investisse no setor, embora admitindo que era difícil atrair investimentos, por causa das incertezas geradas pelo insucesso do passado. Os capitais

privados não se sensibilizaram com a perspectiva de concorrer com produtos estrangeiros no mercado interno, sem nenhum tipo de proteção. (Viegas, 1988)

Outra tese foi apresentada pelo engenheiro Romeu Corsini, do IPT. Ele destacava a nova fase de desenvolvimento econômico do país, marcada pela fronteira agrícola no oeste de Minas, sudoeste do Paraná e nos Estados de Goiás e Mato Grosso. Esse movimento de interiorização do desenvolvimento exigiria o emprego, cada vez mais frequente, do avião como meio de transporte. O Brasil já disporia de um parque industrial capaz de fornecer os insumos para a indústria aeronáutica. Faltaria apenas uma ação de planejamento. Para realizá-la, Corsini preconizava a criação de uma comissão com poderes para definir uma política industrial e tecnológica para o setor, da mesma forma como a que apresentara originalmente em 1949, no Segundo Congresso Brasileiro de Aeronáutica.

Cientes das discussões levantadas nesses congressos, os militares da Aeronáutica tomaram a direção da reconstrução do setor no segundo pós-guerra. A decisão a ser tomada apresentava-se em diversas opções que se lhes eram oferecidas: importar aeronaves; produzir sob licença, como já se fazia antes; mandar mão-de-obra para ser formada no exterior, como se fez em outros setores; ou construir uma Escola para formação de mão-de-obra no país.

A opção foi pela construção da escola e, posteriormente, do instituto de pesquisas. Inspirados no modelo norte-americano, contrataram o Professor Richard H. Smith, chefe do Departamento de Aeronáutica do Massachusetts Institute of Technology – MIT, que elaborou o plano de criação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica e do Centro Técnico de Aeronáutica. O Plano foi aprovado e implementado, e o Prof. Smith se tornou o primeiro reitor do ITA. A construção da Escola é entendida como fundamental para o sucesso do setor.

O interessante é verificar que as opções apresentadas nos Congressos de Aeronáutica, como decisão para os militares ou para qualquer outro setor da indústria que envolve a chamada tecnologia de ponta, é o “comprar pronto”, o “copiar” ou o “criar”.

O CRIAR, via de regra, significa a opção de desenvolver tecnologias próprias, autóctones, geradas em Instituições ou Empresas do próprio país e utilizadas em projetos e programas próprios, que garantam, ou possam garantir, soberania econômica, política, estratégica. Para o desenvolvimento desse tipo de tecnologia / projetos / produtos e/ou processos é fundamental formar pessoal, formar grupos que deem sustentação aos processos.

O que vimos na primeira fase de criação e construção aeronáutica no país eram pessoas que criavam de maneira isolada e centralizadora; na sua ausência, perde-se continuidade. É um processo semelhante ao envio de profissionais para formação no exterior. São poucos os que podem ir, e ainda ocorre de alguns não retornarem. Não dá condições para criação de “espírito de corpo”.

O COPIAR envolve uma forma de produzir que o Brasil já tinha experimentado na indústria de construção aeronáutica, com o exemplo das fábricas de aviões criadas pelo governo, na primeira metade do século XX, que produziam “sob licença”; e é uma forma de produzir que o Brasil já experimentara, também, em outras indústrias que demandam alguma “tecnologia”.

O COPIAR, muitas vezes, está associado às “caixas-pretas”, sendo que, neste caso, o país não é o dono da “caixa-preta”. Esse tipo de produção pode ser interessante para países que não almejam qualquer tipo de desenvolvimento tecnológico e que servem como base de produção por possuírem mão-de-obra barata, ou incentivos fiscais, ou matéria-prima abundante, ou todas as condições juntas. Neste caso, o país no qual a produção está sendo executada tem muito mais a “perder” do que a “ganhar”. Salvo se se trata de uma opção consciente, de criação de empregos.

Mas o COPIAR também já foi utilizado de outras formas. Se pegarmos o exemplo de alguns países do Oriente, que se deram o direito de “RECRIAR” o produto, a chamada “Engenharia Reversa”, neste caso o “copiar” assume uma outra roupagem. Há que se destacar, porém, que, para que um país tenha capacidade de recriar um produto que ele adquiriu com a licença para tal, esse país precisa ter profissionais capazes de fazê-lo. Voltamos à questão da criação da “massa crítica”, tão cara aos idealizadores do Instituto Tecnológico de Aeronáutica.

Finalmente, o COMPRAR PRONTO é sempre a opção mais rápida, mais imediata, aquela a ser tomada por qualquer país, instituição, empresa ou grupo que não pode esperar por nenhuma das anteriores. É também a opção que deixará o país, instituição, empresa ou grupo mais empobrecido, pois estará adquirindo um “produto”, seja ele um bem ou um processo de que, uma vez cumprida sua função, seu tempo de uso, não restará nada.

O COMPRAR PRONTO foi a opção mais utilizada no Brasil Colonial, que possuía as conhecidas limitações impostas pela metrópole; pelo Brasil Imperial, apesar do espírito “ilustrado” do Imperador Pedro II; pelo Brasil da chamada República Velha, ou da república do café com leite, quando os cafeicultores e

os seringalistas da Amazônia preferiam comprar os produtos europeus; e mesmo após a década de 1930, essa opção era amplamente defendida por liberais e pelos grupos contrários ao processo de substituição de importações.

Evidentemente existem canais de comunicação

entre essas três opções. Elas não são estanques. Mas essa possibilidade se estabelece a partir do domínio do CRIAR. Quem tem a capacidade de CRIAR também pode COPIAR e COMPRAR PRONTO, e o fará com muito mais propriedade. Quem não possui essa capacidade pode, inclusive, nem saber COMPRAR PRONTO.

Notas

1. Em 2006 foi lançado um livro que conta a experiência do IPT nessa área: CYTRYNOWICZ, Roney. *Pioneirismo nos céus. A história da Divisão de Aeronáutica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: 1934-1957*. São Paulo: Narrativa Um/IPT, 2006.
2. Olympio Sambatti, Engenheiro de Aeronaves formado pelo ITA em 1958, foi um dos sócios fundadores da Avibrás. Projetista e construtor de aviões, tais como o Patury, trabalha atualmente no setor de homologações do IFI/CTA.
3. José Carlos de Sousa Reis, Engenheiro de Aeronaves formado pelo ITA em 1957, projetou diversos aviões, entre os quais o “Falcão” e o “Uirapuru”. Foi um dos sócios fundadores da Avibrás. Trabalhou em diversas indústrias aeronáuticas, tais como a Neiva, a Aerotec e a Embraer.
4. Gabarito, neste caso, significa os “moldes” de algumas partes do avião.

Referências bibliográficas

- ANDRADE, Roberto P. *A construção aeronáutica no Brasil. 1910/1976*. São Paulo: Brasiliense, 1976.
- BRASIL, Decreto Nº 57.049/1965. Altera o Decreto Nº 50.837, de 23 de junho de 1961, que cria o Grupo Executivo da Indústria de Material Aeronáutico – GEIMA.
- CYTRYNOWICZ, Roney. *Pioneirismo nos céus. A história da Divisão de Aeronáutica do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: 1934-1957*. São Paulo: Narrativa Um/IPT, 2006.
- OLIVEIRA, Nilda N. P. *Entre o criar, o copiar e o comprar pronto: a criação do ITA e do CTA como instituições de ensino e pesquisa para a consolidação da indústria aeronáutica brasileira (1945-1990)*. 224 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- REIS, José Carlos de Souza. Entrevista realizada em 13 de junho de 2005. In GHIRALDELO, Claudete M. & OLIVEIRA, Nilda N. P. *A criação da Grande Indústria Aeronáutica Brasileira através da memória de alguns de seus protagonistas (1960-1990)*. São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2005. Tempo de gravação: 1:59:18
- SAMBATTI, Olympio. Entrevista realizada nos dias 14 e 21 de fevereiro de 2006. In GHIRALDELO, Claudete M. & OLIVEIRA, Nilda N. P. *A criação da Grande Indústria Aeronáutica Brasileira através da memória de alguns de seus protagonistas (1960-1990)*. São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2006. Total do tempo de gravação: 4:12:39 (em duas sessões).
- SANTOS FILHO, G. M. *A Indústria Aeronáutica Brasileira na Década de 1930*. In: VI Congresso Brasileiro de História da Ciência e Tecnologia, 1998. Rio de Janeiro, 1997, p.2.
- SANTOS-DUMONT, Alberto. *O que vi, o que veremos*. São Paulo: Hedra, 2000.
- SILVA, Ozires. *A decolagem de um sonho: A história da criação da EMBRAER*. 3. ed. São Paulo: Lemos Editorial, 2002.
- SILVA, Ozires. Entrevista realizada em 05 de novembro de 2005. In GHIRALDELO, Claudete M. & OLIVEIRA, Nilda N. P. *A criação da Grande Indústria Aeronáutica Brasileira através da memória de alguns de seus protagonistas (1960-1990)*. São José dos Campos: Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2005. Tempo de gravação: 2:43:08
- VIEGAS, João Alexandre. *Vencendo o azul: história da indústria e tecnologia aeronáuticas no Brasil*. São Paulo: FFLCH/USP, 1988. Tese de Doutorado.
- VIEGAS, João Alexandre. *Vencendo o azul: história da indústria e tecnologia aeronáuticas no Brasil*. São Paulo: Duas Cidades; Brasília: CNPq, 1989.

Dados da autora

Nilda Nazaré Pereira Oliveira (nilda@ita.br), Professora do Departamento de Humanidades do Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA, é Doutora em História Social pela Universidade de São Paulo – USP.

A Aurora da Engenharia Brasileira no Setor Elétrico, em Depoimento de John R. Cotrim*

RESUMO: Este texto, elaborado a partir de depoimento do engenheiro John Cotrim à Comissão de Preservação da Memória de FURNAS, em 1986, sobre as origens da empresa, retrata o panorama do Setor Elétrico do Brasil nas décadas de 40 e 50. Como registra o engenheiro, um bom número de fatos friamente assinalados nos relatórios e publicações das grandes empresas nacionais ou estrangeiras, de qualquer setor, tem por trás histórias relevantes, algumas vezes políticas ou administrativas, outras vezes simplesmente pitorescas, que facilitam o entendimento das razões dos episódios formalmente registrados. Valorizado, pela história oral, o surgimento de uma geração de técnicos genuinamente nacional, capaz de criar o monumento da engenharia do sistema elétrico brasileiro, aqui se anexa ao relato a evolução da potência instalada de energia termelétrica e hidrelétrica no país, deixando ao leitor a apreciação do seu crescimento.

Palavras-chave: Setor Elétrico; Energia; Hidrelétrica; Engenharia Brasileira.

ABSTRACT: This text was done from engineer John Cotrim's testimony to the Commission for the Preservation of Memory of Furnas in 1986, about the origins of the company. It presents the overview of the Electricity Sector in Brazil in the 40s and 50s. According to the engineer, a number of facts in reports and publications of the major domestic or foreign companies in any industry, include relevant stories, sometimes political or administrative, full of picturesque facts, which facilitate the understanding of the episodes formally registered. Valorized by oral history, the emergence of a generation of Brazilian technical team, capable of creating the monument of engineering national electric system, here is joint to the report of the evolution of the installed capacity of thermal power and hydropower in the country, leaving the reader enjoy its growth.

Keywords: Electricity Sector; Energy; Hydropower; Brazilian Engineering.

AS ORIGENS E OS ANTECEDENTES DE FURNAS

Como tudo começou

Todo mundo sabe, porque consta invariavelmente das publicações sobre FURNAS, que esta Companhia, hoje denominada FURNAS Centrais Elétricas S.A., nasceu da necessidade manifesta em meados da década de 50 de o Governo Federal participar maciça e diretamente do suprimento de energia elétrica à Região Centro-Sul do país, então entendida, do ponto de vista eletroeconômico, como a área que se estende do sul do Espírito Santo ao norte do Paraná, englobando quase todo o Estado de Minas Gerais, o Estado do Rio de Janeiro, o Distrito Federal (futuro Estado da Guanabara), o Estado de São Paulo e o Norte do Paraná.

Embora se trate de um fato que em sua época suscitou grandes debates, poucos sabem hoje

o que o motivou, ou melhor, por que o Governo Federal teve de assumir tal responsabilidade, justamente na região mais rica do país, onde a iniciativa privada, desde o início do século, dera boa conta do recado e onde os maiores estados – São Paulo e Minas Gerais – já haviam tomado a iniciativa de executar grandes programas de eletrificação. E tampouco sabem por que, uma vez reconhecida tal necessidade, a intervenção governamental começou justamente pela construção da usina de Furnas, na época uma das maiores do mundo, cuja realização demandou a organização desta Companhia, a qual veio com o tempo a tornar-se a maior estatal do país no Setor Elétrico.

Há quem atribua esse fato a motivos ideológicos e nacionalistas que visavam à expulsão do capital privado estrangeiro responsável pela maior parte do suprimento de energia elétrica na região e à sua substituição pelo Poder Público. Isso de fato aconteceu, porém por outros motivos e

* Este depoimento foi extraído do Volume I de **A História de Furnas – das origens à fundação da empresa**, publicado por FURNAS Centrais Elétricas S.A. A editoria de TECNOLOGIA & CULTURA agradece a Antonio Carlos Salmato, Assistente do Diretor Executivo do Comitê Brasileiro do Conselho Mundial da Energia, que disponibilizou a reprodução do texto e forneceu, além de outros materiais, os números de **Estatística Brasileira de Energia**, Boletim Semestral/Anual do CBCME, possibilitando, assim, apresentar o registro histórico da potência instalada de energia termelétrica e hidrelétrica no país, de 1883 a 2008.

muito mais tarde, já nos Governos Militares, que nada tinham, aliás, contra o capital privado. Não foi essa, portanto, a razão que impeliu o Governo a agir como agiu na década de 50. O fato que determinou tal ação do Poder Público foi, realmente, a perspectiva de um grande déficit de capacidade geradora que só ele teria condições de evitar.

Esse é um capítulo importante da História da Eletricidade no Brasil que merece ser lembrado, visto que, além de abranger episódios históricos relevantes quase caídos no esquecimento, serve à melhor compreensão de certas dificuldades que FURNAS enfrentou à época de sua organização e ao longo de sua existência, assim como também serve – e muito oportunamente – para mostrar que o retorno em grande escala do capital privado ao Setor Elétrico, por muito defendido, é uma utopia nada fácil de realizar, nem tão do interesse da coletividade como muitos supõem.

O panorama do setor elétrico no pós-guerra

Desde os primórdios da utilização da energia elétrica no Brasil, na virada do século, até o fim da Segunda Guerra Mundial, a exploração dos serviços de eletricidade no Brasil era, virtualmente, um monopólio privado. Com raras exceções, em escala muito pequena, todas as atividades do Setor Elétrico estavam a cargo de concessionárias privadas, na maioria estrangeiras.

Essa situação subsistiu sem grandes problemas até o momento em que o Brasil deixou de ser um país essencialmente agrícola e de população predominantemente rural para enveredar rumo à industrialização, numa mudança de curso que, por sua vez, gerou um acelerado processo de urbanização, com efeito sensível na demanda de energia elétrica, tanto no setor industrial, como no consumo geral.

Isso, aliás, não ocorreu apenas nas grandes cidades; ocorreu também nas pequenas e tranquilas comunidades do interior que foram afetadas pela migração das áreas rurais. Enquanto novos segmentos de expansão econômica surgiam, com exigências de energia elétrica abundante, as comunidades, em geral, onde quer que se localizassem, já não aceitavam mais a privação de um serviço tão essencial ao seu bem-estar pessoal e econômico.

Acontece que, nessa época, a par do tradicional desinteresse do capital privado por investimentos nos serviços de eletricidade de pequenas cidades e áreas rurais, as concessionárias estrangeiras detentoras da maior parte do mercado, por diferentes motivos, dentre os quais pesava bastante o regime tarifário da época, começavam a enfrentar dificuldades

crescentes na captação de novos recursos financeiros para atender ao crescimento do consumo em suas próprias áreas de concessão, onde já não encontravam guarida fácil – como até então acontecera – as indústrias de maior porte que nelas quisessem fixar-se e que despontavam por toda parte em consequência do processo de industrialização do país.

A situação do Sistema Light, por exemplo, era bem ilustrativa desse quadro. A partir de determinado momento, apesar de sua rede manter um crescimento razoável da capacidade instalada, esse crescimento evoluiu a taxas inferiores às do crescimento da economia, e, sobretudo, da indústria. Tal defasagem fez com que, estimuladas pela própria Light e na expectativa de possíveis racionamentos, muitas indústrias comessem preventivamente a instalar geradores próprios. Só em São Paulo, por volta de 1954, havia 100.000kW de geradores Diesel, o que na época representava quase 20% da potência instalada da São Paulo Light.

Outro exemplo notório, que reflete a posição dramática das grandes concessionárias, foi a instalação, em 1951, da Mannesmann em Minas Gerais, contrariando a intenção inicial dessa empresa, que se viu, entretanto, atraída pela garantia de suprimento de energia elétrica pela Cemig, então em fase de organização, e pelo fato de que nem a Rio Light nem a São Paulo Light tinham condições de oferecer-lhe a mesma segurança.

De um lado, tínhamos um interior imenso absolutamente carente de serviços de eletricidade capazes de satisfazer às necessidades mínimas de um cidadão dos meados do século XX e o florescimento de novas áreas de desenvolvimento industrial localizadas longe dos grandes centros e demandando quantidades de energia elétrica que as pequenas empresas locais não tinham meios de suprir.

Do outro lado, tínhamos as concessionárias tradicionais, supridoras dos grandes centros, porém destituídas daquela capacidade de investimento do passado que lhes permitisse atender, a tempo e a hora, às demandas crescentes em suas áreas. Em São Paulo, por exemplo, até certa época esta afirmação era voz corrente: "São Paulo deve tudo à Light; sem ela nunca seríamos o que somos".

Isso, entretanto, era coisa do passado. Aquele mundo estava definitivamente desmoronando: a energia elétrica transformara-se num dos pontos de estrangulamento da vida brasileira, no tocante não só ao seu desenvolvimento econômico, como ao bem-estar da população.

As sinalizações do déficit

A existência desse ponto de estrangulamento em nossa economia há tempos vinha sendo apontada pelas sucessivas missões estrangeiras que vieram ao Brasil, nas décadas de 40 e 50, prestar assistência ao Governo no planejamento de nosso desenvolvimento econômico.

Começou pela missão Cooke, que aqui aportou em 1943 a fim de ajudar na mobilização do esforço de guerra; houve depois a Missão Abbink, de 1948, que analisou em profundidade os setores que poderiam acelerar ou retardar o nosso desenvolvimento; e, finalmente a Comissão Mista Brasil-Estados Unidos, de 1951, que elaborou projetos de desenvolvimento de infraestrutura e de implantação de indústrias de base.

Todas martelaram na mesma tecla, insistindo na necessidade urgente de se acelerar o processo de eletrificação brasileiro, tido, então, como absolutamente insuficiente.

As dificuldades, entretanto, não acabavam aí. A par do baixo índice de consumo *per capita* de energia elétrica havia, ainda, o isolamento dos sistemas elétricos que, sem interligação entre si, não podiam intercambiar energia, e, conseqüentemente, tampouco fazer uma utilização mais racional de suas instalações. Tal isolamento também inviabilizava, exceto para um sistema do tamanho do da Light, o aproveitamento de recursos hidrelétricos de maior porte, cuja potência fosse grande demais para o mercado de cada sistema isolado. Daí, este outro ponto sistematicamente apontado em todos os relatórios dessas missões: a necessidade de promover a interligação entre as empresas.

Essa conjugação de fatos, que aos poucos foi se tornando do conhecimento público e do empresariado em geral, agravada pela evidência de que o capital privado, tradicionalmente concentrado no atendimento dos grandes centros urbanos, não poderia por si próprio romper esse nó do nosso desenvolvimento, levou à convicção generalizada de que, mais cedo ou mais tarde, o Poder Público teria que participar de alguma forma do esforço de eletrificação do país.

Era, pois, apenas uma questão de tempo para que essa intervenção se consumasse. Ela de fato ocorreu, a princípio apenas de forma supletiva, cobrindo áreas não atendidas pelo capital privado; mais tarde, complementando o suprimento a cargo desse capital, cuja capacidade de investimento já não dava mais para acompanhar o crescimento da demanda em suas próprias áreas de concessão; e, finalmente, aí já compelida por forças socializantes e nacionalistas, para açambarcar quase tudo.

As primeiras iniciativas governamentais

O primeiro passo concreto nesse sentido foi dado no Rio Grande do Sul, em 1943, com a criação da Comissão Estadual de Energia Elétrica – CEEE, que entre outros objetivos tinha o de montar um sistema interligando as centrais hidrelétricas e térmicas de todo o interior do Rio Grande do Sul, com vistas ao aproveitamento racional do potencial hidráulico e das reservas carboríferas estaduais. Ficaram fora desse plano, na época, apenas as usinas do grupo AMFORP de Porto Alegre e Pelotas.

Ainda na década de 40, ocorreu o primeiro passo do Governo Federal no sentido de uma participação ativa e direta no setor com a criação da Chesf para exploração do potencial hidráulico da Cachoeira de Paulo Afonso, com o propósito primordial de levar os benefícios da eletrificação a vastas áreas nordestinas totalmente desprovidas do mais elementar acesso a essa conquista da civilização. Criada por Decreto-Lei de 1945, em fins do primeiro Governo Vargas, a Chesf só foi efetivamente constituída em 1948, no Governo Dutra, começando as obras de Paulo Afonso I, no início de 1949.

Daí por diante, até meados da década de 50, a penetração do Poder Público no Setor Elétrico manifestou-se, principalmente, no Centro-Sul, não por ação do Governo Federal, mas por iniciativa dos estados da região. Desde a década de 40, os governos estaduais já examinavam de perto a situação energética de suas respectivas áreas de jurisdição, promovendo a realização de estudos e análises, dos quais resultaram diversos planos de eletrificação de maior ou menor abrangência. A implementação desses planos logo tomou corpo, para o que foi necessário que os estados criassem, cada um a seu modo, empresas de eletricidade estaduais de diferentes amplitudes.

Nasceram assim, e nesta ordem, a Centrais Elétricas de Minas Gerais – Cemig, (1951), em Minas; a Companhia Paranaense de Eletricidade – Copel (1953), no Paraná; a Usinas Elétricas do Parapanema – Uselpa (1953) e a Companhia Hidrelétrica do Rio Pardo – Cherp (1955), em São Paulo, as quais mais tarde foram absorvidas pela Centrais Elétricas de São Paulo – Cesp, criada na década seguinte; a Empresa Fluminense de Eletricidade – EFE (1954), no norte do Estado do Rio de Janeiro, e, finalmente, no Espírito Santo, a Espírito Santo Centrais Elétricas S.A. – Escelsa (1956).

Cada uma dessas empresas tinha a seu cargo programas, de maior ou menor envergadura, de construção de usinas e de linhas de transmissão dirigidas para as necessidades dos mercados internos dos respectivos estados, mas que, no seu conjunto,

constituíram um respeitável programa energético, formando o grande pano de fundo do Setor Elétrico da região, até meados da década de 50, quando surgiu a obra de Furnas.

Enquanto esses fatos se desenrolavam no âmbito de alguns estados, o Governo Federal, consciente da verdadeira dimensão do problema energético, preparava-se para entrar de maneira permanente e vigorosa no Setor, assumindo definitivamente a liderança da eletrificação do país em escala nacional.

A criação, em 1954, do Fundo Federal de Eletrificação – FFE e do Imposto Único sobre Energia Elétrica – IUEE, de cuja arrecadação 40% destinavam-se ao FFE, foi o primeiro e importantíssimo passo do Governo Federal no sentido da sua intervenção no setor, uma vez que assegurava à futura Eletrobrás um fluxo constante de recursos fiscais para lastrear os seus investimentos, tal como ocorreu nos primeiros anos de atividade da Cemig, quando parte de um imposto estadual então existente, o Imposto de Vendas e Consignações, serviu de base para o custeio inicial das obras dessa empresa.

Seguiram-se outras medidas de grande importância administrativa e institucional, mas somente na década seguinte, com a criação do Ministério de Minas e Energia – MME (1961) e da Eletrobrás (1962), deu-se a consolidação definitiva da liderança do Governo Federal no Setor.

O governo Kubitschek e a hora de Furnas

Quando, em 1956, teve início o Governo Kubitschek, não só os vários planos estaduais de eletrificação da região estavam em pleno desenvolvimento, como as concessionárias privadas – Light e Grupo AMFORP – tocavam, no limite das respectivas capacidades de investimento, programas de expansão bastante restritos, se comparados com as perspectivas de crescimento do mercado em suas áreas de atuação.

Todavia, estudos promovidos pelo Conselho do Desenvolvimento, órgão criado pelo Presidente Kubitschek para formular e orientar o famoso Plano de Metas de seu Governo – no qual figurava com destaque o das Metas de Energia Elétrica do qual eu era o Coordenador – vieram mostrar que tudo isso era pouco e que a capacidade geradora da região como um todo requeria substancial ampliação, sob pena de se ter de enfrentar crises de racionamento alguns anos à frente.

A diferença entre a capacidade em construção e a demanda projetada, vis-à-vis o acelerado ritmo de

crescimento industrial do país, em grande parte concentrado na Região Centro-Sul, ressaltava a necessidade de dar-se início imediato a obras que adicionassem pelo menos 1.000MW de capacidade geradora à região – número assustador para a época, se for levado em conta que ele representava quase um terço da capacidade total instalada no país.

Em termos geográficos, a área mais crítica era a da São Paulo Light, que corria maior risco de um racionamento forçado em meados da década de 60, na hipótese de que ocorressem em suas usinas do litoral anos hidrológicos desfavoráveis. Também a Região Centro-Sul, como um todo, poderia vir a sofrer dificuldades na mesma época, caso suas grandes bacias hidrográficas enfrentassem um ciclo hidrológico severo.

Essa possibilidade não era nada inverossímil, já que os regimes hidrológicos dos rios, que em geral obedecem a ciclos definidos, apresentam, no caso da Região Centro-Sul do Brasil, seus anos mais críticos, isto é, os mais secos, normalmente no meio das décadas, ou seja, no período compreendido pelos anos terminados em 3 a 6.

O Conselho do Desenvolvimento, aliás, nada mais fizera do que confirmar e dimensionar de forma clara o que as pessoas do ramo há muito tempo sentiam: mais cedo ou mais tarde alguém teria de acudir as empresas da região, estaduais ou privadas, que sozinhas não suportariam o crescimento de consumo de energia elétrica do Centro-Sul.

E quem seria esse “alguém” senão o Governo Federal? Diante da necessidade de um reforço dessa magnitude numa área cujas empresas estaduais e privadas já estavam totalmente comprometidas em grandes programas próprios, só havia uma possibilidade de lograr-se esse reforço: o Governo Federal tomar a si essa responsabilidade.

Homem de grande visão, o Presidente Kubitschek percebeu claramente a situação e sentiu que o Governo Federal não poderia omitir-se diante de uma ameaça tão grave de carência de energia no âmago da região que era a locomotiva econômica do país (80% do seu PIB).

Felizmente, as condições para a entrada do Governo Federal eram então muito favoráveis. De um lado, havia o Fundo Federal de Eletrificação, que podia ser utilizado para esse fim. Do outro lado, havia o grande e recém-descoberto potencial hidrelétrico do Rio Grande, que cortava bem pelo meio o triângulo Rio de Janeiro–São Paulo–Belo Horizonte onde se concentravam os maiores polos de consumo de energia elétrica não só da região, mas também do país.

Dentre os inúmeros projetos até então examinados para aproveitamento progressivo do importante potencial do Rio Grande, havia um, da ordem de 1.000MW com estudos bastante avançados, denominado Furnas, situado perto da cidade mineira de Passos, quase no centro do triângulo energético antes referido.

O projeto Furnas calhava com perfeição, em termos de capacidade geradora, ao que o momento exigia, além de possuir outras características muito importantes e valiosas.

A primeira delas era a sua localização estratégica, numa posição quase equidistante do triângulo Rio de Janeiro–São Paulo–Belo Horizonte que permitiria, por meio de um sistema de transmissão irradiado na direção desses três grandes centros de carga, dar início à almejada integração dos sistemas elétricos da região.

Outra característica importante: a barragem de Furnas criaria um grande reservatório de regularização plurianual no Alto Rio Grande, a montante da maioria dos demais projetos concebidos ao longo desse rio. Além de aumentar a potência instalável no local, esse reservatório enriqueceria, pelo efeito da sua regularização da vazão, todos os aproveitamentos a jusante que viessem a ser construídos, tanto no próprio Rio Grande, como mais além, pelo Rio Paraná abaixo. Valorizaria dessa forma, de maneira substancial, o potencial natural já conhecido desses rios.

E por fim, esse mesmo reservatório, conjugado com as linhas de transmissão já mencionadas, favoreceria, de forma muito eficaz, o papel dessa usina como pólo de integração dos sistemas, pelo jogo sazonal de armazenamento de energia que uma acumulação desse porte propicia.

Estava, assim, lançada a idéia de Furnas.

O PROJETO DE FURNAS

Considerações gerais

Na realidade, o projeto de Furnas já surgira há algum tempo e vinha sendo estudado em bastante profundidade sob diferentes aspectos – técnicos, econômicos e mercadológicos – tanto assim que já estava suficientemente amadurecido para ser transformado em projeto formal de Governo e logo a seguir iniciado.

O modo como o projeto surgiu e as peripécias por que passou até o seu equacionamento final constituem um dos capítulos mais interessantes de sua

história, que será narrado a seguir. Em quase todos os eventos a que farei alusão eu estive pessoalmente envolvido de maneira direta ou indireta. Por conseguinte, qualquer possível falha ou omissão na minha narrativa deve ser levada à conta de um lapso de memória ou de lacunas ou imprecisões das fontes de referência, uma vez que muita coisa se perde com o tempo.

O potencial hidráulico conhecido

Começemos pelo princípio do princípio, ou seja, pela descoberta do local onde se situaria a futura usina de Furnas.

Pode parecer absurdo, em face do que hoje se conhece do potencial hidráulico brasileiro, que em plena década de 50, mais de meio século depois de instaladas as primeiras hidrelétricas no país, um sítio de barragem com as características excepcionais de que se reveste o de Furnas, situado tão próximo em termos de transmissão elétrica dos grandes centros de consumo, tivesse, até então, passado despercebido.

Para entender-se isso, é interessante relembrar quais eram os conhecimentos disponíveis na década de 50 sobre o potencial hidrelétrico do país. Até aquela data muito pouco fora investigado nesse sentido pelo Brasil afora. A Divisão de Águas do Ministério da Agricultura, órgão do governo incumbido da realização de tais pesquisas, mantinha desde o início da década de 30 um excelente serviço de estudos hidrológicos, particularmente de registros das vazões dos rios. Além disso, publicava, periodicamente, os resultados desses trabalhos, os quais, por volta dos anos 50, já constituíam um rico acervo de informações para quem fosse investigar potenciais hidrelétricos.

Um dos rios sobre o qual havia um dos mais antigos e fidedignos registros de vazões era, precisamente, o Rio Grande, cuja hidrometria esteve durante anos a cargo do ilustre hidrólogo Tasso da Costa Rodrigues. Este engenheiro, por ironia do destino, acabou sendo vítima de sua dedicação à profissão, pois morreu afogado junto à Ponte da Amizade, em Foz do Iguaçu, justamente durante uma medição, com canoa, da descarga do Rio Grande naquele ponto.

Mas apesar desses esforços no campo da hidrometria, no tocante ao exame das possibilidades hidrelétricas ao longo dos rios que iam sendo medidos, muito pouco fora feito.

O conhecimento do regime hidrológico de um rio é um dado essencial ao estudo do seu potencial hidrelétrico, mas não é o suficiente. Além dele, é indispensável dispor de um mapeamento planimétrico

e altimétrico do seu curso, complementado por pesquisas dos possíveis sítios de barragens com as respectivas caracterizações geológicas.

Pois era exatamente nesse particular que havia maior escassez de dados. Para começar, a cartografia, mesmo das regiões mais desenvolvidas, era bastante precária, como raras eram as investigações sistemáticas de campo, nos moldes das que mais tarde seriam feitas por todo o país para o cadastramento dos possíveis sítios de aproveitamento hidrelétrico – investigações essas que demandavam equipes e verbas muito maiores que as da hidrometria.

Aliás, o pouco até então feito constava de pesquisas realizadas pelas empresas estrangeiras – Light e empresas do Grupo AMFORP – na medida estrita de suas necessidades e, portanto, limitadas em geral aos rios próximos às suas áreas de concessão.

A Light, ao longo de toda a sua existência, fixou-se basicamente, nos vales dos rios Paraíba do Sul e Alto Tietê, onde, além de usinas nos seus próprios cursos, construiu aproveitamentos, de grande porte para a época, por meio de desvios da vazão desses rios para a bacia oceânica, aproveitando, com mestria, o grande desnível existente entre a altitude natural desses rios e a do litoral.

O grupo AMFORP, onde trabalhei durante anos nesse tipo de investigação, pesquisou muitos rios em Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Rio de Janeiro, Bahia, etc. Todos porém eram rios menores, situados próximos aos mercados da empresa, uma vez que as demandas dos seus sistemas nesses estados não exigiam projetos de envergadura. A única exceção foi a usina de Peixotos (hoje Marechal Mascarenhas de Moraes) no Rio Grande, com potência de 476MW, cujo sítio foi descoberto por acaso, conforme adiante descrevo.

Na área governamental menos ainda fora feito, devido principalmente, à falta de verbas e de pessoal e, em grande parte também, por falta de motivação, pois não havia então a objetividade que mais tarde foi sendo adquirida, à medida que a responsabilidade pelo desenvolvimento do Setor Elétrico no campo da geração passava para a esfera pública, tanto na área federal, como na estadual.

Para se ter uma idéia da extensão do desconhecimento do nosso potencial hidrelétrico àquela época, basta lembrar que por ocasião da Reunião Parcial da Conferência Mundial da Energia (hoje Conselho Mundial da Energia), realizada em 1954, no Hotel Quitandinha, em Petrópolis, esse potencial era avaliado em apenas 16.000MW, pouco mais de 6% do que hoje já se inventariou. Essa

estimativa, baseada em dados oficiais colhidos junto à Divisão de Águas, está registrada num trabalho apresentado naquele encontro pelo engenheiro Adolph J. Ackerman, que viria mais tarde a pertencer à Diretoria da Light.

Influiu certamente nessa avaliação o fato de que até então a Divisão de Águas tinha por norma só computar no seu cadastro potenciais conhecidos, como saltos e cachoeiras do tipo Paulo Afonso, Sete Quedas, etc., cujo número era reduzidíssimo. Nunca haviam sido pesquisadas ou consideradas possibilidades de barramentos de rios em trechos de perfil suave, como é o caso de Três Marias e, tampouco, o aproveitamento de *canyons*, como os de Furnas, Peixotos e Itaipu.

A investigação do Rio Grande

Eu era na ocasião (1954) Diretor Técnico da Cemig, empresa ainda nova mas já com um grande programa de construção em andamento. Nenhum dos projetos em execução, entretanto, tivera origem em estudos feitos por nós; tudo fora herdado de planos anteriores de diferentes órgãos do Estado de Minas Gerais que haviam sido incorporados à Cemig quando da sua criação. Por isso mesmo algumas coisas nos deram grandes dores de cabeça, obrigando-nos a rever os projetos de obras já começadas, com a consequente gritaria política, além de outros atropelos.

Para evitar a repetição de problemas semelhantes, quando a Cemig se expandisse, resolvemos, antes de mais nada, organizar um plano de trabalho para fazer um estudo paulatino e sistemático dos principais rios do estado, pesquisando-os desde as cabeceiras até sua confluência com outros cursos de água, com o objetivo de detectar tudo o que houvesse de interessante do ponto de vista energético. Dessa forma, como acontece hoje no planejamento global do Setor Elétrico do país, estaríamos prontos para responder a tempo e a hora, em qualquer área do estado e para qualquer dimensão de demanda, às necessidades de atendimento do mercado com projetos previamente avaliados e classificados por ordem dos custos da energia neles gerável. Visava-se, assim, acabar de uma vez por todas com a tradicional programação de obras por critério meramente político ou por simples ignorância de outras alternativas.

Após uma rápida reflexão sobre o ponto de partida desses estudos, decidimos iniciá-los pelo Rio Grande, por se tratar de um rio de grande porte, em cujas cabeceiras já estávamos construindo duas usinas, Itutinga e Camargos, e pelo fato de seu curso atravessar importante região do estado.

Numa primeira etapa decidimos cobrir o trecho ainda inexplorado que ia da cota 900, onde se situava o conjunto Itutinga–Camargos, à cota 665 do reservatório da usina de Peixotos. Eram 235 metros de desnível que precisavam ser explorados, porque uma queda daquela altura conjugada à vazão de um rio do porte do Rio Grande indicava um potencial teórico que não podia ser ignorado.

Encarreguei um dos meus auxiliares que já estava enfronhado no assunto, o então jovem engenheiro Francisco Noronha (que um dia chegaria à presidência da Cemig), de fazer a exploração pioneira de todo o trecho mencionado, com o objetivo preliminar de identificar saltos ou corredeiras que pudessem ser aproveitadas para futuras usinas.

A descoberta do local

Acontece que o Noronha tinha um amigo e colega, o hoje grande empresário Murilo Mendes, cujo pai, o engenheiro José Mendes Júnior, fundador da empresa que leva o seu nome, possuía nas vizinhanças da cidade de Passos, na margem do Rio Grande, uma fazendola onde costumava reunir-se com amigos para pescar nas corredeiras das Furnas, nome que se deve às cavernas escavadas pelas águas nos paredões do desfiladeiro por onde passavam. O Dr. José Mendes Júnior sugeriu ao Noronha que pousasse em sua propriedade para ver as tais corredeiras e o desfiladeiro.

Lá chegando, o Noronha, que estava acompanhado de um consultor da Cemig, o engenheiro norueguês naturalizado americano Anton Rydland, que trabalhava para a companhia em outro projeto, percebeu, o mesmo fazendo o seu companheiro de viagem, que se encontravam diante de um sítio de barragem excepcional, pois se tratava da embocadura de um longo desfiladeiro, ladeado por paredões de cento e tantos metros de altura que o Rio Grande atravessava numa grande extensão, desde pouco abaixo da confluência de seu tributário, o Rio Sapucaí.

O local daria para uma barragem compacta de pelo menos 100 metros de altura acima do nível normal, a qual comportaria uma usina a seu pé bem maior que a de Peixotos, então em construção em local similar a 100 km a jusante, onde se aproveitava uma queda de 48 metros com uma potência instalada inicialmente prevista em cerca de 200MW. Mais tarde, com os benefícios da regularização de seu próprio reservatório e do reservatório de Furnas, a potência da usina de Peixotos foi elevada para 476 MW.

Aliás, vale abrir um parêntese para contar como foi descoberto o local da barragem de Peixotos. Foi,

curiosamente, também por uma casualidade ligada à pesca.

A Companhia Paulista de Força e Luz – CPFL, com sede em Campinas (SP), a principal empresa do Grupo AMFORP, fornecia energia a grande parte do interior de São Paulo, inclusive à região de Ribeirão Preto.

Um belo dia, por volta de 1946-47, um funcionário do escritório de Ribeirão Preto foi pescar numas corredeiras do Rio Grande muito conhecidas da população da região, perto da Ponte dos Peixotos, situada em Minas, nas proximidades da divisa com São Paulo. Lá chegando, chamou sua atenção um belo desfiladeiro que o rio atravessava logo a montante da ponte. Embora não fosse engenheiro, esse rapaz já havia conversado com técnicos da companhia o suficiente para deduzir que aquele cenário merecia ser levado ao conhecimento da engenharia da empresa.

Bateu uma foto e enviou-a ao engenheiro Léo Penna, então meu chefe, no escritório central do grupo AMFORP no Rio de Janeiro (CAEEB), onde eram feitos os estudos hidrológicos e as investigações para futuros projetos. O Léo, tão logo viu a foto, virou-se para mim, seu companheiro de sala e disse: “Olha só, Cotrim, que local de barragem espetacular, tão próximo do sistema da Paulista e que nós jamais vimos nas nossas andanças pelos rios daquelas paragens”.

Era essa a situação naqueles tempos: a absoluta precariedade de informações, a falta de mapas adequados e sobretudo a carência de investigações mais amplas e sistemáticas levavam ao desconhecimento de potenciais interessantes até mesmo em regiões próximas daquelas onde trabalhávamos.

A foto foi imediatamente enviada à nossa matriz em Nova York, logo vindo a autorização para fazermos uma investigação mais detalhada do local, daí nascendo o projeto de Peixotos, cuja construção já estava sendo iniciada quando deixei o Grupo AMFORP para participar da organização da Cemig.

Voltemos, porém, à viagem ao pesqueiro do Dr. José Mendes Júnior feita pelo Noronha. Também ele e o Rydland, tão logo perceberam a importância daquele local como sítio para um grande projeto hidrelétrico, trataram de documentá-lo fotograficamente e de voltar correndo para Belo Horizonte com as fotos em punho. Assim que eu bati com os olhos naquelas fotos me lembrei imediatamente do episódio de Peixotos. Numa rápida avaliação do potencial do local verifiquei que dava pelo menos o dobro do de Peixotos. Resolvi então sobrevoá-lo para conferir.

De um avião monomotor, voando a baixa altura, pude ter uma visão ampla do local e de toda a bacia a montante. Não só o sítio era excelente para a implantação de uma barragem de grande altura, como esta criaria um vasto reservatório de regularização que beneficiaria todas as usinas que viessem a ser construídas a jusante, aumentando dessa forma o potencial natural do rio.

Ao regressar a Belo Horizonte, comuniquei a descoberta a Lucas Lopes, que imediatamente autorizou o prosseguimento em profundidade das investigações, até a configuração de pelo menos um anteprojeto baseado no qual já se pudesse discutir concretamente a sua eventual construção.

De imediato se sentiu que, tratando-se de um projeto de mais de um milhão de quilowatts, equivalentes então a quase um terço da capacidade instalada nacional, estava fora da escala dos mercados das empresas estaduais recém-criadas. Por outro lado, se tivesse que ser construído em futuro não muito distante, teria de ser equacionado em função de um mercado com as dimensões do da região Rio-São Paulo ou maior. Aliás, àquela época, já se começava a sentir que não estava longe a hora em que o Governo Federal teria de tomar alguma providência no sentido de reforçar o suprimento do eixo Rio-São Paulo, onde a Light começava a encontrar dificuldades para angariar recursos para novos investimentos de vulto.

Divulgação da descoberta

Conversando sobre a maneira de tornar pública a descoberta de tão importante potencial, Lucas Lopes recomendou que se começasse pelo meio técnico mineiro. Assim, em fins de 1954, eu fiz uma palestra sobre o assunto em Belo Horizonte, na Sociedade Mineira de Engenheiros, revelando a descoberta e o seu alcance do ponto de vista energético.

Essa palestra mereceu, no dia seguinte, tratamento de destaque num dos principais jornais de Belo Horizonte, e logo depois comecei a receber telefonemas do Rio e de São Paulo em que me perguntavam sobre o assunto. De todas elas, a mais significativa foi a de um diretor da Light, meu velho conhecido de congressos e rodas sociais, João da Silva Monteiro Filho. Este me pedia que confirmasse o que havia sido publicado e me convidava para repetir a minha palestra para o quadro técnico da companhia, cujos integrantes se mostravam céticos quanto à existência de um sítio hidrelétrico tão espetacular relativamente perto do sistema da empresa e do qual jamais haviam ouvido falar.

Eu respondi que se tratava da pura verdade e que ele sabia que aquela afirmação não estava sendo feita por nenhum principiante. Quanto a uma nova palestra, assim que eu dispusesse de informes mais detalhados, que estavam sendo levantados no campo, era minha intenção fazer uma exposição sobre a matéria perante associações técnicas do Rio e de São Paulo, para a qual os engenheiros da Light estavam de antemão convidados. E acrescentei que não tinha o menor cabimento que eu, Diretor da Cemig, saísse correndo para dar explicações a uma empresa, por maior que fosse, principalmente sendo estrangeira.

Surpresa na Light

A surpresa do pessoal da Light era explicável. Tendo sido por várias décadas os únicos executores no país de obras hidrelétricas de vulto, como Cubatão e Nilo Peçanha, haviam desenvolvido um complexo de superioridade que se traduzia em certa empáfia e arrogância em relação a tudo mais que ocorresse no setor elétrico do país, de tal modo que, simplesmente, não podiam conceber a existência de alguém que soubesse alguma coisa mais que eles.

O pessoal da Light tivera, inclusive o privilégio de haver trabalhado longo tempo sob a direção de um notável engenheiro norte-americano, Asa White Kenney Billings, responsável por várias obras de vulto para a época, como as usinas de Rasgão, no Rio Tietê, e Ilha dos Pombos, no Rio Paraíba do Sul, e idealizador e executor do chamado Projeto da Serra, formado por um sofisticado complexo de barragens e reservatórios que permitiram o desvio das águas do Alto Tietê para a Baixada Santista, a fim de alimentar a usina de Cubatão. Figura realmente fora de série, Asa Billings criou entre seus auxiliares uma verdadeira escola de engenharia hidrelétrica que formou toda uma geração de engenheiros, inclusive brasileiros, que mais tarde ocupariam altos postos na Companhia. Foi essa a fonte da convicção, que eu próprio ouvi externada em rodas íntimas, de que se houvesse, tão próximo da região Rio de Janeiro-São Paulo, um potencial tão bom quanto o do anunciado projeto de Furnas, ele, Billings, não poderia deixar de tê-lo detectado, pois estudara toda a região circunvizinha.

Era realmente espantoso que isso pudesse ter acontecido, pois já se havia passado bastante tempo desde que o local da barragem de Peixotos, situado no mesmo rio, fora descoberto. Mas o fato é que desde meados de 1954, com a usina de Peixotos já em plena construção, a Light, preocupada com o atendimento de sua carga a longo prazo e julgando que nada havia de melhor nas proximidades, voltara suas vistas para Sete

Quedas, a mil quilômetros de distância, ignorando solenemente o Rio Grande, tão mais próximo. Chegou a ponto de requerer autorização ao Ministério da Agricultura, o poder concedente da época, para realizar estudos no local. Por alguma razão, entretanto, haviam aparentemente concluído que do lado de lá da Mantiqueira nada mais existiria, ainda que o projeto de Peixotos, como dissemos, estivesse em plena construção e, além disso, não fosse nada pequeno.

O potencial do Rio Grande

Alguns meses depois recebi um convite do Instituto de Engenharia de São Paulo para lá repetir a exposição que eu havia feito em Belo Horizonte. Na realidade, como depois constatei, não era bem do Instituto que provinha o maior interesse pelo assunto; o interesse mesmo era da Light, cujos engenheiros, influentes no Instituto, haviam promovido o convite. Tanto isso era verdade que, ao entrar no seu auditório constatei que ele estava lotado pelo pessoal da Light, com os altos funcionários canadenses e brasileiros da engenharia da empresa ocupando solenemente a primeira fila, que para eles fora reservada. Essa palestra foi posteriormente objeto de matéria especial de minha autoria publicada no número 236, de outubro de 1955, da revista *O Observador Econômico e Financeiro*, hoje extinta.

Vale, porém, dizer que, nesse ínterim, as investigações do Rio Grande haviam prosseguido e tínhamos estendido os nossos reconhecimentos até a sua confluência com o Rio Paranaíba, na ponta do Triângulo Mineiro, com isso completando o exame do rio, desde as cabeceiras até o seu trecho final. Esses reconhecimentos, complementados por dados altimétricos extraídos de antigos relatórios de expedições geográficas ao longo do baixo Rio Grande, permitiram que fizéssemos uma primeira avaliação do potencial do rio em toda a sua extensão, a qual revelou a possibilidade de aproveitamentos num total aproximado de 10 milhões de cavalos, como se dizia naquele tempo, ou seja, cerca de 7.500MW – número espantoso para uma época em que a potência total instalada no país beirava os 3.000MW.

Isso tudo fora mantido em segredo até o dia da minha palestra. Por conseguinte, quando eu desfraldei uma série de gráficos e mapas coloridos que encheram toda a parede à frente do auditório (naquela época não havia os recursos de projeção de hoje), mostrando aquela sucessão de possíveis aproveitamentos em cascata desde a cota 900, perto das cabeceiras do Rio Grande, até a cota 250, na confluência com o rio Paranaíba, num desnível total de 650 metros e com uma potência instalável de no mínimo 7.500MW, cerca de

quatro vezes a potência total das usinas da Light naquela época, os colegas canadenses e brasileiros presentes ficaram embasbacados. Simplesmente não podiam acreditar. Aliás, a nossa própria convicção só foi se firmando à medida que avaliávamos cada trecho do rio. É que todos nós tínhamos até então uma noção completamente falha do potencial hidrelétrico brasileiro, haja vista o fato, já mencionado, de que pouco mais de um ano antes, no Congresso da Conferência Mundial da Energia, realizado em Quitandinha, todo o potencial do país fora estimado em apenas 16.000MW, metade dos quais, pelo visto, já estava ali, só no Rio Grande.

Mas os maiores da Light queriam saber mais; queriam ir até o Rio Grande ver com os próprios olhos o que eu havia relatado.

Foi então organizada uma visita ao local da projetada barragem de Furnas, em avião especial fretado pela Light, que levaria o pessoal até o campo de pouso de Passos, o único existente nas redondezas, de onde o grupo prosseguiria por terra até as Corredeiras das Furnas. Apesar de avisados das dificuldades e, sobretudo, do desconforto para lá chegar, para quem não tinha hábito de andar pelo mato, muitos canadenses e brasileiros da alta administração técnica da Companhia se dispuseram a ir assim mesmo.

A visita ao local da futura barragem

Assim, viajamos de avião até Passos. A partir dessa cidade, distribuídos em jipes e caminhonetes, seguimos por estradas vicinais das mais rudimentares e precárias, abrindo e fechando porteiros, atravessando mata-burros, que mal davam passagem para os veículos, até o sítio do Dr. Mendes Júnior. Daí para frente prosseguimos a pé, morro acima, por caminhos pedregosos e enlameados, até o topo do *canyon*, para que todos pudessem ver, com os próprios olhos, aquela formação da natureza tão propícia a uma grande barragem.

A visão daquele grupo de cavalheiros ilustres, alguns dos quais já meio velhucos, vestidos com roupas de escritório e calçando sapatos sociais, escalando e bufando encosta acima pelo meio do mato cheio de carrapichos e pedregulhos, foi uma cena inesquecível, digna da imaginação de um cineasta, que por si só valeu a viagem para o pessoal da minha equipe que foi junto.

Aí todos se convenceram de vez. Um desses personagens, de cujo nome e cargo não me recordo mais, num magnífico e solene gesto de cortesia, avançou para mim e estendeu-me a mão num espetacular *shake hands* à vista de todo o mundo, como

espetacular *shake hands* à vista de todo o mundo, como se eu fosse o criador daquele cenário.

Esta minha digressão, aparentemente supérflua, para descrever episódios de somenos importância do ponto de vista da elaboração do projeto tema deste capítulo, foi feita propositalmente, por me parecer que esses fatos merecem ser lembrados pela importância política *lato sensu* que tiveram na mudança do conceito até então corrente entre as empresas estrangeiras do ramo, com reflexos no exterior devido ao seu prestígio lá fora, acerca da seriedade e capacidade de atuação dos brasileiros em geral, diante de problemas e desafios da magnitude dos implícitos no projeto de Furnas.

Esse conceito, que vinha de longe, era reflexo, de um lado, da postura tradicional – herdada do colonialismo – que todo anglo-saxão trabalhando fora de casa tem em relação aos “nativos” do país em que se encontra e, do outro lado, do grande distanciamento técnico e empresarial, que de fato existia, entre as empresas estrangeiras e as empresas do país em geral.

No meio elétrico essa postura era bem mais acentuada na Light do que no Grupo AMFORP – talvez por este último ser americano e, portanto, menos “anglo”.

Mas o fato importante é que daquele momento em diante diminuíram, sensivelmente, as piadas e comentários irônicos sobre a iniciativa “nativa” tão comuns nos *happy hours* dos fundos da Casa Lidor e da Casa Carvalho (conhecidas casas de bebidas do Rio de Janeiro), assim como nos bares dos clubes de golf, Gávea Golf e Itanhangá, então redutos sociais dos executivos estrangeiros dessas empresas.

É que se tornou patente que estava surgindo no país uma geração de técnicos genuinamente nacional, bem formada e séria, que vinha para ficar – e como ficamos! – capaz de enfrentar qualquer tipo de problemas que o setor apresentasse, como o futuro bem o demonstrou. De Paulo Afonso à Cemig, das empresas paulistas que mais tarde se fundiram na Cesp ao Rio Grande do Sul, além de outras empresas estaduais que aos poucos se formaram, e logo depois em FURNAS, Eletrobrás, Eletronorte, Eletrosul e Itaipu, essa equipe se expandiu e se multiplicou, firmou-se e dominou com competência e brilho todo o Setor Elétrico Brasileiro, inclusive, por ironia do destino, as próprias empresas estrangeiras que antes haviam reinado absolutas no ramo.

Partindo do nada, em menos de uma geração, essa turma criou o monumento da engenharia que é o sistema elétrico brasileiro, motivo de justo orgulho para o país e objeto de respeito e admiração no mundo inteiro.

Foi na década de 50 que tudo começou. Por isso, não hesito em considerar essa época como a da aurora da engenharia brasileira do nosso Setor Elétrico.



Figura 1

John Cotrim aciona o fechamento dos túneis de derivação da barragem de Furnas, iniciando a operação de enchimento do reservatório da usina. Alpinópolis/São João Batista da Glória, MG. 9 de janeiro de 1963.

Fonte: *John Cotrim: testemunho de um empreendedor* / Centro da Memória da Eletricidade no Brasil; coordenação Lígia Maria Martins Cabral. Rio de Janeiro: Memória da Eletricidade, 2000.



Figura 2

Foto aérea da Usina Hidrelétrica de Furnas

Fonte: http://www.furnas.com.br/memoria_curiosidades_04.asp. Acesso em 2009.

Nota da editoria

John Reginald Cotrim (1915-1996) iniciou seu curso de engenharia em Belo Horizonte e formou-se pela Escola Polytechnica do Rio de Janeiro, em 1936. No período de 1942 a 1944, realizou estágio profissional nos Estados Unidos, aperfeiçoando sua formação de engenheiro eletricitista. Fundador de FURNAS, foi seu Presidente por 17 anos, passando, em 1974, a assumir a Diretoria Técnica da Itaipu Binacional. Vice-presidente do Conselho Mundial de Energia, também presidiu o Comitê Brasileiro durante 23 anos. Sua colaboração com a preservação da Memória da Eletricidade no Brasil pode ser conferida não apenas na publicação de ***A História de Furnas***, mas na de outros trabalhos que resgatam a história do setor elétrico brasileiro pela produção de novas fontes, como a história oral.

ANEXO

Registro Histórico

Capacidade Geradora Instalada no Brasil

Período: 1883 – 2008

Ano	Capacidade instalada (em MW)			Ano	Capacidade instalada (em MW)		
	Termelétrica	Hidrelétrica	Total		Termelétrica	Hidrelétrica	Total
1883	0,052	—	0,052	1932	155,926	649,518	805,444
1884	0,080	—	0,080	1933	159,301	658,316	817,617
1885	0,080	—	0,080	1934	163,349	665,307	828,656
1886	0,080	—	0,080	1935	173,430	676,699	850,129
1887	0,240	—	0,240	1936	179,255	745,726	924,981
1888	0,400	—	0,400	1937	192,381	754,629	947,010
1889	0,500	0,250	0,750	1938	214,743	946,917	1.161,660
1890	1,017	0,250	1,267	1939	224,060	951,976	1.176,036
1891	1,017	0,250	1,267	1940	234,531	1.009,346	1.243,877
1892	3,034	0,375	3,409	1941	242,243	1.019,015	1.261,258
1893	3,034	0,636	3,670	1942	247,022	1.060,646	1.307,668
1894	3,293	1,285	4,578	1943	248,275	1.067,163	1.315,438
1895	3,843	1,991	5,834	1944	257,239	1.076,969	1.334,208
1896	4,083	3,592	7,675	1945	261,806	1.079,827	1.341,633
1897	4,083	3,652	7,735	1946	280,738	1.134,245	1.414,983
1898	4,083	4,049	8,132	1947	282,973	1.251,164	1.534,137
1899	4,183	4,509	8,692	1948	291,789	1.333,546	1.625,335
1900	5,093	5,283	10,376	1949	304,331	1.430,860	1.735,191
1901	4,918	32,662	37,580	1950	346,830	1.535,670	1.882,500
1902	4,668	33,585	38,253	1951	355,190	1.584,756	1.939,946
1903	4,828	34,421	39,249	1952	325,585	1.659,216	1.984,801
1904	5,094	34,442	39,536	1953	385,321	1.704,152	2.089,473
1905	6,676	38,260	44,936	1954	632,301	2.173,226	2.805,527
1906	8,646	40,375	49,021	1955	667,318	2.481,171	3.148,489
1907	9,286	43,851	53,137	1956	674,721	2.875,284	3.550,005
1908	11,986	89,773	101,759	1957	764,471	3.002,940	3.767,411
1909	13,050	103,034	116,084	1958	769,280	3.223,820	3.993,100
1910	32,729	124,672	157,401	1959	798,992	3.316,208	4.115,200
1911	35,424	131,945	167,369	1960	1.158,057	3.642,025	4.800,082
1912	43,933	180,018	223,951	1961	1.396,301	3.808,851	5.205,152
1913	49,370	194,859	244,229	1962	1.603,200	4.125,573	5.728,773
1914	50,423	253,015	303,438	1963	1.875,561	4.479,507	6.355,068
1915	51,106	258,692	309,798	1964	1.946,000	4.894,000	6.840,000
1916	52,657	260,436	313,093	1965	2.020	5.391	7.411
1917	53,120	266,413	319,533	1966	2.042	5.524	7.566
1918	55,274	271,673	326,947	1967	2.255	5.787	8.042
1919	62,642	278,394	341,036	1968	2.372	6.183	8.555
1920	66,072	300,946	367,018	1969	2.405	7.857	10.262
1921	66,206	305,109	371,315	1970	2.254	8.985	11.239
1922	68,806	313,588	382,394	1971	2.354	10.281	12.635
1923	75,017	320,656	395,673	1972	3.784	11.136	14.920
1924	78,863	387,031	465,894	1973	4.247	12.600	16.847
1925	90,608	416,875	507,483	1974	4.490	13.881	18.371
1926	102,660	489,282	591,942	1975	4.722	16.473	21.195
1927	110,732	539,108	649,840	1976	4.680	17.904	22.584
1928	130,829	576,607	707,436	1977	4.943	19.396	24.339
1929	138,589	621,747	760,336	1978	5.307	21.665	26.972
1930	148,752	630,050	778,802	1979	5.984	24.235	30.219
1931	153,325	646,086	799,411	1980	5.823	27.649	33.472

Ano	Capacidade instalada (em MW)			Ano	Capacidade instalada (em MW)		
	Termelétrica	Hidrelétrica	Total		Termelétrica	Hidrelétrica	Total
1981	6.096	31.173	37.269	1995*	7.753	51.367	59.120
1982	6.190	33.156	39.346	1996*	7.682	53.119	60.801
1983	6.188	34.178	40.366	1997*	8.083	54.889	62.972
1984	6.173	34.923	41.096	1998*	8.450	56.759	65.209
1985*	7.030	37.077	44.107	1999*	9.184	58.997	68.181
1986*	7.167	37.786	44.953	2000*	12.649	61.063	73.712
1987*	7.232	40.329	47.561	2001*	13.732	62.523	76.255
1988*	7.347	42.228	49.575	2002*	17.147	65.311	82.458
1989*	7.329	44.796	52.125	2003*	18.712	67.793	86.505
1990*	7.492	45.558	53.050	2004*	21.734	68.999	90.733
1991*	7.525	46.616	54.141	2005*	22.300	70.858	93.158
1992*	7.340	47.709	55.049	2006*	23.200	73.434	96.634
1993*	7.631	48.591	56.222	2007*	23.766	76.349	100.115
1994*	7.708	49.921	57.629	2008*	24.664	76.529	101.193

Fontes:

Estatística Brasileira de Energia. Boletim Semestral do Comitê Nacional Brasileiro da Conferência Mundial de Energia. Ano I, n.1, 1º semestre de 1965.

_____. Ano VI, n.12, 1970.

Estatística Brasileira de Energia 1993. Boletim Anual do Comitê Nacional Brasileiro do Conselho Mundial de Energia. Ano XXIV, n.39.

Estatística Brasileira de Energia 2007. Boletim Anual do Comitê Nacional Brasileiro do Conselho Mundial de Energia. Ano XLIII, n.53.

* A partir de 1985, os dados incluem metade da capacidade geradora instalada da Usina de Itaipu. Os dados referentes a 2008 foram fornecidos por Antonio Carlos Salmito, da CBCME.

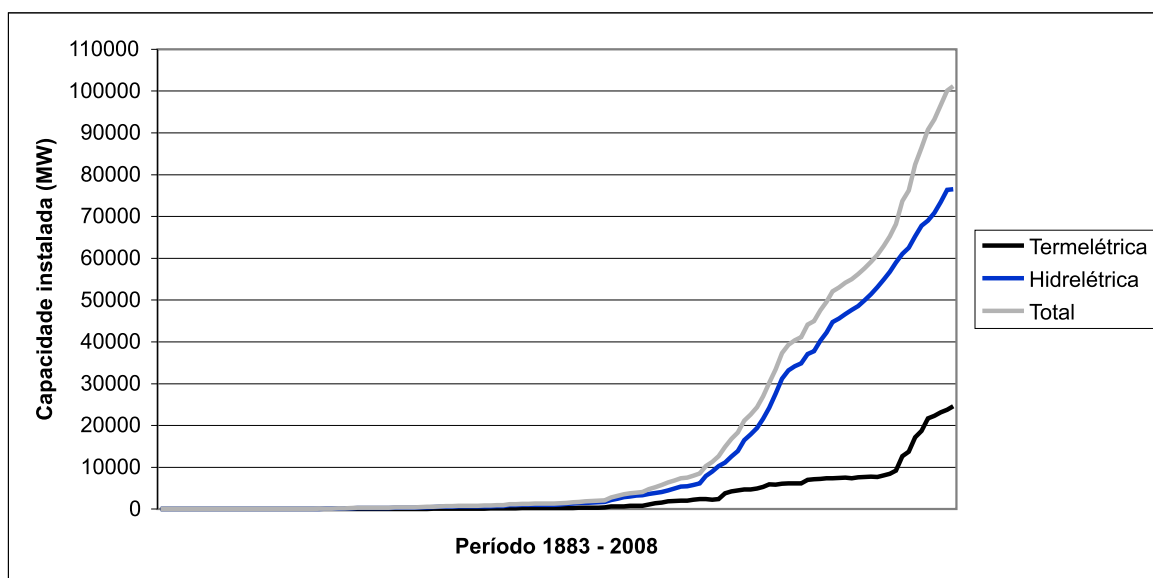


Gráfico 1

Evolução da capacidade geradora instalada no Brasil no período 1883 – 2008

O Motor a Jato e a Turbina ETN: Aventuras Tecnológicas Narradas pelo Professor Eugênio Trombini Pellerano*

RESUMO: Ao apresentar os projetos de um motor a jato e de uma turbina desenvolvidos nos anos quarenta e cinquenta na Escola Técnica Nacional (o atual Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ), resgata-se, na narrativa pedagógica própria do Professor Pellerano, a importância da pesquisa tecnológica na formação de técnicos e no desenvolvimento nacional. Trata-se de memória histórica e educacional, com significativas contribuições aos desafios do presente. **Palavras-chave:** Pesquisa e Desenvolvimento; Formação Tecnológica.

ABSTRACT: This text intends to remember the projects of a jet engine and a turbine developed in the forties and fifties at the National Technical School (now the Federal Center for Technological Education Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ), according to own narrative of Professor Pellerano. This historical and educational review shows the importance of technological research in the training of technicians and in national development, with significant contributions to today's challenges. **Keywords:** Research and Development; Technological Education.

O MOTOR A JATO BRASILEIRO

Uma Aventura a Dom Quixote

Um dos problemas angustiantes que havia em nosso país, em consequência da guerra, era a carência de transportes. Este foi o tema que escolhi para iniciar as aulas no Curso Técnico de Construção Aeronáutica, no ano letivo de 1948, na Escola Técnica Nacional, no Rio de Janeiro.

O Brasil deveria restaurar suas forças e valer-se da tecnologia para avançar na direção de melhores condições econômicas e, consequentemente, sociais.

E nós, professores e estudantes da área tecnológica, deveríamos reconhecer que a qualquer política assumida pelo governo no sentido de dinamizar a força de trabalho nacional, caberia aos técnicos uma grande parcela de atuação empreendedora e, assim, seria conveniente começarmos a agir nesse sentido. Além de chefiar o Curso Técnico de Construção Aeronáutica, eu tinha a responsabilidade das disciplinas Motores de Aviação e Desenho de Construção Aeronáutica.

Nessa época, estava em foco o motor a jato. Seu sucesso na II Grande Guerra, pela capacidade de propelar aeronaves com vertiginosas veloci-

dades, o que lhes permitia vencer grandes distâncias em curto período de tempo, estava empolgando o mundo inteiro e por que não também a nós?

O Brasil precisava enveredar pelo campo da pesquisa, a fim de criar o motor que sua imensa extensão territorial solicitava dos brasileiros, como que um desafio à sua capacidade de realização.

Santos Dumont sentiu, como ninguém no mundo, esse desafio, produzindo o primeiro balão dirigível motorizado e logo o Demoiselle, a primeira máquina mais pesada do que o ar, para voar, decolando por seus próprios meios. Ele possuía a volúpia da velocidade na conquista da distância e nos legou, como herança, a glória do gênio inventivo, o exemplo de pertinácia, coragem e convicção de suas idéias. Mas tudo isto foi possível, porque teve o apoio da França.

E nós? Não poderíamos seguir seus passos na direção da conquista do espaço brasileiro? Claro que sim. Esse foi o começo da proposta que apresentei de um novo protótipo de motor a jato adequado às nossas necessidades de progresso aeronáutico. Acreditávamos que os tempos estavam mudados e poderíamos realizar isto, aqui mesmo, dando motivação à juventude.

*As narrativas que compõem este texto foram extraídas do livro publicado pelo Professor E. T. Pellerano, em 1996, que o intitulou *As Aventuras de um Peripatético*, remetendo aos ensinamentos de Aristóteles. A editoria de TECNOLOGIA & CULTURA agradece às filhas do autor o consentimento de reprodução desta parte da obra.

Nosso objetivo firmou-se então em baixar ao mínimo o coeficiente de inércia do rotor, de modo a permitir maior segurança de voo e economia de combustível.

Deste modo, enquanto um motor convencional conhecido como turbo-trator possuía uma turbina e um compressor, unidos num só eixo, acionando uma hélice através de uma caixa de engrenagens, nosso trabalho resultou num novo tipo de turbo-jato-trator, que possuía completa independência mecânica entre o rotor, turbina-compressor-hélice e outras novidades.

O novo mecanismo estava harmonizado por cinco pontos característicos que o faziam diferente dos demais e constituía o primeiro motor a jato de desenho brasileiro já patenteado.

Essas características, em resumo, tornavam possível:

- a) rápidas variações de potência, porque o compressor estava sempre apto a fornecer o oxigênio necessário à combustão;
- b) recuperação rápida de estabilidade de voo, porque não apresentava grande inércia de conjunto;
- c) equilíbrio de voo no eixo de rota, graças às duas hélices que possuía, dotadas de movimento balanceado e contrarrotativo.

O lançamento desse projeto motivou a todos, menos à Administração, que, apesar de nossa proposta de que o protótipo, uma vez construído, seria destinado ao Laboratório de Máquinas, estabeleceu uma exigência de indenização pelo desgaste das máquinas e um lucro de 10% para a Escola sobre todo o trabalho!

Bem, como seria uma iniciativa de pesquisa tecnológica, paralela ao ensino, aceitamos sem relutância, apenas pedimos que a Escola levantasse o ônus que pagaríamos no encerramento da obra.

Começamos com uma turma do 3º ano do Curso de Construção Aeronáutica, uma de Eletrotécnica e alguns alunos de Máquinas e Motores, vindo, mais tarde, colaboradores de outros cursos.

Os desenhos eram estudados numa sala especialmente para esse fim e ali os alunos participavam durante as horas livres e durante a noite, com os alunos do internato. Era um grupo pequeno, altamente interessado e com apreciável desejo de pesquisa.

Os professores tomavam conhecimento do andamento do estudo e também opinavam, ajudando na elaboração do grande desenho do motor em escala de 2/1, em corte longitudinal, a traço fino, com

precisão, visto que dali sairiam as tarefas da execução do projeto.

Nas aulas de Desenho Técnico, os alunos recebiam o ensino da disciplina de acordo com as unidades do programa curricular, mas a aprendizagem era programada adequadamente de modo que os exercícios práticos fossem extraídos do desenho do conjunto em corte do motor afixado no mural. Assim, desde as mais simples representações objetivas que fossem oportunas para mostrar aos alunos, ou mesmo para lhes dar como exercícios, sempre havia naquele mural uma peça desenhada que servisse de exemplo.

Nem sempre o desenho do mural mostrava cada peça completa. Deste modo, os alunos tinham oportunidades de demonstrar sua criatividade, completando, dando formas, e até modificando parcialmente o projeto-modelo daquela peça.

A elaboração do detalhamento do projeto de um motor *sui generis* exige muita dedicação e estudo de quem se propõe a executá-lo e, neste protótipo, muitas alterações foram introduzidas, depois de algumas experiências feitas e outras sugeridas por dificuldades técnicas que comprometiam a exatidão do estudo.

Outra dificuldade era a falta de bibliografia, pois a disputa na eficiência dos motores a jato, nessa época, estava confinada nos países mais avançados nessa tecnologia e eles guardavam como segredos de guerra suas inovações.

Evidentemente nós teríamos de realizar mesmo um grande esforço para desenvolver um protótipo nosso, e o fizemos, valendo-nos dos conhecimentos técnicos e científicos da Física, da Termodinâmica, da Tecnologia das Turbinas e dos Compressores.

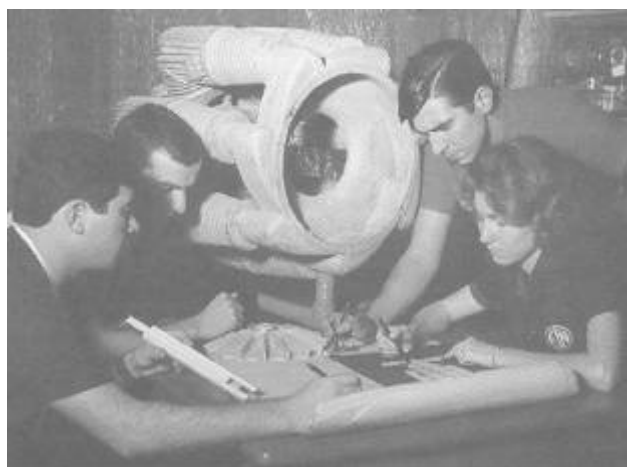


Figura 1
O motor a jato da ETN

Durante a construção do motor, houve movimentação total da Escola, tanto participavam os alunos diretamente comprometidos com o trabalho, quanto seus colegas de outros cursos, pois que era de interesse de todos ouvir o roncar desse motor a jato no canteiro de construção aeronáutica. Havia amplo noticiário, tanto de circulação interna quanto externa, através da imprensa, notadamente por parte da Agência Nacional e do Repórter Esso, num acompanhamento dos trabalhos, informando publicamente o que estava sendo realizado. Isto nos incentivava muito.

Equipada com laboratórios perfeitamente instalados, a Escola Técnica Nacional caracterizava-se por um ambiente que incitava ao estudo e à pesquisa. Neste sentido, muitos professores esforçavam-se empregando métodos modernos, dando exemplo de dedicação ao trabalho, procurando por todos os meios ao seu alcance elevar o nível cultural da Escola.

Durante as férias escolares, em Vitória, consegui a doação de pedaços de aviões de caça norte-americanos, obsoletos, que estavam sendo desativados pelos oficiais da USAF. Transporte-os para o sítio das Flecheiras e, com a ajuda do meu irmão Rodolpho e de minhas sobrinhas, derretemos o alumínio numa grande fogueira. Levei-o para a fundição da Escola Técnica de Vitória e o transformamos, depois de limpo, em barras de 10kg cada uma, ao todo 300 kg, e trouxe-as para a Escola Técnica Nacional, no Rio.

No dia da fundição da primeira peça do motor – o cárter das turbinas –, a oficina de fundição transformou-se num anfiteatro com centenas de espectadores. Eram os alunos, professores e funcionários, testemunhando o início da peça fundamental que iria dar origem ao primeiro protótipo de motor a jato no Brasil. Jornais, revistas, estações de rádio e companhias cinematográficas registraram o acontecimento, que foi propalado pelo mundo. O Diretor da Escola, nessa época, era o educador professor Heitor Calmon, que apoiava integralmente nosso trabalho. Enquanto jorrava o metal liquefeito na caixa de fundição onde estava moldada a peça, ele pronunciou uma rápida, mas expressiva saudação, dizendo:

– *Senhores, este é um momento de fé e esperança na juventude, porque sentimos que está sendo forjada ali uma peça do progresso do Brasil!*

E a experiência prosseguiu por alguns anos, com muito estudo, muita dedicação de todos, visto que as implicações de engenharia, nós, os professores, as resolvíamos, e as de natureza técnica e de mão-de-obra eram realizadas com a participação dos alunos, em

tempos extraclasse, quando não podiam ser engajadas nos trabalhos curriculares.

Um ensino assim conduzido não é simples de ser programado, pois absorve uma carga horária máxima de quem o deseja levar a efeito e também exige a dedicação de uma equipe que se disponha a tal empreendimento, usufruindo apenas uma recompensa calcada no altruísmo e na satisfação pela obra que se realiza com os educandos.

Esta jornada levou-nos a criar, paralelamente aos trabalhos, um canteiro de obras onde eram concentrados os objetos do projeto, os desenhos, modelos, peças, estudos, biblioteca e instrumentos, servindo também para reuniões, orientação, palestras e debates, convertendo-se, mas tarde, no Centro de Pesquisas da Escola Técnica Nacional. Nesse ambiente era instalado um banco de montagem e alinhamento do motor, ao passo que progredia sua construção.

Conquanto nossa contribuição para melhor objetivar o ensino, principalmente no curso de Construção Aeronáutica e Mecânica, prosseguisse atuando na aprendizagem de maneira positiva, a mudança da direção da Escola nos trouxe grandes dissabores: nosso laboratório foi arrombado e depredado, sumindo o projeto e o protótipo em construção. Requeri a instauração de inquérito, originando o processo 50.431/48, que voou no espaço burocrático, enfrentando sabotagens e tormentas de pareceres que destruíram todas as virtudes educativas de efetivação e de patriotismo, impedindo a concretização do motor.

Numa dessas tormentas, um executivo do Ministério da Educação e Saúde despachou: *Esse professor é convencido, declarou, no processo, que o motor de sua invenção poderia converter-se num projeto de interesse nacional. E argumentou: Mas, devemos considerar o motor citado, uma vez verificado seu completo funcionamento, como de interesse público?*

Como não só de tempestade vivemos, seguiu-se o parecer jurídico do consultor do próprio Ministério: *Havia, deste modo, íntima conexão entre o seu trabalho na invenção do motor a jato e o trabalho de professor, no interesse dos próprios alunos e no próprio interesse público, já que é de toda a sociedade o interesse no progresso científico.*

Decorridos dois anos e meio, quando já estávamos com os ânimos arrefecidos, o Ministro da Educação ordenou a devolução de tudo que se encontrava no laboratório, com o seguinte despacho: *Pode o caso ser encerrado, sem que essa decisão*

constitua desconsideração pelo professor solicitante, cujos méritos profissionais continuarão a ser justamente apreciados.

Salvaram-se os méritos profissionais, mas o motor, não!

Oportuno se torna esclarecer que, do ponto de vista lógico dessa experiência, a elaboração do Projeto e a construção do motor constituíram seu aspecto tecnológico, englobador das diversas disciplinas e procedimentos técnicos que serviram para produzir os ensinamentos dos quais alunos, professores e demais participantes tiraram proveito, aprendendo e produzindo, através das aulas e tarefas que executaram. Eventualmente poderia estender sua utilidade para outros fins, tais como peça de laboratório para demonstrações didáticas ou protótipo exequível de interesse industrial.

Por outro lado, vemos o aspecto psicológico da experiência, com relação ao estudante, que, envolvido nesse processo ativo de aprendizagem funcional, apoiado, essencialmente, no princípio de motivação realizadora, manifesta, através do comportamento, seu crescimento em maturidade, explicitado pelas virtudes de capacidade, de integração social, de espírito de iniciativa e de atitudes vocacionais, sobejamente evidenciadas nesse empreendimento.



Figura 2
Aluna da Química cuida da parte anticorrosiva do motor

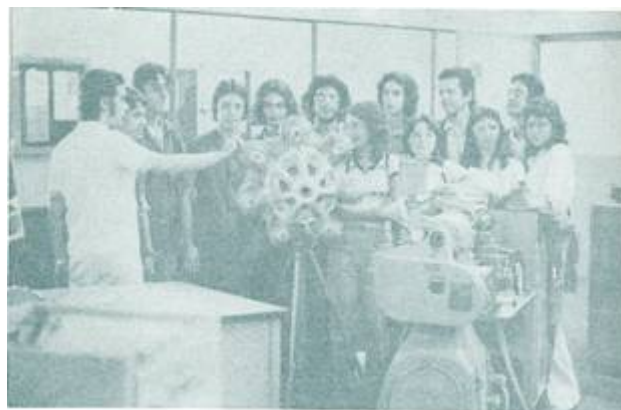


Figura 3
Alunos da Mecânica cuidam da ajustagem do motor

Elaborei cuidadosamente um relatório técnico ilustrado sobre o projeto e requeri privilégio de invenção do DNPI, a fim de resguardar nossos direitos. Decorrido o prazo normal, foi concedida a Patente de Invenção n 47.415, baseada em estudos da Diretoria de Material da Aeronáutica, cujo parecer técnico julgou *tratar-se de invenção original, prevendo-se satisfatório o resultado prático industrial.*

À vista do descaso das autoridades, resolvi liberar o direito de industrialização para quem o desejasse, mas, para isto, teria de contar com o assentimento do Governo, porque, de acordo com a Constituição, os inventos não poderiam ser negociados nem doados a nações estrangeiras, sem consulta prévia às nossas autoridades. Redigi, então, uma consulta ao Conselho de Segurança Nacional, juntando toda a documentação exigida. O processo foi remetido para exame no Instituto Tecnológico da Aeronáutica, em São José dos Campos.

Fui, então, convocado para discutir o assunto com o professor mister Simons. Tivemos uma longa discussão. Ele discordava dos meus pontos de vista, pois era um técnico e certamente tinha experiência com motores a jato. Tubo bem. Só não gostei quando ele sustentava que, com o peso do motor da minha invenção, nenhum avião levantaria do chão.

– *Mas, professor Simons, este é o primeiro protótipo. Realmente, em maioria, as peças são maciças e pesadas, mas ele está afixado no banco de provas de concreto armado e servirá apenas para os testes iniciais de funcionamento, não para voar. O senhor deverá concordar comigo que não será aqui no Brasil, sem contarmos com uma tecnologia avançada como nos Estados Unidos, que vamos pretender tanto, pois o motor Whryght Ciclon exigiu a construção de vinte*

protótipos até que o último fosse instalado num avião para testes de voo. Isto, nos Estados Unidos da América...

– Estou de acordo, mas seu mecanismo é complicado. Inadequado para aviação...

Saí sorumbático, perdido por muito ou pouco, não fazia grande diferença. Fizemos o que tinha de ser feito: registrar os fatos.

O processo foi arquivado. Requeri uma certidão do despacho final à minha consulta. A Secretaria Geral do Conselho de Segurança Nacional expediu o documento onde estava explícito: *Em face dos pareceres técnicos, esta Chefia opina pelo arquivamento do processo em questão, por não constituir o motor em causa matéria de interesse nacional e não se justificar, atualmente, a sua construção no Brasil.*

Nosso consolo veio mais tarde, quando recebemos uma carta da Fundação Santos Dumont, que seria ótimo se o motor a jato, tal como está, pudesse ser exibido ao público durante o Salão Internacional de Aeronáutica e Espaço, no contexto das comemorações do centenário de nascimento de nosso genial Patrono, a realizar-se em São Paulo, no período de 14 a 23 de setembro de 1973.

E assim, do Parque Anhembi, o protótipo inacabado do nosso primeiro motor a jato foi para o Museu de Aeronáutica, no Ibirapuera.

Ele representa um empreendimento de competência e entusiasmo de professores e jovens estudantes, inspirado no bom exemplo de Santos Dumont, mas impedido com a desculpa de que nada mais significa do que uma visão saída da cabeça de um Dom Quixote.

Mas estamos certos de que não será com peças quebradas no passado – no museu – que o Brasil terá um melhor futuro.



TECNOLOGIA ESMERADA NA ETN

Luz para os Índios

Durante as experiências que fui fazer nas minas de carvão do Arroio dos Ratos, no Rio Grande do Sul, ocorreu uma pane no conjunto moto-gerador de energia elétrica, forçando-nos a aguardar, por dias, um técnico para repará-lo. Isto deu-me oportunidade de investigar os motivos desses desarranjos, que, costumeiramente, prejudicam os usuários nos locais onde faltam recursos e pessoal habilitado para a necessária manutenção dessas máquinas modernas, mas complicadas.

Vi no Amazonas inúmeros barcos abandonados às margens do grande rio, exatamente pelo mesmo motivo – falta de condições de reparo de seus motores. Não há técnicos, material de reposição, nem oficinas especializadas.

O nosso imenso país oferece conforto e recursos diversos nos grandes centros populacionais. O desconforto, a falta de assistência técnica e de outras espécies vão desde a periferia até aos sertões.

A eletricidade se constitui na forma de energia mais prática e econômica, devido ao seu poder de transformação, adequando-se às várias modalidades de exigências do progresso e do conforto, quando produzida por geradores acionados por turbinas hidráulicas, especialmente em países de grande potencial como o nosso. Contudo, se produzida por moto-geradores acionados a combustíveis, como carvão, óleo, gasolina e urânio, impõe, como dissemos, cuidados especiais para garantia de seu funcionamento, que são os problemas de abastecimento e manutenção.

Então, analisando o recurso da energia elétrica e sua utilização em pequena escala, concluímos que oportuno seria construir um mecanismo simples e funcional, de baixo custo, e que pudesse ser operado facilmente, até por um indígena em plena selva, como se fora um moderno lampião.

O estudo de um projeto desse tipo teria de se preocupar com a eliminação de elementos passíveis de falhas que acarretam a paralisação do conjunto, tais como: sistema de ignição, carburação, lubrificação do conjunto, e comando de válvulas.

Figura 4

O protótipo do primeiro motor a jato brasileiro no Museu de Aeronáutica – SP

Eliminei esses dispositivos no projeto de uma nova máquina, a “Turbina ETN”, cuidei do seu planejamento tecnológico e elaborei um plano metodológico para sua execução, que seria orientado pelo Centro de Pesquisa da Escola Técnica Nacional.

Na aula inaugural do ano letivo de 1955, pronunciei uma palestra para os alunos dos cursos

técnicos de Eletrotécnica, Máquinas e Motores, presentes também os de Eletrotécnica da Engenharia de Operação, focalizando as bases da minha proposta e os detalhes tecnológicos da Turbina, apresentando uma perspectiva em corte, que muito facilitou a compreensão do trabalho que iríamos empreender na programática da minha cadeira de Desenho Técnico de Máquinas e Eletrotécnica.

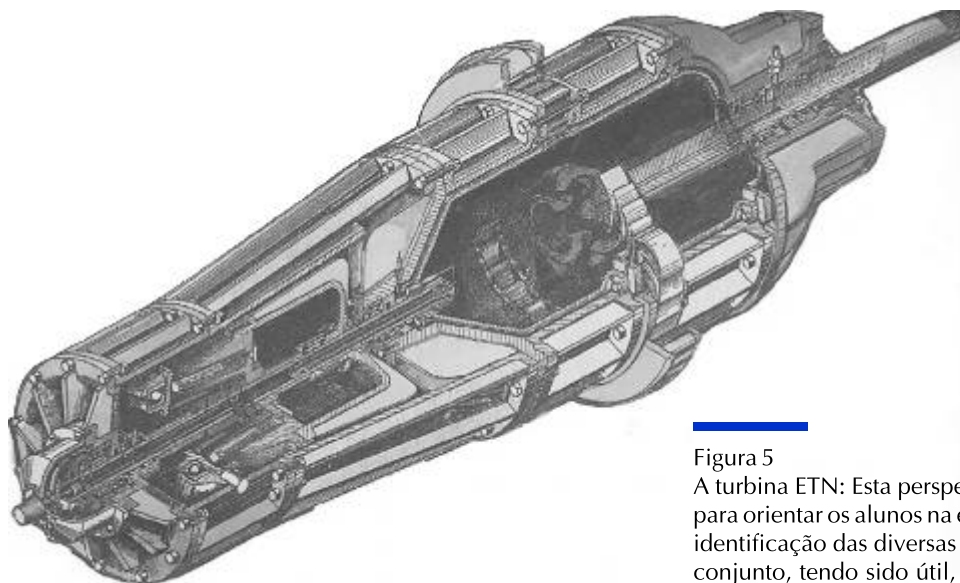


Figura 5

A turbina ETN: Esta perspectiva isométrica da turbina ETN serviu para orientar os alunos na elaboração do seu projeto, facilitando a identificação das diversas peças, sua posição, forma e função no conjunto, tendo sido útil, também, para elucidar as explicações sobre o seu funcionamento e dos sistemas de alimentação, lubrificação e arrefecimento.

Na ampla sala de Desenho, murais iam-se multiplicando, e nas estantes apropriadas já se acumulavam modelos de peças em madeira, objetos concretos dos desenhos que as figuravam. Era animador ver o entusiasmo dos alunos dinamizados pela orientação programada pelo Centro de Pesquisa, motivando professores e alunos, num objetivo comum – projetar e construir uma nova máquina.

Durante a confecção dos desenhos e dos respectivos modelos das peças, os alunos redobravam o interesse ao verem – em três dimensões – aquilo que, antes, eram simples riscos no papel. Estas oportunidades de auto-avaliação por parte dos alunos – analisando a idéia transportada para o desenho, sua interpretação subjetiva para o significado de cada traço no papel, a precisão exigida nas medidas e nas projeções constituíam contingências de reforço eficazes na aprendizagem, criando neles a convicção em sua capacidade de realização.

Essas atividades prolongaram-se por alguns anos. Turmas das primeiras séries engajadas no trabalho

prosseguiam em seus estudos já motivados, enquanto os veteranos deixavam a Escola a caminho da força de trabalho ou de cursos superiores, legando ao Centro de Pesquisas os produtos do seu aprendizado, úteis para uma realização, não, simplesmente, como exercícios para obter nota de avaliação escolar.

Obtínhamos, geralmente, o material para a construção, por doação, como o duralumínio que trouxemos de Vitória para o motor a jato; a sobra permitiu fundir e usinar as peças da Turbina com a participação dos professores e alunos da área de Mecânica.

Para a usinagem de certas peças, como o corpo da bomba de mistura ar-combustível, recorremos à ajuda do Arsenal de Guerra do Rio, onde oficiais, operários e estudantes da sua Escola de Aprendizes Artífices cooperaram inestimavelmente conosco.

Tivemos também a participação dos professores e alunos da Escola Técnica Estadual Visconde de Mauá, no balanceamento das peças móveis, e da Escola Técnica Ferreira Viana, no

tratamento eletroquímico das peças de aço e ferro. Movimentamos ainda o pessoal da Escola Técnica Federal de Química para a anodização das carenagens; porém, dada a falta de tanques de grandes dimensões, tivemos o valioso auxílio da Companhia Cafeteira Brasileira. Seus técnicos fizeram demonstrações aos alunos, anodizando, em cores, as peças externas da turbina.

Assim, o nosso projeto expandiu-se por outros educandários tecnológicos, levando aos estudantes oportunidades de participação num trabalho de equipe, avaliando sua importância na efetivação de um empreendimento inusitado.

Estávamos prestes a montar a máquina, e necessitávamos de um patrocinador para aquisição dos rolamentos. Acompanhado de um grupo de duas alunas e dois alunos, fomos à Companhia de Rolamento SKF do Brasil. O Gerente Geral não estava, mas fomos atendidos por um executivo conterrâneo, a quem explicamos tudo e solicitamos ajuda. Ele nos disse:

– *Mas os senhores devem compreender que esta é uma empresa que vive da venda de seus produtos e paga altos impostos, não pode fazer doações como essa que desejam. Isto custa muito dinheiro...*

Ao sairmos, chegava o Diretor Gunnard Wistrand, que logo nos atendeu em seu gabinete. Ficou entusiasmado, dizendo que apreciava estudantes como nós e lembrava do seu tempo lá na Suécia, quando fazia seus projetos na escola com os colegas. Examinou nossos desenhos dos rolamentos e notou que tínhamos usado um catálogo antigo. Chamou o auxiliar, pediu-lhe que relacionasse o que desejávamos e nos presenteou com cinco livros-catálogos novos, uma escala de aço inoxidável para cada um e disse que logo mandaria tudo para nós, exceto o rolamento especial, que ia encomendar na Suécia e, em breve, iríamos recebê-lo.

Ao agradecer, prometemos que sempre que falássemos da Turbina, diríamos que ela usava rolamentos SKF. Ao que ele respondeu: – *Oh! Vocês não precisam fazer isso. Desejamos, sim, que ela venha a ser industrializada, porque aí vamos vender muitos rolamentos.*

Foi uma alegria para todos.

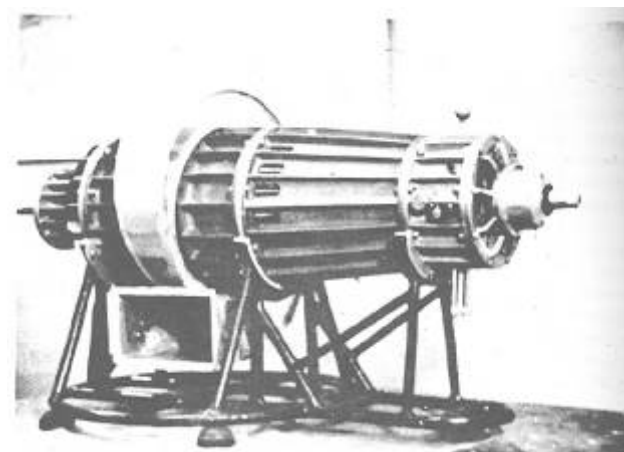


Figura 6
A Turbina ETN pronta

Terminada a construção da Turbina ETN, era chegado o momento de grande expectativa – testá-la. Para isto, teríamos de construir o banco provas que pudesse controlar todo o mecanismo, medindo e indicando suas condições de funcionamento a cada instante, visto que, tratando-se de máquina *sui generis*, não havia possibilidade de testá-la no Instituto Nacional de Tecnologia, nem no Instituto Tecnológico da Aeronáutica. Isto retardou por mais de um ano o levantamento das características da máquina, pois era a parte mais dispendiosa do projeto, pelo alto custo dos instrumentos que não podíamos construir: fios, disjuntores, perfilatos de alumínio, parafusos e chapas de aço para a confecção da mesa de controle e comando.

Embora tivéssemos realizado vários ensaios em funcionamento precário, somente em 1960 surgiu uma oportunidade que nos pareceu providencial, para conseguirmos o financiamento desejado. Seria a Primeira Feira Internacional de Indústria e Comércio, cujo pavilhão estava sendo construído no Campo de São Cristóvão, no Rio de Janeiro.

O Presidente Juscelino Kubitschek implantara a Meta Trinta de seu governo: *Cinquenta Anos de Progresso em Cinco Anos de Governo*. Isto vinha ao encontro das nossas aspirações, e, possivelmente, conseguiríamos o financiamento pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico. Em compensação, apresentaríamos a Turbina ETN como produto do desenvolvimento do ensino tecnológico, fator de progresso da Nação, na pesquisa para industrialização.

Reuni um grupo de estudantes e fomos ter com o Presidente. Ele foi atencioso, examinou fotografias e

alguns documentos que apresentamos, gostou da nossa proposta e, sorridente, despediu-se, entregando-nos a um de seus assessores para cuidar do caso. Deram-nos uma carta de apresentação com a recomendação do Presidente ao Diretor do BNDE, para que fosse estudado o financiamento. Ele nos atendeu muito bem, examinou o que tínhamos para mostrar e designou um assistente para ir à Escola conhecer o nosso trabalho. Este nos aconselhou a fazer um relatório, acompanhado de um orçamento, tudo de comum acordo com Diretor da Escola.

Entregamos o relatório e algumas fotografias. Então, exigiram que apresentássemos uma maquete, em escala de 1/10, do stand que deveria ser reservado para a Escola, no Pavilhão da Feira.

Comuniquei ao Diretor a exigência da maquete do stand e solicitei que ele fizesse uma indagação, a fim de saber se algum professor pretendia apresentar algum trabalho na Feira. Realmente não havia outro trabalho, pois a maioria participava da construção da Turbina, que era, também, o trabalho deles.

Fizemos tudo bem feito. Estávamos esperançosos. Os rapazes vibravam porque iríamos trabalhar intensamente na confecção do banco de provas, tão logo viesse a bendita verba, que, aliás, era modesta.

Enviamos cartas para as companhias de petróleo, Gulf, Texaco, Standard, Petrobras e Esso, explicando que, em breve, experimentaríamos a Turbina e desejávamos testar combustíveis e lubrificantes, para o que necessitávamos de amostras com suas respectivas características específicas, físicas e químicas.

Passados alguns dias, aparece na seção de montagem um cavalheiro distinto e perguntou:

– *É aqui que vão testar uma turbina?*

– *Sim, senhor* – respondemos em coro.

– *Onde fica o depósito de combustível? Sou o engenheiro da Esso. Vim trazer a encomenda que os senhores pediram.*

– *Que beleza! Vamos ao almoxarifado.*

Quando saímos, à porta estava um baita carro-tanque, cheio de querosene de aviação! A generosidade desta única firma que levou a sério nosso trabalho foi deveras animador, pois não tivemos depósitos suficientes para estocar tanto combustível...



Figura 7

Ela projetou e está testando o circuito elétrico de controle da bomba de combustível.

Uma particularidade curiosa que programamos para a apresentação da Turbina na Feira era sua versatilidade, pois que, com simples manejo de uma alavanca, instalada na mesa de controle, ela poderia funcionar como motor a jato, turbina a vapor, ou turbina mista de vapor e gás. No painel da mesa, o instrumental indicaria as condições do funcionamento, através de sensores embutidos na Turbina, permitindo a análise perfeita dos princípios termodinâmicos aplicados a esses tipos de máquinas.



Figura 8

A Turbina ETN: maquete para apresentação na Feira.

Mas, aí, o diabo se meteu, dando a maior trapalhada. Um puxa-saco, professor que estava à disposição do Banco, telefonou para o nosso diretor, avisando que o cheque era nominal para o responsável pela construção do banco de ensaios. O nosso diretor, mais que depressa, foi conversar com o diretor do banco do dinheiro, alegando que o financiamento deveria ser para a Escola, a fim de atender a outros professores expositores, pois não achava justo patrocinar apenas o grupo da turbina.

Protestamos, porque, realmente, a verba foi orçada especificamente para o nosso projeto e sob nossa responsabilidade de posterior prestação de contas. Além do mais, a Turbina, depois de pronta, seria destinada ao Laboratório de Máquinas da Escola. Portanto, era descabido o impedimento.

O Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico exigiu, então, que a Escola apresentasse os projetos e orçamentos dos demais trabalhos a serem exibidos. Isto não tinha jeito de se fazer, porque não havia outros pretendentes.

À vista do problema criado, o Banco anulou o cheque!

A área destinada à ETN ficou aguardando outra oportunidade, já que não tivemos recursos para construir o seu banco de ensaios, e apresentá-la sem funcionar plenamente comprometeria o êxito do nosso propósito – demonstrar a capacidade realizadora de nossos futuros técnicos, alunos da ETN, levando a sério a iniciativa de um Brasil progressista.

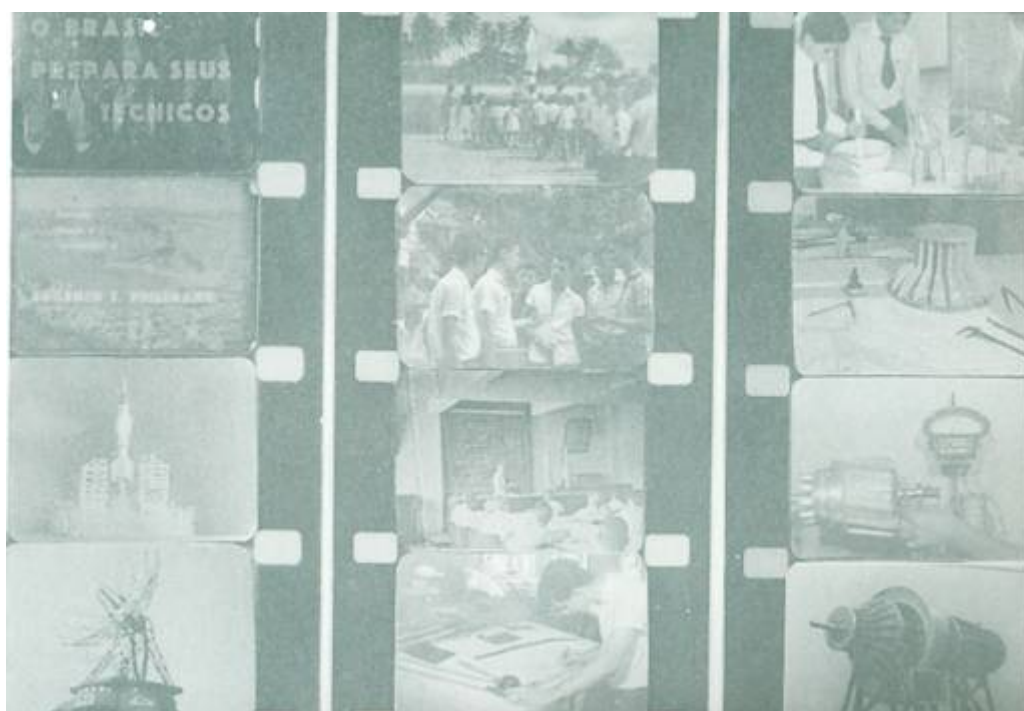


Figura 9

Alguns quadros do filme documentário “O Brasil prepara seus técnicos”, que elaboramos para explicar a metodologia do Centro de Pesquisas no Ensino Tecnológico, focalizando a dinâmica do projeto e da construção de turbina mista de vapor e gás.

Nota da editoria

Eugênio Trombini Pellerano (1914-2006) foi agrimensor, brevetou-se aviador civil, obteve carta de arrais e, convocado pela Marinha, foi prático da Barra e do Porto de Vitória durante a 2ª Guerra Mundial. Professor da Escola Técnica de Vitória, em 1945, transferido para a Escola Técnica Nacional (atual CEFET/RJ), nela dirigiu os cursos técnicos de Construção Aeronáutica, de Meteorologia e o Centro de Pesquisas, desenvolvendo vários projetos. Físico e mestre em Educação, publicou sua tese ***O Centro de Pesquisas como Agente de Motivação Realizadora do Ensino Tecnológico***. Com bolsa de pesquisa do CNPq, trabalhou na Divisão de Raios Cósmicos do CBPF. Professor assistente da cadeira de Física Geral da UERJ, desenvolveu o projeto Plank, com pesquisa sobre combustão de misturas gasosas provocada pela radiação cósmica, concluída no CEFET/RJ e apresentada na 46ª Reunião Anual da SBPC.

CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

HISTÓRIA DA TECNOLOGIA NO BRASIL: DESAFIO A NOVOS GRUPOS DE PESQUISA

ENTREVISTA COM MARCO BRAGA

Marco Braga, presidente do Comitê Técnico-Científico da Revista Tecnologia & Cultura, é professor do CEFET/RJ e coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Graduado em Física (UFRJ), mestre em Educação (PUC-Rio) e doutor em Engenharia de Produção (COPPE-UFRJ), junto a um grupo de professores-pesquisadores, é coautor de **Ciência no Tempo** (Atual Editora) e de **Breve História da Ciência Moderna** (Jorge Zahar Editor), coletâneas em que ciência, tecnologia, arte e filosofia são apresentadas como parte de um grande processo/movimento.



T&C – Como se caracterizam os estudos de História da Tecnologia?

MB – A história da tecnologia se tornou um campo de estudos na Europa e nos EUA a partir do século XIX. Impulsionados por correntes de pensamento marxistas, que colocavam nas relações econômicas a base da compreensão da sociedade, esses estudos foram se consolidando ao longo do século XX. Hoje já se encontram programas de pesquisa na área em muitos países. Em alguns deles existem investigações até em arqueologia industrial, que têm foco nos séculos XVIII e XIX, mas não descuidam dos séculos anteriores. Existe um historiador francês, Jean Gimpel, que chegou a defender a tese de que houve uma revolução industrial na Idade Média. Essa tese chegou ao Brasil em publicação de obra sua pela Zahar Editores, em 1977. Se ampliarmos o termo para uma história das técnicas, poderemos chegar às pesquisas sobre a Idade da Pedra.

T&C – Em termos mundiais, existe uma tradição nessa área. E no Brasil, como se desenvolvem as pesquisas a respeito da História da Tecnologia?

MB – No Brasil, ainda é um campo embrionário. Existem alguns pesquisadores que se dedicaram ou se dedicam ao tema, como Ruy Gama, Milton Vargas, Shozo Motoyama, Paulo Pardal e Fernando Lobo Carneiro, entre outros. Todos, de forma pioneira, procuraram desenvolver investigações nessa área. Mas não existia uma tradição que se convertesse em programas de pesquisa consolidados nas universidades. Só recentemente, a partir do crescimento das pesquisas em história da ciência, a história da tecnologia começou a se consolidar. O número de pesquisadores de história das ciências ainda é bem maior do que o número daqueles que se voltam à história da tecnologia.

T&C – Quais as dificuldades para que se estabeleçam grupos de pesquisa em História da Tecnologia, hoje, no Brasil?

MB – Tanto a história das ciências como a história da tecnologia são áreas interdisciplinares. Uma área constituída nessa perspectiva necessita de contribuições de historiadores, cientistas, engenheiros, sociólogos e filósofos. O grande problema é que muitas vezes torna-se difícil juntar esses profissionais em projetos comuns. Cada um tem uma formação voltada para problemas específicos de sua área, com linguagens e códigos próprios. Um historiador, sem formação técnica, ficaria restrito a uma descrição da criação

política da empresa. Um engenheiro talvez se concentrasse em processos e artefatos. Um sociólogo poderia focar nas relações de poder no interior da empresa, no chão de fábrica. E como explicar o surgimento geográfico de algumas dessas empresas sem entender os polos de formação que às vezes surgem em torno a uma escola ou universidade? Tudo isso é parte de um único processo, um único movimento. Portanto, sem equipes interdisciplinares que dialoguem e troquem informações sobre seus olhares, a compreensão fica fragmentada.

O desafio é construir pontes, criar canais de comunicação que permitam o livre trânsito de conhecimentos entre as áreas. A PUC-SP e a USP já têm tentado criar esses ambientes interdisciplinares. A UFRJ, com o Programa de História da Ciência, da Tecnologia e Epistemologia (HCTE), também. Acredito que, com o tempo, isso será possível em outras instituições em que a história da ciência e a da tecnologia estejam nucleadas em um só departamento.

T&C – Que temáticas seriam interessantes a esse campo de estudos no Brasil, hoje?

MB – O Brasil já possui uma tradição tecnológica importante. Nesta revista tentou-se organizar um possível espectro temporal e de diversidade de temas. Empresas como EMBRAER, EMBRAPA, PETROBRAS, FURNAS, ou, ainda, a Marcopolo, no setor automotivo, são exemplos a serem estudados. São empresas que geram tecnologia e participam do jogo global em pé de igualdade com suas congêneres no mundo. Muitas delas possuem parcerias com universidade e desenvolvem projetos conjuntos. Todas se consolidaram na segunda metade do século XX. A compreensão dos processos de constituição dessas empresas faz parte de um grande desafio para os historiadores da tecnologia.

T&C – A questão das parcerias de empresas com universidades, em projetos conjuntos, é um tema que interessa diretamente ao CEFET/RJ como instituição de educação tecnológica que atua na formação de técnicos, engenheiros, pós-graduados, etc. Qual a importância de se compreender historicamente o papel das universidades ou escolas de engenharia nesse processo?

MB – Esse é um tema que me interessa muito também. Em minha tese de doutorado, procurei discutir a importância de uma escola de formação de engenheiros

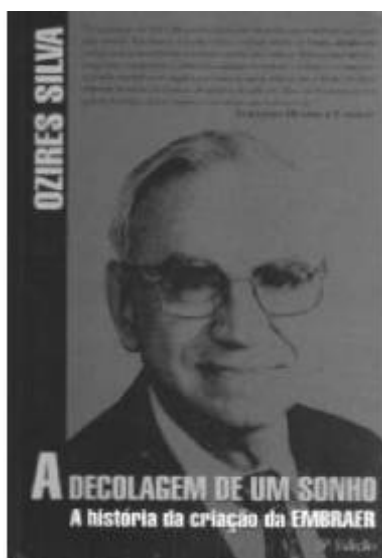
no contexto da formação do pensamento científico e tecnológico na França do fim do século XVIII e início do XIX. A “École Polytechnique de Paris” teve um papel fundamental na ciência e tecnologia francesa ao longo de todo o século XIX. Havia muitas escolas de engenharia na França no século XVIII. Elas forneciam formações de cunho prático. A Politécnica foi fundada durante a Revolução Francesa para dar formação científica e matemática para o futuro engenheiro. Esse é o cerne da transformação da técnica em tecnologia. Os dois primeiros anos da formação dos engenheiros franceses eram na Politécnica. A partir daí, eles cursavam a vertente profissional. A Politécnica foi a mãe da formação dos engenheiros brasileiros. A Escola Politécnica do Rio de Janeiro foi fundada sob esse modelo. Ao longo de minha pesquisa encontrei diversos livros didáticos utilizados pelos futuros engenheiros franceses em Paris. Os mesmos livros foram encontrados na biblioteca de obras raras da Escola Politécnica da UFRJ. O modelo foi transposto, inclusive na bibliografia de estudo.

A Politécnica deu a tônica de tudo que se fez em tecnologia na França depois de sua criação. O grande problema dessa escola era a demasiada ênfase na teoria. O engenheiro saía com muito conhecimento teórico e pouco prático. Os franceses resolveram isso criando uma série de escolas de engenharia mais práticas, como a do “Conservatoire des Arts et Métiers”. As escolas alemãs, ao contrário, davam ênfase muito grande na prática. Essas características da formação criaram culturas tecnológicas bem diferentes nos dois países. Eu entendo a cultura tecnológica como uma forma própria de produzir os artefatos. Os franceses têm um grande desenvolvimento na Europa no que tange ao aspecto teórico, hoje diríamos os softwares. Os alemães já privilegiam a eficiência e durabilidade dos artefatos. Os italianos dão grande valor à estética. Não é sem razão que a maior parte do *design* automobilístico está na Itália.

Portanto, acredito que essas escolas concretas tendem a nuclear escolas de pensamento no campo da tecnologia, que vão nortear certo saber-fazer próprio de cada região. Além disso, elas tendem também a nuclear novas regiões industriais, como foi o caso do ITA, em São José dos Campos.

T&C – O Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do CEFET/RJ, ora sob sua coordenação, teve recentemente aprovado um novo curso de mestrado. O Programa terá alguma vertente nessa linha da História da Tecnologia?

MB – O novo curso é o Mestrado Acadêmico em Ciência, Tecnologia e Educação. O curso estrutura-se em duas linhas de pesquisa – História e Filosofia da Ciência e da Tecnologia, e CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) –, que irão trabalhar de forma integrada, a partir de suas aplicações na educação. Nossos alunos deverão ser professores de Física, Química, Biologia, Matemática ou Engenharia que queiram trabalhar com problemas ligados a essas linhas. Portanto, a História da Tecnologia estará presente, assim como a Filosofia da Tecnologia, também. Estamos ligados à área de Ensino de Ciências e Matemática da CAPES e, portanto, nossas dissertações devem ser voltadas para o ensino dessas disciplinas, que têm caráter bem definido. Mas isso não impede que tenhamos dissertações de cunho histórico ou filosófico, que procurem pensar a ciência e a tecnologia em suas múltiplas relações. Nesse sentido, as linhas de pesquisa se entrelaçam. Minha tese de doutorado, embora tenha sido defendida na Engenharia de Produção, é um bom exemplo desse entrelaçamento, relacionando Educação, Ciência e Tecnologia com as Ciências Humanas (História e Filosofia). O novo mestrado tem como horizonte a formação interdisciplinar da docência.



Ozires Silva

A decolagem de um sonho: A história da criação da EMBRAER
Lemos Editorial, São Paulo, 5. ed., 2005

Carmen Perrotta

Diretora de Gestão Estratégica do CEFET/RJ

Neste livro, que começou a ser escrito em 1994 e, lançado em 1998, ganhou sucessivas edições, Ozires Silva, nascido em Bauru, interior do estado de São Paulo, em 1931, de família modesta, presidente da EMBRAER por duas vezes, narra, em emocionado e valoroso testemunho pessoal, a história da empresa, dona de marca própria e capaz de gerar sua tecnologia.

A obra, depoimento vivo de acontecimentos até o início de 1986, que tem como ponto de partida, no início da década de quarenta, o experimento de jovens estudantes interessados em aeromodelismo e planadores, é dedicada, pelo autor, ao seu país que, por meio da educação pública, o fez crescer.

No que considera um ensaio inicial da saga do desenvolvimento dos aviões brasileiros, Ozires reitera, ao longo do texto, a importância da educação e das pesquisas – científica e aplicada – como ferramentas do desenvolvimento.

Na atualidade, está mais do que entendido que o mais simples dos produtos não mais pode ser fabricado sem uma soma de técnicas e de conhecimentos adequados.

O processo de geração e de aplicação do conhecimento nunca é fácil, em particular para países em desenvolvimento. No entanto, guardo comigo a determinação de que isto precisa mudar. Não retiraremos o pobre e sofrido povo brasileiro da sua posição secundária no mundo competitivo se não investirmos em educação e no desenvolvimento tecnológico. Não há lugar no planeta Terra para aqueles que, com suas habilidades e inteligência, não sejam capazes de transformar recursos naturais em produtos acabados.

Muito infelizmente no Brasil, ainda vivemos sob contrastes, e a nação mostra-se injusta com uma imensa parcela de pessoas pobres, pouco educadas e, conseqüentemente, marginalizadas. Raramente e muito sem convicção pensa-se na tecnologia como sérias e poderosas alavancas para eliminar a miséria. Com a experiência que ganhei ao longo da vida, e nos contatos com a produção mundial, fiquei convencido de que sem marcas próprias, sem produtos de grande valor agregado, passando por processos produtivos eficientes e de alta qualidade, dificilmente nos livraremos do terrível circuito fechado da pobreza.

Em linguagem simples, entremeada de histórias da vivência pessoal, mesmo aqueles distanciados do interesse da construção aeronáutica encontrarão na narrativa – repleta de informações técnicas – o entusiasmo de quem, conhecendo a realidade brasileira, decolou no desafio da fabricação de aviões no país.

Finalmente chegou o grande dia da apresentação oficial. (...)

Quando completadas as verificações de rotina, agora já abreviadas, em poucos instantes o Bandeirante estava alinhado na pista de terra com os motores acelerados, iniciando a corrida para decolagem. Uma grande esteira de poeira vermelha daquela pista provisória foi se formando, mostrando uma peculiar imagem de um avião moderno em uma infraestrutura não preparada. (...)

O entusiasmo estava à flor da pele de todos quando, após um deslocamento de uns 600 metros, o Bandeirante ergueu o nariz iniciando uma forte subida para o bonito azul do céu. Ganhando altura fez uma suave curva à direita e

retornou para, em velocidade de cruzeiro e em baixa altura, passar à frente de todos. Pela primeira vez via-se voar um bimotor turbo-hélice brasileiro que deveria marcar o esforço para desenvolver no país uma nova base de capacitação para a produção seriada de aviões comerciais e militares. (...)

... o Bandeirante não tinha sido construído para ser um simples avião. Para nós ele se destinava a demonstrar uma tese: era possível no Brasil daquele tempo projetar e construir aviões com objetivos precisos de atender determinados perfis de demanda mercadológica. Parece pretensioso? E era, dizíamos nós. (...)

O ano de 1969 começou com a nossa equipe buscando encontrar soluções possíveis para assentar as bases e conseguir o lançamento da produção seriada do Bandeirante. Para isso seria necessária uma empresa industrial.

Para os diretamente interessados nesse tipo de construção, é rica de informações a trajetória de formação e de trabalho em que o oficial aviador, engenheiro aeronáutico, mestre em Ciências Aeronáuticas vai apresentando os pioneiros no campo da aviação nacional, os aviões estrangeiros utilizados pela aviação militar e civil, e, a partir do Projeto IPD-6504, protótipo do avião que recebeu o nome de “Bandeirante” – lembrando o esforço dos predecessores bandeirantes no trabalho para consolidar a unidade nacional –, a parte da história da construção da aeronáutica no Brasil que ajudou a escrever com a criação e o desenvolvimento da EMBRAER.

O tempo passa depressa. Chegamos a 19 de agosto de 1984, quando a EMBRAER atingiu seus 15 anos de vida. Criada em 1969 chegou àquela data com um expressivo balanço de realizações e com dimensões já bastante razoáveis para uma empresa daquele tipo. Durante o período projetou e desenvolveu cinco diferentes aviões e lançou a produção de mono e bimotores para uso civil, um planador e engajou-se na criação de um avião de combate tático, em cooperação com a Itália.

Suas instalações industriais atingiram 160 mil metros quadrados, empregando quase 7 mil pessoas. De suas linhas de produção, saíram cerca de 3.000 aviões. Sem dúvida eram números expressivos. A Empresa tinha crescido, incorporado a Indústria Aeronáutica Neiva Ltda., de Botucatu, e criado a EAC – EMBRAER Aircraft Corporation, nos Estados Unidos, a EAI – EMBRAER Aviation Internationale, na França, e a EDE – EMBRAER Divisão de Equipamentos, em São José dos Campos.

Alguns aspectos impressionavam observadores externos. Um quarto da força de trabalho estava no Departamento Técnico, responsável por toda a

engenharia dos produtos da empresa. O Departamento de Produção já iniciava a utilização extensiva de máquinas pesadas, de controle numérico e comandadas por computadores ou por sistemas computadorizados, agregando adicionalmente um sem-número de técnicas de produção inéditas no país.

E, no livro, Ozires Silva conta a respeito do Bandeirante e suas versões, do Ipanema, do Xingu, do Tucano, do Brasília, do AMX...

Como ele mesmo explica, sem desmerecer qualquer outro produto, os aviões situam-se entre aquelas máquinas mais difíceis de se produzir e operar. Há poucos segmentos industriais que requerem tanto capital, tanto pessoal especializado de alto nível, tanta diversificação e tanta tecnologia diferenciada. Além de sua peculiar complexidade, o avião é um produto tipicamente sujeito a riscos e sua produção sujeita a uma dinâmica de mercado, de forma muito particular. A concorrência intensa determina que o planejamento estratégico das empresas fabricantes vivam um clima quase de constante turbulência. As empresas precisam ser competitivas em preços, em tecnologia de manufatura e em processos de vendas. Na indústria aeronáutica, o avião é um negócio internacional, não tem fronteiras.

A EMBRAER, constituída em 1969 como empresa de capital misto, com grande aporte de capital estatal, foi privatizada em 1994, mantendo o controle nacional. Atuando na aviação comercial, no mercado de defesa e na aviação executiva, está completando 40 anos de existência, tendo produzido cerca de 5.000 aviões, que operam em 88 países dos cinco continentes.

Como presidente da empresa, Ozires Silva atuou desde sua fundação até 1986, quando foi chamado a presidir a Petrobrás. Em 1991, retornou à EMBRAER, defendendo a privatização da empresa frente a um mercado em franca recessão, à redução de orçamento do Ministério da Aeronáutica e a restrições regulamentadoras do Governo Federal no controle de suas empresas, com impacto em ações e decisões necessárias à competitividade.

Na materialização do sonho, Ozires Silva não se apresenta um “eu” solitário. Muitos outros protagonistas – visionários e empreendedores – e companheiros de equipe são trazidos à cena. Entre tantos, o Brigadeiro Casemiro Montenegro Filho, que, no final da década de 40, lutou pela criação do Instituto Tecnológico da Aeronáutica (ITA), em São José dos Campos.

Na realidade ele [o ITA] é um dos institutos que constituem a organização maior, o Centro Técnico de Aeronáutica, (hoje, o nome foi mudado para Centro Técnico Aeroespacial). O plano, no período em que o Centro foi concebido, era assegurar a operação de uma instituição ampla e baseada num tripé considerado fundamental para o desenvolvimento de uma indústria aeronáutica: ensino, pesquisa e indústria. Os idealizadores acreditavam, e estavam certos, que seria necessária para criação de um núcleo de atividade industrial no país, nos campos de interesse da aviação, uma escola – e que teria de ser de alto nível. Foi esta a razão pela qual o Centro Técnico começou exatamente pelo ITA e através de um convênio firmado com MIT – Massachusetts Institute of Technology, dos Estados Unidos. O objetivo era muito claro: formar engenheiros aeronáuticos.

Posteriormente, e ao longo do tempo, outros institutos foram agregados às instalações iniciais: o IPD – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento, IFI – Instituto de Fomento e Desenvolvimento Industrial, IAE – Instituto de Atividades Espaciais e IAV – Instituto de Estudos Avançados. (...)

O CTA era então um enorme passo à frente num país como o Brasil dos anos 50. (...)

Se alguém quisesse fabricar algo no campo aeronáutico, certamente deveria estar vinculado ao Centro.

Decorridos dez anos da primeira edição desta obra, foi lançada uma edição comemorativa, pela Campus–Elsevier, agora intitulada **A Decolagem de um Grande Sonho – Embraer: a Vitória do Conhecimento e da Tecnologia**. Há nessa leitura um adensado material à reflexão daqueles que se dedicam à educação tecnológica.



Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática

Dissertação 1

Título: ONDAS DE RÁDIO NO ENSINO MÉDIO COM ÊNFASE CTS

Autor: Anna Paula Damato Bemfeito

Orientador: Deise Miranda Vianna

RESUMO: Apresentamos aqui uma proposta educacional que se constitui em um produto de aplicação para a sala de aula de física do ensino médio. A partir da polêmica que envolve as rádios não legalizadas, denominadas rádios pirata, escolhidas como tema organizador, propõe-se uma sequência de etapas voltadas para o ensino de ondas de rádio com ênfase CTS. O grande objetivo é colaborar com a prática de educadores em ciência que desejam dar conta de um ensino que apresente um bom aprofundamento dos conceitos científicos em concomitância com uma visão crítica de ciência e que colabore com uma formação voltada para a ação cidadã. Para tanto, após um panorama dos estudos CTS e das concepções de ciência e sociológicas que sustentam esse campo de pesquisa, apresentamos os pilares metodológicos que sustentam a proposta, as atividades investigativas e a utilização de controvérsias simuladas em sala de aula. Em seguida, explora-se a adequação do tema organizador para essa linha pedagógica, destacando as diversas dimensões presentes. Por fim, a sequência de trabalho é apresentada seguida de uma série de orientações e sugestões ao professor. O produto propriamente dito encontra-se no Apêndice, em formato de material para o aluno e para o professor. Anexamos, também, uma vasta documentação de apoio, alguns vídeos e sugestões de trabalho com filmes e sites.

Dissertação 2

Título: ENSINO DA FÍSICA MEDIADA POR COMPUTADOR E AS NOVAS TECNOLOGIAS PARA ALUNOS DO PROEJA

Autor: Luiz Roberto Barcelos

Orientador: Marco Antonio Barbosa Braga

RESUMO: A presente dissertação visa apresentar técnicas para o ensino de Física com o uso de novas tecnologias mediadas por computador para turmas do Ensino Médio, em especial turmas do PROEJA – Programa de Integração Profissional com Ensino Médio na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos – do Colégio Pedro II. Essa proposta foi desenvolvida para que pudéssemos ter aulas mais motivadoras. Para tanto, os conteúdos programáticos foram desenvolvidos com o auxílio de animações e vídeos, e as experiências foram apresentadas através de simulações, pois acreditamos que, dessa forma, esses conteúdos serão mais bem assimilados pelos alunos, ajudando o professor a tornar sua aula mais dinâmica.

Dissertação 3

Título: APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E GEOMETRIA DINÂMICA

Autor: Francisco José Henriques Pereira

Orientador: Daniel Guilherme Gomes Sasaki

RESUMO: A presente dissertação tem por objetivo contribuir para as discussões a respeito do uso do computador no processo de ensino-aprendizagem. Com esse intuito foi desenvolvida uma sequência de atividades de geometria, baseada nos conteúdos de 9º ano do ensino fundamental, e aplicada com o apoio de um programa de geometria dinâmica – livre, gratuito e de código aberto – denominado, na versão em português, “Régua e Compasso”, similar ao Cabri Géomètre II. Construída com base na teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel, essa sequência foi aplicada, parte no laboratório de informática, com o auxílio de roteiros, e parte em sala de aula, com a aplicação de questionários. Os roteiros tinham por objetivo: guiar a prática dos alunos no laboratório; proporcionar a reflexão sobre aquilo que estavam construindo; além de nos ajudar a detectar os subsunçores necessários ao desenvolvimento de nosso trabalho. Os questionários, elaborados com base na metodologia P.O.E. (Predict-Observer-Explain), utilizavam a predição como forma de estimular o interesse dos alunos, além de nos permitir conhecer mais sobre os seus esquemas e concepções.

Neles, o aluno realizava uma construção no papel e era instado a prever o que iria acontecer com um determinado elemento do desenho; após isso, a mesma construção era repetida no laboratório de informática, com o auxílio do programa de geometria dinâmica. Desse modo, o aluno, então, verificava se a sua previsão estava correta ou não, fornecendo uma explicação para o resultado. Este método representa uma adaptação em experimentos geométricos dos tradicionalmente utilizados em pesquisas de laboratório nas áreas de física e química. Encontram-se disponibilizados nos apêndices todos os roteiros e questionários aplicados ao longo do trabalho. Durante o ano, percebemos uma mudança de postura dos alunos quanto ao estudo da geometria e verificamos também a ocorrência de uma aprendizagem significativa dos conceitos geométricos, favorecida pela utilização dos roteiros e questionários e pelo trabalho em ambiente dinâmico.

Mestrado em Tecnologia

Dissertação 1

Título: PROPOSTA PARA ADAPTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL A OFICINAS DE MANUTENÇÃO E REPARAÇÃO DE VEÍCULOS BASEADA NA GESTÃO POR PROCESSOS

Autor: Alexandre Cardoso Maurício Valente

Orientador: José Antonio Assunção Peixoto

Coorientador: Leydervan de Souza Xavier

RESUMO: Esta dissertação foi desenvolvida no contexto das relações entre os veículos automotores e o meio ambiente, com foco na produção dos resíduos gerados pelos processos de manutenção e de reparação automotiva e seus impactos ambientais. Objetiva desenvolver uma proposta de sistema de gestão que integre gestão por processos e a gestão ambiental orientada às oficinas de manutenção e reparação de veículos automotores, visando à intervenção em seus processos produtivos para o correto tratamento dos resíduos gerados, com base nos requisitos legais e instrumentos normativos existentes. Trata-se de pesquisa exploratória e qualitativa, cuja metodologia compreende as etapas de: pesquisa bibliográfica, investigação documental, pesquisa de campo e aplicação da técnica Análise Preliminar de Risco (APR). Através de levantamentos em oficinas de pequeno e médio porte, os processos de manutenção e reparação foram identificados, assim como os resíduos causadores de impactos ambientais negativos. Como resultado, concebeu-se um plano de ação, contendo medidas de caráter corretivo e/ou preventivo, que modifica a forma de execução dos processos de manutenção e reparação da oficina, para o atendimento dos objetivos e metas ambientais estipulados. Através dessas modificações, espera-se reduzir a geração de resíduos no processo de manutenção prestado por uma oficina, bem como tratar adequadamente aqueles gerados e, com isso, reduzir a degradação ambiental e os prejuízos à saúde humana.

Dissertação 2

Título: MODELAGEM DE TRANSDUTORES DE ULTRA-SOM DE ALTA FREQUÊNCIA COM ARRANJO EM ANEL

Autor: Vanderson Jerônimo Santana

Orientador: Carlos Henrique Figueiredo Alves

RESUMO: A demanda por técnicas diagnósticas não invasivas e que propiciem um alto grau de confiabilidade tem estimulado bastante o desenvolvimento da instrumentação ultra-sônica. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo auxiliar nas diversas etapas que compõem a modelagem de transdutores ultra-sônicos com arranjo em anel, através de um estudo aprofundado sobre os principais parâmetros que influenciam diretamente nos resultados esperados. Foram desenvolvidas simulações acerca de transdutores de ultra-som com arranjo em anel operando na frequência de 50 MHz para dois tipos de construção: a primeira, mantendo-se a área dos anéis constante, e a outra, com anéis de mesma largura. Para os dois casos, verifica-se que o padrão de radiação de um transdutor de ultra-som com arranjo em anel pode ser calculado utilizando-se o Método de Resposta ao Impulso e que, através dos resultados apresentados, é possível determinar que arranjos com o mesmo número de elementos, mesma banda, porém com diâmetros diferentes, possuem semelhantes amplitudes pedestal, além de ser possível a determinação da resolução lateral do arranjo. Para validar as simulações foi construído um protótipo do transdutor simulado; entretanto, devido à grande dificuldade de construção, detalhada no escopo da dissertação, não foram possíveis medições experimentais que comprovassem as simulações.

Dissertação 3**Título: OS BLOGS CORPORATIVOS COMO FERRAMENTA AUXILIAR NO TRABALHO COLABORATIVO****Autor: Alexandre Moura Ferreira****Orientador: Carlos Henrique Figueiredo Alves****Coorientador: Maria da Glória de Faria Leal**

RESUMO: Com o objetivo de compreender o impacto na sociedade gerado pelas novas tecnologias de comunicação e informação (Tic's) e pelas redes sociais virtuais criadas através do crescimento e expansão da Internet, recorre-se à análise crítica de Castells, Ugarte, Lemos, Tigre e Marcushi, *et alii*, para demonstrar como as redes sociais, paralelas à Internet, estão se expandindo. O blog é um dos representantes mais fiéis desta rede social e da Web 2.0, conhecida como Internet colaborativa e participativa. O recurso citado enquadra-se perfeitamente nas demandas sociais que vêm a existir por mais conteúdos, gerados pelo próprio consumidor. O blog, como meio de comunicação empresarial, já é uma realidade em muitas empresas. A importância dele cresce a cada dia e atinge todos os segmentos da sociedade. Torna-se um canal muito útil de divulgação e pesquisa, por parte das empresas, e de satisfação e denúncia, por parte dos clientes. Conhecer o perfil das empresas e da utilização desta ferramenta é o objetivo final da pesquisa realizada neste trabalho. Procura-se identificar os impactos quantitativos e qualitativos nas corporações que adotaram esta ferramenta. Além disso, verifica-se o que ocasionou de mudanças em relação a produtos e serviços oferecidos pelas empresas à sociedade como um todo. Conclui-se o presente trabalho com a realização de um estudo sobre a visão dos gestores de comunicação das empresas que implantaram o blog corporativo como ferramenta auxiliar na comunicação interna e externa com os seus clientes.

Dissertação 4**Título: A PRODUÇÃO ACADÊMICA NACIONAL SOBRE PROPRIEDADE INTELECTUAL: UM ESTUDO NO BANCO DE TESES DA CAPES****Autor: Heitor de Paula Filho****Orientador: Cristina Gomes de Souza**

RESUMO: O tema propriedade intelectual (PI) vem ganhando importância nas discussões relativas ao desenvolvimento tecnológico nacional, sendo matéria de destaque nos fóruns internacionais. Assim sendo, a disseminação do tema e a ampliação da massa crítica concernente, implicando a formação de pessoal altamente qualificado e capacitado nas questões relativas à propriedade intelectual, são estratégias para os interesses do país. A presente dissertação teve como objetivo principal realizar um mapeamento da formação qualificada de pessoal em Propriedade Intelectual (PI) no Brasil, a partir do levantamento da produção acadêmica nacional sobre o tema, mais especificamente das dissertações e teses defendidas junto aos programas de pós-graduação do país. A realização da pesquisa baseou-se em pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e análise bibliométrica. O levantamento foi feito no Banco de Teses da CAPES, abrangendo o período 1987-2006, considerando como termos de busca "propriedade intelectual" e "propriedade industrial", perfazendo um total de 301 documentos que compuseram o universo da pesquisa. Verificou-se que a produção acadêmica tem crescido nos últimos anos; que está concentrada principalmente na área de Ciências Sociais Aplicadas, seguida de Ciências Humanas, Engenharia, Ciências Exatas e da Terra e outras; e que aborda principalmente questões relacionadas à política de propriedade intelectual, patentes, cultivares, direito autoral, software, marcas, prospecção e informação tecnológica, software, transferência de tecnologia, conhecimentos tradicionais, circuitos integrados, indicação geográfica e desenho industrial.

Dissertação 5

Título: ESTUDO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA DE ULTRA-SOM ASSOCIADA AO PROCESSAMENTO DIGITAL DE SINAIS (PDS) PARA DETECÇÃO DA OCORRÊNCIA DE PONTOS QUENTES EM EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS DE ALTA TENSÃO

Autor: Gabriel Angelo de Barros Vieira

Orientador: Carlos Henrique Figueiredo Alves

RESUMO: Esta dissertação apresenta os primeiros resultados da aplicação de uma nova técnica para detecção de “pontos quentes” em equipamentos elétricos de alta tensão. Temperaturas anormalmente elevadas em componentes elétricos, tais como conexões e contatos elétricos em geral, são comumente conhecidas como “pontos quentes” e apresentam-se como uma das principais causas de desligamentos programados e não programados de equipamentos elétricos de alta tensão, o que reduz a confiabilidade e disponibilidade operativa dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em todo o mundo. Esta técnica de detecção proposta é baseada na comparação dos diferentes padrões espectrais do ruído ultra-sônico produzido por descargas parciais (DP's) que ocorrem em um dado componente elétrico instalado na alta tensão, para diferentes temperaturas de operação. Estão descritos neste trabalho: os procedimentos e instrumentação utilizados para detecção e registro desses padrões, a metodologia de processamento de sinais utilizada para comparação dos padrões, o desenvolvimento do sistema de ensaio para simulação das condições de ocorrência de um ponto quente em um componente de um equipamento elétrico que opera em alta tensão, e os resultados dos ensaios realizados sob diversas condições operativas. Foram realizados ensaios em dois diferentes laboratórios, sob diversas condições operativas do elemento em ensaio. O primeiro conjunto de ensaios foi realizado no laboratório da Empresa DSP TELECOMUNICAÇÕES, em Santa Rita do Sapucaí, com tensão de 10kV, e o segundo foi posteriormente realizado com tensões de 10kV a 200kV, no laboratório de Alta Tensão do Centro Técnico de Ensaios e Medições de FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. Os resultados obtidos foram satisfatórios e a técnica demonstra potencial para desenvolvimento e possível utilização de forma prática para detecção de pontos quentes, dentro de algumas limitações estabelecidas.

Dissertação 6

Título: ESTUDO DE UM TRANSDUTOR DE ULTRA-SOM CAPACITIVO UTILIZANDO O MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Autor: Gilberto Rufino de Santana

Orientador: Carlos Henrique Figueiredo Alves

RESUMO: Transdutores ultra-sônicos capacitivos micromanufaturados “CMUT's” foram desenvolvidos como uma alternativa aos transdutores piezelétricos. O aumento da complexidade e a necessidade de requisitos de precisão na análise de sistemas microeletromecânicos – microelectromechanical systems – MEMS têm levado à necessidade do desenvolvimento de ferramentas mais precisas de simulação. Utilizando o princípio do trabalho virtual e uma aproximação no cálculo da capacitância de um elemento básico de um transdutor capacitivo, foi desenvolvido um programa para utilizar o aplicativo “ANSYS”, que se baseia no método dos elementos finitos, com a finalidade de simular o comportamento da membrana deste elemento e calcular o valor de sua capacitância. O modelo utilizado baseou-se no artigo “Finite Element Analysis of Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducers”, escrito por Goksen G. Yaralioglu e outros. Uma análise estática foi realizada. Os deslocamentos da membrana do transdutor foram medidos, pelo ANSYS, para vários níveis de pressão aplicada na membrana sem polarização e comparados com os resultados calculados de acordo com a literatura especializada. A capacitância de uma célula foi calculada para cada valor de pressão, com vários valores de raio do eletrodo superior.

Dissertação 7

Título: A ORGANIZAÇÃO DO ESTÁGIO SUPERVISIONADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO CEFET-RJ: UMA CONTRIBUIÇÃO À AUTO-AVALIAÇÃO INSTITUCIONAL

Autor: Fatima Regina de Amorim Mattos

Orientador: José Antonio Assunção Peixoto

Coorientador: Leydervan de Souza Xavier

RESUMO: O trabalho constitui uma representação da organização do estágio supervisionado Curso de Engenharia de Produção do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, considerando a necessidade de integração do sistema educacional e do sistema produtivo, no âmbito de produção e reprodução de normas oficiais e das práticas sociais esperadas pelos agentes envolvidos. A representação é feita em torno das diretrizes e ações do projeto pedagógico do curso e da legislação das atividades do estágio profissional, em consonância com o Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Superior (SINAES). Busca-se o aprimoramento da aprendizagem organizacional do estágio supervisionado, fortalecida pelo intuito de se identificar oportunidades de melhoria e de se entender como o estágio estimula a aproximação entre teoria e prática nas ações educacionais, de modo a contribuir com os processos de auto-avaliação e autorreferenciamento institucional. O projeto da dissertação está apoiado na Teoria da Aprendizagem Organizacional e Avaliação de Desempenho, utilizando, na metodologia, a pesquisa bibliográfica, a pesquisa documental e a pesquisa empírica, esta última realizada através da observação dos processos de relacionamento entre os agentes envolvidos, da elaboração e aplicação de questionário aos alunos estagiários e supervisores e interações com professores, durante o primeiro e segundo semestres dos anos de 2006 e 2007. O estudo permitiu constatar que as diretrizes do SINAES darão ampla contribuição ao autoconhecimento institucional, facilitando a implantação e o acompanhamento de indicadores de desempenho, havendo garantia de acompanhamento sistemático, da aprendizagem da organização dos estágios, período a período letivo, através de meta-avaliações, tanto no que diz respeito às atividades de gestão dos processos envolvidos com o estágio supervisionado quanto do atendimento das expectativas da sociedade relativas ao mesmo.

Dissertação 8

Título: ANÁLISE EXPLORATÓRIA E REPRESENTAÇÃO DOS FLUXOS DIRETO E REVERSO DE PNEUS NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO

Autor: Ana Cláudia Cardoso

Orientador: Leydervan de Souza Xavier

Coorientador: José Antonio Assunção Peixoto

RESUMO: Gestão Ambiental permite a representação e a contabilização dos fluxos direto e reverso dos pneus. Essa modelagem ambiental fundamenta-se nos conceitos sobre Logística e Logística Reversa, que consideram o fluxo de pneus novos para automóveis de passeio, no município do Rio de Janeiro, e os resíduos provenientes desse mercado de reposição. O presente trabalho teve como objetivo fazer uma análise exploratória e representativa desses fluxos. A pesquisa envolveu a mensuração das etapas de fabricação, de comercialização e de pós-consumo do setor de pneumáticos e identificou os agentes participantes desse processo e suas funções. Os resíduos sólidos gerados pelo mercado de reposição e as relações existentes entre os agentes dos fluxos logísticos foram pontos examinados com base em análises de relevância e representatividade selecionadas. Os resultados obtidos neste estudo revelaram que, de acordo com as variáveis definidas, os fluxos reversos são organizados e fiscalizados de forma incipiente pelos órgãos produtores e controladores.

Dissertação 9**Título: MODELO PARA AVALIAÇÃO DE DESCONTINUIDADES INTERNAS POR ULTRA-SOM EM MATERIAIS FORJADOS****Autor: Isaac Niskier****Orientador: Maurício Saldanha Motta**

RESUMO: Este estudo tem por objetivo avaliar descontinuidades internas em materiais forjados, utilizando um modelo de ajuste de pontos por mínimos quadrados. Os referidos pontos devem ser obtidos por meio do ensaio de ultra-som pelo método de pulso eco, com uso da técnica de calibração AVG/DGS, de forma a contribuir no dimensionamento de furos de fundo chato e cônico, simulando descontinuidades perpendiculares e não perpendiculares ao feixe sônico produzido por transdutor normal duplo-cristal de 4 Mhz. Os corpos de prova foram fabricados em aço forjado de alta resistência, AISI 8630, tendo em vista sua grande aplicabilidade na indústria de Óleo & Gás, com descontinuidades introduzidas artificialmente na forma de furos de fundo chato e cônico usinadas, variando-se seus diâmetros, simulando diferentes descontinuidades possivelmente oriundas do processo de forjamento. Entre outras contribuições, este estudo pretende: auxiliar análises computacionais, como, por exemplo, simulações envolvendo mecânica da fratura e elementos finitos, que buscam avaliar a integridade estrutural tendo como uma das referências a geometria das descontinuidades; propor, ainda, através da definição de equações de ajustes, uma faixa de valores (máximo e mínimo) para incrementar a confiabilidade dessas análises. Como resultado, geraram-se gráficos e equações de ajuste (previsibilidade) com coeficientes de determinação calculados, capazes de avaliar a confiabilidade no dimensionamento de descontinuidades internas em materiais forjados, gerando, assim, uma maior confiabilidade nas decisões de uso em forjados que apresentem eventuais descontinuidades internas.

Dissertação 10**Título: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE PERCEBIDA PELO CONSUMIDOR DE DROGARIAS, ESTUDADA SOB ÓTICA DAS DIMENSÕES ESTABELECIDAS POR GARVIN****Autor: Rosana Carvalho Esteves****Orientador: Lilian Martins da Motta Dias****Coorientador: José Antonio Assunção Peixoto**

RESUMO: Um dos elementos fundamentais para o desenvolvimento de estratégias e táticas a serem adotadas por qualquer organização consiste não só na identificação das necessidades dos consumidores, como também no entendimento do que este consumidor percebe e qualifica como premissas de bom serviço. A informação e o conhecimento são ferramentas cada vez mais importantes para o sucesso de qualquer empreendimento varejista. Esta pesquisa foi realizada com um grupo de consumidores da cidade do Rio de Janeiro e identificou como é a sua percepção frente à qualidade de serviços oferecidos pelos estabelecimentos farmacêuticos, especificamente as drogarias. Em posse dos atributos qualificadores levantados na pesquisa, foram comparados com a teoria de Garvin no que tange às dimensões da qualidade. Com o propósito de apurar a qualidade percebida do indivíduo que frequenta a drogaria, foram coletados dados empíricos por meio de aplicação de questionário. Optou-se pela realização de uma pesquisa exploratória, compreendendo uma amostra de 108 pessoas, cujo instrumento adotado teve forma não estruturada e as observações defendidas pelos entrevistados foram respeitadas. Como contribuição teórica, este estudo incorporou em sua estrutura a identificação, na prática, de fundamentos da qualidade defendidos por importantes autores, permitindo também subsidiar estudos quanto à aplicabilidade desta metodologia em outros segmentos do mercado, seja na linha do varejo ou em setor de prestação de serviços. Os dados obtidos foram avaliados qualitativamente sob análise temática dos indicadores da qualidade agrupados, quantificados e trabalhados sob a ótica de Garvin. O resultado da pesquisa apontou que um dos pontos de grande satisfação percebida pelos consumidores é a cordialidade do atendente e escolhem para realizar suas compras o estabelecimento que lhes oferece melhores condições de pagamento e menor preço dos produtos. Com as respostas obtidas, foi possível reconstruí-las e traduzi-las à luz das dimensões de Garvin, adaptadas ao setor de serviços. Isto é, os elementos conceituais e significativos levantados pelos consumidores foram perfeitamente identificados em uma ou mais dimensão da qualidade que são constituídas por: desempenho, características, confiabilidade, conformidade, durabilidade, atendimento, estética, qualidade percebida e acesso.

