

OS ACELERADORES LINEARES DO GENERAL ARGUS E A SUA REDE TECNOCIENTÍFICA

ANA MARIA RIBEIRO DE ANDRADE e ALDO DE MOURA GONÇALVES

RESUMO - O artigo descreve a história de quatro aceleradores lineares de elétrons construídos no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF, nos anos 1960/70. Recorrendo à lógica do ator-rede na análise do processo de decisão, construção e utilização dessas máquinas na pesquisa científica, trata de físicos, MeV, financiamento, desafios tecnológicos, equipe técnica, dificuldades, feixes, alegrias, disputas etc. Considera que o sucesso inicial do empreendimento foi resultante, ao lado da forte determinação do coordenador - o Gal. Argus -, da participação de experientes técnico e engenheiro estrangeiros, dedicados recém-formados engenheiros eletrônicos e competentes mecânicos, da excelente oficina mecânica e da perfeita tradução dos interesses de outros aliados: militares, físicos e membros da tecnoburocracia. Do mesmo modo, atribui a desestabilização do projeto dos "aceleradores do Argus" à perda do apoio da rede de físicos do CBPF. Essa história reflete o caráter da relação dos militares e determinadas áreas da tecnociência no Brasil.

ABSTRACT - This paper describes the history of four electrons linear accelerators in the Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF during the 60's and 70's. Applying the actor-network approach to the decision making process, construction and use of these machines in scientific research, the physicists, MeV, funding, technical challenges, difficulties, technical personnel, rewards etc. are discussed. It points out that, beside the strong personal determination of the head of the project, General Argus, the enterprise owes its success to the participation of experienced foreign engineer and technician, of devoted junior Brazilian engineers and competent machinists, the well equipped mechanical shop and the perfect translation of the interests of the allies: physicists, militaries and the techno-bureaucracy members. Along the same line, it is attributed to the destabilization of the "aceleradores do Argus" project the withdrawal of support by CBPF physicists. This story reflects the character of the relationship between military and some techno-scientific areas in Brazil.

Introdução

Quando a discussão se volta para o domínio de tecnologias fundamentais ao desenvolvimento de ciências experimentais, o interesse imediato é a identificação da instituição, porta-voz do projeto e financiador. Depois, o alvo das atenções passa a ser a identificação de outros aliados envolvidos nos sucessivos níveis de articulação, procurando desvendar as características da base técnico-científica, o grau de inovação, os desafios, as aplicações e os usuários. Especulações sobre o sucesso ou fracasso, a decisão

sobre a construção ou a importação do mesmo artefato, a relação custo/produção científica e até os possíveis danos ao meio ambiente são também temas recorrentes. Ou seja, são considerações acerca do processo de construção de uma rede tecnocientífica - estruturada a partir da mobilização e tradução dos interesses de diversos aliados (cientistas, tecnólogos, instituições, técnicos, militares, engenheiros, governantes, administradores públicos, laboratórios etc.)¹ - que conecta um centro de produção de conhecimentos a outros pontos da sociedade.

Mas se o foco é a construção de aceleradores lineares no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF, nos anos de 1960, a discussão ganha outro contorno. Excluindo os que nunca ouviram falar do assunto (e se surpreendem ou cogitam sobre a possibilidade de liberação de radioatividade no residencial bairro da Urca), há físicos que aparentam desinteresse em lembrar essa história. Outros físicos e engenheiros contemporâneos do acontecimento, contudo, associam imediatamente os "aceleradores do Argus" às desavenças ocorridas entre a direção do CBPF e a pesquisadora que trabalhava com o acelerador de 28 MeV. Já os autores deste trabalho pretendem resgatar da história dos "aceleradores do Argus" — uma série de quatro aceleradores lineares de elétrons construídos pela equipe coordenada pelo General Argus — o processo decisório, a montagem da rede de aliados viabilizadora do empreendimento e os resultados ou aproveitamento das máquinas. Para isto, entrevistas e informações repassadas pelos participantes do processo de construção e usuários, visitas ao local, documentos de arquivos e outros escritos fundamentam o estudo.

Ao contrário das fracassadas experiências com aceleradores no Rio de Janeiro, gestadas na década de 1950, para fabricar um sincrociclotron de prótons de 450 MeV, montar em Niterói um modelo de 21" construído pela Universidade de Chicago e mesmo de utilizar um Cockroft-Walton comprado da Holanda, o programa dos "aceleradores do Argus" não foi um projeto de impacto e de alto grau de articulação entre política e ciência. No entanto, estava inserido na mesma expectativa, sempre clara no discurso de fundadores do CBPF: a posse de uma máquina aceleradora para atrair pesquisadores estrangeiros e treinar os brasileiros. Para alguns deles, como César Lattes e Leite Lopes, os insucessos anteriores foram decorrentes de fatores exógenos: crises políticas distantes da interferência dos físicos, alianças malsucedidas conduzidas pelo então denominado Conselho Nacional de Pesquisas - CNPq e falta de verbas.

A análise histórica dos acontecimentos resultantes da associação CNPq/CBPF nos anos 50, todavia, matiza essas inferências. Constata-se que o início do programa dos lineares, em 1960, ocorreu simultaneamente ao investimento do CNPq na recuperação do seu sincrociclotron de 21" (nessa fase, aliado a engenheiros eletrônicos do Instituto de Física da Universidade do Rio Grande do Sul) e mais uma tentativa inglória do CBPF de aproveitar o Cockroft-Walton, só que dessa vez com recursos públicos destinados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN. Mas, num caso e noutro, mais verbas e substituição de aliados não foram suficientes para garantir a estabilidade das redes ou a utilização dos aceleradores em pesquisas².

Se entre essas experiências há contrastes, dentre os quais as alianças e a maior complexidade tecnológica daquele sincrociclotron, existem elos de ligação. Certos atores participaram de ambas as redes: o CBPF, o CNPq, o Almt. Octacílio Cunha, o físico José Leite Lopes e o engenheiro militar Argus Moreira.

O porta-voz principal da rede: o general Argus

Argus Fagundes Ourique Moreira, engenheiro militar especialista em eletrônica, professor de matemática superior e eletromagnetismo da Escola Técnica do Exército e chefe das seções de Raio X e de Telemetria do Instituto Militar de Tecnologia - IMT, chegou ao Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

1 CALLON (1980, 1989), LATOUR (1987) e LAW (1989).

2 Tema de pesquisa para a tese de doutorado de Ana Maria Ribeiro de Andrade. Ver ANDRADE & GONÇALVES (1993).

por determinação da presidência do CNPq³, em 1953. Lá, se engajou na Divisão de Pesquisas Eletrônicas, da qual era chefe o Eng. Gerard Hepp e⁴, pouco depois, transferiu-se para a Divisão de Raios Cósmicos coordenada por César Lattes. Bolsista do CNPq, chefe de Divisão (quando Lattes viajava para o Laboratório de Chacaltaya, na Bolívia) e contratado na categoria de engenheiro, foi professor de eletrônica básica no Departamento de Ensino⁵ e co-autor, com o Major Hélio Severo Leal, de relatório sobre os Trabalhos Realizados para Regularização da Corrente Criadora do Campo Magnético do Ciclotron de 21", encomendado pelo CNPq, em 1956⁶. Afastou-se para o Doutorado na Faculdade de Ciências de Paris e defendeu tese sobre engenharia de aceleradores, após a experiência adquirida pela passagem por um laboratório, no qual este era um dos campos de excelência.

No início da década de 1960, a retomada do projeto de construção de acelerador no CBPF resultou do desejo desse engenheiro prosseguir no campo de trabalho em que se especializara, conjugado ao anseio institucional latente de montar a infra-estrutura necessária ao desenvolvimento da física experimental. Depois de trabalhar com Gerard Hepp, por uns seis meses, no sincrociclotron de 21" de Niterói, a garantia do financiamento foi o primeiro passo para a construção de quatro lineares na instituição, onde vigorava a tradição de liberdade acadêmica para o desenvolvimento de projetos de pesquisa em física.

A maneira como, o depois General, Argus se empenhou nessa tarefa é ilustrativa, tanto do grau de autonomia que também gozava no CBPF um projeto de desenvolvimento de tecnologia quanto de como ele o administrava. Mostra que o trabalho de construção de uma máquina aceleradora, mesmo tratando-se de modelo de baixa energia, reúne elementos heterogêneos sujeitos à negociação constante. Razões pelas quais fica evidente que o porta-voz principal precisava ser capaz de cooptar e substituir aliados na hora certa; buscar soluções imediatas, como canibalizar outras máquinas para superar as carências do parque industrial nacional e as dificuldades de importação; superar a precariedade de serviços essenciais, como as oscilações de voltagem e cortes de energia que fazem verter óleo nos sistemas de vácuo de um acelerador; e lidar, em concomitância, com a complexidade de determinados dispositivos técnicos e o caráter artesanal da confecção de outros. Revela a ocorrência de vários graus de interação entre as pessoas envolvidas, o que lhe exigia, como coordenador, habilidades pessoais de liderança. Nesse particular, o fato de trabalhar com a colaboração de bolsistas de Pós-Graduação de engenharia, contar com o apoio de técnicos experientes, zelosos e, em certas ocasiões estrangeiros com passagem anterior em empresas européias, demandava-lhe o encorajamento constante da equipe técnica frente a problemas de carreira, remuneração, jornada de trabalho irregular e excessiva. E, no contexto mais amplo da realidade da sociedade brasileira, a atuação do Gal. Argus sugere que as facilidades para a obtenção de financiamento decorrem de relações pessoais e, com certeza no campo das ciências e práticas nucleares, o *curriculum* na carreira militar tem peso distinto.

Por sua vez, ficou claro que Argus teve aborrecimentos com os atrasos decorrentes da importação de peças inexistentes no mercado brasileiro; frustração ao se deparar com alguma falha técnica; intolerância com questões sobre as aplicações da física nuclear; satisfação com a visita de fabricantes de similares estrangeiros, pela possibilidade de irradiar material para os físicos e com o sucesso das teses e vida acadêmica de seus ex-colaboradores; e alegrias imensuráveis quando se obtinha o feixe das máquinas.

Naquela época, o dia-a-dia de Argus era uma combinação de atividades docentes na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC e no Instituto Militar de Engenharia - IME⁷ com as tarefas executadas em sua sala/oficina do CBPF, onde, até hoje, mesclam-se traços de trabalho desenvolvido em

3 Almte Álvaro Alberto e Cel. Dubois, respectivamente presidente e vice-presidente. Dubois comandou, entre 1948-52, a Escola Técnica do Exército.

4 Diretor, no final dos anos 60, do Serviço do Sincrociclotron do CNPq, em Niterói.

5 CNPq. Relação dos bolsistas e auxílios concedidos; Proc.43/53. CBPF. Ata da 4ª sessão do Conselho Técnico Científico realizada a 31 de agosto de 1953; idem. Ata da 18ª sessão do Conselho Técnico Científico realizada a 29 de dezembro de 1953.

6 CBPF. Ata da 94ª sessão do Conselho Técnico Científico realizada a 15 março de 1956. p.26.

7 O IME resultou da fusão, em 1959, do IMT com a Escola Técnica do Exército.

sofisticado laboratório de eletrônica e tarefas artesanais. O ambiente simples e organizado — sem cadeiras para visitantes, repleto de peças, fios e, como testemunhamos, de reluzentes peças de latão cobreado polido (as cavidades de ressonância) — localiza-se no andar térreo do prédio da instituição, interligado ao espaço reservado a aceleradores.

Talvez pelo fato de ser militar, desenvolver isoladamente atividades de engenheiro em centro de pesquisa científica e ter se cercado dos mesmos alunos e auxiliares durante anos, ele parece, à primeira vista, impenetrável. Mas é cordial, de contato fácil, tendo se mostrado solidário com colegas em momentos difíceis do período da ditadura militar.

Após tê-lo conhecido em ambas as situações⁸, entrevistado pesquisadores que conviveram com ele e antigos membros da equipe, estamos convencidos que o sucesso da construção dos aceleradores lineares deve-se, em parte, à sua formação e prestígio no meio técnico e militar, conjugado às características marcantes de sua personalidade: uma pessoa centralizadora ao extremo, persistente, metódica, que se mantinha à parte das disputas internas na instituição por verbas, prestígio, poder, equipes, laboratórios etc. Por manter vínculos com o Exército (era militar da ativa), não precisava ceder às injunções no CBPF, podendo perseguir diligente seu objetivo de vida: *fazer*. Com este perfil, não se interessou em publicar suas experiências em periódicos técnicos especializados, participar de seminários, dar entrevistas ou mesmo patentear os processos de trabalho. Deste modo, seu procedimento discreto destoava de certas condutas características dos físicos que compunham a imensa maioria do corpo técnico-científico do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, mas não causa surpresa. No passado, esta instituição foi presidida por altas-patentes da Marinha e Exército, e outros engenheiros militares tiveram participação em diferentes projetos. Essa interação pode estar relacionada à proposta do antigo Círculo de Técnicos Militares — organização que se empenhava pela participação direta dos militares na montagem da estrutura industrial e tecnológica do país,⁹ —, mas com certeza reflete a histórica preocupação do Exército brasileiro de construir a Nação.

O enredamento dos atores

A execução de um projeto de acelerador linear de partículas requer cálculos trabalhosos, completo domínio da engenharia eletrônica e um conjunto de habilidades técnicas de alta precisão (solda, mecânica fina, ótica). Como não é uma atividade voltada para a produção em série de um determinado artefato e muito menos se trata de bem de consumo, distingue-se dos demais processos de desenvolvimento tecnológico destinados ao mercado. Por isto, antes de mais nada, necessita de recursos a fundo perdido e, frente à realidade da indústria brasileira de 30 anos atrás, era inevitável a importação de guias de cobre, válvulas de microondas francesas de grande potência, componentes do sistema de vácuo e outros de utilização muito específica¹⁰. Afora suas aplicações industriais e na área médica (radiografar grandes peças, esterilizar objetos e alimentos, fabricar radioisótopos e ser utilizado na radioterapia), é um instrumento de pesquisa que, dependendo de suas características técnicas e dos laboratórios acoplados, pode ser empregado em diferentes áreas da física experimental (física nuclear, atômica, molecular, estado sólido e altas energias), em outros campos científicos (biofísica) e engenharias.

Os primeiros aliados da rede dos lineares foram os militares interessados na produção de energia nuclear e Leite Lopes, diretor científico do CBPF entre 1960-64. Este, sempre preocupado em dotar o Centro de um acelerador e empenhado no desenvolvimento da ciência no país, iniciou, em meados de

8 Aldo de Moura Gonçalves foi seu aluno na PUC, usuário do acelerador de 28 MeV. No presente trabalho, sua participação foi mais efetiva nas entrevistas e fase inicial.

9 Alnte Henry British (vice-presidente, 1955-57); Gal. Edmundo Macedo Soares (presidente, 1955-61 e 1974-79); Alnte Octacilio Cunha (vice-presidente, 1964-66 e presidente, 1966-74). Ver QUAGLINO (1992).

10 SANCHES (1990).

1960, os entendimentos preliminares com a CNEN para obtenção de recursos financeiros¹¹ e constituiu, com o diretor administrativo José Machado Faria e os físicos César Lattes e Jacques Danon, um grupo de trabalho para examinar o assunto¹². Um “acelerador linear de 3 MeV”, longe de ser a máquina sonhada por Leite Lopes e mesmo antes de ter o financiamento garantido, logo figurou na pauta de reunião com o presidente da Fundação Ford, como um possível ator do *Programa de Auxílio para um Espectrômetro de Ressonância Magnética de Alta Resolução*¹³.

No entanto, não havendo no CBPF uma linha de atividades ligada ao desenvolvimento de tecnologia, nem tampouco uma idéia clara do próprio Argus quanto à finalidade científica da máquina idealizada, o incentivo de Jacques Danon foi direcionador. Foi ele quem, por necessitar de equipamento de baixa energia para pesquisa em física do estado sólido, conduziu com sucesso o processo no Conselho Técnico Científico - CTC. Ressalvou-se — como é típico das disputas entre pesquisadores de campos científicos bem estabelecidos e os de novas áreas —, que o acelerador não poderia subtrair recursos prometidos para outros projetos do Centro¹⁴.

No começo de dezembro do mesmo ano, era dado a conhecer nesse colegiado a concessão de CR\$ 6.150.000,00 (Quadro 1) para a construção de um acelerador linear de elétrons de 4 MeV¹⁵, valor correspondente a 1/3 do montante repassado para a reposição de peças e instalação do Cockroft-Walton, provisoriamente na Escola Técnica do Exército.

Esses auxílios mostram a convergência de interesses entre instâncias políticas e detentores desse saber tecnocientífico, porque aceleradores são o instrumento para a paulatina habilitação ou posse de medidas de seção de choque de nêutrons que, não estando disponíveis em publicações especializadas, podem ser obtidas a fim de serem utilizadas na construção de reatores nucleares. É indício revelador o pronto e simultâneo apoio financeiro concedido pela CNEN para as duas máquinas, em contraste com a ausência inicial do CNPq na rede dos “aceleradores do Argus” (supostamente em virtude da traumática experiência com os sincrociclotrons). Por sua vez, tais concessões deixam à vista a justaposição de funções na estrutura administrativa do Estado e exemplificam o início efetivo da ação de fomento da Comissão Nacional de Energia Nuclear. Criada em fins de 1956 e lastreada em compromissos diferentes daqueles que deram origem ao CNPq, em 1951, no final do governo Dutra, a CNEN foi a segunda tentativa de se conduzir uma política nuclear brasileira.

Enquanto a CNEN foi um aliado de primeira hora, por estar interessada nas aplicações imediatas da física nuclear, o Centro Latino-Americano de Física -CLAF, o CNPq e a CAPES, ao concederem bolsas, visavam o desenvolvimento do conhecimento tecnocientífico sem fronteiras. Já o IME tinha interesses militares e desempenhou duplo papel na rede.

Porém, a pressão de Danon para referendar o processo no CTC está relacionada aos aspectos ligados ao seu interesse pessoal direto quanto ao potencial de utilização científica da máquina. Entende-se que o CBPF, buscando contemplar interesses de seus quadros técnico e científico, viabilizou o empreendimento ao garantir a infra-estrutura, arcar com todas as despesas da folha de pessoal, justificar sua utilização, e por ter capitaneado aliados para a rede dos aceleradores pela projeção de seus pesquisadores. Mas não são só interesses que viabilizam a trama de uma rede de atores. Por isto, além da habilidade dos artífices Benício Grosso, Oswaldo Rodrigues da Costa, Benedito Cândido Pereira, Manuel José Porto — que trabalhavam na excepcional oficina mecânica (herdada do CNPq quando o CBPF saiu da rede dos sincrociclotrons) — e do vidreiro Eduardo Styzei, o projeto contou no início com a colaboração de técnicos estrangeiros altamente especializados. Eram o Prof. Alex Gurdilsky da Universidade de Montreal

11 CBPF. Ata da 180ª sessão da Diretoria realizada a 24 de junho de 1960.

12 CBPF. Ata da 202ª sessão do Conselho Técnico Científico realizada em 11 de agosto de 1960. p.54.

13 CBPF. Ata da 206ª sessão do Conselho Técnico Científico realizada em 13 de outubro de 1960. p.70-3.

14 CBPF. Ata da 208ª sessão do Conselho Técnico Científico realizada em 8 de dezembro de 1960. p.79.

15 CNEN. Proc. 3140/60. CBPF. Ata da 210ª sessão do Conselho Técnico Científico realizada em 12 de dezembro de 1960. p. 84; Ata da Assembléia Geral Ordinária realizada a 31 de julho de 1961.

(Canadá) que, no seu ano sabático, dedicou-se ao cálculo manual das guias de microondas e François Karl Neyts, ótico, formado em química, que trabalhara na Zeiss da Alemanha.

Argus não se cansa de salientar a competência de Neyts que ele tem como um dos maiores óticos experimentais do mundo, mecânico de altíssima precisão, que chegou ao Brasil depois de ter passado por um campo de concentração nazista e, até o começo dos anos 90, trabalhava no projeto do submarino nuclear da Marinha. Credita-lhe a confecção perfeita das cavidades do guia acelerador, bem como as primeiras cavidades ressonantes (freqüencímetros) de alta precisão para a medição de freqüência de microondas, sem as quais não se teria o primeiro acelerador.

A equipe técnica, formada após a entrada em operação do protótipo, era pequena. Nunca conseguiu ultrapassar o número de quatro engenheiros, cinco técnicos em eletrônica e três técnicos em mecânica fina. Considerando a rotatividade e incluindo a secretária/desenhista, o vidreiro e sete técnicos da oficina mecânica do CBPF, verifica-se que Argus coordenou, durante 12 anos de intensa atividade, um grupo por onde passaram cerca de 21 pessoas.

As realizações

O acelerador/protótipo de 2 MeV entrou em operação em 1963, inaugurando uma década de realizações em engenharia de aceleradores no CBPF. A perfeita mobilização e tradução dos interesses dos aliados culminou com a utilização da máquina pela equipe liderada por Jacques Danon por quase 20 anos, a contar da tarde do mesmo dia em que se conseguira o feixe com 2 MeV! O entusiasmo de Danon com essa vitória de Argus e de seu pessoal técnico foi tão grande que tornou-se também o responsável pela finalização antecipada da máquina antes mesmo dela atingir a energia final projetada (4 MeV). Argus, adaptando-se às mudanças na dinâmica da rede bem conectada à rede dos físicos experimentais, transformou este acelerador num ator a fim de assegurar a estabilidade da própria rede nas etapas sucessivas e dar prosseguimento a projetos mais ambiciosos. É claro que, tanto do ponto de vista técnico quanto do financiamento, tudo ficou mais fácil com o sucesso alcançado. Surgiram novos aliados, compradores que, ao garantirem encomendas, possibilitaram a especialização dos engenheiros e técnicos e a construção de mais três lineares .

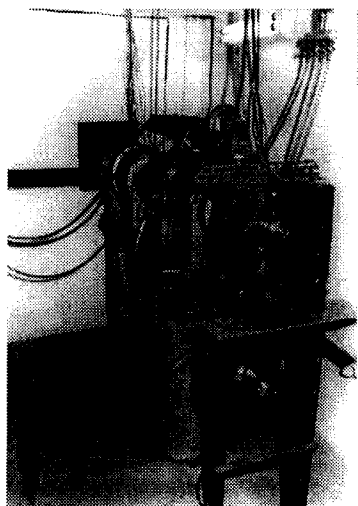


Foto Arquivo Nacional

Acelerador de 2 M e V

Àquela altura, os colaboradores estrangeiros foram sendo substituídos por técnicos da Oficina de Mecânica Fina do CBPF e por ex-alunos do Argus do curso de engenharia eletrônica da PUC - RJ. Primeiro, em fevereiro de 1964, chegou Francira Rodrigues da Cunha (bolsista do CLAF e, posteriormente, da CAPES, CNPq e CNEN); logo depois, Newton Magalhães Sanches (seu futuro marido, de quem adotou o sobrenome) se incorporou como estagiário. Juntamente com os técnicos em mecânica citados (e mais Walmir Freitas de Mendonça e Edson Ribeiro dos Santos), os técnicos em mecânica fina (Jacinto Ribeiro da Silva e Aljose Antônio de Souza que passou a fazer o trabalho do François Neyts), os técnicos em eletrônica (Levy Campos Monteiro, Ronaldo Marques e Francisco José dos Santos), e a secretária/desenhista Conceição Franco da Silveira constituíram o núcleo do Setor de Aceleradores. Outros técnicos em eletrônica, Vanda Regina Travassos e Walter Gomes Ferreira, reforçaram a equipe já bem no final do projeto. Quanto aos engenheiros Francisco Antônio Paiva Nunes e Cornélio Celso de Brasil Camargo tiveram breve participação à medida que saíram, respectivamente, para pós-graduação no Instituto Max Planck e na Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia - COPPE/UFRJ. A atividade profissional sem vínculos trabalhistas, somado à falta de perspectiva na carreira de tecnólogo num centro de pesquisas em física, contribuíram para a rotatividade dos recém-formados engenheiros. Os primeiros, que associaram a tese de mestrado aos trabalhos no CBPF, tiveram incentivo para permanecer por mais tempo e, assim, maiores chances de serem contratados.

Pequenos acertos no acelerador de 2 MeV para melhorar a energia do feixe serviram para treinar Francira e Newton Sanches, antes de assumirem a execução de projetos de pequenos aceleradores e de participarem do projeto de uma máquina de porte médio. Esta deveria atingir, depois de completadas as três seções previstas, uma energia de 50 MeV. Tal acelerador, apesar dessa estimativa ser superior à de outros lineares existentes naquela época, guardava certa similitude com a máquina de 28 MeV do Centre d'Études Nucléaires de Saclay (França)¹⁶.

Não há registros escritos e ninguém soube informar sobre como transcorreu o processo decisório no CBPF. É possível, entretanto, inferir que o CTC não participou e que a CNEN não mediu esforços. Em fins de 1963 concedeu CR\$ 63.500.000,00;¹⁷ em 1965, por meio de convênio de cooperação restrita para concluir a montagem do acelerador de elétrons, liberou CR\$ 38 milhões para a aquisição de dois klystrons CSF-436 de 10 MW¹⁸. No ano seguinte, 1966, apoiado no voto do Eng. Paulo de Arruda Ribeiro (Escola Politécnica, USP) e na decisão da Comissão Deliberativa da CNEN de apressar o término do LINAC", foram permitidos a redistribuição de verba anterior e o repasse do total de CR\$70.900.000,00¹⁹. Para 1967, foram garantidos CR\$ 32 milhões correspondentes a 64% do pedido. De fato, o único corte significativo ocorrido em orçamento apresentado por Argus²⁰. Em março de 1968²¹, a liberação de NCR\$36.100,00 coincidiu com o término da primeira seção — 8 MeV — e das teses dos mestrados da PUC-RJ tratando de problemas relacionados ao acelerador²².

Em termos de adaptação de tecnologias francesa, americana e holandesa, vencida a etapa mais decisiva — a seção inicial, que é a de construção mais complexa, visto que as seções sucessivas são reproduções —, a equipe abriu duas frentes de trabalho.

16 PICARD & LEBOUTET & VASTEL (1956).

17 CNEN.Proc. 432/63. Ver CNEN. Ata da 111ª sessão da Comissão Deliberativa em 20 de novembro de 1963.

18 CNEN.Proc.432/63. Ver CNEN. Ata da 212ª sessão da Comissão Deliberativa em 2 de julho de 1965.

19 CNEN.Proc.490/65 e Protocolo SEP 1359/66. Ver também CNEN. Ata da 246ª sessão da Comissão Deliberativa em 6 de julho de 1966; Ata da 250ª sessão da Comissão Deliberativa em 14 de outubro de 1966.

20 CNEN.Proc.299/66. Ver CNEN. Ata da 254ª sessão da Comissão Deliberativa em 21 de dezembro de 1966.

21 CNEN.Proc.299/66. Ver CNEN. Ata da 281ª sessão da Comissão Deliberativa em 13 de março de 1968.

22 SANCHES, Francira (1968); SANCHES, Newton (1968).

Quadro 1 - Financiamentos Concedidos pela CNEN*

(CR\$ época e US\$ 1994)**

Ano/ Valor	2 MeV		28 Mev		8 MeV		Lab. Solange	
	US\$	CR\$	CR\$	US\$	CR\$	US\$	CR\$	US\$
1960	6.150.000	135000						
1963			63.500.000	451.000				
1965			38.000.000	97.000				
1966			70.900.000	146.000				
1967			32.000.000	65.000				
1968			NCR\$36100	49.000				
1969/70			CR\$ 86.500	79.000				
1970					NCR\$ 8.000	7.000		
1970/72							158.000	142.000
Total		135.000		887.000		7.000		142.000

OBS: * Lembre-se que o CBPF custeava as despesas com pessoal, infra-estrutura etc.

** Os valores em dólar foram obtidos com base nas séries de Pechman (1984) e atualizados pelo IPC americano até dezembro de 1994

Uma, no biênio 1969-70, com recursos equivalentes a NCR\$ 86.500,00 pretendia completar e aprimorar a máquina de 50 MeV — chegar inclusive a 60 MeV, e promover o treinamento de técnicos²³. A meta não foi atingida. Apenas a segunda seção, com energia equivalente a 20 MeV, foi concluída. A última não foi sequer iniciada, podendo ter contribuído para a interrupção/finalização: a necessidade de maiores cuidados quanto ao nível de irradiação nas imediações; as possibilidades garantidas com a energia conseguida de 28 MeV para a construção de fonte de nêutrons a ser utilizada junto à base de tempo de voo do “Laboratório da Solange” (Prof. Solange de Barros) e o atraso na liberação dos recursos, provavelmente em decorrência da articulação iniciada em 1968 para a construção de um linear de 400 MeV.

Caberia à própria CNEN, por imposição do grupo de físicos nucleares da Universidade de São Paulo - USP (Goldemberg, Giorgi Moscati e Ivan Nascimento) gerir o empreendimento resultante da ação do então Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico - BNDE, da CNEN e do CNPq, respectivamente, responsáveis por 65%, 25% e 10% do investimento inicial. O processo decisório, envolvendo físicos e administradores, foi conduzido por Silvio Bruni Herdade (físico, USP) em busca do difícil consenso entre o grupo de São Paulo e o do Rio de Janeiro. Pelo CBPF, em abril de 1970, participaram o presidente, Alnte. Octacílio Cunha, Jacques Danon — sempre um aliado de primeira hora²⁴ — e Alfredo Marques que, terminada a reunião, manifestou preocupação com a utilização da máquina, dada a carência de físicos experimentais no Brasil preparados para manipular aparelhos. Naquele contexto, esta ressalva

23 CNEN.Proc.100211/68 e Proc.100204/69. Ver CNEN. Ata da 325ª sessão da Comissão Deliberativa em 13 de novembro de 1969; Ata da 335ª sessão da Comissão Deliberativa em 19 de março de 1970.

24 Danon também participou do processo decisório do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (Campinas). Ver: VELHO, Léa, PESSOA JR., Osvaldo. The decision-making process in the construction of the Synchrotron Light National Laboratory in Brazil. 1995 (no prelo) e BURGOS, Marcelo. Baumann. Ciência no Brasil: uma análise sociológica do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron. Projeto de Tese. Rio de Janeiro: IUPERJ, 1993. [mss]

pode ser entendida como receio de faltar usuários no futuro. Em contraste, havia unanimidade quanto ao nome de Argus para assumir a liderança do processo de construção da primeira seção, 40 MeV, no CBPF²⁵. E, se em 1971 o BNDE depositou o correspondente a 65% desta etapa — CR\$ 1.996.000,00 (cerca de US\$1,400 milhão) — e Argus, Francira e Newton Sanches estiveram nos Estados Unidos e França para fazer a especificação de material, coube à própria CNEN — depois de deixar o dinheiro parado por quase um ano — salvar o país de mais um investimento desnecessário, como se poderá concluir adiante²⁶.

A outra frente objetivava atender encomendas, certamente para consolidar a competência técnica da equipe dos lineares no Brasil já que, contabilmente, foram péssimos negócios. A primeira, entregue em 1968 com uma grande festa de inauguração, foi do Prof. Sérgio Mascarenhas, da Universidade de São Carlos (SP), de um acelerador de 2 MeV, igual ao protótipo, e como aquele para ser utilizado em física do estado sólido. Teria sido vendido, em valor atualizado para dezembro de 1994, por US\$ 74 mil, quantia módica se comparada com o auxílio concedido em 1960 para fim idêntico, e que não representava o custo total (Quadro 1).

A encomenda seguinte, formalizada pela diretoria do IME, era também de acelerador linear de baixa energia por meio do qual se pretendia realizar experiências na linha de proteção radiológica, na área de dosimetria. Os elétrons de 8 MeV da máquina encomendada incidiriam sobre um alvo pesado e produziriam, por radiação de frenagem (*Bremsstrahlung*), um feixe de raios X. Esse feixe de raios X seria então usado para irradiar simuladores de corpo humano (*phantom*). Como a linha de investigação se incluía nas prioridades de fomento da CNEN²⁷, foi concedido ao IME²⁸, sem ressalvas, NCR\$ 8 mil para essa finalidade. Quantia irrisória, mesmo considerando que além das peças o IME fornecia informalmente certos insumos (por exemplo, óleo para o gerador!) e que se poderia estar otimizando o processo com a construção simultânea de máquinas, pois o CBPF arcava com todas as despesas do pessoal do setor, da oficina e custos indiretos. Essa transação tão inusitada, na perspectiva da administração eficiente de uma empresa e ao tempo em que o Centro atravessava grave crise financeira, acentua o caráter amadorístico da gestão pública da ciência e tecnologia e os entrelaçados papéis representados pelo IME e Argus na rede dos lineares. O IME, atuava ora como instituição militar, à qual Argus se reportava e que lhe permitia trabalhar simultaneamente no CBPF, ora como instituição militar de pesquisa que buscava verbas na CNEN e se travestia de cliente do CBPF, para contratar os serviços do próprio Argus.

Em 1972, o equipamento foi montado por completo, até que uma queda de luz ocasionou problema sério no sistema de vácuo: entrou óleo na máquina! O acelerador precisou ser desmontado e todas as trabalhosas medidas de microondas foram refeitas. Recorda a Eng. Francira Sanches²⁹ que, como no final da remontagem tinha trocado o CBPF pelas atividades docentes na COPPE, trabalhava noite adentro para atender ao Argus. A entrega definitiva da máquina em fins de 1975, como se vê, ocorreu alicerçada na lógica do compromisso, típica característica cultural de relacionamentos estabelecidos na sociedade brasileira.³⁰

25 Argus, Francira e Newton Sanches também contribuíram para alinhar as seções e resolver problemas de injeção do canhão eletrônico do Acelerador Linear de 75 MeV da USP, doado pela Universidade de Stanford à equipe de Goldemberg.

26 CNEN. Proc. 101528/70 e Ata da 363ª sessão da Comissão Deliberativa em 14 de janeiro de 1971.

27 Exclusivamente pesquisa tecnológica relativa à energia nuclear. Ver CNEN. Ata da 57ª sessão da Comissão Deliberativa em 16 de janeiro de 1961; CNEN. Ata da 123ª sessão da Comissão Deliberativa em 14 de janeiro de 1964.

28 CNEN. Ata da 335ª sessão da Comissão Deliberativa da Comissão Nacional de Energia Nuclear em 19 de março de 1970.

29 SANCHES (1992)

30 ALVES (1993)



Coleção Particular de José Machado

**Inauguração do Acelerador de 2 M e V - Mesa de Controle. Esq./Dir.:
José Leite Lopes, Jacques Danon, Darcy Ribeiro e Argus Moreira.**

Os usuários

O sucesso de uma rede tecnocientífica só pode ser garantido pela validação social do processo ou do artefato tecnológico em questão: o seu uso. Na avaliação da utilização dos aceleradores lineares na pesquisa científica, é paradoxal constatar que o acelerador/protótipo de 2 MeV possibilitou, comparativamente, a maior produção de teses e trabalhos publicados, tendo se tornado até mesmo ponto de encontro do grupo dedicado à pesquisa da física molecular do estado sólido, liderado por Jacques Danon, Ramiro Porto Alegre Muniz e Afonso Guidão Gomes; o de São Carlos não se sabe ao certo, talvez não tenha tido aproveitamento; o de 28 MeV, uma pequena produção, considerando que era o projeto principal e tinha por finalidade produzir medidas necessárias para a construção de reator nuclear; e o de 8 MeV do Instituto Militar de Engenharia - IME, com certeza, nunca foi utilizado. Verificou-se que, nos cinco anos subseqüentes à sua instalação definitiva e com assistência do CBPF (no IME não havia sequer pessoal técnico especializado em alto vácuo), esteve em condições de ser operado. Entretanto, nenhum trabalho científico foi realizado. Mais precisamente, nenhum trabalho foi iniciado. Não havia na instituição militar nem mesmo uma demanda real de laboratório ou de um projeto efetivo de experiências por parte de seu quadro de professores.

Quadro 2 - Aproveitamento dos Aceleradores

Aceleradores/ Produção Científica	2 MeV*	28 MeV "Laboratório da Solange"	8 * MeV IME	2 Mev São Carlos
tese de mestrado	10	8**	-	
tese de doutorado	5	-	-	
trabalhos publicados	20	5	-	
comunicações eventos				
- nacionais	22		-	
- internacionais	12		-	
OBS:* Teses defendidas entre 1967-1986;				
** Inclui três teses de engenharia. As de física foram defendidas na década de 1970.				

O sucesso da construção de máquinas não era um passaporte para a manutenção da estabilidade da rede tecnocientífica dos lineares. A concretização do projeto do acelerador de 50 MeV, dependendo de planejamento para mobilização de elementos mais complexos, como foi dito acima, não vingou. A alternativa de 28 MeV, como não contrariava interesses de usuários envolvidos naquele momento — até porque a equipe usuária se integrou no meio do processo e, com esta energia, estavam garantidas as possibilidades de construção de fonte de nêutrons —, foi bem aceita. Porém, como tantas vezes acontece no Brasil, a utilização do equipamento não foi bem planejada. Antes de iniciar, em 1962, o doutorado na França, a física Solange de Barros e Argus teriam conversado sobre as possibilidades de construção dessa máquina, sem assumirem qualquer compromisso mútuo. O acelerador de 28 MeV ficou pronto, mas faltavam equipamentos básicos para concluir a montagem do laboratório de física de nêutrons. Esse descompasso na mobilização de aliados pode ter prejudicado lentamente a estabilidade da rede dos lineares. Mas as coisas começaram a ir mal de verdade quando essa outra rede — constituída em torno do laboratório de física de nêutrons, o “Laboratório da Solange”, que deveria ser conectada à rede dos lineares — perdeu aliados com poder de decisão no CBPF. A partir das tensões existentes em todos os campos científicos e que, neste caso, eclodiram no desenrolar de processo institucional de promoção do quadro de pesquisadores, as interações se diversificaram e as alianças foram definitivamente rompidas. Em 1972, no meio do desenvolvimento do Projeto de Captura Ressonante pelo Método do Tempo de Vôo e Espectroscopia Nuclear³¹ (custaria apenas à CNEN CR\$ 158 mil e forneceria as medidas necessárias para construção de reator nuclear) e após ter conseguido, com enorme esforço, os periféricos financiados pela CNEN, CNPq e com ajuda de instituições francesas, a Profª. Solange de Barros foi demitida do Centro. O projeto de pesquisa foi abortado e seus orientandos foram concluir as teses na USP e, mais tarde, passaram com ela para o Instituto de Física da UFRJ. Argus, no entanto, se afastou para assumir a direção do Centro Tecnológico do Exército, situado na Restinga de Marambaia (RJ). Na ferrenha disputa, envolvendo Solange de Barros, Alfredo Marques e o Almt Octacílio Cunha — na ocasião, respectivamente, coordenadora de projeto, diretor científico e presidente do CBPF —, surgiram mais agentes com os quais se deveria negociar, para evitar até mesmo a sabotagem de manuais de operação, e mais dificuldades no relacionamento dos membros do Setor de Aceleradores com o diretor administrativo José Machado de Faria. Por sua vez, Alfredo Marques não teve sucesso na montagem de uma outra rede para substituir os usuários e aproveitar o equipamento. Parece-nos, então, ser possível ressaltar o quanto é precário o processo de construção de uma ordem tecnocientífica.

Conclusão

No desenvolvimento global do programa, do ponto de vista estrito do domínio da perícia técnica, a possibilidade de erros era decrescente com o acúmulo de experiência. Em numerosos aspectos Argus pôde continuar ações, mantendo a rede com poucas substituições, justapondo e simplificando elementos, necessidades vitais incorporadas à sua rotina e facilitadas, até certa fase, pelo fato de ser um perfeito intermediário na operação de tradução de interesses de cientistas e militares junto a instâncias político-administrativas. Tinha bom trânsito entre os físicos por ser “o homem da máquina” e gozava de toda confiança da parte dos que comandavam a implementação das tecnociências no Brasil porque estiveram juntos na caserna ou se conheceram no meio acadêmico. Buscando a aprovação da sociedade necessária à validação dessas práticas, num outro estágio, suas atividades foram bastante divulgadas na imprensa carioca³² de circulação nacional, em 1968

Com tudo isso, a ausência de aliados em uma das etapas de consolidação da rede — a etapa de integração das atividades dos usuários do acelerador — comprometeu o fechamento do processo

31 CNEN. *Proc. 100453/70*.

32 *Correio da Manhã*, 8 e 28 de maio de 1968; *Jornal do Brasil*, 8 de maio de 1968; *Manchete*, ano 16, n. 842, 8 de junho de 1968; *O Globo*, 24 de Abril de 1968, 13 e 29 de maio de 1968.

tecnológico em duas situações. No caso do acelerador do IME, pela ambivalência do papel do próprio Argus; no de 28 MeV pela complexidade das relações de poder no campo científico dos usuários, os físicos. Desperdiçou-se mais de US\$ 1 milhão em material e os resultados práticos esperados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear não foram obtidos.

A participação de Argus na história da engenharia de aceleradores lineares no Brasil parece, entretanto, não ter fim. Na década de 1980, ele deu reconhecido apoio para que o próprio LNLS construísse o acelerador linear de 100 MeV para injetar elétrons no grande acelerador circular gerador de luz síncrotron³³. Em 1990, oficialmente por solicitação do CBPF³⁴, o de 8 MeV foi desmontado e reconduzido ao Setor de Aceleradores para manutenção corretiva (desmontagem do sistema acelerador, eliminação de películas de carbono, ajustagem em bancada do sistema de microondas e substituição de dois solenóides). Na verdade, imbricado a problemas referentes à reposição de peças vitais encontra-se o desejo de Argus construir, apenas com uns dois técnicos, uma máquina de 4 MeV (reutilizando componentes dos aceleradores de 2, 8 e 28 MeV) para oferecer aos físicos do estado sólido. Fora da rede cuja história tentamos reconstruir, esse desfecho consagra o seu espírito de obstinação e reconhecida capacidade de engenho e arte e reforça as evidências apontadas sobre a ligação IME/Argus e Argus/CBPF. Essa tênue fronteira e os entrecruzamentos de instituições e atores refletem o caráter da relação dos militares com a tecnociência no Brasil.

FONTES DOCUMENTAIS E REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARQUIVO CBPF

ARQUIVO CNEN

ARQUIVO CNPq (sob custódia do MAST/CNPq)

ALVES, Isidoro. *Promessa é dívida*. Rio de Janeiro: UFRJ/Museu Nacional, 1993 [tese de doutorado]

ANDRADE, Ana Maria Ribeiro de, GONÇALVES, Aldo de Moura. A construção de aceleradores no Brasil: desafios e realizações (Parte 1). SBHC 10 anos. *Anais*. 4º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia. Caxambu, 1993.

BARROS, Solange de. *Entrevista concedida a Ana M. Ribeiro de Andrade*. Rio de Janeiro, 1992.

BURGOS, Marcelo. Baumann. *Ciência no Brasil: uma análise sociológica do Laboratório Nacional de Luz Síncrotron*. Projeto de Tese. Rio de Janeiro: IUPERJ, 1993. [mss]

CALLON, Michel. The state and technical innovation: a case of the electric vehicle in France. *Research Policy*. n. 9, p.358-376, 1980.

———. Society in the making: the study of technology as a tool for sociological analysis. In: BIJKER, Wiebe, HUGLES, Thomas, PINCH, Trevor (org.). *The social construction of technological systems*. Cambridge/Massachusetts/London: MIT Press, 1989.

———. (org.). *La Science et ses Réseaux*. Paris: La Découverte, 1989

CORREIO DA MANHÃ, 8, 28 maio 1968.

INTERNATIONAL FINANCIAL STATISTICS, 1953-95.

JORNAL DO BRASIL, 8 maio 1968.

LATOUR, Bruno. *Science in action*. How to follow scientists and engineers through society. Cambridge: Harvard University Press, 1987

33 SILVA (1990).

34 CBPF. *Ofício do diretor 275/90 enviado ao Instituto Militar de Engenharia*.

- LAW, John. Technology and heterogeneous engineering: the case of Portuguese Expansion. In: BIJKER, Wiebe, HUGLES, Thomas, PINCH, Trevor (org.). *The social construction of technological systems*. Cambridge/Massachusetts/London: MIT Press, 1989.
- MANCHETE, ano 16, n. 842, 8 jun. 1968.
- MARQUES, Alfredo. *Entrevista concedida a Aldo de Moura Gonçalves e Ana Maria Ribeiro de Andrade*. Rio de Janeiro, 1992
- O GLOBO, 24 abr. 1968, 13, 29 Maio 1968.
- PECHMAN, Clarice. *O dólar paralelo no Brasil*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1984. Anexos
- PICARD, E., LEBOUTET, VASTEL. *Le projet d'accélérateur à électrons de 28 MeV du CEN de Saclay*. Saclay: Centre d'Études Nucléaires de Saclay, 1956.
- QUAGLINO, Maria Ana. *O Exército e seus técnicos: o projeto do Círculo de Militares (1937-1956)*. Rio de Janeiro: UFRJ/IFCS, 1992. [dissertação de mestrado]
- SANCHES, Francira Cunha. *Entrevista concedida a Aldo de Moura Gonçalves e Ana Maria Ribeiro de Andrade*. Rio de Janeiro, 1992
- . *Focalização Longitudinal de Elétrons em Acelerador Linear*. Rio de Janeiro: PUC, 1968 [tese de mestrado]
- SANCHES, Newton Magalhães. Carta. *Meios & Métodos*, São Paulo, ano 13, n. 65, set. 1990.
- . *Sistema de Alimentação em Energia R.F. para Acelerador Linear de Elétrons*. Rio de Janeiro: PUC, 1968 [tese de mestrado]
- SILVA, Cylon Gonçalves da. Discurso proferido por ocasião da inauguração do acelerador linear do LNLS. Campinas: 19 fev. 1990. [mss]
- VELHO, Léa, PESSOA JR., Osvaldo. *The decision-making process in the construction of the Synchrotron Light National Laboratory in Brazil*. 1995 (no prelo)

Agradecemos o apoio de João dos Anjos, Amós Troper e Ninon Machado; as informações e auxílio de Paulo de Almeida Magalhães, Newton Sanches, Maria e Ramiro Porto Alegre Muniz; a atenção dos entrevistados e de Telma Mattos e Araci Lisboa (MAST), Geysa Pereira (IBMEC) e Ivanilda Ferreira (CBPF), na etapa do levantamento dos dados.

ANA MARIA RIBEIRO DE ANDRADE é Doutoranda em História (UFF) e pesquisadora do Museu de Astronomia e Ciências Afins - MAST/CNPq
Endereço: Rua Almirante Salgado, 365/201 – Rio de Janeiro – RJ – 22240 -170 - Brasil
Tel/fax: 021-205-7068 – e-mail: amra@omega.lncc.br

ALDO DE MOURA GONÇALVES é Doutor em Física, Professor da Faculdade de Arquitetura - FAU/UFRJ
Endereço: Rua Prudente de Moraes, 552/401 – Rio de Janeiro – 22420-040 - Brasil
Tel: 021-267-4350