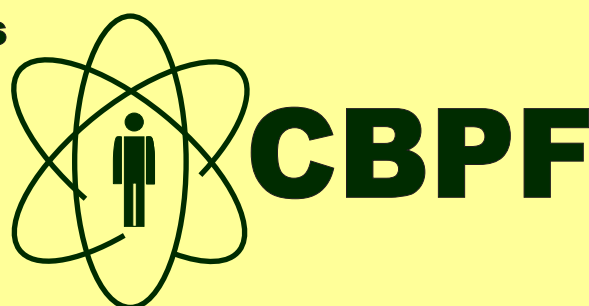


Vol. 2 N^o 1
ABRIL

ISSN 0101-9228

CIÊNCIA E SOCIEDADE

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas



CIÊNCIA E SOCIEDADE

www.biblioteca.cbpf.br
www.cbpf.br/cienciaesociedade

Publicação do / Published by
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF

Subvencionada por / Supported by

Ministério da
**Ciência, Tecnologia
e Inovação**



Editores

Alfredo Miguel Ozorio de Almeida, CBPF, Brasil
Francisco Caruso, (Editor Adjunto) CBPF, Brasil

Editores de Seção

Henrique Lins de Barros, CBPF, Brasil
Cássio Leite Vieira, Ciência Hoje, Brasil
Antonio Augusto Passos Videira, UERJ, Brasil
Alberto Passos Guimarães Filho, CBPF, Brasil
Raúl Oscar Vallejos, CBPF, Brasil

Editores de Texto

Aline Dantas
Socorro Barros
Valéria Fortaleza

Contato para Suporte Técnico

Leonardo Abel
E-mail: abel@cbpf.br

Ciência e Sociedade é uma revista oficial do CBPF que publica quadrimestralmente artigos originais sobre reflexões, discussões, debates de temas pertinentes à educação, política, memória, humanidades, no âmbito da ciência e da cultura.

CORPO EDITORIAL:

Editores: *Alfredo Miguel Ozorio de Almeida*, CBPF, Brasil (ozorio@cbpf.br)
Francisco Caruso, (Editor Adjunto), CBPF, Brasil (caruso@cbpf.br)

Assistentes editoriais: *Aline Dantas* (alinecd@cbpf.br)
Socorro Barros (socorro@cbpf.br)
Valéria Fortaleza (valeria@cbpf.br)

Para submissão, cópia ou informações sobre esta revista, acessar a página web:
www.cbpf.br/cienciaesociedade
ou entrar em contato com APUB/CDI/CBPF:
Tel.: +55(21)2141-7280/7335/7597

CIÊNCIA E SOCIEDADE
2014 VOLUME 2 NÚMERO 1

Sumário

A integração regional e a física na América Latina: a criação das Escolas Latino-Americanas de Física <i>Antonio A.P. Videira & Fábio F. de Araújo</i>	1
A Mecânica e as Técnicas: As Equações de Movimento e o Desenvolvimento das Ciências Naturais e da Tecnologia <i>Luiz A.C. Malbouisson & Ademir E. Santana</i>	8
O periódico científico atravessando séculos no CBPF <i>Heloisa Maria Ottoni</i>	25
The Devil's Bridge to Science and Technology <i>Wolfgang Bietenholz</i>	33
A Física Experimental de Altas Energias e o CBPF <i>Alberto Santoro</i>	36
Leônidas de Mello Deane (1914-1993) <i>Luiz Fernando Ferreira & Adauto Araújo</i>	45
Sonhando com uma escola menos conservadora e mais crítica <i>Francisco Caruso</i>	47

ISSN (impresso) 0101-9228
ISSN (online) 2317-4595

A integração regional e a física na América Latina: a criação das Escolas Latino-Americanas de Física*

Antonio A.P. Videira

*Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Rua São Francisco Xavier, 524 s/9027B – Maracanã – Rio de Janeiro – RJ – Cep 20550-900*

Fábio F. de Araújo

*Instituto Federal do Rio de Janeiro – Campus Paracambi – Rua Sebastião Lacerda,
s/n nº, Fábrica, Centro, Paracambi – RJ – Cep 26600-000*

Este artigo descreve e analisa os eventos e os motivos que levaram em 1959 à criação da Escola Latino-Americana de Física (ELAF). Pode-se tomar a ELAF como a primeira tentativa oficial válida para toda a América Latina de criação das condições mínimas necessárias para que os físicos desta região pudessem se encontrar regularmente a fim de aprender novos conceitos e técnicas de física. Para que se possa melhor compreender esses esforços de integração, realizados pelos físicos latino-americanos, seria importante analisar a criação, três anos depois, no Brasil, do Centro Latino-Americano de Física (CLAF), de natureza supranacional, órgão concebido para centralizar as decisões e as ações da então nascente comunidade.

A despeito dos problemas que vão desde financeiros até o pouco apoio dado pelos diferentes governos nacionais, o CLAF tem conseguido permanecer, desde a sua fundação, como uma referência significativa para os físicos latino-americanos, na medida em que, entre outros fatores, lhes confere espaço para a realização de *démarches* diplomáticas. No entanto, neste trabalho, não nos ocuparemos do CLAF.

Após a Segunda Guerra Mundial, os cientistas latino-americanos perceberam que, para o desenvolvimento da ciência, apenas boas ideias já não seriam mais suficientes. Além disso, os cientistas, em especial os físicos, tinham noção de que o trabalho colaborativo tornava-se essencial diante dessa nova realidade no mundo científico. Em meio a essa nova forma de pensar e agir, surgiram as Escolas, que merecem ser incluídas entre os tipos de instituições criadas pelos cientistas, pois permitiriam o encontro para a troca de informações e, sobretudo, a disseminação do conhecimento para uma quantidade significativa de alunos previamente selecionados.

Na América Latina, pelas mãos de três físicos; Marcos Moshinsky, José Leite Lopes e Jose Juan Giambiagi, surge a ELAF¹. Descreveremos e analisaremos as três primeiras ELAF's (1959-1961), realizadas respectivamente na Cidade do México, no Rio de Janeiro e em Buenos Aires. Serão dois os temas que merecerão a nossa atenção: 1) As razões para a criação da ELAF e suas semelhanças e diferenças com outras Escolas científicas; 2) O seu impacto imediato na América Latina.

É possível notar, pela duradoura existência da ELAF e pela importância do CLAF para as instituições de física da América Latina, o quanto a criação deste espaço transnacional tornou possível a afirmação e o reconhecimento dos países latino-americanos no cenário científico.

*Os autores agradecem o apoio recebido por parte da Coordenação de Documentação e Informação do CBPF/MCTI, bem como a Carlos Lopes

pela oportunidade de consultar a biblioteca do CLAF.

¹As fontes utilizadas são o Arquivo Guido Beck, o material do professor

A Física na América Latina

O início da pesquisa científica nos países latino-americanos nos remete às práticas exploratórias dos colonizadores na extração de minérios e vegetais, sendo comparáveis entre si os conhecimentos que os europeus trouxeram para o continente americano para cumprir tal objetivo. No entanto, considerando-se apenas o ambiente científico universitário dos países que serão discutidos neste texto - Argentina, Brasil e México -, percebe-se uma diferença muito grande entre esses ambientes, ao menos no seu início.

Sabemos que, no Brasil, somente com a vinda da Família Real, foram criadas escolas de ensino superior. Universidades, só surgiriam no século passado. Diferentemente de Portugal, a Espanha, desde que chegou à América, criou universidades em suas colônias. No México, sua primeira universidade, a Real y Pontificia Universidad de México – hoje, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) - data de 1551. A Argentina comemorou os 400 anos de sua primeira universidade, a Universidad Nacional de Córdoba, criada em 1613. Há os que justificam esse (atraso) brasileiro pelo fato de Portugal na época temer que nas universidades surgissem movimentos de independência. (Cunha, 2000, p.152) No campo da ciência, após a independência, cada um dos três países procurou, isoladamente e estruturando-se em torno de figuras pontuais, estabelecer uma trajetória própria em direção ao desenvolvimento autônomo nacional científico. Entre estas figuras importantes, está o físico mexicano Manuel Sandoval Vallarta (1899-1977), que, após ter concluído seu doutorado no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), sob a orientação de Edgar Bright Wilson, passou a lecionar no próprio MIT, mantendo estreito contato com jovens físicos mexicanos, orientando-os, até finalmente voltar ao seu país em definitivo em 1943. Em seu retorno, liderou a criação da instituição pioneira no desenvolvimento da ciência no México: a Comissão de Promoção da Pesquisa Científica. Presidiu esta comissão no período de 1943-51, quando passou a ser denominada Instituto Nacional de Pesquisas Científicas. Manteve-se no cargo até 1963. Posteriormente, o instituto tornou-se o Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia.²

Outra figura significativa foi o físico argentino Enrique Gaviola (1900-1989), que após ter estudado e trabalhado diretamente com físicos importantes como James Franck (1882-1964) - seu orientador de doutorado -, Albert Einstein (1879-1955), Max Planck (1858-1947) e Max Born (1882-1970) -, todos prêmios Nobel -, retornou à Argentina e, assim como Vallarta, contribuiu para a criação de instituições científicas em seu país.

No Brasil, segundo a historiografia corrente, o marco inicial pela transformação do cenário então existente foi a fundação da Universidade de São Paulo (USP), a qual completa 80 anos este ano. Em particular, a criação da

Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP tornou possível a organização institucional do ambiente necessário para que ensino e pesquisa coexistissem de modo a permitir a prática científica em torno de projetos originais. A vinda de Gleb Wataghin (1899-1986) mostrou-se acertada, uma vez que ele conseguiu rapidamente atrair jovens competentes e entusiasmando-os para as suas pesquisas. No Rio de Janeiro, deve-se mencionar a chegada em junho de 1933 do físico alemão Bernhard Gross (1905-2002). Naquela cidade, em 1935, foi criada a Universidade do Distrito Federal, poucos anos depois incorporada à Universidade do Brasil (UB). Foi nessa época, passagem da década de 1930 para a seguinte, que se formaram na USP e na UB jovens como César Lattes (1924-2005), Jayme Tiommo (1920-2011), Mário Schenberg (1914-1990), José Leite Lopes (1918-2006) e Marcelo Dammy de Souza Santos (1914-2009).

As descobertas em raios cósmicos por Wataghin e colaboradores, bem como aquelas das quais participou Lattes, junto ao grupo de Cecil Powell (1904-1969), responsável pela descoberta do méson pi, em 1947, contribuíram para gerar benefícios à ciência brasileira por meio, por exemplo, da criação em 1949 do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF –, colocando, em poucos anos, o Brasil como principal centro de física da América Latina naquele período do pós-guerra.

Estes exemplos sugerem que a existência de universidades muito mais cedo no México e na Argentina não significou um progresso científico mais consolidado nos dois países, quando os comparamos com o Brasil; nem que a pesquisa científica se desenvolve e depende exclusivamente de universidades. Até onde podemos perceber, a criação e/ou o desenvolvimento de universidades e centros de pesquisa na América Latina não pode ser explicada pela fundação das primeiras universidades ainda no século XVI em países como Argentina, México ou Peru e nem pela sua ausência em países como o Brasil. As causas e os motivos que explicam os movimentos nacionais responsáveis pela criação das modernas unidades de ensino superior e pesquisa científica nos países já mencionados devem ser buscados nos contextos sociais, políticos, culturais e econômicos que predominavam na primeira metade do século passado.

Comparações à parte, o fato é que o fim da Segunda Guerra Mundial trouxe com o seu desfecho, a vontade – mesmo a necessidade – por parte de muitos países subdesenvolvidos de organizarem-se de modo tal a conseguirem um acelerado desenvolvimento científico, o que acabou por aproximar ciência e política, ao fortalecer a consciência de que o desenvolvimento social e econômico de um país também dependeria de seu potencial científico. Assim, surgiram órgãos internacionais e nacionais com o intuito de incentivar e organizar o trabalho colaborativo científico entre os países aliados do pós-guerra. Inicialmente foi criada em novembro de 1945 a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). Posteriormente, criam-se o Centro Europeu para a Pesquisa Nuclear (CERN) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), estas voltadas para o estudo sobre energia nuclear, assunto de alta relevância no momento do início da corrida armamentista entre os EUA e a URSS.

Em meio a este sentimento de trabalho coopera-

José Leite Lopes, ambos disponíveis no CBPF, e a biblioteca do CLAF.

² Ver em http://trad.fis.unb.br/pet-fisica/artigos/fisica_na_america_latina_atinge_a_maioridade.htm Acessado em 18 de março de 2012.

tivo, começaram a surgir no mundo escolas científicas, instituições que passariam a permitir a troca de ideias entre cientistas maduros e novatos.

Na América Latina, o físico Marcos Moshinsky (1921-2009) organizou e coordenou na Universidade do México a bem sucedida Escola de Verão de 1956. Após esta Escola, ele sugeriu a José Leite Lopes a criação de uma escola latino-americana de física, buscando com isso garantir autonomia científica aos países latino-americanos. Pelas mãos de Moshinsky, Leite Lopes e Giambiagi surgiu, em 1959, a ELAF. Nosso objetivo aqui é responder às seguintes perguntas:

1. Quais as razões para a criação da ELAF?
2. Quais as suas semelhanças e diferenças com as outras Escolas científicas?
3. Qual foi seu impacto imediato na física da América?

A criação de Escolas Científicas

Terminada a Segunda Guerra, a sociedade ocidental passou por um importante período de reestruturação em diversos setores. Havia a consciência por parte dos cientistas europeus de que a ajuda mútua nesse momento de reorganização seria muito mais vantajosa para todos, ainda mais que, após 1945, os EUA e a então URSS passaram a ser as lideranças políticas e militares, sem que os países europeus, pudessem seguir o caso permanecessem separados uns dos outros. Entra em cena a atuação pacificadora da UNESCO, financiando eventos científicos, defendendo a bandeira de que *“A paz mundial poderia ser obtida por meio da ciência”*.

Assim, foram criadas instituições que permitiam reunir por um período razoável (em geral, de 4 a 6 semanas) cientistas experientes, competentes e capazes de transmitir, a um considerável número de alunos e outros professores, assuntos atuais e relevantes para que os mesmos multiplicassem em suas regiões o conhecimento adquirido: nasciam, no início da década de 1950, as escolas científicas. Vejamos três exemplos delas.

École de Physique des Houches: Fundada em 1951 pela física Cecile DeWitt-Morette, a Escola de Física de Les Houches foi pioneira entre esse tipo de instituição científica, e tem em sua história a contribuição de diversos cientistas importantes no desenvolvimento da física do século passado. Localizada em uma bela região nos alpes franceses, acima do Vale de Chamonix e próxima ao Mont Blanc, a escola mantém até hoje sua tradição de excelência.

Criada com o intuito de desenvolver no pós-guerra a física moderna, antes de tudo na França, mas com reflexos em outros países, teve seu primeiro curso ministrado pelo físico belga Leon van Hove (1924-1990) sobre mecânica quântica. Em seus 63 anos de existência, a escola foi capaz de atrair, entre alunos e professores, 20 físicos ganhadores do prêmio Nobel de Física; um matemático ganhador da medalha Fields, o francês Alain Connes; e um prêmio Nobel de Química, o austríaco Walter Kohn. Atualmente a escola funciona com duas diferentes modalidades: a Escola de

Verão, realizada duas vezes ao ano, com duração de quatro a cinco semanas, nos meses de julho e agosto; e as sessões do Centro de Física, com duração de uma a três semanas, realizadas durante todo o ano, com o propósito de reunir físicos de diversas regiões em conferências para a discussão e organização de temas de pesquisa.

A Escola de Les Houches gerou teve impacto muito grande na física europeia, tendo seu modelo de funcionamento copiado por outros países, regiões ou instituições, como parece ter sido o caso da própria ELAF. Moshinsky, Giambiagi e Leite Lopes não participaram das primeiras Escolas em Les Houches anteriores à ELAF; os países latino-americanos foram representados pela participação do físico brasileiro Paulo Saraiva de Toledo (1921-1999), em 1952, e do físico argentino Daniel Bès, em 1956.

Scuola Internazionale di Fisica “Enrico Fermi”: Fundada em 1953 pelo físico Giovanni Polvani (1892-1970), a Escola Internacional de Física “Enrico Fermi” junto com a Escola de Les Houches, tornou-se um símbolo bem-sucedido desse novo modelo de instituição. Localizada na cidade de Varenna, mais especificamente na Villa Monastero, a leste do Lago Como, a tradição de excelência acompanhou sua trajetória, tendo sempre a participação de cientistas renomados, entre eles o próprio Enrico Fermi (1901-1954), Nobel em Física, que, após ministrar palestras sobre píons e núcleons durante o Verão de 1954, morreu em novembro do mesmo ano, passando a dar nome à Escola.

Geralmente três cursos com duração de uma ou duas semanas são realizados no verão, entre junho e julho, e seus temas são escolhidos por um Conselho da Sociedade Italiana de Física, dentre diversas propostas vindas de cientistas italianos e de outras nacionalidades, levando-se em conta sempre a relevância do assunto. Cada curso escolhido tem um secretário científico, responsável por convidar palestrantes para os seminários. Cerca de 50 alunos previamente selecionados são distribuídos entre os cursos.

A Escola Latino-Americana de Física: Cientes da necessidade de colocar a física latino-americana em condições de diálogo com os demais continentes, os físicos Marcos Moshinsky, Juan Jose Giambiagi e José Leite Lopes se organizaram e criaram a Escola Latino-Americana de Física (ELAF). Para isso, foi certamente decisivo o fato de os três pesquisadores terem estudado fora de seus países de origem, o que lhes permitiu acompanhar de perto as transformações vividas pela física mundial no imediato pós-guerra. A seguir, alguns dados biográficos desses três físicos teóricos.

1) Marcos Moshinsky: Moshinsky nasceu em Kiev, Ucrânia, em 20 de abril de 1921. De origem judaica, saiu refugiado de seu país para a Palestina Britânica e em seguida foi para o México em 1924. Ganhou sua cidadania mexicana apenas em 1942. Fez seu curso secundário na Escola Nacional Preparatória da UNAM e sua graduação na própria universidade, concluindo-a em 1944. Obteve destaque durante sua graduação, sendo recomendado por M. Sandoval Vallarta, diretor do Instituto de Física na época, para prosseguir com seus estudos na Universidade de Princeton. No período de 1947-49 obteve seu mestrado e doutorado, sendo orientado por Eugene Wigner. Em 1950, fez seu pós-doutorado no

Instituto Henri Poincaré, na França, trabalhando em uma teoria esquemática de reações nucleares e na estrutura de núcleos atômicos. No mesmo ano, retornou ao México e começou a reunir um grupo de jovens físicos que, pela qualidade dos trabalhos, ganhariam reputação internacional. Em 1952, Moshinsky veio ao Brasil para participar do simpósio sobre novas técnicas de pesquisa em física, que ocorreu no Rio e em São Paulo. Vallarta esteve igualmente presente.

Vale a pena mencionar que Moshinsky teve o mesmo orientador que Jayme Tiomno e que eles fizeram os seus doutoramentos na mesma época. É muito provável que ambos mantivessem conversas em Princeton sobre as situações das físicas em seus respectivos países de origem. A eventual camaradagem, iniciada à época, pode ter facilitado as conversas preliminares para a criação da ELAF.

Em 1956, Moshinsky organizou a bem-sucedida Escola de Verão da UNAM, passando com isso a exercer uma liderança entre os cientistas latino-americanos na organização da física dessa região. Em 1959, ele fundou com Giambiagi e Leite Lopes a ELAF e organizou a 1ª edição do evento.

2) Juan José Giambiagi: Giambiagi nasceu em Buenos Aires, Argentina, em 18 de janeiro de 1924. Fez seu curso secundário no Colégio Nacional de Buenos Aires. Em 1943, ingressou na Universidade de Buenos Aires. Filho de ferroviário, mesmo seu pai já sendo falecido na época em que iniciara sua graduação, teve bastante incentivo de sua família para ser engenheiro para que pudesse ter sua própria empresa de construção. Ocorre que, durante sua graduação explodem as bombas nucleares e, segundo ele, “...a física entrou na moda e nada mais se comentou a respeito.”³. Concluiu sua graduação em 1948 com a tese *Aplicación del método Hadamard al cálculo del campo magnético del electrón*. Doutorou-se na mesma universidade em 1950. Recebeu uma bolsa da British Council em 1952 para trabalhar na Universidade de Manchester, Inglaterra, onde fez seu pós-doutorado com Leon Rosenfeld (1904-1974). No ano seguinte, a convite de José Leite Lopes, foi para o CBPF. Após a experiência de quatro anos fora de seu país, retornou a Argentina em 1956 para dirigir o Departamento de Física Experimental da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais de Buenos Aires, e passou a atuar como professor titular de física teórica. Cria a Escola de Física Teórica e Experimental, instituição que se tornaria uma das mais avançadas da América Latina. Além da criação da Escola de Física, sua gestão se destacou por conseguir promover 40 professores ao regime de trabalho integral, até então inexistente antes do seu retorno. Em 1958, ganhou uma bolsa da Fundação Rockefeller e foi trabalhar com Murray Gell-Mann no Instituto de Tecnologia da Califórnia. Em 1959, retornou a Argentina e fundou a ELAF com Moshinsky e Leite Lopes. Nos anos de 1960, Giambiagi foi o chefe do Departamento de Física na Universidade de Buenos Aires (UBA) e o principal responsável pela elevada conceituação alcançada por essa instituição. Com o

golpe do General Onganía em 1966, ele, bem como dezenas de colegas, demitiu-se do cargo de professor. Mesmo fora da UBA, Giambiagi permaneceu na Argentina até 1976, quando mais um golpe militar obrigou-o a se exilar no Brasil, mais especificamente no CBPF, onde permaneceu até a sua morte, em 1996. Na década de 1980, foi durante oito anos consecutivos o diretor do CLAF.

3) José Leite Lopes: Leite Lopes nasceu em Recife, em 28 de outubro de 1918. Fez seu curso secundário no Colégio Marista de Recife. Ainda em sua cidade natal, graduou-se em química industrial na Escola de Engenharia de Pernambuco no período de 1935-39. Em 1937, participou do 3º Congresso Sul-Americano de Química, realizado no Rio de Janeiro e em São Paulo. Na ocasião, conheceu Mário Schenberg e o trabalho realizado pela a equipe liderada por Wataghin no Departamento de Física da FFCL. Obteve ao final de sua graduação uma bolsa de um ano para ir estudar no sul do Brasil. Por recomendação de seu professor Luís Freire, seguiu para o Rio de Janeiro e matriculou-se na primeira turma do curso de física da recém-criada Faculdade Nacional de Filosofia. Recebeu em 1941 o convite do então professor catedrático de Física Teórica Luigi Sobrero para ser seu assistente. Em 1942, concluiu o curso de bacharel em física. A convite de Carlos Chagas, foi trabalhar no instituto de biofísica da Universidade do Brasil. Em 1943, recebeu uma bolsa da Fundação Zerrener do Brasil e foi para a FFCL da USP trabalhar com Schenberg, que retornara dos EUA.

No ano seguinte, recebeu uma bolsa de dois anos do governo norte-americano e foi para a Universidade de Princeton. Leite Lopes passou a estudar e assistir palestras, seminários e cursos de grandes físicos da época, a saber: Albert Einstein, Wolfgang Pauli, Johann Von Neumann, Hermann Weyl, Jonh Blatt, Ning Hu e Joseph Maria Jauch. Recebeu o convite de Pauli para fazer o doutoramento sob sua orientação. Em 1946, defendeu sua tese sobre “*A teoria dos mésons com forte acoplamento e suas aplicações às colisões nêutron-próton com possível excitação de isóbaros*”. Ainda em 1946, voltou ao Rio de Janeiro e assumiu interinamente a cátedra de Física Teórica da FNFi. Entre 1946-49 manteve estreito contato com os físicos que estavam em São Paulo, entre eles César Lattes. Diante das dificuldades que existiam na FNFi com relação à contratação de jovens professores assistentes e da implementação do regime em tempo integral, Leite começou a buscar por meio de discursos, artigos e entrevistas, recursos fora da universidade para o desenvolvimento da pesquisa. Aproveitando-se do sucesso dos trabalhos de Lattes em Bristol, em 1947, e, no ano seguinte, em Berkeley, nos EUA, sugeriu ao departamento de física da FNFi uma cátedra de física nuclear ao colega cientista. Apesar da vinda de Lattes, a burocracia e a falta de incentivo da Universidade do Brasil impediam o desenvolvimento da física no Rio de Janeiro. Pelas mãos do empresário João Alberto Lins de Barros e com apoio financeiro de diversos setores da sociedade, cria-se, em 1949, o CBPF.

Com a criação do CBPF, a física no Brasil ganhou mais visibilidade e passou, com o prestígio de seus criadores, a receber a visita de físicos estrangeiros renomados. Entre 1951-52, por exemplo, o físico Richard Feynman passou um ano sabático no CBPF, ministrando cursos sobre física

³ Entrevista concedida a Luiz Masperi (Comissão Nacional de Energia Atômica, Argentina), Guillermo Boido (Ciência Hoje), Naren Bali (Techint), Ennio Candotti, Ildeu de Castro Moreira e Roberto Barros de Carvalho (Ciência Hoje), publicada em julho de 1989.

nuclear e teoria dos mésons.⁴ Com a ajuda financeira do recém-criado Conselho Nacional de Pesquisas, Leite Lopes conquistou liberdade e autonomia suficientes para finalmente promover o incentivo à pesquisa no Rio de Janeiro. Jovens físicos de vários países da América Latina passaram a estudar no Centro. Guido Beck foi contratado para compor o grupo de professores.

Em 1954, com a morte de Getúlio Vargas, a política nacional de desenvolvimento de energia atômica sofreu grandes mudanças, passando a atender interesses de grupos ligados aos EUA. No ano seguinte, Leite participou da 1ª Conferência internacional sobre a utilização pacífica da energia atômica. Em seu retorno, sugeriu a criação de um Laboratório Nacional de Energia Nuclear, com o intuito de concentrar, em um ambiente único de estudos, cientistas ligados à área, para que juntos pudessem discutir e desenvolver técnicas e equipamentos nucleares. A ideia não foi aprovada e foram criados institutos separados de energia atômica em São Paulo, no Rio de Janeiro e em Minas Gerais.

Em 1956, a convite de Feynman, foi para o Instituto de Tecnologia da Califórnia e realizou estudos teóricos sobre a captura de múons por núcleos leves, revelando a existência do acoplamento pseudoescalar induzido nas interações fracas. Em 1958, retornou ao Rio de Janeiro e prosseguiu com os estudos feitos na Califórnia. Em 1959, se aliou a Moshinsky e Giambiagi e fundou a ELAF.

Escola Latino-Americana de Física

Sabe-se que Argentina, Brasil e México abrigavam, na década de 1940, os principais centros de Física da América Latina. Porém, segundo Giambiagi, até 1945, *“a integração entre Brasil e Argentina no campo da física era praticamente nula”*. O primeiro contato de grande repercussão entre os dois países surgiu após a ida de Mário Schenberg a Córdoba, em 1946, numa reunião da Associação Física Argentina. Nessa mesma época, Leite Lopes e Moshinsky doutoraram-se na Universidade de Princeton - o segundo inclusive sendo orientado por E. P. Wigner (1902-1995), que também orientou o físico brasileiro Jayme Tiommo. Não é demais conjecturar que já no final da década de 1940, em Princeton, tenha havido diálogos na intenção de um possível trabalho coletivo em prol do desenvolvimento da física na América Latina.

Com apoio da UNESCO, começaram a surgir eventos científicos de maior repercussão na América Latina. Em 1952, contando também com ajuda do recém-criado Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), promovido pela Associação Brasileira de Ciências, foi realizado entre 15 e 29 de julho, no Rio de Janeiro e em São Paulo, o Simpósio sobre Novas Técnicas de Pesquisa em Física. Este evento teve a virtude de reunir mais de 75 físicos, entre eles os renomados I. Rabi (1898-1988), E. Wigner, G. Wataghin, G. Occhialini (1907-1993), os já citados Moshinsky, Vallarta, além dos físicos brasileiros. Entretanto, a Escola de Verão reali-

zada em 1956 no México simboliza o verdadeiro embrião da ELAF.

Organizado por Moshinsky, o evento foi realizado entre 9 de julho e 31 de agosto, na UNAM, sobre física nuclear de baixas energias. O tema foi distribuído em cinco cursos, cujos palestrantes foram os físicos R. Peierls, R. Thomas, B. Stech, J. Levinger, e o próprio Moshinsky. A seu pedido⁵, Beck fez um comentário na *Physics Today*⁶ sobre o sucesso do evento e a importância de se constituir uma tradição científica latino-americana.

Esta Escola representou um passo importante em direção de algo maior que se concretizaria e serviu para mostrar que a comunidade científica latino-americana reconhecia que cada país, individualmente, não teria condições nem incentivo suficiente de seus governantes de realizar, periodicamente, eventos desse porte. Esta afirmação foi exemplificada em uma nova carta de Moshinsky a Beck, informando que não haveria uma nova escola de verão em 1957 *“...pela falta de interesse das autoridades universitárias”*⁷. Naquele momento, nenhuma instituição científica latino-americana dispunha de capacidade humana e financeira para manter e assumir um evento dessa magnitude. A necessidade de um trabalho colaborativo apresentava-se como emergente e inevitável.

Em carta⁸ destinada a Guido Beck, que nesta época encontrava-se no Rio de Janeiro, Moshinsky mencionou outra endereçada por ele a Leite Lopes sobre um plano para a criação de uma escola latino-americana de física. O plano consistia em realizar anualmente uma escola de verão, mudando sua sede a cada ano, realizando-a, segundo suas palavras, *“nos países latino-americanos que faziam física a sério”*, a saber: Argentina, Brasil e México. Sugeriu ainda que os gastos ficassem a cargo do país que organizasse o evento, com a condição de o mesmo ter fundos para a permanência e viagem de estudantes locais, além de cinco estudantes procedentes dos demais países. Propôs ainda que a 1ª Escola de Verão fosse realizada em 1959, no México, tendo como tema *“Os Princípios de Simetria na Física Moderna”*, contando como palestrantes os seguintes físicos: Wigner, Maurice Levy, Leite Lopes e Moshinsky. Com a ajuda do articulado Beck, Leite Lopes e Giambiagi, um ano depois e do modo como Moshinsky idealizou, nascia a ELAF.

Entre 20 de julho e 30 de agosto de 1959, finalmente foi realizada a 1ª ELAF, na Cidade do México, na UNAM, cujo tema foi *“Os Princípios de Invariância da Física Moderna”*, com 31 participantes. Organizada por Moshinsky, teve como anúncio o seguinte texto, que se tornaria oficial a todas as Escolas seguintes:

Desde hace tiempo los físicos de Latino América han sentido la necesidad de aumentar su contacto con los físicos de otras partes del mundo. Una manera de aumentar ese contacto es la de

⁵ Carta enviada por Moshinsky a Guido Beck em 9 de outubro de 1956.

⁶ Nota em “Summer Programs” da *Physics Today* de novembro de 1956, p 54-56.

⁷ Carta enviada por Moshinsky a Guido Beck em 27 de abril de 1957.

⁸ Carta enviada por Moshinsky a Guido Beck em 17 de junho de 1958.

⁴ Lopes, José Leite, As origens da Escola Latino-Americana de Física, CBPF-CS-006/98.

*llevar a cabo periódicamente cursos cortos sobre temas de actualidad en física. Parece por lo tanto interesante, el crear una Escuela Latino Americana de Física cuyo propósito sea el de promover dichos cursos en diferentes partes de Latino América durante seis semanas, generalmente en los meses de julio y agosto.*⁹

Seguem abaixo os cursos ministrados:

Aplicaciones de los Principios de Invariancia en la Espectroscopía y las Reacciones Nucleares. Dr. E. P. Wigner, Universidad de Princeton, Princeton, EE. UU.

Relacion de Dispersion y Aplicaciones a las Reacciones entre Partículas Elementales. Dr. M. Levy, École Normale Supérieure, Paris, Francia.

Principios de Invariancia y la Teoría de Campo. Dr. Leite Lopes, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, Brasil.

Principios de Invariancia y la Desintegración Beta. Dr. M. Moshinsky, Universidad de México, México.

A 2ª ELAF foi realizada em 1960, entre os dias 27 de junho e 7 de agosto no Rio de Janeiro, no CBPF, sendo organizada por Leite Lopes e cujo tema foi “*Problemas da física nuclear de altas e baixas energias*”, com 100 participantes.

Seguem abaixo os cursos ministrados:

I. O Problema dos Muitos Corpos C. N. Yang, Institute for Advanced Study, Princeton, EUA.

II. Interação de Raios Gama com Núcleos J. Goldemberg, Universidade de São Paulo, Brasil.
Reações com Partículas Polarizadas.
O. Sala, Universidade de São Paulo, Brasil.
Partículas Elementares: Fatos Experimentais.
C.M.G. Lattes, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Brasil.

III. Interações a Alta Energia de Nucleons, Pion, Ftons e Partículas Estranhas G. Puppi, Universidade de Bolonha, Itália.

IV. Teoria das Partículas Estranhas J. Tiommo, Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, Brasil.

A 3ª ELAF foi realizada em 1961, entre os dias 3 de julho e 4 de agosto em Buenos Aires, na Universidade de Buenos Aires, sendo organizada por Giambiagi e cujo tema foi “*Problemas da física nuclear de baixas energias*”, com 67 participantes.

Seguem abaixo os cursos ministrados:

Reacciones Directas Mediante Excitaciones de Partícula

Independiente. Dr. S. Bloom, Lawrence Radiation Laboratory, Livermore, California, EE. UU.

Fuerzas Residuales en Modelos de Partícula Independiente. Dr. R. Sorensen, Columbia University, New York, EE. UU.

Teoría de la Materia Nuclear. Dr. E. Squires, D. A. M. T. P., Cavendish Laboratory, Cambridge, Inglaterra

Correlaciones Angulares de Radiaciones Nucleares. Dr. R. M. Steffen, Purdue University, Lafayette, Indiana, EE. UU.

É importante perceber nas escolas latino-americanas a presença de físicos norte-americanos e europeus como palestrantes. Havia uma clara preocupação dos físicos latino-americanos em estabelecer contato constante com o que se estudava nessas regiões.

Após o sucesso das três primeiras ELAF's, vislumbrou-se a possibilidade da criação de um centro que tomasse para si a responsabilidade de coordenação não só das futuras escolas, como também de outros eventos latino-americanos de física. Diante dessa novidade, em 1961, o governo brasileiro por intermédio de Leite Lopes – este ciente da boa visibilidade que o Brasil conquistara com a atuação do CBPF na década de 50 –, propôs durante a 11ª Conferência Geral da Unesco a criação do Centro Latino-Americano de Física (CLAF). Em reunião que contou com a participação de físicos, diplomatas e representantes da Unesco, firmou-se o acordo que instituiu o CLAF. No entanto, é importante observar que não há uma relação causal entre a ELAF e a criação do CLAF, como se a primeira fosse uma etapa de transição para o segundo.

Além de atuar como órgão coordenador dos eventos científicos latino-americanos, o CLAF passou a garantir espaço para a realização de *démarches* diplomáticas, as quais, entre outros objetivos, serviram como um mecanismo direto dos físicos para a aquisição de recursos, sem a necessidade de submissões a outros órgãos de fomento. É bem verdade que o incentivo dado pelos países colaboradores diferia bastante um dos outros, sendo o Brasil sempre o seu principal contribuinte, situação ainda hoje vigente.

Conclusão

A internacionalização da ciência oriunda do pós-guerra tornou indissociável o elo entre ciência e política, tendo como consequência a criação de organismos científicos capazes de atuar com desenvoltura no campo diplomático. Nesse sentido, surgiram as escolas e os laboratórios científicos, um com a finalidade de formar e o outro de produzir pesquisa. O CERN e as Escolas de Física de Les Houches e Varenna são os exemplos de destaque na Europa.

Voltando o nosso olhar para a América Latina, as razões para a criação da ELAF foram o fato de os cientistas latino-americanos perceberem tal necessidade de unirem forças para que a pesquisa científica neste continente pudesse ter espaço e reconhecimento no cenário transnacional, além de observarem o sucesso das escolas científicas europeias, recém-criadas no acelerado processo de desenvolvimento da física moderna.

⁹ Lopes, J.L., As origens da Escola Latino-Americana de Física, p.4.

O sucesso das primeiras edições da Escola possibilitou a criação do CLAF, fazendo surgir na América Latina uma tradição científica de pesquisa de nível comparável a muitos centros de pesquisa há muito consolidados, legitimando dessa forma seu impacto positivo no desenvolvimento da ciência latino-americana.

Curiosamente, apesar de inúmeras semelhanças, nota-se uma diferença básica entre a ELAF e as demais escolas: o local do evento. Ao contrário de Les Houches e Varenna, que sempre foram realizadas em cidades afastadas dos grandes centros urbanos, com o propósito de buscarem um ambiente propício a uma convivência mais tranquila e harmoniosa, livre da agitação urbana e das universidades, as ELAF's foram realizadas em instituições das grandes metrópoles dos países latino-americanos. Provavelmente o objetivo era o de facilitar o acesso dos participantes, além da redução dos gastos com estadia.

Outro resultado imediato gerado após as primeiras ELAF's foi a aproximação e o convívio muito mais harmonioso e cooperativo, pelo menos no campo científico, entre os países latino-americanos, apesar dos graves problemas políticos que ocorreram nas décadas de 1960 e 1970 em praticamente toda a América Latina.

Em suma, a criação das escolas científicas em geral serviu para garantir aos cientistas a aquisição de um ambiente - até certo ponto - livre de interferências externas indesejáveis, contribuindo, por exemplo, para evitar que os rumos da ciência fossem determinados por interesses comerciais e políticos, alheios aos valores da ciência pura. As escolas de física foram - ainda a são? - um tipo de instituição que permite a manutenção de um espaço no qual é possível resguardar a identidade do cientista e de uma concepção de ciência descompromissada. Ou ainda: um local onde a opinião de um cientista pode ser expressa sem que atuem controles externos à ciência. Finalmente, uma instituição segura, na qual a ciência pode tentar permanecer autêntica, isto é, controlada pelos próprios cientistas.

Bibliografia Consultada

Carta enviada por Marcos Moshinsky a Guido Beck em 17 de junho de 1958 (Arquivo Guido Beck/MCTI).

Carta enviada por Marcos Moshinsky a Guido Beck em 27

de abril de 1957 (Arquivo Guido Beck/MCTI).

<http://em.fis.unam.mx/public/mochan/20100415>

Moshinsky.pdf Acessado em 29 de agosto de 2012.

<http://pt.infobiografias.com/biografia/26844/Marcos-Moshinsky.html> Acessado em 29 de agosto de 2012.

<http://www.canalciencia.ibict.br/notaveis/livros>

/jose_leite_lopes.56.html Acessado em 29 de agosto de 2012.

<http://www.colegionacional.org.mx/SACSCMS/XStatic/colegionacional/docs/espanol/moshinsky.pdf> Acessado em 29 de agosto de 2012.

http://www.fisica.unam.mx/ifunam_english/moshinsky.php . Acessado em 29 de agosto de 2012.

<http://www.fpa.es/en/awards/1988/manuel-cardona-1/text/> Acessado em 29 de agosto de 2012.

<http://www.if.ufrj.br/famous/leite.html> Acessado em 29 de agosto de 2012.

Korff, Serge A., Chasson, Robert L., Bariloche Cosmic-Ray Conference, nº7, pag. 32-33, july, 1959.

Korff, Serge A., The meetings in Mexico, Physics Today, nº 3, pag. 10-17, march, 1956.

Lopes, José Leite, As origens da Escola Latino-Americana de Física, CBPF-CS-006/98.

Lopes, José Leite, Discurso de Formatura dos Bacharéis da Faculdade Nacional de Filosofia da Universidade do Brasil, CBPF-CS-007/12.

Lopes, José Leite, Uma História da Física no Brasil. 1.ed. Editora Livraria da Física, São Paulo, 2004.

Marques, Alfredo, Cesar Lattes 70 anos: a nova física brasileira. 1.ed..CBPF, Rio de Janeiro, 1994.

Moshinsky, Marcos, Seccion de Postgraduados de Física, Revista Mexicana de Física, vol.4, nº4, México, 1955.

Physics Today, Summer Programs, nº 11, pag. 54-56, november, 1956.

Physics Today, Summer Programs, nº4, pag. 56, april, 1959.

Vallarta, Manuel S., El Simposio de Física em El Brasil, Revista Mexicana de Física, vol.1, nº3, México, 1952.

Vieira, Antonio Augusto P., Bibiloni, Anibal G., Encontro de história da ciência: análises comparativas das relações científicas no Século XX entre os países do Mercosul no campo da Física. 1.ed.. CBPF, Rio de Janeiro, 2001.

Vieira, Antonio Augusto P., Vieira, Cássio Leite, Contribuições para a História dos Raios Cósmicos no Brasil, CBPF-CS-001/12.

A Mecânica e as Técnicas

As Equações de Movimento e o Desenvolvimento das Ciências Naturais e da Tecnologia

Mechanics and Technics: The equations of Motion and the Development of Natural Sciences and Technology

Luiz A.C. Malbouisson*

*Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia,
40210-340, Salvador, BA*

Ademir E. Santana[†]

*Centro Internacional de Física da Matéria Condensada,
Instituto de Física, Universidade de Brasília,
70910-900, Brasília, DF*

Analizamos a importância da ciência da mecânica para o desenvolvimento das técnicas e das ciências naturais, com o pressuposto de que todos os fenômenos naturais são manifestações do movimento, que é descrito por relações causais (equações de movimento) envolvendo diferentes configurações do estado mecânico de sistemas mecânicos. Como elemento dométodo de análise, discutimos alguns problemas abordados pela via mecânica e fazemos um estudo dos fundamentos metodológicos das mecânicas clássica e quântica. Em alguns casos, como a descoberta de Netuno e a redução do fenômeno da mutação genética a um problema mecânico, detalhamos a análise a partir dos textos originais; um procedimento que se mostra revelador às conclusões deste ensaio. Por exemplo, estimamos o impacto estratégico da mecânica sobre o desenvolvimento das técnicas e as implicações na formulação das ciências fenomenológicas.

Palavras-chave: bases da mecânica; desenvolvimento das técnicas; mecânica clássica; mecânica quântica

We analyze the importance of the Mechanics Science for the development of technics and the natural science, considering that all natural phenomena are manifestation of the motion, which is described by causal laws (equations of motions) among different configurations of the state of mechanical systems. As a methodological element for the analysis, we discuss some problems described by the mechanical way and carry out a study about the methodological foundations of classical and quantum mechanics. In some cases, as the discovery of Neptune and the reduction of the genetics mutation to a mechanical problem, we detail the analysis from the original works; a procedure that reveals basic achievements in this essay. For instance, we estimate the strategic impact of Mechanics on the development of the technics and the implications for the phenomenological formulations of sciences.

Keywords: bases of mechanics; developments of technics; classical mechanics; quantum mechanics

1. INTRODUÇÃO

Atribui-se aos gregos em Mileto na Jônia, no Sec. VI AC, a introdução de uma forma de geração de conhecimento, que se constituiu na chamada Razão Grega [1]. Esta tinha por base um procedimento de reflexão para com os fenômenos, em particular os naturais, tomando-os como objeto de uma investigação sistemática, e dos quais era apresentada uma

*Electronic address: lmalboui@ufba.br

[†]Electronic address: asantana@unb.br

descrição de conjunto. Com esta abordagem, os “físicos” milésios buscaram explicações acerca da constituição e existência do mundo. Tal concepção tanto se estabeleceu, que se credita a Tales a predição de um eclipse com base em dados da astronomia babilônica [1]. Estava aberto um caminho para as ciências naturais, e a história das sociedades ocidentais, com destaque ao período moderno, ficou marcada pelo desenvolvimento das técnicas, a partir da síntese grega de descrição dos processos naturais.

Este tipo de análise encontra um ápice na Renascença, e em especial com Isaac Newton. No mundo pós-Newtoniano tal abordagem possui uma forma compacta, básica para o entendimento e procedimento sistemático de interferência e manipulação de fenômenos da natureza, as chamadas equações de movimento. É a partir de então que com estas equações diversos tipos de movimentos ou sistemas mecânicos, difíceis de serem engendrados pela intuição ou em bases puramente empíricas, foram estabelecidos. Isto deu origem a profundas transformações nas técnicas levando ao estabelecimento de uma nova fisiologia, da biofísica clássica, da medicina e das engenharias do período moderno, além de novas técnicas associadas às máquinas de guerra. No século XX, com o aparecimento das equações de movimento da mecânica clássica relativística e da mecânica quântica, equações estas que descrevem apropriadamente processos envolvendo partículas em alta velocidade e de massa pequena, como os átomos e as moléculas e suas partes constituintes, vê-se uma nova e profunda transformação das técnicas e conseqüentemente o surgimento de novas engenharias, de uma nova medicina, da química quântica, de novas máquinas de guerra, das possibilidades da nanotecnologia e da computação quântica, de descrições no contexto atômico-molecular de processos como a catálise, a adsorção e a fotossíntese, e o surgimento da biologia molecular. Dessa maneira, a ciência da mecânica tornou-se um pilar estratégico no desenvolvimento das sociedades ocidentais no período moderno e contemporâneo.

Neste trabalho buscamos evidenciar esta condição estrutural das equações de movimento através de exemplos que mostram conexões entre estas e o desenvolvimento das técnicas e das ciências naturais em geral. A ênfase da discussão concentra-se na identificação de elementos que permitem desenvolver e alcançar a plenitude das técnicas. Da perspectiva aqui considerada, estes elementos estruturam-se na metodologia inicialmente proposta por Newton, e sintetizada nas equações de movimento da mecânica. O eixo da análise tem como pressuposto a idéia de que todos os fenômenos naturais são manifestações do movimento dos entes constituintes de um dado sistema. Portanto, o conhecimento desse movimento permitiria, em princípio, estabelecer as propriedades do sistema na sua totalidade. Assim, sendo qualquer técnica uma manipulação de fenômenos naturais, uma tecnologia para ser estabelecida em seu estado pleno demanda o conhecimento do movimento. Cabe ressaltar que esta identificação não significa uma secundarização dos processos históricos, com suas mediações e determinações sociais, econômicas e culturais. Tais aspectos, per se, constituem elementos para outros estudos, no âmbito das ciências sociais e, por conseqüente, não serão abordados aqui. Apenas extraímos alguns elementos do processo de produção do saber e

suas conseqüências para o desenvolvimento das ciências naturais e das técnicas. Neste contexto, discutiremos também aspectos metodológicos envolvidos na elaboração de uma mecânica.

Como parte da metodologia deste trabalho, e para evidenciar a importância do viés matemático-Newtoniano na abordagem dos sistemas mecânicos, utilizamos um conjunto de exemplos tais que os procedimentos ditos intuitivos e não formais (não-matemáticos) dificilmente levariam a qualquer solução. Escolhemos, em uma lista extensa, um conjunto de sistemas mecânicos que julgamos representativo. Esses exemplos são conhecidos da literatura e nenhuma solução detalhada é apresentada. Contudo, alguns casos emblemáticos, como a descoberta de Netuno e a redução do fenômeno da mutação genética a um problema mecânico, são tratados com mais detalhes a partir dos textos originais, o que revela vários aspectos na direção da nossa análise.

Este trabalho está organizado da seguinte maneira. Na seção 2, discorremos sobre o advento da mecânica de Newton, exemplificando a intervenção das equações de movimento no estudo de problemas mecânicos. Na seção 3, aspectos metodológicos da mecânica clássica são analisados, identificando um programa mecânico Newtoniano de análise da natureza. Na seção 4, referimo-nos ao desenvolvimento empírico e fenomenológico das técnicas na era moderna, com o propósito de ressaltar limitações desses procedimentos para o alcance da plenitude tecnológica. Na seção 5, tratamos da mecânica quântica e do surgimento das novas engenharias e da biologia molecular. Na seção 6, aspectos metodológicos da mecânica quântica são discutidos. Na seção 7, tecemos algumas observações finais.

2. EQUAÇÕES DE NEWTON, CIÊNCIAS NATURAIS E TÉCNICAS CLÁSSICAS

Na Grécia antiga, é Arquimedes (200 AC) o referido como quem mais se dedicou a problemas mecânicos, usando com rigor os métodos matemáticos; e seguindo essa tradição é na Europa, ao longo da Idade Média, onde foram introduzidos um conjunto de conceitos associados com o movimento dos corpos. Assim por exemplo, no sec. XIV Heytesbury, Swinshwad e Dumbleton formularam o conceito de cinemática, como a descrição geométrica do movimento, e a dinâmica, como o estudo das causas do movimento; Casale e Oresme introduziram a maneira de representar os resultados físicos por meios de gráficos; Buridan introduziu o conceito de ímpetus, algo próximo do conceito atual de momentum; e chega-se a Galilei que apresentou, dentre outras coisas, a experimentação como critério de verdade no estudo dos fenômenos naturais [2].

Estes desenvolvimentos levaram à caracterização do movimento de modo geral e matemático, e Newton, nas décadas finais do sec. XVII, estabeleceu sua forma de descrever a natureza, introduzindo e sintetizando as bases gerais que definem a estrutura conhecida por mecânica. Esta descrição pode ser sintetizada nos seguintes elementos constitutivos [3]:

a Os sistemas de referência, a partir dos quais são re-

alizadas as medidas sobre um dado evento ocorrendo no espaço e no tempo;

- b As variáveis dinâmicas, como por exemplo a posição, a velocidade, e a quantidade de movimento e funções destas;
- c O estado de movimento, que é definido por um conjunto completo mínimo de valores de variáveis dinâmicas necessário à caracterização unívoca da situação cinemática do sistema em um dado instante de tempo ¹;
- d A relação de causalidade (equação de movimento) entre estados de movimento do sistema em diferentes tempos. Esta relação satisfaz condições de existência e unicidade, próprias dos processos naturais, e determina como ocorreu, ocorre e ocorrerá a evolução temporal do sistema mecânico ²
- e Uma variável dinâmica contém implicitamente em sua definição um procedimento de sua medida. Isso implica que o construto teórico contenha uma regra que gere um número real, a ser comparado com os resultados da medida para cada variável ³.

Desde então, leva-se adiante a idéia grega de análise dos fenômenos naturais, e passa-se a preparar a natureza nos laboratórios para se obter respostas esperadas a partir da análise das equações de movimento. Os antigos não dispunham de um tal aparato teórico, e quando próximo disso chegaram, fora de modo restrito. Assim os pós-Newtonianos⁴ estavam instrumentalizados e foram capazes de descrever um amplo conjunto de sistemas mecânicos já observados e também transcender, introduzindo sistemas mecânicos novos, por vezes complicados, não encontrados na natureza e que foram propostos em curtos períodos de tempo, quando comparados ao ritmo de desenvolvimento pré-Newtoniano. Surge, a partir de então, uma implementação inédita e sem precedentes nas ciências naturais e nas técnicas, tendo por base a análise das equações de movimento, e quando possível com a determinação das

soluções destas para modelos de sistemas mecânicos. Esses aspectos são evidenciados nos exemplos que seguem ⁵.

2.1. O problema de três corpos

Lagrange, com o uso das equações de movimento, determinou, entre as trajetórias possíveis para o movimento de três corpos de massas m_1 , m_2 e m_3 sob a ação da interação gravitacional mútua, duas famílias de soluções [5]. Em uma delas, os três pontos materiais situam-se sobre uma reta que gira em torno do centro de massa. Neste caso, considerando m_2 localizada entre m_1 e m_3 , e sendo as distâncias entre m_1 , m_2 e m_3 iguais a $r_{13} = r$, $r_{12} = \rho r$ e $r_{23} = \sigma r$, com $\rho + \sigma = 1$ e $0 < \rho < 1$, a velocidade angular é dada por

$$\omega = \sqrt{\frac{(m_2\rho^{-2} + m_3)M}{(m_2\rho + m_3)r^3}},$$

onde $M = m_1 + m_2 + m_3$ é a massa total do sistema

A outra solução estabelece que as três massas estão situadas nos vértices de um triângulo equilátero, girando em torno do centro de massa com uma velocidade angular

$$\omega = \sqrt{\frac{M}{r^3}},$$

em que r é tamanho do lado do triângulo equilátero.

Posteriormente à publicação desses resultados (não triviais), observou-se que o Sol, Júpiter e os pequenos planetas do grupo dos Troianos formavam aproximadamente um triângulo equilátero, dando assim significado astronômico à chamada solução equilátera de Lagrange.

2.2. A descoberta de Netuno

Sem a intervenção das equações de movimento e de métodos aproximativos para resolvê-las, a descoberta do planeta Netuno, através de puras observações, seria possivelmente complicada, se não casual, para qualquer observatório astronômico da época. Com as equações de movimento e a lei da gravitação universal, contudo, foi possível associar as perturbações na órbita do planeta Urano com a possibilidade de existência de um novo planeta ainda não observado, Netuno. O problema geral a ser resolvido é aquele em que dada a trajetória de um corpo, pede-se determinar a força que faz o corpo cumprir esse movimento. Neste caso, da trajetória de Urano, tinha-se um conjunto de pontos conhecidos através

¹ No caso da mecânica Newtoniana, também chamada mecânica clássica, a caracterização do estado é dada por exemplo pelos valores da posição e da velocidade dos entes constituintes do sistema em algum instante de tempo.

² Os itens a, b e c estabelecem a estrutura cinemática da mecânica, enquanto que o item d define a dinâmica.

³ Observe-se que enquanto na cinemática clássica, com o estado de movimento definido por posição e momentum, essa regra é imediata, em formulações do tipo Liouville, onde o estado é definido por densidades no espaço de fase, essa regra precisa ser explicitamente introduzida. Isso é feito através de médias estatísticas.

⁴ É importante destacar que o que se denomina atualmente como mecânica Newtoniana (ou clássica), teve desenvolvimentos que seguiram a Newton - reconhecidamente o fundador das bases gerais da mecânica -, e dentre estas estão as contribuições, entre os séculos XVIII ao XX, de Euler, Lagrange, D'Lambert, Hamilton e Poincaré e Nöther. Entretanto, para alguns como Mach (no fim Sec. XIX), depois que Newton estabeleceu os princípios gerais da mecânica juntamente com a gravitação, o que perdurou fora essencialmente aprimoramentos dedutivos, mas não novos princípios mecânicos [4].

⁵ Gostaríamos de frisar que os exemplos mecânicos, tanto clássicos como quânticos, considerados neste trabalho são conhecidos da literatura (e em particular ao físico), e por isso nenhuma solução detalhada é apresentada. A importância dos mesmos aqui se traduz na evidência do aspecto metodológico introduzido por Newton. Mas além disso, a consulta aos textos originais, em alguns casos, é reveladora da importância da ciência da mecânica para as sociedades européias.

de observações astronômicas⁶, que apresentavam desvios da órbita elíptica. Em uma sequência de trabalhos sobre esse problema, Le Verrier apresenta a sua solução [7–9].

No primeiro trabalho [7], de 10 de novembro de 1845, Le Verrier discute as contribuições dos termos perturbativos devidos a Júpiter e Saturno⁷ com o propósito de compará-las com observações de Paris e Greenwich. Le Verrier exclui a possibilidade de que as divergências na órbita de Urano possam ser atribuídas somente às perturbações devidas a Júpiter e Saturno⁸.

No segundo [8], de 1 de junho de 1846, Le Verrier exclui um conjunto de outras idéias para explicar as perturbações na órbita de Urano tais como, resistência do Éter, satélite acompanhando Urano, queda de um cometa sobre Urano, mostrando não serem estas suposições sustentáveis perante as medidas conhecidas e ante uma análise teórica. A possibilidade de variação da lei da gravitação universal, face a grande distância de Urano do Sol, hipótese também aventada à época para a explicação dos fatos, é descartada por Le Verrier⁹, que conduz então sua linha de análise para a ação de um outro corpo agindo continuamente sobre Urano e mudando seu movimento de maneira muito lenta¹⁰. Após uma outra sequência de análises ele formula o problema que irá resolver¹¹. Ao final deste trabalho é apresentada a longitude heliocêntrica deste possível novo planeta, que seria, em 1 de

janeiro de 1847, de 325 graus.

No terceiro trabalho [9], de 31 de agosto de 1846, Le Verrier comunica à Academia que todas as anomalias observadas no movimento de Urano são, nos mínimos detalhes, explicáveis considerando a força gravitacional de um novo planeta situado além de Urano. Discorre sobre a metodologia empregada para construir e resolver as equações de condição, sete delas obtidas a partir de dezenove observações do período 1690-1771 e vinte e seis a partir de duzentas e sessenta e duas observações do período entre 1781-1845, e apresenta os seus resultados para os elementos da órbita do novo planeta¹²: semi-eixo maior da órbita, 36,154; Ano solar, 217^{ans},387; Excentricidade, 0,10761; Longitude do Periélio, 284°45'; Longitude média em 1 de janeiro de 1847, 318°47'; Massa, 1/9300. Corrige também a longitude heliocêntrica para 1 de janeiro de 1847, prevista no artigo anterior, de 325° para 326°32' com uma distância ao Sol de 33,06. Observa que o momento é oportuno para a descoberta do planeta¹³. Analisa então a questão da visibilidade do astro, avaliando, comparativamente a dados de Urano, que o seu diâmetro seria de 3",3 e teria um brilho que permitiria ser visto nos telescópios já existentes¹⁴. Segue analisando os limites dos seus resultados e ao final mostra a concordância das posições calculadas com a sua teoria, com as posições conhecidas das observações astronômicas desde 1690 até as mais recentes de 1845.

Por carta, em 18 de setembro de 1846, a Galle, do observatório de Berlim, Le Verrier informa seus resultados e solicita localizar o planeta¹⁵. No mesmo dia em que recebeu a carta, em 23 de setembro de 1846, Galle, com ajuda de seu assistente D'Arrest, logo encontrou um astro de oitava grandeza próximo do local indicado por Le Verrier, e que não existia nos mapas celestes [11]. As observações realizadas nos dois dias seguintes mostraram que o astro seguia uma órbita muito próxima daquela do planeta predito por Le Verrier [11]. As medidas do diâmetro, 2",9 e 2",7, estavam em boa concordância com o valor estimado por Le Verrier [11]. Os resultados de Galle foram confirmados em seguida pelos observatórios europeus [12]. Os resultados teóricos de Le Verrier haviam sido encontrados em data próxima anterior, de modo independente, por Adams¹⁶. Esta descoberta foi considerada uma das mais importantes realizações da

⁶ As observações de Urano estão registradas desde 1690 por Flamsteed e outros antes da identificação deste como um planeta a partir de 1781 por Herschel e outros.

⁷ "Le Mémoire actuel a pour but d'établir la forme et la grandeur des termes que les actions perturbatrices de Jupiter et de Saturne introduisent dans les expressions des coordonnées héliocentriques d'Uranus. Les formules, ainsi obtenues, seront comparées aux observations de Paris et de Greenwich dans une seconde communication." [7]

⁸ "Il resterait à comparer la théorie précédente avec les observations. Mais je ne pourrais pas le faire actuellement d'une manière complete. Il me faudrait, auparavant, examiner l'influence de plusieurs causes qui ont pu introduire des erreurs notables dans les éléments de la théorie d'Uranus. Ces causes sont, au reste, tout à fait étrangères aux actions de Saturne et de Jupiter, que je m'étais proposé d'examiner ici." [7]

⁹ "Je ne m'arrêterai pas à cette idée que les lois de la gravitation pourraient cesser d'être rigoureuses, à la grande distance à laquelle Uranus est situé du Soleil. Ce n'est pas la première fois que, pour expliquer des inégalités dont on n'avait pu se rendre compte, on s'en est pris au principe de la gravitation universelle. Mais on sait aussi que ces hypothèses ont toujours été anéanties par un examen plus approfondi des faits. L'altération des lois de la gravitation serait une dernière ressource à laquelle il ne pourrait être permis d'avoir recours qu'après avoir épuisé l'examen des autres causes, qu'après les avoir reconnues impuissantes à produire les effets observés." [8]

¹⁰ "Il ne nous reste ainsi d'autre hypothèse à essayer que celle d'un corps agissant d'une manière continue sur Uranus, changeant son mouvement d'une manière très-lente. Ce corps, d'après ce que nous connaissons de la constitution de notre système solaire, ne saurait être qu'une planète, encore ignorée. Mais cette hypothèse est-elle plus plausible que les précédentes? N'at-elle rien d'incompatible avec les inégalités observées? Est-il possible d'assigner la place que cette planète devrait occuper dans le ciel?" [8]

¹¹ "Nous sommes ainsi conduit à nous poser la question suivante: Est-il possible que les inégalités d'Uranus soient dues à l'action d'une planète, située dans l'écliptique, à une distance moyenne double de celle d'Uranus? Et, s'il en est ainsi, où est actuellement située cette planète? Quelle est sa masse? Quels sont les éléments de l'orbite qu'elle parcourt? Le problème énoncé en ces termes, je le résous rigoureusement." [8]

¹² "...[L]es longitudes sont comptées à partir de l'équinoxe du 1er janvier 1847; les distances sont rapportées à la moyenne distance de la Terre au Soleil; enfin la masse du Soleil a été prise pour unité." [9]

¹³ "L'opposition de la planète a eu lieu le 19 août dernier. Nous sommes donc actuellement à une époque très-favorable pour la découvrir." [9]

¹⁴ "Examinons quels sont actuellement, au moment de l'opposition, le diamètre apparent et l'éclat relatif de la planète cherchée. ... Nous trouverons ainsi, qu'au moment de l'opposition, la nouvelle planète devra être aperçue sous un angle de 3",3. ... ; que son apparence ne sera pas réduite à celle d'une étoile." [9]

¹⁵ Na carta à J. G. Galle, astrônomo do Observatório Real de Berlim, Le Verrier escreve: "Aujourd'hui je voudrai obtenir de l'infatigable observateur qu'il voulait bien consacrer quelques instants à l'examen d'une région du Ciel, où il peut rester une Planète à découvrir." [10]

¹⁶ Nas seções 1-5 da referência [13], Adams apresenta o problema, localiza as datas das suas contribuições para a resolução do mesmo e observa a proximidade dos seus resultados com os de Le Verrier: "... and in June of the present year [1846], he [Le Verrier] followed up this investigation by a memoir, in which he attributed the residual disturbances to the ac-

mecânica clássica até então e a mais importante descoberta planetária, por ser uma previsão teórica a partir das equações de movimento e da lei da gravitação¹⁷.

2.3. O avanço do periélio de Mercúrio

As perturbações da órbita de Mercúrio foram também objeto da atenção de Le Verrier. Sua preocupação com este problema é anterior [15] aos seus trabalhos sobre a órbita de Urano e continuaram [16] após a publicação destes trabalhos e da descoberta de Netuno. Desde logo Le Verrier adverte as grandes dificuldades envolvidas com a análise do problema de Mercúrio. No trabalho de 1859 Le Verrier, para explicar a diferença entre os cálculos teóricos usando a lei da gravitação de Newton e os valores observados do movimento do periélio de Mercúrio, discute a possibilidade de existência de um outro planeta ou de um conjunto de asteroides orbitando entre o Sol e Mercúrio¹⁸, em uma ideia similar à usada para explicar as perturbações da órbita de Urano e que previram a existência de Netuno. Tal planeta nunca foi observado. Mas foi novamente com as equações de movimento, desta vez na forma da relatividade geral, que o problema foi resolvido por Einstein, cujos cálculos previram corretamente avanço do periélio de Mercúrio [18].

2.4. A suspensão Cardan

Ainda que já fosse observado o movimento do pião, sua descrição e generalização para os sofisticados sistemas giroscópicos só pôde dar-se via as equações básicas da mecânica. O movimento giroscópico é o movimento geral de rotação de um corpo rígido com um ponto fixo, O , chamado ponto pivot. Um corpo executando esse movimento é chamado giroscópio. O estado de movimento do giroscópio é descrito como uma rotação, com velocidade angular, $\omega(t)$, em torno de um eixo instantâneo de rotação que passa por O .

tion of another planet at a distance from the Sun equal to twice that of Uranus, and found a longitude for the planet agreeing very nearly with the result which I had obtained [1845] on the same Hypothesis". Ao final da seção 5, Adams reconhece a posição de Le Verrier como o descobridor de Netuno: "I mention these dates merely to show that my results were arrived at independently, and previously to the publication of those of M. Le Verrier, and not with the intention of interfering with his just claims to the honours of the discovery; for there is no doubt that his researches were first published to the world, and led to actual discovery of the planet by Dr. Galle, so that the facts stated above cannot detract, in the slightest degree, from the credit due to M. Le Verrier." Nas seções seguintes, Adams detalha as suas equações e o procedimento usado para resolvê-las e na seção 31 (p. 280) são mostrados os resultados obtidos e a observação de que os mesmos foram comunicados ao Astrônomo Real em Outubro de 1845. Para mais detalhes ver na referência [14]: "The Astronomer Royal read the following Memoir: Account of some circumstances historically connected with the discovery of the Planet exterior to Uranus".

¹⁷ Ver na referência [11]: "Professor Encke remarks, that is by far the most brilliant of all the planet-discoveries, since it is the result of pure theoretical researches, and in no respect due to accident."

¹⁸ Ver as páginas 102-106 da Seção IV "Comparaison de la Théorie avec les Observations" da referência [16] e a referência [17].

Essa velocidade angular pode ser escrita em termos de três componentes, em um sistema de coordenadas qualquer. Em especial, três coordenadas generalizadas (três ângulos), conhecidos por ângulos de Euler, $(\psi, \vartheta, \varphi)$, são introduzidos, de tal forma que as três componentes são dadas por

$$\omega(t) = \left(\frac{d\psi}{dt}, \frac{d\vartheta}{dt}, \frac{d\varphi}{dt} \right),$$

e correspondem aos três movimentos de rotação em torno de três eixos: um fixo, escolhido como um dos eixos de coordenadas do sistema inercial, digamos o eixo z , e os outros dois são denominados por ζ e κ . A componente da velocidade angular, $d\psi/dt$, representa uma rotação em torno do eixo z , e é chamada de precessão do giroscópio. Por sua vez, $d\vartheta/dt$ descreve uma rotação em torno do eixo κ , e é chamado movimento de nutação. A terceira componente, $d\varphi/dt$, é a velocidade angular de rotação em torno do eixo ζ , e é chamada auto-giro do giroscópio (esta última, no caso de um pião, representa a velocidade angular de giro em torno do próprio eixo). Esses três movimentos de rotação são aqueles observados e as equações de Newton para o giroscópio são escritas em termos dos ângulos $(\psi, \vartheta, \varphi)$, e denominadas equações de Euler. Da definição dessas três variáveis independentes, os três ângulos de Euler associados aos três graus de liberdade do sistema, foi possível montar um mecanismo que exibisse a independência cinemática dessas variáveis. Este dispositivo mecânico assim concebido, constituído de um arranjo de mancais, é a chamada suspensão Cardan [19]. As aplicações do giroscópio estão presentes em dispositivos de orientação em geral¹⁹.

2.5. A balística

O movimento paraboloidal dos projéteis, a balística, tratada de modo empírico ao longo de muitos séculos, foi identificado e descrito no âmbito do movimento dos corpos celestes e dos satélites artificiais via as equações da mecânica. O movimento dos corpos em meios resistentes, que intitula o Livro II dos *Principia* [20], e que permitiria um tratamento mais realístico do problema da balística, foi logo abordado por Newton. A balística, desde o seu início, foi um problema de interesse militar, e o desenvolvimento das modernas armas de maior alcance demandava tabelas numéricas obtidas a partir das equações de movimento do projétil, e requeriam um grande esforço de cálculo com os dispositivos de cálculo disponíveis. A demanda por um grande número de soluções numéricas (tabelas) precisas das equações de movimento levou ao desenvolvimento da computação digital atual, que teve seu início marcado pela invenção do computador digital ENIAC (Electronic numerator, integrator and computer), em 1943, capaz de executar cálculos em

¹⁹ Um exemplo no cotidiano são as patinetes produzidas pela empresa Segway, com duas rodas sobre um mesmo eixo de rotação, usualmente vistas em shopping centers. Elas têm o sistema de direção baseado em um conjunto de giroscópios e responde a pequenos movimentos de inclinação para frente (partir), para trás (parar) e para os lados (curvas à esquerda e direita) do condutor.

tempos menores que os mais desenvolvidos computadores analógicos da época²⁰.

2.6. A fisiologia e a biofísica

Observe-se também as contribuições da mecânica de Newton para o desenvolvimento das áreas biomédicas. Vejamos, por exemplo, a fisiologia, que segundo Guyton [22], consiste no estudo do funcionamento da matéria viva, procurando explicar os fatores físicos e químicos responsáveis pela origem, desenvolvimento e progressão da vida. Esta procura do entendimento do funcionamento da matéria viva, que remonta a fisiologia de Aristóteles, encontrou, com a proposição da mecânica Newtoniana e seu conceito de causalidade, o esteio que a definiu como conhecimento científico. Assim Newton, nos Principia, Livro III, quando formula as regras de raciocínio em filosofia natural, em particular na Regra II, quando estabelece a unicidade nas relações de causalidade dos processos naturais (ver a Seção 3), exemplifica: *... efeitos iguais têm causas iguais. ... Assim, a respiração no homem e na besta têm a mesma causa* [20]. Ou seja, passa-se a descrever o conjunto dos sistemas e processos fisiológicos no nível macroscópico via uma diversidade de parâmetros mecânicos e outros empírico-fenomenológicos (elétricos, químicos e termodinâmicos), todos sob a égide da Regra II. Neste mesmo sentido geral, a circulação do sangue passa a corresponder a uma caracterização cinemática do sangue como um fluido em movimento. Assim, fez-se necessário uma formulação mecânica do processo, a partir da dinâmica dos fluidos, a fim de se desenvolver métodos de controle e parametrização do processo circulatório, ao nível de detalhes. Desse modo introduz-se e mede-se quantidades como potência de ação muscular cardíaca, velocidade de condução sangüínea, pressão arterial, pressão venosa, débito cardíaco, entre outras. E como estes, estudos mecânicos foram aplicados, de modo geral, a fisiologia humana e animal, isto é, à ortopedia, sistema de audição, sistema respiratório, etc. [22], com enorme consequência para o desenvolvimento das áreas médicas²¹.

²⁰ O ENIAC era um computador de propósitos gerais, que foi projetado para calcular tábuas balísticas no campo de testes de Aberdeen, em Maryland, do exército americano [21]. Para produzir uma dessas tabelas, a mais rápida das máquinas de computação da época, o analisador diferencial de V. Bush, despendia da ordem de 15 minutos contra 7 segundos do ENIAC.

²¹ Embora não se trate de um exemplo de uso da mecânica no desenvolvimento da fisiologia, para dar-se uma medida da importância de Newton nas bases do desenvolvimento da medicina, vale citar a análise do próprio Newton, usando seus princípios da ótica, para explicar a fisiologia do olho humano. Assim no seu Optics, Livro I, Parte I, Axioma VII [23], Newton exhibe um motivo para a perda da visão com a idade: “... if the humours of the eye by old age decay, so as by shrinking to make the cornea and coat of the crystalline humour grow flatter than before, the light will not be refracted enough, and for want of a sufficient refraction will not converge to the bottom of the eye but to some place beyond it, and by consequence paint in the bottom of the eye a confused picture, and according to the indistinctness of this picture the object will appear confused. This is the reason of the decay of sight in old men, and shows why their sight is mended by spectacles.”

2.7. Previsões meteorológicas

A utilização das equações de movimento para fluidos, como as equações cinéticas de Boltzmann e Bernoulli, tratando os fluidos da atmosfera terrestre a partir de uma teoria de bases mecânicas, juntamente com o advento da atualmente chamada computação de alto desempenho, tem viabilizado o avanço nas previsões meteorológicas. Em geral os movimentos dos fluidos atmosféricos, dentro de modelagens propostas, são descritos por equações não lineares²², que tratam de um ponto de vista mecânico um sistema complexo, que apresenta campos de temperatura e pressão. As dificuldades para encontrar soluções para tais equações são estruturais, no sentido matemático, e alcança a teoria dos sistemas dinâmicos.

2.8. As engenharias clássicas

A partir de Newton, as técnicas sofrem mudanças radicais quanto à capacidade de projetar novas estruturas, máquinas e dispositivos em geral. Assim desde a otimização de antigas técnicas como a navegação, com novos padrões de velas e cascos de veleiros velozes como os *Clippers Express* ou os atuais veleiros de 70 pés da classe *Volvo-Racing* capazes de desenvolver velocidades de até 35 nós, o projeto e construção de máquinas, a proposição e cálculo de novas estruturas, como a da torre Eiffel, a maquinaria e as técnicas empregadas na construção dos canais de Suez e Panamá, o desenvolvimento da mecânica fina, o cálculo estrutural de aeronaves, os motores de pistão e as turbinas a jato, dentre uma “infinitude” de outras máquinas, estruturas e dispositivos, as engenharias clássicas atingem a maturidade no final de século XX com o desenvolvimento da computação de alto desempenho e a pesquisa de novos materiais.

Resumidamente, podemos dizer, sem demérito para com a habilidade dos antigos arquitetos e artesãos, que é a partir da mecânica de Newton, juntamente com um conjunto de definições e conceitos associados (corpo rígido, tensor de inércia, fluido ideal, campo de velocidades, forças de vínculo, trabalho mecânico, trabalho virtual, torque, momento angular, energia mecânica, leis de conservação, e outros), com as teorias fenomenológicas da elasticidade, da termodinâmica, do eletromagnetismo e com o desenvolvimento de materiais, que se iniciam, fundamentam e avançam as diversas engenharias modernas de estrutura, mecânica, hidráulica, elétrica, naval e aeronáutica.

3. ASPECTOS METODOLÓGICOS DO ESQUEMA NEWTONIANO

A partir dos pressupostos mecânicos propostos por Newton, os sistemas são tratados como constituídos de corpos de extensão finita, deformáveis ou não, e pontos materiais, as

²² Ver por exemplo a Ref. [24]

partículas. Para o estudo do movimento das partículas Newton trabalha com as ações impressas na direção do movimento e as ações centrípetas, aplicadas ortogonalmente à direção do movimento, desde que o movimento dos pontos materiais se dá em qualquer instante ao longo de linhas retas ou curvas. O movimento dos corpos de extensão finita são, em geral, conjugações de rotações, translações e oscilações. Em particular, para os corpos não-deformáveis (rígidos), o movimento mais geral é a combinação de translações e rotações, sendo descritos por apenas seis variáveis independentes, como por exemplo, as três variáveis para a rotação, como os ângulos de Euler descritos anteriormente no exemplo do giroscópio, e as três variáveis para descrever o movimento do centro de massa. Resulta então que os fenômenos dentro do programa de Newton são descritos a partir de conceitos de aceleração centrípeta e tangencial no caso de partículas, e com a adequação desses conceitos e uma escolha conveniente de coordenadas, para o estudo dos movimentos de rotação e oscilação. A idéia central do programa Newtoniano é a redutibilidade e conseqüente descrição de todos os fenômenos naturais, utilizando um pequeno conjunto de elementos cinemáticos. Newton anuncia o seu programa já no prefácio da primeira edição do *Principia*²³:

Gostaria que pudéssemos deduzir o resto dos fenômenos da natureza pelo mesmo tipo de raciocínio a partir de princípios mecânicos; pois estou induzido por muitas razões a suspeitar que todos eles podem depender de certas forças pelas quais as partículas dos corpos, por causas até então desconhecidas, se atraem mutuamente, formando figuras regulares, ou de modo contrário, repelem-se, afastando-se umas das outras; sendo estas forças desconhecidas, os filósofos vêm tentando o conhecimento da natureza em vão. Mas acredito que os princípios aqui estabelecidos, lançarão alguma luz, ou sobre este, ou sobre algum verdadeiro modo de filosofar.

Além disso, Newton define um dos elementos essenciais da chamada metodologia científica ao estabelecer a sua Regra IV no Livro III [20]: “Em filosofia experimental, procuramos proposições estabelecidas por induções gerais a partir dos fenômenos tão acuradamente ou aproximadamente verdadeiras...”

A estrutura metodológica Newtoniana classifica os problemas mecânicos em dois tipos: problemas com e sem vínculos. Os problemas sem vínculos desdobram-se em dois. O primeiro tipo é aquele em que é conhecido a evolução temporal (as trajetórias) das partes constitutivas do sistema mecânico, e deseja-se determinar as forças que fazem cumprir tais movimentos. O segundo tipo é aquele em que são conhecidas as forças sobre as partes constitutivas do sistema mecânico, e deseja-se determinar sua evolução temporal (as trajetórias). Vejamos exemplos do primeiro tipo de problema sem vínculos tratados por Newton:

Proposição XI, Problema VI (The Principia [20], Livro I): Se um corpo evolui em uma elipse, é requerido encontrar a lei da força centrípeta tendendo para o foco da elipse.

Proposição XII, Problema VII (The Principia [20], Livro I): Suponha que um corpo se move em uma hipérbole; é requerido encontrar a lei de força centrípeta tendendo para o foco da hipérbole.

Nos dois problemas, Newton encontra a solução de que a força é inversamente proporcional ao quadrado da distância do corpo a um dos focos. Tais resultados são utilizados, juntamente com a Regra IV (acima) para que Newton proponha a sua lei da gravitação universal. Seu procedimento é descrever os fenômenos em um sentido geral e a partir disso demonstrar proposições e teoremas. Vejamos um exemplo de fenômeno e proposição que aparecem no estabelecimento da lei da gravitação universal:

Fenômeno VI (The Principia [20], Livro III): A Lua, através de um raio desenhado a partir do centro da terra, descreve uma área proporcional ao tempo de evolução.

A partir da constatação de fenômenos como o VI (similar análise é conduzida para os satélites de Júpiter, e Saturno, bem como aos cinco **primeiros** planetas, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno, orbitando em torno do Sol), a lei de força vai sendo estabelecida. A partir do Fenômeno VI, Newton propõe:

Proposição III, Teorema III (The Principia [20], Livro III): A força pela qual a Lua é retida em sua órbita tende para a terra, e é inversamente proporcional ao quadrado da distância de sua posição ao centro da terra.

Em um primeiro momento, para propor a lei da gravitação, Newton assume aproximações tratadas a posteriore. Assim, por exemplo, para estabelecer a Proposição III (acima citada), o efeito da interação com o Sol é desprezado. A Proposição XXV, Problema VI do Livro III [20], trata de encontrar a força com a qual o Sol perturba o movimento da Lua em torno da terra.

Exemplifiquemos alguns problemas de sistemas sem vínculos do segundo tipo. Newton tratou, considerando a lei da força gravitacional, vários casos deste problema, como a determinação da inclinação da órbita da Lua em relação ao plano da eclíptica (Proposição XXV, Problema XVI, livro III [20]), análise das marés (Proposição XXVI, Problema XVII, livro III [20]), a precessão dos equinócios (Proposição XXXIX-Problema XX, livro III [20]), além de empreender, a partir do Lema IV, Livro III [20], uma análise sobre os cometas para concluir:

...que os cometas são um tipo de planeta em uma órbita extremamente excêntrica em torno do Sol...

Em sua análise, partindo da lei da gravitação, aparece outro conjunto de proposições e problemas como por exemplo:

²³ Esta tradução, assim como as que se seguem de trechos do texto dos Principia [20], foram realizadas pelos autores.

Proposição XLI, Problema XXI, Livro III [20]: A partir de três observações dadas, Newton aplica sua teoria ao cometa do ano de 1680, analisado por Flamsted e Halley. Na sequência, investiga a formação da cauda do cometa, um problema complicado para a época, como matéria proveniente da cabeça do cometa, analisando, ao fim do Problema XXI, em particular, as observações de Storer, na Inglaterra, e de Estancius, no Brasil (ver Livro III, p. 293).

De um ponto de vista das tecnologias, o mesmo tipo de análise de problemas sem vínculo se aplica atualmente na colocação de um satélite artificial em torno da terra. Ou seja, são estabelecidas as condições iniciais para que um satélite possa ser posto em uma dada órbita específica.

Os problemas com vínculos podem ser subdivididos em alguns sub-problemas, quanto ao tipo de vínculo, mas não nos ocuparemos desta subdivisão aqui. Apenas trataremos de dois exemplos de sistemas com vínculos. Em um caso são dadas as forças externas e condições cinemáticas, ou seja, equações de vínculos, oriundas de alguma condição física pré-estabelecida como por exemplo, a impenetrabilidade dos corpos, a inextensibilidade e/ou absoluta flexibilidade dos cabos, entre outras, a serem cumpridas pelo sistema mecânico. Deseja-se então determinar a parte desconhecida do movimento, se for o caso, e as forças que fazem cumprir as restrições cinemáticas, ou seja as forças de vínculo, como reações normais, tensões e trações, etc.²⁴

Um exemplo de como os vínculos podem simplificar o estudo de um sistema mecânico é o corpo rígido, modelado como um conjunto de N partículas, cada qual necessitando de três variáveis para a especificação de sua localização no espaço. Assim, a princípio, tal sistema seria descrito por $3N$ graus de liberdade. Contudo, segue da condição física de rigidez assumida, que as distâncias entre as partículas não variam durante o movimento²⁵ e isso gera $3N - 6$ condições cinemáticas e o conjunto de $3N$ variáveis, em geral muito grande, é reduzido para um conjunto de apenas seis.

Dentro do programa da engenharia, um exemplo de problema com vínculos é aquele que envolve a construção de uma estrutura para operar em condições estáticas. Nesse caso, é conhecido o estado de movimento das partes constituintes, qual seja o repouso, e as forças externas aplicadas, quais sejam, os pesos próprios e as cargas. Assim é conhecido o estado particular de movimento do sistema mecânico. Deseja-se então determinar as forças de vínculo que cumprirão esta condição e assim, dimensionar corretamente as partes da estrutura em consonância com os materiais disponíveis. As qualidades e características, como a resistência à tração, compressão, torção, etc., desses materiais são também, por sua vez, estabelecidas pela análise do seu

comportamento mecânico. Em um contexto similar, é estabelecido o programa da engenharia mecânica na construção de máquinas e dispositivos em geral. Nesse caso, o dimensionamento das partes constitutivas do sistema, em função dos esforços e dos materiais empregados, é para que um sistema mecânico com vínculos execute movimentos desejados a partir de forças motrizes dadas.

Por fim, devemos ressaltar que dentro do esquema metodológico da mecânica de Newton, ao adotar-se a validade de uma relação de causalidade satisfazendo condições de existência e unicidade, que se acredita próprias dos processos naturais, admite-se a possibilidade de resolução de todo e qualquer problema mecânico. Isto inspira os procedimentos aproximativos de resolução de equações de movimento, para tratar sistemas complexos de soluções não triviais²⁶

4. O DESENVOLVIMENTO EMPÍRICO E FENOMENOLÓGICO DAS TÉCNICAS

Deve-se observar que no período pós-Newtoniano, as técnicas nem sempre foram, ou têm sido obtidas, de uma formulação puramente mecânica de processos elementares. Destaca-se neste contexto a presença de conteúdo empírico no desenvolvimento da fisiologia, da medicina e da química, bem como no desenvolvimento das máquinas térmicas e dos dispositivos eletromagnéticos, oriundos das teorias fenomenológicas do calor (termodinâmica) e do eletromagnetismo. A termodinâmica e o eletromagnetismo influenciaram no estabelecimento da fisiologia, medicina e química clássicas e é da teoria fenomenológica do eletromagnetismo que surgem, a partir de descobertas como a de Volta, Oestered e Faraday, as bases da engenharia elétrica-eletrônica. Contudo, estas técnicas refletem apenas alguns dos aspectos captáveis ao nível macroscópico dos fenômenos. Estas esgotam-se pelo fato de não descreverem os fenômenos a partir do movimento das partes constitutivas dos sistemas, limitando assim o alcance de suas possibilidades de desenvolvimento. Atingir a plenitude dessas técnicas demanda um conteúdo mecânico microscópico na formulação dos seus princípios e nas suas equações básicas. Observe-se, entretanto, que, embora a acumulação empírica de conhecimento e as teorias fenomenológicas no período pós-Newtoniano careçam de um conteúdo mecânico microscópico, elas foram realizadas e elaboradas sob a égide das regras Newtonianas de raciocínio em filosofia natural, como definidas no início do livro III dos *Principia* [20]. Estes aspectos podem ser analisados com as formulações da termodinâmica e do eletromagnetismo, duas bem estruturadas teorias fenomenológicas. A procura da plenitude destas teorias e das técnicas delas advindas, pela via da mecânica, levou ao que hoje se conhece por mecânica estatística e eletrodinâmica quântica. Para maior clareza desses aspectos mecânicos na estrutura da fenomenologia, vamos

²⁴ As forças de vínculo têm sua origem na composição atômica/molecular da matéria e na interação eletromagnética e não podem ser determinadas de modo outro, senão como parte da solução do problema mecânico macroscópico.

²⁵ Forças interatômicas/moleculares, juntamente com outras características macroscópicas do corpo, mantêm fixas essas distâncias e determinam a coesão do corpo, sua resistência à deformações ou fragmentação durante o movimento.

²⁶ Por exemplo métodos variacionais e métodos perturbativos.

averiguar os elementos metodológicos de Newton presentes na axiomatização da termodinâmica e o desenvolvimento das bases microscópicas dos fenômenos térmicos

A estrutura formal da termodinâmica do equilíbrio [25, 26], enquanto um método geral de abordagem da natureza, pode ser colocada em uma forma similar à construção de Newton para os sistemas mecânicos, destacando-se os aspectos cinemáticos e dinâmicos da teoria, mas observando-se contudo que as bases empíricas são diferentes²⁷:

a) A definição das variáveis térmicas do sistema e processo de mensuração se dá através do estabelecimento de vínculos e paredes. Assim temos, para um sistema simples, variáveis como número de moles, volume e energia interna, pressão, temperatura, entropia, entre outras. A energia é definida com os mesmos atributos que os mecânicos, ou seja, é capacidade do sistema para realizar trabalho. A conservação da energia, contudo, é no contexto da termodinâmica estabelecida como uma lei²⁸, através das bases empíricas estabelecidas com os experimentos de Joule, sobre o equivalente mecânico do calor.

b) O conceito de estado térmico é proposto como um conjunto de variáveis térmicas escolhidas *a priori*. No caso de um sistema simples, esse conjunto pode ser a energia, o volume e o número de moles. Assim, com o conceito de estado e variáveis térmicas, os aspectos cinemáticos da teoria ficam estabelecidos

c) O aspecto dinâmico, mais uma vez, procura estabelecer uma relação causal entre os diferentes estados de um sistema térmico, e é dado através da primeira lei (devida a Joule) e da segunda lei de crescimento da função entropia, que é equivalente aos enunciados de Kelvin e Clausius. A demonstração da equivalência é feita através do teorema de Clausius. Então, a condição dinâmica fica estabelecida por se encontrar uma expressão para a entropia, que é denominada de equação fundamental, ou ainda, de modo equivalente por se encontrar as chamadas equações de estado²⁹.

Um modelo da termodinâmica na formulação de equações de estado é aquele que descreve um sistema térmico conhecido como gases ideais, ou seja [25]

$$PV = nRT, \quad T = \frac{3}{2}nRE,$$

onde P é a pressão, V é o volume ocupado pelo gás, n é o número de moles, T é a temperatura, E é a energia interna e R é a constante universal dos gases.

Dado o esquema teórico da termodinâmica do equilíbrio, a questão passa a ser a seguinte: desenvolver modelos para sistemas térmicos, através das equações de estado. As dificuldades em se obter tais equações conduziu a uma análise do problema térmico, sob bases mecânicas microscópicas. Assim, por exemplo, em 1873 J. D. van der Waals propôs uma equação de estado baseada em hipóteses moleculares para a formulação de um modelo de gás mais realístico que aquele descrevendo os chamados gases ideais [25]. Entre suas hipóteses básicas, van der Waals assume um volume finito para as moléculas constitutivas de um gás, levando em conta assim um efeito de força repulsiva entre as moléculas, para moléculas muito próximas umas das outras, de tal sorte que o volume efetivo ocupado por cada uma passa a ser $V_{ef} = V - nb$, onde b é um parâmetro caracterizando a dimensão molecular, determinado experimentalmente. Considerando efeitos de atração molecular, a pressão do gás pôde ser obtida como

$$P = \frac{nRT}{V - nb} - an^2,$$

onde a é um parâmetro de interação molecular, também determinado experimentalmente. Esta é a conhecida equação de van der Waals, que tem sido um ponto de partida para o estudo de diversas propriedades dos líquidos.

Em outra vertente, Boltzmann, seguindo o programa de Maxwell, utiliza argumentos mecânicos combinados com elementos da teoria de probabilidade para deduzir uma equação descrevendo um fluido em movimento; estabelecendo assim bases microscópicas da teoria cinética. O programa de Maxwell, van der Waals, Boltzmann e outros, foi desenvolvido dando origem ao que hoje se conhece como mecânica estatística. As bases gerais dessa teoria, para descrever processos macroscópicos no equilíbrio, foi proposta pelo físico americano W. Gibbs no início do século XX. O esquema de Gibbs pode ser assim resumido:

- a) Estabelece-se um modelo mecânico microscópico para a interação entre as partículas constitutivas de um sistema macroscópico, por exemplo a interação entre as moléculas de um gás, admitindo-se que cada partícula está submetida as leis da mecânica.
- b) Por um processo bem definido de médias estatísticas, deduz-se equações de estado descrevendo o sistema térmico macroscópico, então regido pelas leis da termodinâmica.

Podemos dizer, desse modo, que a estrutura teórica da mecânica estatística, partindo de bases mecânicas, garantem um esquema sistemático para a dedução de equações de estado, apontando assim para a plenitude mecânico/Newtoniana dos sistemas térmicos no equilíbrio. Este método tem sido amplamente empregado no estudo

²⁷ Ver os itens a,b,c, e d na secção 2 e a Referência [3]

²⁸ Na mecânica, a conservação da variável dinâmica energia é deduzida como um teorema, o teorema de Nöther, e associada a uma simetria.

²⁹ Existem quatro formulações equivalentes para a termodinâmica (do equilíbrio) [25]: (i) formulação em termos da equação fundamental usando a representação da entropia ou da energia – neste caso as equações utilizam apenas variáveis extensivas como volume, energia, entropia e número de moles; (ii) formulação em termos de equações de estado, utilizando apenas variáveis intensivas como densidade de massa, densidade de energia, temperatura; (iii) formulação em termos de potenciais termodinâmicos – neste caso a equação fundamental é reescrita, via uma transformada de Legendre, em termos de variáveis intensivas e extensivas. Este é o caso da energia livre de Helmholtz, uma função da temperatura, volume e número de moles, no caso de sistemas simples; (iv) formulação em termos de coeficientes como calor específico e compressibilidade. Cada uma dessas formulações possui sua vantagem específica, sendo que as que estão mais diretamente associadas aos fatos experimentais são as (ii) e (iv). Cabe observar também, que a terceira lei da termodinâmica garante a consistência da teoria, e fixa a escala absoluta de temperatura [26]

de sistemas termodinâmicos, como sistemas magnéticos, redes neurais, sólidos, líquidos, plasmas e outros. Ressalte-se que diversos desses sistemas estudados são vistos como uma fonte promissora de tecnologia, como é o caso de sistemas magnéticos e suas diversas fases. De fato a mecânica estatística pode ser considerada como uma versão realista da mecânica pois, para todos os fins práticos, qualquer sistema mecânico estará mais próximo da realidade se considerado não isolado, exceto o universo em si, e sim sujeito a efeitos térmicos.

De forma similar, com os elementos metodológicos de Newton presentes, estabeleceu-se a estrutura da teoria fenomenológica do eletromagnetismo, resumida nas conhecidas equações de Maxwell. E da mesma forma como se desenvolveram as bases microscópicas da teoria fenomenológica dos sistemas térmicos, surgiu também a eletrodinâmica (microscópica) associando o campo eletromagnético ao movimento das cargas elétricas. O ponto culminante desta teoria, a eletrodinâmica clássica, se dá com a teoria de Lorentz, no fim do século XIX, que buscava a redução de todos os fenômenos eletromagnéticos ao movimento do elétron, o portador de carga até então conhecido [27].

Por outro lado, é baseado na análise do eletromagnetismo, motivado pela lei de Faraday, e usando uma nova cinemática, que Einstein propôs a sua eletrodinâmica das cargas em movimento, também conhecida como a teoria da relatividade restrita. Esta reflete essencialmente a estrutura de simetria das equações de Maxwell, generalizando então a simetria Galileana das equações de movimento da mecânica clássica. Resulta disto que a estrutura do espaço e tempo fica decodificada sob as bases de uma geometria, o espaço de Minkowski, e a mecânica desenvolvida neste contexto descreverá apropriadamente partículas com velocidades muito altas. No limite de baixas velocidades, a mecânica como proposta por Newton é rededuzida. Com a elaboração da teoria da relatividade restrita, o problema da interação instantânea, presente na lei da gravitação de Newton, foi revisto e conduziu a teoria da relatividade geral ³⁰.

Destarte o desenvolvimento da teoria de Lorentz (enquanto uma teoria mecânica para o movimento do elétron), a inexistência de uma equação de movimento adequada para essas partículas (subatômicas) não permitiu a viabilização desse programa. A crítica e a consequente generalização da mecânica de Newton para tratar com tais partículas se dá com a mecânica quântica na segunda metade da década de 1920.

Antes de tratarmos especificamente da mecânica quântica, reportemo-nos brevemente ao processo de acumulação de conhecimento sobre a natureza microscópica e eletromagnética da matéria. Este conhecimento veio sendo catalogado empírica e fenomenologicamente desde os antigos alquimistas, passando pelos primeiros tempos da química com conceitos como o de átomo, molécula, valência, diversos tipos de ligação química, características ácidas ou

básicas, ou ainda eletronegatividade e eletropositividade das substâncias. Ápices de tal catalogação são, por exemplo, a hipótese de Avogadro, a tabela periódica de Mendeleev e as regras de combinação química de Lewis[28] e Langmir[29]. Entretanto, nesta catalogação estes conceitos, assim como os entes molécula, átomo, núcleo atômico e elétron, são destituídos de características mecânicas; isto é, não são propostos e caracterizados a partir de suas cinemáticas específicas³¹. A aceitação e a utilização do conceito de partícula subatômica como entes regidos por equações de movimento, só se dá definitivamente nas primeiras décadas do século XX ³².

5. AS EQUAÇÕES DA MECÂNICA QUÂNTICA: AS NOVAS ENGENHARIAS E A BIOLOGIA MOLECULAR

No período que antecedeu a proposição da mecânica quântica, entre 1900 e 1925, outras idéias, propondo quantização de variáveis dinâmicas, foram apresentadas para tratar os problemas em nível atômico e da radiação. Essas teorias são usualmente chamadas de velha mecânica quântica, e baseavam-se em uma mistura de elementos da mecânica analítica (uma elaboração matemática da mecânica de Newton, mais especificamente as formas de Lagrange e Hamilton), com a noção “estranha” de quantização de variáveis dinâmicas, como a energia e o momento angular. Os mais famosos trabalhos neste sentido são: o de Planck em 1901, que introduziu a quantização da energia para tratar o problema do corpo negro; o de Einstein em 1905, que usou a idéia de Planck para explicar o efeito foto-elétrico, dando origem ao conceito de fóton; e o de Bohr em 1913, que quantizou o momento angular.

A descoberta de uma equação de movimento apropriada para a descrição do movimento das partículas de massa pequena, o elétron por exemplo, aconteceu no biênio de 1925-27, com os trabalhos de Heisenberg, Dirac e Schrödinger - a mecânica quântica. A partir de então, como desejado por Newton³³, fica aberta a possibilidade de explicação das propriedades da matéria sólida, líquida ou gasosa por uma via mecânica consistente. Novos sistemas mecânicos são

³¹ Distintamente do átomo cúbico de Lewis (1916) e da generalização deste (a regra do Octeto) de Langmuir (1919), os átomos e as moléculas em Bohr (1913) são entes constituídos de partículas, núcleos e elétrons, satisfazendo equações de movimento e definidas condições de quantização sobre as variáveis dinâmicas destas partículas. Para estudar a formação e a estabilidade dos sistemas com mais de um núcleo (moléculas) Bohr não utiliza conceitos não-mecânicos, como ligação ou regras de combinação química.

³² Este fato é exemplificado com a posição dos chamados energeticistas, como Planck, Lodshimdt, Ostwald, dentre outros, que liderados por Mach, defendiam a termodinâmica como a mais perfeita das teorias formuladas, sendo desnecessária considerações obscuras sobre a natureza de partículas básicas. Ao final do século XIX, Boltzmann liderava a oposição aos energeticistas, tendo ocorrido reuniões acadêmicas de grande monta para tratar destas questões, com especial atenção ao debate de Göttingen em 1895, do qual sai como vencedora a posição dos energeticistas defendida por Ostwald. Em 1916 Ostwald veio a público reconhecer que a concepção de partícula fora historicamente vencedora [30]

³³ Ver nossa citação de Newton no primeiro parágrafo da seção 3.

³⁰ Na relatividade geral, a cinemática fica redefinida com a curvatura do espaço-tempo de Minkowski [18]. Uma apropriação tecnológica desta curvatura do espaço-tempo é o sistema GPS (do inglês, Global Position System).

propostos teoricamente, constituídos por fótons, elétrons e núcleos, átomos, moléculas e agregados destes. Imediatamente foi possível descrever a estabilidade atômica e deduzir a tabela periódica. Ademais, o programa de Newton-Lorentz pôde ser então desenvolvido; isto é, os fenômenos óticos, da condução elétrica, do magnetismo, as propriedades mecânicas, acústicas e térmicas puderam ser reduzidos a problemas mecânicos envolvendo fótons, elétrons, núcleos, átomos e moléculas. Os fenômenos químicos no escopo da nova mecânica são então descritos como processos envolvendo sistemas de partículas sob a ação da interação eletromagnética. Isto deu origem às áreas hoje denominadas de física atômica e molecular e química quântica. Como consequência, a antiga classificação dos fenômenos em físicos e químicos desaparece³⁴. No contexto da mecânica quântica, os conceitos de átomo e molécula, introduzidos na química como entes primitivos da composição da matéria, úteis no cálculo estequiométrico e na descrição dos processos químicos em geral, mas desprovidos de conteúdo mecânico, aparecem agora como sistemas mecânicos constituídos de partículas interagindo através da força eletromagnética. Ou seja, efetua-se assim a redução dos processos químicos a processos mecânicos. De maneira similar aos fenômenos químicos, os processos biológicos passam também a ser vistos, no escopo da nova mecânica, como processos envolvendo sistemas de partículas sob a ação da interação eletromagnética. Novos horizontes científicos e tecnológicos são então descortinados. Chega-se à descrições mecânicas de processos como a catálise, a adsorção, a fotossíntese, ao transistor, aos dispositivos semicondutores nos seus mais variados tipos, presentes em toda eletrônica e formas integradas compondo os *chips* da micro-eletrônica dos dias atuais, ao laser, ao microscópio eletrônico, à produção de novas moléculas com propriedades desejadas, às simulações computacionais como ferramentas auxiliares para o desenvolvimento de novos fármacos, às tecnologias espectroscópicas³⁵, às possibilidades da nanotecnologia e da computação quântica. Chega-se à Biologia Molecular.

Para situar essas contribuições advindas da equação de movimento de 1925, analisamos no que segue alguns exemplos.

5.1. O transistor de Bardeen, Brattain e Shockley

Um amplificador eletrônico é um circuito elétrico com a propriedade de que se um sinal elétrico é aplicado aos terminais de entrada do circuito, este sinal aparecerá com semelhantes características nos terminais de saída, porém multiplicado por um fator f , chamado fator de amplificação [32]. O primeiro amplificador eletrônico, utilizando o triodo, uma válvula termoiônica, foi patenteado por De Forest em

1906 [21]. A invenção deste circuito elétrico estabeleceu um forte avanço na indústria eletrônica [33]. Em uma geometria típica, o triodo é uma válvula contendo três elementos cilíndricos coaxiais em vácuo: um catodo, emissor de elétrons; um anodo (placa), receptor de elétrons; e a grade de controle, cuja função é regular o fluxo de elétrons entre o catodo e o anodo, a chamada corrente de placa.

Duas idéias patenteadas de utilização de materiais semicondutores em circuitos amplificadores são de 1930 e 1935³⁶. Em ambos os casos, o processo de amplificação usaria a modulação da condutância de filmes finos do material semicondutor. O transistor³⁷, um triodo semicondutor, e sua utilização como amplificador, efetuando as funções da válvula triodo, foi proposto por Bardeen e Brattain em 1948 [32]. Este transistor era constituído de um pequeno bloco de germânio, um elemento semicondutor, com uma face em contato com uma superfície condutora, base, e dois contatos de ponta condutores, emissor e coletor, colocados próximos um do outro a uma distância entre 0,005 e 0,025 cm na face oposta à base. Tanto para válvulas triodo como para o triodo semicondutor (transistor), pode-se determinar experimentalmente as curvas características e a partir destas o comportamento e propriedades desses elementos, como o fator de amplificação e regiões de operação. Essas curvas são relações envolvendo as correntes e as diferenças de potencial do circuito amplificador [32].

Bardeen e Brattain conceberam um circuito amplificador a partir das propriedades retificadoras e outras propriedades mecânico-quânticas do germânio. Segundo a descrição da invenção pelos autores [32], a descoberta deu-se na sequência de estudos experimentais e teóricos sobre as propriedades mecânico-quânticas dos retificadores de silício e germânio³⁸. Um processo de amplificação era então esperado ocorrer se houvesse um fluxo de buracos entre os dois eletrodos de contato, através da camada superficial do cristal. A partir desta idéia foi construído o primeiro amplificador de estado sólido, realizando as funções até então desempenhadas pela válvula triodo. Na sequência da descoberta, como descrita no artigo de 1949, tornou-se claro com experimentos, que o fluxo de buracos acontecia também através do volume³⁹.

Um elemento distintivo essencial da invenção de Bardeen e Brattain, com relação às proposições de amplificador citadas anteriormente, está na forma como as propriedades mecânico-quânticas do meio ativo, um semi-condutor, foram utilizadas para entender o comportamento amplificador do sistema. Este elemento distintivo é o resultado do uso das equações de movimento da mecânica quântica na concepção

³⁶ Ver a referência Ref. [21], páginas 91 e 101.

³⁷ Acrônimo das palavras em inglês *transfer* e *resistor*.

³⁸ A propriedade de que em uma dada porção de matéria a corrente elétrica possa circular em um único sentido não é explicável dentro do escopo da mecânica e do eletromagnetismo clássicos. O fenômeno só foi entendido com o advento da mecânica quântica.

³⁹ Ver na Ref. [32]: "... One question that may be asked is whether the holes flow from the emitter to the collector mainly in the surface layer or whether they flow through the body of germanium. ..., at the suggestion of W. Shockley, J. R. Haynes further established that holes flow into the body of the germanium."

³⁴ Esta classificação, separava os fenômenos em químicos ou físicos, pela modificação ou não das estruturas moleculares no processo.

³⁵ Inclua-se nestas tecnologias, os métodos não invasivos, presentes nos procedimentos médicos atuais, como a ressonância nuclear magnética (NMR). Esta descoberta, publicada em 1946 por E. M. Purcell, conferiu-lhe o prêmio Nobel de Física em 1952.

do processo de amplificação. Ou seja, a partir de uma teoria microscópica mecânica descrevendo o processo de condução da carga elétrica no cristal semicondutor, em particular com a análise da equação de movimento estacionária aplicada ao movimento dos elétrons dos sólidos cristalinos e utilizando os conceitos mecânicos quânticos como buracos, estados estacionários, nível de Fermi, estrutura de bandas de energia em semicondutores, impurezas doadoras e receptoras, gap, e outros.

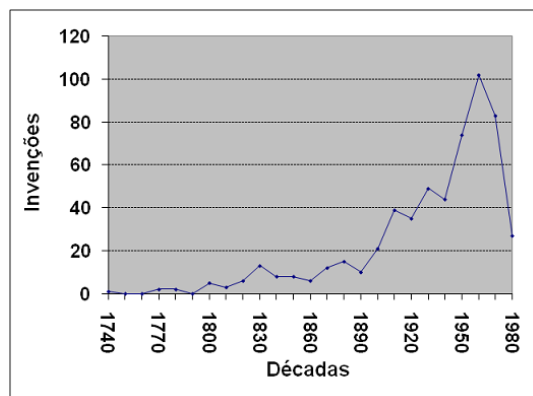


Figura 1: Número de invenções de dispositivos eletro-eletrônicos e descobertas. Dados extraídos do catálogo na Ref. [21]

A partir dessa invenção e com essa abordagem, desencadeou-se uma sucessão de inventos de novos sistemas mecânicos, constituídos de elétrons, inexistentes em a natureza, tendo por base os semicondutores e suas junções com impurezas específicas. Isto determinou o nascimento da indústria eletrônica de estado sólido. Uma estimativa do impacto desta invenção é apresentada na figura 1. Observa-se que o pico da curva acontece nas décadas de 1950 e 1960. Uma análise do registro dessas invenções, mostra que as mesmas estão fortemente associadas ao transistor de Bardeen e Brattain.

5.2. As mutações genéticas

O nascimento da biologia molecular é possivelmente uma das mais notáveis consequências da utilização de equações de movimento para analisar os fenômenos naturais. Considera-se como marco desse evento o trabalho de N. K. Timoféeff-Ressovsky, K. G. Zimmer e M. Delbrück [34]. Este trabalho, que ficou conhecido como o artigo dos três homens⁴⁰, teve grande influência na biologia, em especial no desenvolvimento da genética, com a sua contribuição

para o estabelecimento do gene como uma molécula e com a explicação em termos microscópicos (mecânicos) para o fenômeno das mutações genéticas. O gene foi mostrado posteriormente ser uma macromolécula com uma estrutura de dupla hélice [36].

O artigo de Timoféeff-Ressovsky, Zimmer e Delbrück é constituído de quatro partes. As três primeiras assinadas por cada um dos autores, nesta ordem, e a quarta parte assinada pelos três autores. Na terceira parte é onde Delbrück apresenta a proposta de modelagem em termos microscópicos mecânico-clássico-quântica da mutação genética. Procuramos, principalmente no texto de Delbrück, identificar então os elementos que evidenciam a intervenção das equações de movimento, em particular da equação de movimento de 1925, na explicação do fenômeno biológico, conhecido como mutação genética.

Delbrück inicia a sua parte do artigo⁴¹ discutindo a pertinência de introduzir-se conceitos da física-atômica na genética, tendo em vista a condição presente desta como uma ciência rigorosa, auto-suficiente, quantitativa e independente de qualquer sistema de medidas físicas. Explica que, enquanto a química e a física foram unidas pelo conceito de átomo⁴², a genética tem como unidade natural, para as suas análises quantitativas e numéricas, o organismo individual e como conceito fundamental a diferenciação dos traços de carácter, que não é traduzível facilmente em termos de um sistema de medidas físicas⁴³. Observa também a inexistência, até aquele momento, de qualquer conexão entre conceitos físicos e químicos e a genética, mesmo nas áreas da biologia onde o uso desses conceitos levaram a resultados interessantes. Ele salienta que se poderia, nestas circunstâncias, somente afirmar que a genética é autônoma e postular uma relação genérica desta com a física e a química⁴⁴.

A descrição dos fatos da genética em termos de conceitos físicos e químicos encontrou um esteio no desenvolvimento da pesquisa citológica na genética, que sugeria a identificação do gene com uma macromolécula⁴⁵. Em

⁴¹ Intitulado *Atomic-Physics Model of Gene Mutation*.

⁴² "... This unity is made manifest in the absolute measurement system that extends through all of their branches. On the other hand, we recognize as the foundation of this common measurement system the existence of rigid measuring rods and mechanically regular clocks. These are themselves possible only on the basis of atoms that are stable and that have properties persisting in time. ... : physics and chemistry, as quantitative sciences, rest upon the existence of stable atoms. ..." [34], p.255.

⁴³ "... Whereas in physics all measurements must in principle lead back to measurements of position and time, the fundamental concept in genetics – the differentiation of character traits – is unlikely to be expressed easily in absolute units of measurement in even a single case, much less in general. ..." [34], p. 255.

⁴⁴ "... they [the physical and chemical concepts] appear as only parts of processes when viewed biologically, and their relation to the whole life process remains problematic, unless their coordination is viewed as arising on the basis of some heuristic scheme in which the life process is postulated in principle as physical-chemical machinery." [34], p.255-256.

⁴⁵ "... the linking of genetics to cytological research proved that the gene, which was originally simply a symbolic representation of the differentiating unit, can be localized spatially and tracked in its movements. The sophisticated analysis of *Drosophila* has led to estimates of the gene's size, which are on the order of the largest distinctively structured molecules

⁴⁰ Ainda segundo Gribbin [35] (citando o artigo de N. Bohr, *Light and Life*, Nature, 131, 421 (1933)), Delbrück assistiu, e aparentemente impressionou-se, com a palestra de Bohr, em que este defendia ... Se fomos capazes de levar a análise dos mecanismos dos seres vivos tão longe quanto o foi a dos fenômenos atômicos, não temos que esperar vir a encontrar aspectos, que sejam diferentes dos das propriedades da matéria inorgânica.

genética, como observa Delbrück, em cada organismo existe um único tipo de gene-molécula, que de um ponto de vista químico encontra-se imerso em um ambiente bastante heterogêneo e a sua identidade com um gene de outro indivíduo é estabelecida, somente com base na similaridade dos seus efeitos desenvolvimentais. Para Delbrück, além dos detalhes revelados citologicamente a razão para a identificação dos genes com moléculas era a estabilidade destes, isto é, a capacidade de manterem-se inalterados frente a todas as influências do ambiente naturalmente ocorrendo nas células vivas, capacidade esta, que estaria conectada à estabilidade molecular. Então define um gene-molécula como um bem definido conjunto de átomos⁴⁶. No final da introdução ele observa, que a versão molecular proposta para o gene, não especifica uma estrutura atômica detalhada para este conjunto de átomos, mas é suficiente para os propósitos do trabalho e que a propriedade fundamental do gene (sua auto-replicação na mitose) é uma propriedade conjunta do gene com a matéria da sua vizinhança e não pode ser testada sem a inclusão da interação entre estes.

Para explicar as mutações genéticas, supondo ser o gene uma macromolécula, cuja estrutura, composição e propriedades físico-químicas ainda eram desconhecidas, uma primeira abordagem seria investigar a existência de concordância entre o tipo e limite da estabilidade dos genes com o que a nova física dos átomos preveria sobre isso para as macromoléculas⁴⁷. Assim Delbrück inicia a proposição do seu modelo para as mutações, analisando de acordo com a mecânica quântica⁴⁸, as mudanças, e as condições para a ocorrência destas, que poderiam acontecer em macromoléculas⁴⁹. Ao supor que os genes eram nada mais que macromoléculas, isto é, sistemas compostos de átomos, por sua vez compostos de núcleos positivos e elétrons, quaisquer propriedades ou mudanças destes sistemas deveriam ser descritas, em princípio, a partir das soluções da equação de movimento do hamiltoniano da macromolécula⁵⁰, H_{Mol} , ou de aproximações deste e de suas interações com fótons

e elétrons⁵¹. Quaisquer mudanças no gene seriam sempre o resultado de transições entre os possíveis estados de movimento de H_{Mol} , que Delbrück chama de processos elementares⁵². Caberia escolher, dentre os possíveis processos, quais os que poderiam produzir a nova macromolécula mutante, isto é, o gene mutante, e então lista e discute um conjunto de processos possíveis⁵³. O primeiro refere-se a transições entre estados vibracionais de H_{Mol} , que não alteram as posições centrais de cada um dos átomos na molécula, não produzem rearranjos dos átomos na molécula e são descartados⁵⁴. O segundo refere-se à excitações eletrônicas⁵⁵: se produzidas por interação com fótons ou elétrons poderiam ser revertidas com emissão de radiação ou excitação vibracional, ou produzir um rearranjo dos átomos na molécula, levando-a a uma nova configuração estável.

A possibilidade de rearranjo dos átomos na macromolécula em um novo estado de equilíbrio é analisada em seguida e é subdividida em dois tipos: se através de flutuações estocásticas dos modos vibracionais ou através de excitação eletrônica, oriunda da interação do sistema com fótons ou elétrons e que em geral requer uma energia maior que a energia do movimento térmico. No primeiro tipo, Delbrück observa que qualquer limite de estabilidade, isto é, uma barreira de potencial limitando um possível rearranjo dos átomos, é muito maior que a energia térmica média por grau de liberdade vibracional, mas ainda assim pode ser ultrapassado e discute a probabilidade de acontecimento destes eventos estocásticos com argumentos da mecânica estatística clássica. No segundo tipo, argumenta que a macromolécula é levada a um estado eletrônico excitado por interação com fótons ou elétrons e que a energia adquirida neste processo pode ser transferida para movimento dos núcleos dos átomos

known to us. Based on this result, many researchers see the gene as nothing more than a special type of molecule whose structure is simply not yet known in detail" [34], p. 256.

⁴⁶ "... well-defined assemblage of atoms, according to which we assume that the identity of two genes lies in the fact that the same atoms are stably arranged in them in the same fixed way. The stability of the configuration must be especially high compared to the chemical excitations occurring naturally in living cells; genes can take part in general metabolism only catalytically. ..." [34], p. 256.

⁴⁷ "... We must first investigate the type and limit of the stability of the genes and see whether there is agreement with what we know from atomic theory about well-defined assemblages of atoms. ..." [34], p. 257.

⁴⁸ Na análise da possibilidade de rearranjos dos átomos no gene-molécula através de flutuações estocásticas, que explicaria as mutações espontâneas, Delbrück utiliza elementos da mecânica estatística clássica, a distribuição de Boltzman (ver Eq. 1, p. 258 na Ref. [34]), para determinar a probabilidade termodinâmica de ocorrência de modos vibracionais que permitiriam a superação das barreiras de potencial que dificultam os rearranjos dos átomos na macromolécula ou alguma dissociação.

⁴⁹ "... We will first review the kinds of change that can occur in an assemblage of atoms, as well as in detail the conditions of their occurrence, and then turn to a comparison with mutations. ..." [34], p. 257.

⁵⁰ A equação de movimento, seja clássica ou quântica, é definida pelo hamiltoniano do sistema [37].

⁵¹ As análises de Delbrück são qualitativas, baseadas nos princípios das mecânicas clássica e quântica e em resultados experimentais. Em sendo um problema de muitos corpos não se tem métodos gerais para integrar as equações de movimento, sejam clássicas ou quânticas. São necessários métodos numéricos, conjugados com esquemas aproximativos diversos, com alto custo computacional em geral, mesmo para sistemas com muito menor número de átomos que estas macromoléculas. A determinação destas soluções é ainda mais complicada quando envolve interação da molécula com fótons e elétrons.

⁵² "... In our gene model, we assume that the atoms in the assemblage have determinate central locations and that the electrons are in determinate states. With these stipulations, we find that changes to the model can occur only in jumps. They must thus consist of a sequence of elementary processes." [34], p. 257.

⁵³ "An assemblage of atoms is capable of the following modifications through elementary processes: a. Changes in the states of vibration: ... ; b. Changes of the electron states through excitations of one or more electrons: ... c. Rearrangement of the atoms in another equilibrium state: c(α). Through fluctuations in the thermal energy. ... c(β). Delivery of energy to an electron from outside." [34], pp. 257-260.

⁵⁴ "... thus no molecule is stable in this respect. But the chemical character does not change with the state of vibration. From the outset, then, the state of vibration may not be incorporated into the definition of the assemblage of atoms." [34], pp. 257-258.

⁵⁵ Estritamente falando não existem estados de movimento dos núcleos e dos elétrons em separado. Estes movimentos obviamente são correlacionados. Existem estados de H_{Mol} . Devido à dificuldade de resolver a equação de movimento para os núcleos atômicos e elétrons conjuntamente, mesmo para as menores moléculas, foram introduzidos métodos de separação dos movimentos eletrônico e nuclear e junto uma linguagem específica, com termos como, orbitais eletrônicos, nucleares, etc.

da macromolécula e provocar o rearranjo destes em outras locações. Em havendo um rearranjo, por qualquer que seja a via, o gene transformar-se-ia numa nova macromolécula, o gene mutante.

Após identificar os processos que poderiam levar átomos a adquirirem uma energia igual ou maior à uma energia de ativação e assim superar um limite de estabilidade⁵⁶, Delbrück prossegue testando seu modelo buscando verificar até onde o mesmo poderia explicar o fenômeno das mutações. E com detalhadas análises envolvendo seleção natural, mecânica estatística e interação de fótons com o sistema molecular, ele mostra que o comportamento das taxas de reação (as taxas de mutação) previstas pelo seu modelo de gene-molécula, tanto para as mutações espontâneas como para as mutações induzidas por radiação, estavam em concordância com os resultados experimentais⁵⁷. Estabelece então que no escopo do seu modelo as mutações são resultado de um único processo elementar⁵⁸.

Na parte 4 do artigo, os três autores reafirmam as hipóteses e os resultados da parte 3⁵⁹, enfatizam o papel da mecânica quântica na explicação das mutações genéticas⁶⁰ e esboçam uma discussão sobre a estrutura do gene⁶¹.

⁵⁶ “A particular rearrangement can be therefore arise in basically two ways: either through random accumulation of thermal energy, or through dissipation of excitation energy from an electron.” [34], p. 260.

⁵⁷ Ver as páginas 261-264 da Ref. [34].

⁵⁸ “A mutation consists of a rearrangement of a stable assemblage of atoms, according to our model, and this rearrangement results, from an elementary process. The latter refinement is compelled by the frequently observed similarity between forward and back mutation.” [34], p. 262.

⁵⁹ “A mutation is produced by an external infusion of energy or a fluctuation of thermal energy . . . , and consists of a rearrangement of atoms into a new equilibrium configuration within a larger assemblage of atoms. . . ‘Spontaneous’ mutations are produced through random thermal fluctuations; the probability of crossing the threshold for the reaction to occur depends on the structure of the corresponding assemblage of atoms (the corresponding allele), and this accounts for the variety in the spontaneous rates of different individual genes.” [34], p.265.

⁶⁰ “The idea that a mutation is an individual elementary process in the sense of quantum theory is thus suitable for giving an account of the spontaneous as well as radiation-induced mutation processes. More specifically we can expect that further analysis of radiation mutation processes will show close parallels to photochemistry. . . in a mutation experiment, the use of such radiation (monochromatic ultraviolet) should be well suited for singling out specific groups of mutations that can be triggered by absorption of only specific wavelengths. . . we can readily assure ourselves that the ordinary transition probabilities of electron transitions are large enough that we can expect a measurable yield of mutations through the use of ordinary light quanta.” [34], p. 266.

⁶¹ “A mutation consists of a rearrangement or dissociation of a bond within an assemblage of atoms One can easily picture the gene as this assemblage of atoms. Accordingly, that physical-chemical unit (assemblage of atoms) in which the mutation process can occur would represent the structure of the entire. This picture emerges entirely naturally from the facts and considerations presented here, and satisfies the requirement from genetics that the gene be conceived of as a unit, largely autonomous in its behavior and normally incapable of further division.” [34], p. 267.

6. ASPECTOS METODOLÓGICOS DO ESQUEMA QUÂNTICO

A estrutura da mecânica quântica é similar à da mecânica clássica; isto é, os aspectos cinemáticos e dinâmicos ainda permanecem como descritos nos itens a-d, na seção 1. Alguns aspectos novos, contudo, aparecem na teoria, necessários à descrição do movimento das partículas subatômicas. Estes implementos são de fato uma acomodação da mecânica com um conceito de escala de pequeno absoluto, caracterizada através da constante de Planck. Assim os estados do sistema passam a ser descritos por amplitudes de probabilidade de mensuração das variáveis cinemáticas. Entretanto, deve ser ressaltado que a estrutura dinâmica (a relação causal) permanece a mesma. Com os pressupostos da mecânica quântica, os sistemas atômicos são em geral tratados como constituídos de partículas, sendo que o movimento fica estabelecido a partir do cálculo dessas amplitudes de probabilidades. Deve-se salientar que dois conceitos fundamentais na mecânica quântica de 1925, quais sejam, estados estacionários e estado fundamental, foram introduzidos por Bohr em seus trabalhos de 1913, para justificar a estabilidade da matéria.

Se para sistemas mecânicos clássicos, as tentativas de tratá-los intuitiva e empiricamente foram substituídas pelo esquema Newtoniano, tanto devido as novas possibilidades, como pelas dificuldades da intuição e do empirismo, no caso dos sistemas mecânicos constituídos de partículas subatômicas, estas questões tornam-se mais radicais. Neste caso, a própria imagem clássica fica ainda mais distante, até por falta de análogos para serem usados como guia. Ou seja, a visualização do movimento dos sistemas mecânicos no espaço tridimensional não é possível, mesmo para aqueles mais elementares. Ressalte-se a exigência de novas variáveis dinâmicas para a construção da cinemática quântica (como o spin, isospin, cor, etc.); variáveis estas desnecessárias na cinemática dos objetos macroscópicos. Assim, o papel das imagens clássicas, mais ou menos intuitivas, é drasticamente reduzido. No entanto, tal fato não se constitui em nenhum impedimento para o estudo mecânico-quântico dos fenômenos. Neste contexto, observa Dirac,

O principal objeto da ciência não é prover imagens, mas é a formulação de leis governando os fenômenos, e a aplicação destas para descobrir novos outros fenômenos. Se uma imagem existe, tanto melhor; mas se uma imagem existe ou não é uma questão de importância secundária. No caso dos fenômenos atômicos, nenhuma imagem pode ser esperada no sentido usual da palavra imagem, pela qual entendemos um modelo funcionando essencialmente em bases clássicas [Newtonianas]. Pode-se, não obstante, entender o significado da palavra para incluir qualquer forma de olhar para as leis fundamentais que torne sua auto-consistência óbvia. Com esta extensão, pode-se formar gradualmente uma imagem dos fenômenos atômicos, adquirindo-se familiaridade

*com as leis da teoria quântica.*⁶²

Esta observação de Dirac acentua a importância do viés matemático, expresso através das equações de movimento, como método de abordagem dos sistemas atômicos, sem contudo retirar o caráter mecânico-Newtoniano de análise da natureza. Assim a descoberta ou o conhecimento de qualquer ente em a natureza (e a apropriação tecnológica deste), só se dá de modo pleno quando se estabelece um conjunto de variáveis dinâmicas suficiente para determinar univocamente a sua cinemática. Este é o procedimento geral para declarar-se a descoberta de uma partícula elementar⁶³.

O que representou o estabelecimento das equações de movimento da mecânica Newtoniana para as engenharias clássicas, guarda semelhança com o que tem representado a equação de movimento de Heisenberg-Dirac-Schrödinger para as novas engenharias. A familiaridade e consequente imagem dos fenômenos no nível atômico vem sendo desenvolvida desde a proposição da equação de 1925, e podemos dizer, em resumo, que vivemos desde então a era das engenharias dos sistemas mecânicos compostos de partículas de massa pequena sob interação eletromagnética⁶⁴. Isto compreende todos os sistemas constituídos de prótons e elétrons cujos movimentos são regidos pelas equações básicas da mecânica quântica.

Devemos observar que, logo após o estabelecimento da mecânica quântica, iniciou-se a busca da adequação da teoria para sistemas atômicos com velocidades altas; isto é, a procura da mecânica quântica relativística. O primeiro sucesso neste sentido dá-se com a proposição da equação de movimento relativística para o elétron – a equação de Dirac, que levou à previsão da antipartícula do elétron, o pósitron. Este é considerado o marco inaugural da atual física de partículas elementares.

7. OBSERVAÇÕES FINAIS

Neste ensaio analisamos a relevância da ciência da mecânica para o desenvolvimento das técnicas e das ciências naturais em geral, com o pressuposto de que todos os fenômenos naturais são manifestações do movimento. Como elemento do método de análise, discutimos alguns problemas abordados pela via mecânica e fizemos um estudo de aspectos metodológicos das mecânicas clássica e quântica. Depreende-se deste procedimento, o impacto estratégico

da mecânica sobre o desenvolvimento das técnicas e as implicações na formulação das ciências fenomenológicas.

Desde antes da mecânica, ao longo da história, o poder busca ter ao seu alcance o saber. Assim foi Aristóteles tutor de Alexandre, Arquimedes em Siracusa, Napoleão e a Escola Politécnica de Paris, e tantos outros exemplos. Estas são mostras da importância do saber, e em particular das atividades científicas. No âmbito da física, dentre um sem-número de exemplos enquanto investimento estratégico, destaca-se a criação do CERN o laboratório europeu de pesquisa em física de partículas elementares em altas energias. A idéia de um laboratório europeu de grande porte foi proposta inicialmente por De Broglie, na Conferência Cultural Européia de Lausane, Suíça, em 1949. A proposta acompanhava a tendência histórica do período moderno, acentuada com o pós-guerra, em reconhecer a posição de destaque dos métodos da física, as mecânicas e suas equações de movimento, como um fundamento das tecnologias e um empreendimento básico para a organização das sociedades contemporâneas. De um ponto de vista geopolítico, a proposta de De Broglie inseria-se no contexto das políticas de pacificação do território europeu; uma das medidas que pode ser vista como precursora da União Européia. Atualmente, o CERN é o maior laboratório na área, envolvendo os países europeus e outros convidados. Milhares de pesquisadores trabalham em projetos que excluem, regimentalmente, aplicações militares e comerciais, além de considerar de domínio público todo o resultado obtido. A importância da atividade de pesquisa científica de vanguarda, como reforçada pelos físicos europeus na década de 1950, encontra um importante exemplo em um dos subprodutos da pesquisa do CERN: a criação da WWW (World Wide Web), na década de 1970. Por outro lado, quando a oportunidade técnico/científica é perdida, o efeito pode ser incalculável. Remetendo-nos a estudos detalhados [39], vale citar a imensa oportunidade histórica que surgiu com a invenção do avião por Santos Dumont; oportunidade praticamente abandonada em seu início pelo Brasil.

Por fim, considerando o contexto econômico e geopolítico atual, vale ressaltar a importância da ciência da mecânica bem expressada por Tegmark e Whiller, que apontavam, já no ano 2000, que 30% do PIB dos Estados Unidos provinham dos inventos e descobertas da mecânica quântica [40]. Outro destaque é a percepção do grande capital americano quanto à importância da ciência para a manutenção da hegemonia política dos Estados Unidos na geopolítica global, manifestada em matéria publicada no jornal The Washington Post, de 2 de maio de 1995, e assinada por dezesseis presidentes de empresas americanas de grande porte e de alta tecnologia, incluindo IBM, General Electric, McDonnell Douglas, Motorola, Crysler, DuPont, dentre outras⁶⁵. Essa matêamericano sobre o corte no orçamento da pesquisa

⁶² Tradução dos autores. Ver a Ref. [38].

⁶³ Por exemplo, o que se chama descoberta do eletron é neste sentido um conjunto de experimentos que começou quando se mostrou serem os raios catódicos entes que se propagavam em linha reta, podendo assim estar em bem definidos estados translacionais, passando pela determinação de suas características de massa e carga elétrica (Plücker-1858, Hittorf - 1869, Thomson - 1894, Kaufmann - 1897, Ehrenhaft - 1909, Millikan - 1910; Veja Max Born, Atomic Physics, 8th.ed. Blackie & Son Ltd) sendo finalizada com a introdução da sua variável dinâmica de spin por Pauli em 1925.

⁶⁴ Algumas realizações tecnológicas no século XX envolvem partículas subatômicas que interagem via a força nuclear forte, como por exemplo, os reatores e armas nucleares.

⁶⁵ Liderança tecnológica, por sua própria natureza, é efêmera. Em algum ponto da sua história, todas as grandes civilizações - o Egito a China, a Grécia, Roma - tiveram em suas mãos "o domínio da arte" temporariamente. Cada uma dessas civilizações deixou escapar esta vantagem entre seus dedos e abrindo mão da liderança tecnológica, perdeu também a liderança política internacional. [41]

básica nas universidades americanas. O documento discorre sobre a importância dessa pesquisa básica universitária para o desenvolvimento científico e tecnológico, a qual tem em geral períodos longos de gestação antes de transformar-se em aplicações⁶⁶, e observa o papel central do financiamento público dessa pesquisa, referido ali como capital realmente paciente⁶⁷. O documento é finalizado com a defesa explícita e contundente da manutenção deste financiamento público da pesquisa básica, enquanto elemento estratégico fundamental na definição da liderança americana para o novo milênio, considerando que foram os elementos associados a produção do saber quem definiu a hegemonia cultural e econômica daquele país no século XX⁶⁸.

O indicador econômico apontado por Tegmark e Whiller e a carta dos industriais americanos são a materialização, enquanto significado aplicado, da análise que conduzimos neste trabalho sobre a importância da ciência da mecânica para o desenvolvimento das ciências e das técnicas.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a Cristiane Hanschild, do Instituto Goethe, Brasil-Alemanha, Salvador-Bahia, que localizou a versão em inglês da Ref.[34], publicada em 2011, quando dela solicitamos, no mesmo ano de 2011, uma tradução desta referência; a Adolfo Malbouisson (CBPF) e a Henrique Lins de Barros (CBPF) pelo interesse neste trabalho e pela leitura do manuscrito; ao CNPq, devido ao apoio financeiro.

⁶⁶ Por exemplo o tempo transcorrido para a descoberta do elétron, ou as mudanças nos conceitos de espaço e tempo até chegarmos à curvatura do espaço-tempo, antes de serem produzidos o transistor, o laser, o GPS etc.

⁶⁷ A História demonstrou que são os recursos federais que financiam a pesquisa que depende de capital realmente ‘paciente’, necessário para desenvolver pesquisa básica e criar condições de se assumir riscos maiores, o que é imprescindível para descobertas tecnológicas. Muitas vezes estes avanços não têm utilidade imediata, mas abrem “janelas tecnológicas” que permitem avançar nas pesquisas até que surja uma aplicação viável.[41]

⁶⁸ Daremos sustentação a **essa** especial comunidade científica que fez deste o “século americano”? Ou seguiremos pelo mesmo caminho trilhado por outras grandes civilizações e cederemos nossa liderança a nações mais audaciosas e confiantes nas suas próprias forças? No momento em que o Congresso toma suas decisões a respeito da pesquisa universitária, não incorramos em nenhum erro: Estamos determinando o que será o século 21 agora. [41]

-
- [1] M. C. Nahan, *Selections from Early Greek Philosophy* (Appleton-Cebtury-Crofts, N. York, 1964).
- [2] R.S. Cohen, *Prelude to Galileo: Essays on Medieval and Sixteenth-Century Sources of the Galileo's Thought* (Kluver, Boston, 1981).
- [3] F. C. Khanna, A. P. C. Malbouisson, J. M. C. Malbouisson, A. E. Santana, *Thermal Quantum Field Theory: Algebraic Aspects and Applications* (W. Scientific, Singapore, 2009).
- [4] E. Mach, *The Science of Mechanics* (Open Court Classics, La Salle-Illinois, 1960).
- [5] C.L. Siegel, J.K. Moser, *Lectures on Celestial Mechanics* (Springer-Verlag, Berlin, 1971).
- [6] Um esboço sobre algumas idéias abordadas aqui foi publicado em: L. A. C. Malbouisson e A.E. Santana, *Equações de Movimento e as Tecnologias*, Folha da Física – Boletim Informativo do Instituto de Física da UFBA, www.fis.ufba.br, número 8, 2003, p. 1.
- [7] U.-J. Le Verrier, *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences (Paris)*, 10 Novembre 1845, T. XXI, 1845, p. 1050.
- [8] U.-J. Le Verrier, *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences (Paris)*, 1 Juin 1846, T. XXII, 1846, p. 907.
- [9] U.-J. Le Verrier, *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences (Paris)*, 31 Août 1846, T. XXIII, 1846, p. 428.
- [10] T. J. J. See, *Popular Astronomy*, **18**, 475 (1910).
- [11] Account of the Discovery of the Planet of Le Verrier at Berlin in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Abstracts of Papers and Reports of the Proceeding of the Society*, from November, 1845 to June 1847, Vol. VII, 1847, London. p. 153.
- [12] Ibidem, pp. 154-157.
- [13] J. C. Adams, On the perturbations of the Uranus, in: *Appendices of the Various Nautical Almanacs*, between 1834 and 1854, p. 265, London.
- [14] Account of the Discovery of the Planet of Le Verrier at Berlin in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society Abstracts of Papers and Reports of the Proceeding of the Society*, from November, 1845 to June 1847, Vol. VII, 1847, London. p. 121-144.
- [15] Le Verrier, Urbain J. “Recherches sur l'orbite de Mercure et sur ses perturbations. Détermination de la masse de Vénus et du diamètre du Soleil”. *Journal de mathématiques pures et appliquées 1re série*, tome 8 (1843), pp. 273-359.
- [16] Le Verrier, Urbain J. “Theorie du mouvement de Mercure”. *Annales de l'Observatoire Impérial de Paris; Recherches Astronomiques*, Chapitre XV, Tome 5, Mallet-Bachelier, Paris, 1859.
- [17] U.-J. Le Verrier, *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences (Paris)* **49**, 379 (1859).
- [18] S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology* (John Wiley, N. York, 1972).
- [19] H. Ziegler, *Mechanics*, vol II (Adson-Wesley, Massachusetts, 1965).
- [20] I. Newton, *The Principia*, Translated by A. Motte (Prometheus Book, N. York, 1995).
- [21] G.W.A. Dummer, *Electronic Inventions and Discoveries* (IoP, London, 1997).
- [22] A.C. Guyton, *Tratado de fisiologia médica* (Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 1989).
- [23] I. Newton, *Optics*, in: *Great Books of the Western World*, Ed. R. M. Hutchins, vol. 34 (Enc. Britannica, London, 1952).
- [24] E.N. Lorenz, *Atmospheric models as dynamical systems*, in *Perspectives in Nonlinear dynamics*, Eds. M.F. Shlesinger, R. Cawley, A.W. Saeuz, W. Zachary (W. Scientific, Singapore, 1986).
- [25] H. B. Callen, *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics* (J. Wiley, N. York, 1985).
- [26] W. F. Wreszinski, *Termodinâmica* (Edusp, São Paulo, 2002).
- [27] T. Hiosrige, *Origins of the Lorentz' Theory of Electron and the Concept of the Electromagnetic Field*, *Historical Studies in the Physical Sciences*, **1**, 151 (1969) (ver em: www.jstor.org/stable/27757298).
- [28] G.N. Lewis, *J. Amer. Chem. Soc.* **38**, 762 (1916).
- [29] I. Langmuir, *J. Amer. Chem. Soc.* **41**, 868 (1919).
- [30] S. Rajasekar, Ludwig Edward Boltzmann, [arXiv:physics/0609047v1\[physics.hist-ph\]](https://arxiv.org/abs/physics/0609047v1), 2006.
- [31] *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **7**, 1 (1847), *Abstracts of Papers and Reports of the Proceeding of the Society*, from November, 1845 to June, 1847.
- [32] J. Bardeen, W.H. Brattain, *Phys. Rev.* **75**, 1208 (1949). Ver também a Ref. [21], p. 120, para uma descrição da importância de W. Shockler no processo.

- [33] J. Millan, Vacuum-tube and Semiconductor Electronics (McGraw-Hill, Toronto, 1958).
- [34] N. W. Timoféeff-Ressovsky, K.G. Zimmer, M. Delbrück, *Über die natur der genmutation und der genstruktur*, Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Math.-Phys. Klasse. Fachgruppe (Biologie) 6, 189 (1935). A tradução para o Inglês encontra-se em: Creating a Physical Biology: The Three-Man Paper and Early Molecular Biology, Edited by Phillip R. Sloan and Brandon Fogel (The University of Chicago Press, Chicago, 2011).
- [35] J. Gribbin, À procura da dupla hélice: a física quântica e a vida (Editorial Presença, Lisboa, 1985).
- [36] J.D. Watson, F.H.C. Crick, A structure for deoxyribonucleic acid, Nature 171, 737 (1953).
- [37] R. McWeeny, Methods of Molecular Quantum Mechanics (Academic Press, N. York, 1992).
- [38] P.A.M. Dirac, The principles of quantum mechanics (Oxford, London, 1967).
- [39] H. Lins de Barros and M. Lins de Barros, Changes in the concepts of flight in the first decade of the 20th. century: The pioneering work of Alberto Santos-Dumont, in Proceedings of the XX International Congress of History of Science (Liège, 20-26 July, 1997) – Volume VII –Technology and Engineering, BREPOLs.
- [40] M. Tegmark and J. A. Wheeler, 100 Years of Quantum Mystery, Scientific American, February 2001, p. 69.
- [41] W. Wayne Aleen, et al., A Hora da Verdade para os Estados Unidos, matéria paga publicada no The Washington Post, 02 de maio de 1995, www.washingtonpost.com (reproduzido pela American Association for the Advancement of Science, www.aaas.org).

O periódico científico atravessando séculos no CBPF (Scientific journals crossing centuries at CBPF)

Heloisa Maria Ottoni

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF

Rua Dr. Xavier Sigaud, 150,

22290-180 – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

*As únicas instituições da comunidade científica
que têm força e uma base sólida são
as suas revistas científicas.
(ZIMAN, 1979, p. 129)*

Resumo: Descreve e caracteriza o periódico científico como canal de avanço da ciência. E, contextualizando essa temática, apresenta breve história de seu surgimento, com destaque a marcos históricos a partir do século XVII. Apresenta critérios que permitem caracterizar um periódico como obra rara e destaca a importância do acervo de periódicos da biblioteca do CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas), detalhando seus títulos antigos e raros e sua importância como fonte de conhecimento para a pesquisa. Reitera-se a importância do CBPF como centro referencial de informação sobre Física no Brasil.

Key-Words: Periódicos científicos; Raridade; Periódicos raros; CBPF.

Abstract: It describes and characterizes scientific journals for the advancement of science. And contextualizing this issue, it presents a brief history of the emergence of the scientific journal, highlighting historical landmarks from the seventeenth century. It features a journal by its rarity and highlights the importance of the Brazilian Center for Physical Research (CBPF)'s journal collections, detailing the old and rare titles included at its library and their importance as a source of knowledge for research. It reiterates the importance of CBPF as an information reference center on Physics in Brazil.

Key-Words: Scientific journals; Rarity; Rare journals; CBPF.

O periódico científico influencia, seduz, informa; é um canal de comunicação que preserva, promove e dissemina a ciência e tem o poder de modificar o percurso da história pelo conteúdo dos artigos que publica.

Quando se pensa em informação científica, vem de imediato à mente a imagem do periódico, que ocupa a maior parte de qualquer biblioteca científica. Para Ziman (1981, p.114), os periódicos “possuem diversas características significativas, as quais nos contam muita coisa sobre a comunidade científica e sobre o modo como ela trabalha”.

A agilidade de transmissão do conhecimento, a atualização regular de seu conteúdo, sua abordagem sintética e a revisão de seus artigos por ‘pares’ faz do periódico científico um interlocutor especial do saber científico e do movimento de progresso da ciência. O periódico, também chamado “revista”, por sua edição geralmente regular, acaba superando o livro como fonte de atualização profissional.

E, embora revistas científicas sejam superficialmente similares às revistas profissionais, na verdade, elas são bem diferentes entre si. Edições de uma revista científica raramente são lidas casualmente, como se lê uma revista para o grande público. A publicação dos resultados de pesquisa é parte essencial da atividade científica; e deve suprir detalhes suficientes sobre um experimento, para que um pesquisador independente possa repetir o processo e verificar os resultados apresentados. O fato é que cada artigo de um periódico se torna parte de um registro científico permanente.

Resumindo de Campello e Campos (1993), as principais funções atribuídas ao periódico científico, ele: é um *canal de disseminação* que possibilita o registro público do conhecimento (primazia das pesquisas e da propriedade intelectual do autor); tem uma *função social*, atribuída ao prestígio e reconhecimento de seus autores, além de ser também um *canal formal de comunicação* e um espaço mais amplo da ciência

para divulgação dos resultados das pesquisas; o periódico formaliza uma ciência 'certificada' por aval de seu conteúdo pela comunidade científica; e ainda ele é um *canal dinâmico de memória do conhecimento* produzido, no tempo e espaço. (itálicos meus)

E são as bibliotecas que tradicionalmente preservam e disponibilizam essas coleções de periódicos ou revistas, ao longo do tempo. Até mesmo por acesso virtual, continua sendo a biblioteca o lugar que intermedia o acesso e uso do periódico.

1. BREVE HISTÓRIA DO SURGIMENTO DO PERIÓDICO CIENTÍFICO

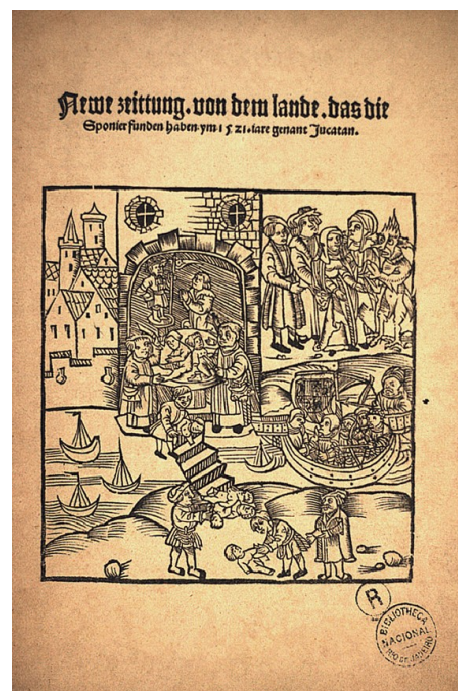
O que libertou o saber científico do esquecimento foi a invenção da imprensa e sua rápida disseminação pela Europa, a partir de 1470. A revolução no campo das publicações causada pelos livros em brochura¹ promoveu a multiplicação da imprensa, alterou os hábitos de leitura e o esquema acadêmico das nações. De início, aliviou a pressão que sofriam os copistas e escribas de manuscritos e também os vendedores de livros usados. (PRICE, 1976, p. 96)

E, antes do surgimento dos periódicos científicos, desde a invenção da imprensa até o século XVII, as notícias sobre a ciência, as técnicas variadas e as invenções eram veiculadas em folhetins, em volantes e em jornais cotidianos. Até essa época, o conhecimento mais especializado era comunicado por correspondências realizadas entre os cientistas ou enviadas às agremiações científicas. Essas correspondências vão originar, no século XVII, as publicações científicas, as quais, diferentemente das anteriores correspondências entre os estudiosos, são voltadas a um público mais amplo, embora específico (FREITAS, 2006, p. 54).

A título de curiosidade, o mais antigo periódico identificado na literatura data do século XVI, ano de 1502. Foi o jornal alemão *Neue Zeitung*². Em texto sobre critérios de raridade para periódicos brasileiros da Biblioteca Nacional do Brasil³, se menciona que esse jornal:

[...] informava sobre acontecimentos diversos e era publicado de maneira esporádica, de acordo com a recepção de informações orais e escritas; sua edição foi regularizada nos meados do século XVI. Tipograficamente, identifica-se com a concepção gráfica de livros, predominante na época. Suas

informações compreendem 4 (quatro) folhas de pequeno formato. Apresenta xilogravuras sobre o conteúdo das notícias. Impresso em variados caracteres e corpos. Inicialmente, circulou, apenas, nos países de língua alemã; daí a razão dos 150 primeiros números terem sido compostos em gótico.



Folha de rosto de um dos números do *Neue Zeitung*, ano 1521 ("zeitung", al., jornal), 1º jornal a ser desta maneira identificado, a partir de 1502.

Mas a história das revistas científicas começou em Paris em 5 de janeiro de 1665, com a publicação do primeiro número de *Le Journal des Sçavans*, posteriormente chamado *Journal des Savants*. Sua periodicidade era semanal e a iniciativa foi de Denis de Sallo, que publicava sob a forma de um boletim de 12 páginas, onde anunciava seu objetivo de "fazer conhecer o que acontece de novo na República das letras"⁴, ou seja, notícias de interesse científico e cultural.

Também em 1665 surgiu a revista inglesa mensal *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*⁵, por iniciativa de Henry Oldenburg, um dos secretários da Sociedade, para divulgar pesquisas originais dos membros da instituição. A revista teve também repercussão entre artesãos de instrumentos de precisão da época, ávidos por qualificar sua produção e obter aceitação entre cientistas. Surgem os chamados colégios invisíveis⁶, que reuniam profissionais em busca de tecnologia científica.

¹ Brochura ou brochagem é nome dado à série de operações que asseguram ao livro a reunião das suas folhas, prendendo-as entre si mediante costura, grampeação ou colagem, e unindo-se esse conjunto de folhas a uma capa mole, de papel ou cartolina. (BAER, Lorenzo. Produção gráfica. São Paulo: Senac, 1995. p.219 – 220).

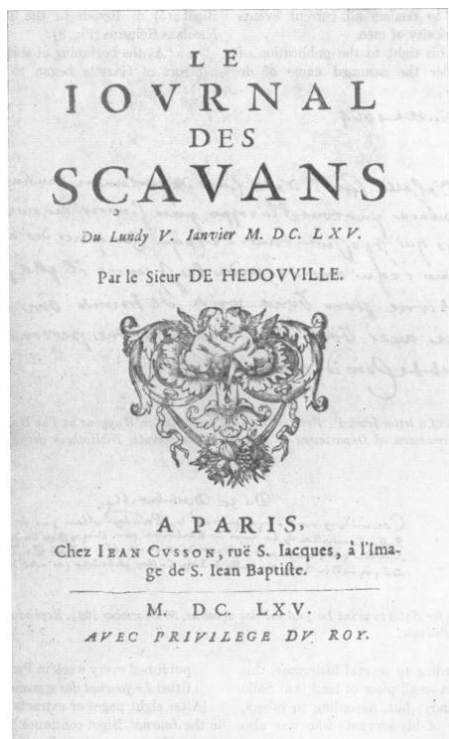
² referenciado por Andre Gurtier em L'histoire du developpement du journal, 3. Não se encontrou informação sobre essa fonte para pesquisa, apenas sua referência.

³ BRASIL. Ministério da Cultura. Fundação Biblioteca Nacional. Centro de Referência e Difusão. Plano Nacional de Recuperação de Obras Raras. Coleção de Periódicos da Divisão de Obras Raras: critérios de raridade para periódicos brasileiros. S.n.t.

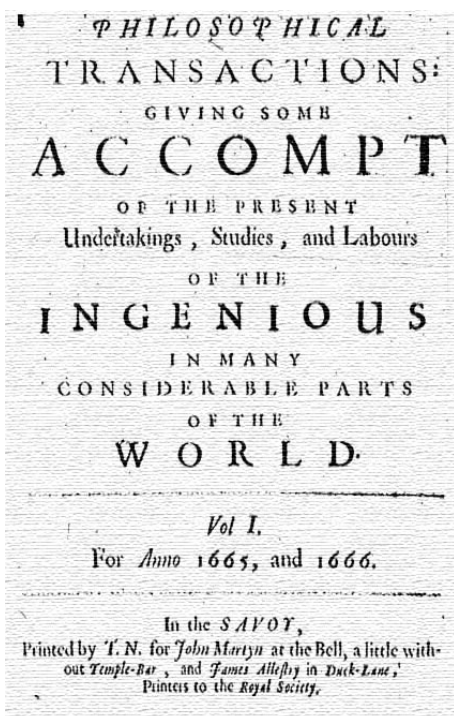
⁴ Le Journal des sçavans, Du lundy V. janvier M.DC.LXV, Paris, J. Cusson, 1665. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Journal_des_savants#cite_ref-1. Acesso em: 23 fev. 2014.

⁵ Imagem disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Philosophical_Transactions_of_the_Royal_Society. Acesso em 23 fev. 2014.

⁶ Mais detalhes em PRICE, 1976.



Capa do 1º número do Journal des Sçavans, datado de 5 de janeiro de 1665.



Capa do 1º volume de *Philosophical Transactions*, publicado a partir de 1665.

O *Journal des Savants* serviu como base para o desenvolvimento dos periódicos de divulgação científica e o *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, como modelo para o surgimento dos periódicos científicos.

A criação da revista científica esteve entre as mais importantes iniciativas das Sociedades Reais e Academias Nacionais, entre fins do século XVII ao XVIII. O fato é

que os periódicos científicos começaram a circular por necessidade de agilidade e eficiência de comunicação entre pesquisadores, agregando colaboradores interessados, de maneira a formalizar o processo de comunicação. Desde que começou a ser publicado, o periódico científico passou a proporcionar a sua comunidade um canal formal de comunicação, por meio da publicação de artigos originais que sistematizam os achados de pesquisas tecnocientíficas, capazes de contribuir para o avanço da ciência. Assim, mais de mil publicações, a maioria de existência efêmera, foram fundadas no século XVIII, e o número aumentou rapidamente depois.⁷ Mas foi a partir do século XIX que essa tendência tomou maior impulso, e os periódicos se tornaram mais especializados. É importante destacar que a Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, impulsionou o processo de organização da ciência e, por conseguinte, a ascensão do periódico científico (STUMPF, 1996).

No século XVIII, segundo Ziman (1979), surgiram os primeiros periódicos em campos específicos da ciência. *Annales de Chimie et de Physique* (Paris, 1789) e *Annalen der Physik* (Leipzig, 1790), por exemplo, voltavam-se para a Química e a Física, e o periódico médico *The Medical and Philosophical Journal of London* (Londres, 1799) abordava assuntos de medicina e cirurgia.

Ao longo dos séculos XVIII e XIX, os periódicos científicos foram alterando suas características. Começaram a se desvincular de sua vital função como canal de disseminação de conhecimento e a evoluir para sua forma moderna de representante das novidades da ciência (STUMPF, 1996). E, segundo Rodrigues e Marinho (2009), o século passado, entretanto, vivenciou o processo conhecido como explosão documental: o crescimento exponencial do número de periódicos científicos para mais de um milhão, em vários tipos de suporte. Nos últimos anos, a questão do crescimento da produção de periódicos científicos alcançou nova dimensão com o advento das publicações eletrônicas, que circulam livremente ou são comercializadas na Internet.

2. O QUE CARACTERIZA UM PERIÓDICO COMO OBRA RARA

O conceito de obra rara está mais ligado ao livro, mas pode incluir também periódicos, mapas, folhas volantes, cartões-postais e outros materiais impressos. Fotografias, manuscritos, gravuras e desenhos são obras únicas e originais, e, portanto, não recebem essa denominação de obra rara; deve-se, no entanto, dispensar o mesmo cuidado atribuído às obras raras, em relação à preservação e conservação.

As obras raras devem ser consideradas por seu aspecto específico dentro de um conjunto maior, que seriam as coleções especiais, nas bibliotecas, entre material impresso e audiovi-

⁷ PRICE (*ibidem*, p.118 – 119).

sual.

O uso, tanto de critérios de raridade para bibliotecas e colecionadores, quanto o tratamento diferenciado dessas obras das demais, acontece por uma distinção de valor. Distinção que se justifica pela dificuldade na obtenção dos exemplares e por seu alto reconhecimento histórico e valor monetário. Parte-se do princípio de que a obra rara é mais difícil de ser reposta, caso desapareça; do mesmo modo, uma obra valiosa é sempre mais visada, merecendo um cuidado maior quanto à segurança do acervo onde está depositada.

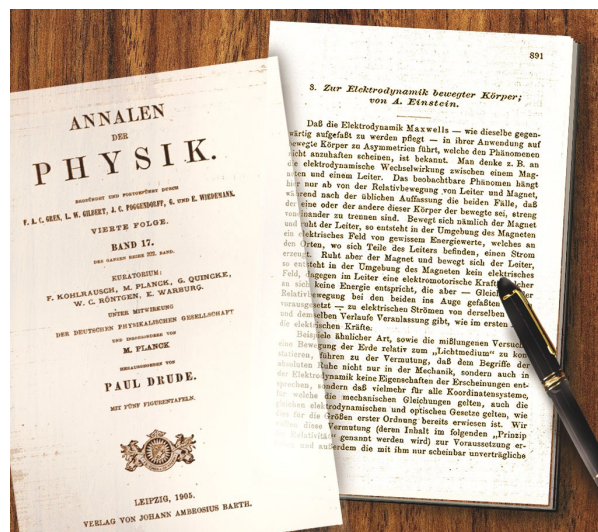
Os periódicos científicos são classificados como raros, não só em virtude de sua antiguidade, quanto por sua importância histórica, mas também, principalmente, por sua relevância como fonte de pesquisa, segundo análises minuciosas sobre as particularidades de cada acervo e de cada área do conhecimento. No caso da Física, identifica-se, por exemplo, como obra rara, o *Annalen der Physik* (Leipzig, 1790-1983).

3. O CBPF FAZ A SUA HISTÓRIA 'CULTUANDO' O CONHECIMENTO PARA A PESQUISA

No CBPF, sempre houve reconhecimento da importância de um acervo bibliográfico organizado. Identificando alguns nomes em seus primórdios, cientistas como Cesar Lattes, José Leite Lopes e Jayme Tiomno sabiam que seria praticamente impossível o avanço da pesquisa sem a existência de uma biblioteca bem montada. Desde os primeiros momentos de funcionamento do CBPF existiu a motivação de seus líderes por comprar e conseguir doações de fontes bibliográficas para a criação do acervo da biblioteca. A primeira doação relevante foi obtida por meio de livros da biblioteca particular do jornalista Lourenço Borges, doações também de Cesar Lattes, dentre outros fundadores. Outros livros e revistas foram obtidos junto a consulados estrangeiros.

Diversas iniciativas em prol do avanço dos estudos e das pesquisas realizados no CBPF promoveram o engrandecimento do acervo da biblioteca, em quantidade e qualidade, até que um incêndio em 1959 destruiu parte considerável de livros e revistas da biblioteca. Uma vez mais, os físicos brasileiros buscaram apoio junto a colegas e instituições estrangeiras. Nessa ocasião, o físico norte-americano Richard Feynman (Prêmio Nobel de Física em 1965), e que já havia estado por duas vezes no CBPF, movimentou-se junto à comunidade norte-americana e conseguiu a doação da coleção praticamente completa do periódico *The Physical Review*, uma das mais importantes revistas de Física da atualidade.

Também a Fundação Ford contribuiu com uma importante quantia em dinheiro e que foi empregada na aquisição de títulos desaparecidos no incêndio. Além da *The Physical Review*, outro periódico cuja coleção foi obtida por doação é o *Annalen der Physik*, principal revista de Física até o início da Segunda Guerra Mundial. Foi nessa revista que Albert Einstein, responsável pela revolução sofrida pela Física no início do século passado, publicou os seus mais célebres trabalhos. O célebre volume XVII, de 1905, onde estão presentes cinco de seus trabalhos, existe na biblioteca do CBPF.



Die Annalen der Physik, 1905

Iniciativas brasileiras reiteraram a importância da biblioteca do CBPF. Fato de seu acervo de periódicos ter sido avaliado pelo MEC no início da década de 1980 como significativo para compor, em convênio com o CNPq e a FINEP, o PAP (Programa de Aquisição Planificada). A biblioteca do CBPF foi também indicada no país como uma biblioteca-base do COMUT (Programa de Comutação Bibliográfica do MCTI/IBICT– Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia)⁸ para oferecer informação científica ao país e ao mundo. Estas e outras iniciativas indicam a importância atribuída por especialistas a esta biblioteca, o que, consequentemente, vem demandando do CBPF maior responsabilidade por sua preservação, completeza e disponibilidade de acesso.

Pelo PAP foram financiados US\$ 74.575,00 para aquisição de publicações periódicas, utilizados para completar e adquirir, no exterior, as coleções mais relevantes em Física e em ciências afins. Houve grande enriquecimento do acervo da biblioteca do CBPF por conta desse programa e de outras iniciativas de cooperação entre bibliotecas especializadas em que o CBPF participava e ainda participa, doando e recebendo doações de fascículos de periódicos, para completar coleções desfalcadas.

Com a criação do Portal de Periódicos Capes/MEC, a partir de 2000, e com a determinação do MCTI em sua política de aquisição planificada de periódicos para suas Unidades de Pesquisa (UP's), de não mais renovar os títulos de periódicos existentes no Portal Capes (Portaria nº 86, de 3 de fevereiro de 2010), o CBPF vem reduzindo gradativamente a sua coleção impressa de periódicos. A partir de então, o fato é que o MCTI vem empenhando esforços em integrar-se ao Portal de Periódicos Capes, ampliando sua participação na renovação de títulos *online* para todas as áreas de atuação de

⁸ O serviço Comut (gerenciado pelo IBICT, uma das Unidades de Pesquisa vinculadas ao MCTI) presta serviço de localização e oferta de artigos científicos, muitas vezes de acesso mais restrito.

suas UP's, incluindo a Física. E assim vai-se cada vez mais reduzindo o número de assinaturas em papel, mantidas na biblioteca; em 2013 foram adquiridos pelo pregão eletrônico nº 12/2013, 241 fascículos para o CBPF, referentes a 30 assinaturas impressas - chegou-se a ter 50 assinaturas impressas em 2007.

Estão preservadas, hoje, nas instalações do CBPF cerca de 850 títulos de periódicos que datam entre os séculos XIX a XXI. Esse acervo de periódicos é constituído, sem exagero, pelos mais importantes títulos na área da Física editados no mundo e é dos mais completos da América do Sul. Mas não apenas títulos de Física podem ser encontrados; revistas de Matemática, Filosofia ou de interesse geral para a ciência, como *Science*, *Nature* e *Naturwissenschaften*, existem na sua coleção. Além do amplo escopo de títulos, outra característica notável desse acervo é a sua antiguidade. No CBPF, podem ser encontrados volumes de periódicos fundados nos séculos XVIII e XIX, início da formalização do conhecimento científico mundial. Entre esses títulos, destacamos: *Annalen der Physik* (desde 1847), *Bulletin de la Société Mathématique de France* (desde 1872), *Comptes Rendus Hebdomadaires des Sciences de l'Académie des Sciences de Paris* (desde 1836), *Electrical World* (desde 1887), *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées* (desde 1836), *Journal für die Reine und Angewandte Mathematik* (desde 1861), *Journal of the Franklin Institute* (desde 1893), *Mathematische Annalen* (desde 1869), *Nature* (desde 1869), *Il Nuovo Cimento* (desde 1895), *Philosophical Magazine* (desde 1800), *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (desde 1875), *Physical Review* (desde 1893), *Physikalische Zeitschrift* (desde 1899), *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* (desde 1843) e *Proceedings of the Royal Society of London* (desde 1877).

A lista acima não esgota todos os títulos presentes. Ela foi citada para exemplificar a antiguidade e a relevância desse acervo. Ao lado, pelo quadro 1, é possível conhecer uma listagem mais completa e selecionada dos títulos existente na biblioteca do CBPF entre os anos de 1800 a 1930. Muitas dessas coleções sofreram alteração ao longo do tempo, agrupando-se a outros títulos ou subdividindo-se por temas ou até mesmo se derivando em novos títulos, algumas delas hoje estão extintas.

O CBPF possui 58 coleções de revistas especializadas a partir de 1800. O quadro 2, a seguir, apresenta um resumo quantitativo no contexto Brasil, referente às coleções de periódicos raros e antigos existentes no CBPF. Dentre essas coleções, três (3) só existem no Brasil na biblioteca do CBPF, e parte de outras seis (6) coleções só o CBPF possui no país; e em 31 delas, o CBPF tem os primeiros volumes, de alto valor por sua raridade, e destas, duas (2) delas só o CBPF possui o 1º volume. Segundo informações do Catálogo Coletivo Nacional - CCN, dentre as instituições brasileiras detentoras das coleções mais antigas, destaque é atribuído à USP e à UFMG; e no Rio de Janeiro, ao CBPF, à FIOCRUZ, à UFRJ.

QUADRO 1 TÍTULOS DE PERIÓDICOS MAIS ANTIGOS DA BIBLIOTECA DO CBPF (1800-1930)

pesquisa realizada em março de 2014

Segundo informações do MCTI/IBICT – CCN (Catálogo Coletivo Nacional)

(*) só o CBPF possui os volumes indicados no Brasil
Em vermelho as coleções do século XIX

Ítem	TÍTULO DE PERIÓDICO	Acervo do CBPF Período
01	Acta Mathematica	1882 - 1983
02	Annalen der Physik	1900 - 2009
03 (*)	Annalen der Physik und Chemie	1847 - 1899
04	Arkiv for Matematik, Astronomi och Fysik	1903 - 1949
05	Bell System Technical Journal	1922 - 1976
06	Bulletin de la Société Mathématique de France	1872 - 1966
07	Bulletin of the American Mathematical Society	1914 - 1975
08 (*)	Bulletin of the American Physical Society (*de 1927 a 1929)	1927 - 2002
09	Commentarii Mathematici Helvetici	1929 - 1983
10	Comptes Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Académie des Scs.	1836 - 1965
11 (*)	Electrical World (*de 1887 a 1901)	1887 - 1970
12	Fundamenta Mathematicae	1923 - 1983
13 (*)	Glastechnische Berichte (*de 1923 a 1961)	1923 - 1961
14	Helvetica Physica Acta	1928 - 1999
15	Indian J. of Phys. and Proc. of the Indian Assoc. for the Cultivation of Sc.	1927 - 1976
16	Journal of the Chemical Society	1906 - 1965
17	Journal de Chimie Physique et de Physio-Chimie Biologique	1915 - 1998
18	Journal de Mathématiques Pures et Appliquées	1836 - 1983
19	Journal de Physique et le Radium	1920 - 1962
20	Journal de Physique Théorique et Appliquée	1872 - 1919
21	Journal für Die Reine und Angewandte Mathematik	1861 - 1965
22 (*)	Journal of Physical Chemistry (*1897, 1908)	1896 - 1946
23	Journal of the American Chemical Society	1921 - 2002
24	Journal of the Acoustical Society of America	1930 - 1962
25	Journal of the Chemical Society	1906 - 1965
26	Journal of the Franklin Institute	1893 - 1992
27	Journal of the Optical Society of America	1925 - 1983
28	London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and J. of Sc.	1904 - 1944
29	Matematisk Fysiske Meddelelser	1919 - 1972
30	Mathematische Annalen	1869 - 1980
31	Mathematische Zeitschrift	1918 - 1966
32	Nature	1878 - 2013
33	Naturwissenschaften	1921 - 2002
34	Nuovo Cimento	1895 - 1999
35 (*)	Onde Electrique (*de 1922 a 1947)	1922 - 1972
36	Operator and Electrical World	1883 - 1899
37	Philosophical Magazine	1800 - 2010
38	Philosophical Transactions of the Royal Society of London	1875 - 2012
39	Physical Review - A Journal of Experimental and Theoretical Physics	1894 - 1969
40	Physikalische Berichte	1920 - 1966
41 (*)	Physikalische Zeitschrift (*de 1899 a 1905)	1899 - 1945
42	Proceedings of the Cambridge Philosophical Society	1843 - 1963
43	Proceedings of the London Mathematical Society	1865 - 1983
44	Proceedings of the Physical Society	1912 - 1948
45 (*)	Proceedings of Royal Irish Academy	1836 - 1866
46 (*)	Proceedings of Royal Irish Academy Science	1877 - 1886
47	Proceedings of the London Mathematical Society	1865 - 1983
48	Proceedings of the Physical Society	1912 - 1948
49	Proceedings of Royal Society of Edinburgh	1882 - 1939
50	Proceedings of Royal Society of London	1877 - 1905
51	Reviews of Modern Physics	1929 - 2002
52	Science – AAAS, Washington	1919 - 2013
53	Serie A - Physics Abstracts	1903 - 1966
54	Transactions of the American Institute of Electrical Engineers	1928 - 1946
55	Transactions of the American Mathematical Society	1903 - 1998
56	Transactions of the Faraday Society	1905 - 1971
57	Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik	1921 - 1973
58	Zeitschrift für Physik	1920 - 1974

Quadro 2
CBPF – ACERVO DE PERIÓDICOS ANTIGOS
(1800-1930)
 (consulta ao CCN - Catálogo Coletivo Nacional de Periódicos)

TOTAL DE COLEÇÕES QUE O CBPF POSSUI DE 1800 A 1930	58
O CBPF POSSUI OS <u>1ºS VOLUME DE COLEÇÕES</u> NO BRASIL	31
SÓ O CBPF POSSUI O <u>1º VOLUME DE COLEÇÃO</u> NO BRASIL	2
SÓ O CBPF TEM <u>PARTE DE COLEÇÕES</u> NO BRASIL	6
<u>SÓ O CBPF</u> POSSUI O TÍTULO DO PERIÓDICO NO BRASIL	3

Pesquisa feita em março de 2014

Ressalta-se também que são poucas as bibliotecas no país que possuem essas coleções mais antigas, consideradas como patrimônio científico da humanidade, visto que nas duas Grandes Guerras Mundiais, muitas bibliotecas da Europa foram destruídas, e seus acervos foram perdidos.

As instituições que detêm acervo raro dessa natureza normalmente não facilitam o acesso à consulta e à cópia. Portanto, manter e preservar essas coleções, na prática, também representa comodidade e agilidade para os pesquisadores, principalmente para os do CBPF. A demanda de uso em 2013 foi de aproximadamente 350 periódicos no acervo dos antigos e raros, o que representa mais ou menos uma consulta ao dia, com destaque ao *Philosophical Magazine*.

Em recente ocasião, fevereiro de 2014, Cássio Leite Vieira⁹ emitiu a seguinte opinião a respeito da biblioteca de periódicos antigos e raros do CBPF:

A biblioteca é o resultado do prestígio internacional que o CBPF atingiu na década de 1950 – mais exatamente, pós-1959, ano em que a então biblioteca pegou fogo. Aquelas coleções refletem uma rede de conexões estabelecidas pelo Tiomno, Lattes e Leite, e o prestígio deles no exterior. Como [se] sabe, o Feynman foi um dos articuladores do movimento em prol do CBPF nos EUA e conseguiu coleções completas de periódicos. A Fundação Ford doou quantia substantiva para a nova biblioteca, o que também reflete o reconhecimento do que estava sendo feito aqui.

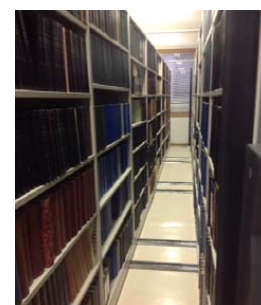
Você sabia – e isso eu vi quando fazia minha tese – que há periódicos no CBPF que não existem em outras (grandes) bibliotecas no mundo? Raramente, por exemplo, se encontra a coleção completa do ‘Il Nuovo Cimento’ e do ‘Nuclear Instruments’. Sei disso porque esses periódicos publicavam muitos dos artigos experimentais feitos com emulsões. Mais de uma vez, fiquei surpreso em achar aqui, a 50 metros da minha sala, algo que não havia lá fora. Por sinal, temos a coleção da ‘Nucleonics’, onde descobri uma coletiva de imprensa dada pelo Lattes dias depois da descoberta do méson em Berkeley.

[...] costumo dizer que a Biblioteca do CBPF é uma mina de ouro. Não o é. É de diamantes!

Duas das revistas citadas por Vieira são posteriores a 1930; por isso, não constam da lista do quadro 1: a *Nuclear instruments* v. 1 é de 1957 (existe no acervo); a *Nucleonics* v. 1 é de 1947 (existe no acervo) e a *Nuovo Cimento* está na lista.

Atualmente, grande esforço tem empenhado a Coordenação de Documentação e Informação (CDI) do CBPF para recuperar, preservar e manter o seu acervo íntegro, garantindo a memória de publicações científicas existente no Brasil e úteis ao ensino, à pesquisa e à produção acadêmico-científica mundial. Existe grande preocupação com o acondicionamento e a integridade dessas coleções.

Aquelas mais antigas e raras estão armazenadas e disponibilizadas em instalação privilegiada no andar térreo do CBPF, sob a supervisão do Laboratório de Conservação e Restauração de Papel – LAPEL/CDA do Museu de Astronomia e Ciências Afins – MAST/MCTI, que tem estabelecido prioridades no tratamento ambiental e físico relacionados a essas coleções¹⁰, considerando a primazia que a memória científica e a tradição de pesquisa representam para um centro de pesquisa como o CBPF.



Ambiente do acervo do periódicos antigos e raros do CBPF

⁹ É jornalista. Hoje, é editor de internacional e editor de forma e linguagem no Instituto Ciência Hoje; foi repórter e editor assistente do caderno ‘Ciência’ na Folha de S. Paulo, foi professor de Física e Matemática no Colégio Santa Rita de Cássia, na Escola Estadual Roldão Lopes de Barros, entre outras instituições.

¹⁰ O controle ambiental de temperatura e umidade nessas instalações vem sendo realizadas três vezes ao dia, de 2ª a 6ª feira, com o funcionamento de desumidificadores e splits, ininterruptamente, sob a orientação do MAST; e controle físico e microbiológico do estado das coleções vem sendo acompanhado também pelo MAST.

É certo que existem dificuldades nessa trajetória de culto à ciência e à cultura. Decisões a tomar envolvendo esse acervo geram questões que, muitas vezes, evidenciam ‘divisores de águas’ entre passado e futuro, entre o culto à tradição e à prática profissional, entre investir mais em preservação ou em inovação. São ‘divisores de águas’ que surgem como ameaças e oportunidades, na expectativa de ‘desembocar’ numa evolução histórica da ciência, praticada com criatividade e efetividade no presente, contextualizada no passado, para a construção de melhores possibilidades de avanço da pesquisa teórica e experimental no futuro.

Distingue-se também o empenho do CBPF em criar os seus próprios periódicos científicos, oferecendo à comunidade 5 (cinco) títulos importantes de conteúdo para estudo e discussão de temas, de seus primórdios à atualidade. São os periódicos institucionais ‘atravessando séculos’ no CBPF.

O primeiro título, **NOTAS DE FÍSICA – ISSN 0029-3865** que, a partir de 1952, reúne os *preprints* de trabalhos originais e resultados de estudos e pesquisas publicados em Física. Em 1953, inicia-se a publicação do periódico **MONOGRAFIA – ISSN 0102-7468**, de perfil acadêmico e com conteúdo didático-pedagógico, contendo notas de aula, temas clássicos da Física e trabalhos de final de curso dos alunos. **NOTAS TÉCNICAS – INSS 0101-9201** começa a ser editado em 1961, publicando os originais de trabalhos técnicos vinculados à pesquisa, ao desenvolvimento tecnológico e à inovação. Em 1963, surge a revista **CIÊNCIA E SOCIEDADE – INSS 0101-9228** com a proposta de oferecer espaço interdisciplinar para reflexões, discussões, debates de temas pertinentes à educação, à política, à memória, às humanidades, no âmbito da ciência e da cultura. E, em 1986, **DOCUMENTOS HISTÓRICOS – ISSN 0102-7445X**, que tratava de temas sobre a memória da Física no Brasil e no mundo, teve sua publicação interrompida, sendo incorporado à **CIÊNCIA E SOCIEDADE**, recentemente.

Esforços em investimentos intelectuais, técnicos e financeiros vêm acontecendo sistematicamente na instituição para desenvolver, preservar e disseminar a coleção de periódicos do CBPF e valorizar a história institucional e da pesquisa em Física. Reitera-se, desta forma, a importância do CBPF como centro de referência em pesquisa e em informação num Brasil que favoreça o ‘progresso para todos’, pela educação, pela cultura e pelo saber científico.

Considerações finais

Desde sua origem até hoje, a importância dos periódicos como fonte de informação é primordial. As modernas bibliotecas procuram preencher as lacunas de suas coleções e adquirir novos títulos de periódicos, utilizando os recursos avançados de informação e comunicação para disponibilizá-los a seus usuários. A relevância dessas publicações, para o cientista está, antes de tudo, em divulgar o conhecimento originado de suas atividades de pesquisa; para o historiador elas são documentos valiosos, reveladores de preocupações, pensamentos e opiniões de determinadas épocas a respeito

de acontecimentos e personagens.

Há mais de 25 anos e antes da Internet, o físico e epistemólogo da ciência Ziman¹¹ em seu livro intitulado ‘Conhecimento Público’ (1979, p.118) já afirmava, com relação ao periódico científico, que “é extraordinário pensar que em linhas gerais uma publicação científica tenha mudado menos em quase trezentos anos, do que qualquer outro tipo de literatura.” Complementando essa afirmação, ele destaca que “as únicas instituições da comunidade científica que têm força e uma base sólida são as suas revistas científicas (p.129).

Ainda segundo Ziman (1979, p.115), “um laboratório sem uma biblioteca é como um animal descortiado: as atividades motoras continuam a funcionar, mas falta a coordenação da memória e da vontade.” E também que “a biblioteca é como se fosse uma pedreira de onde o acadêmico retira a sua matéria-prima [...], que ele explora, peneira, seleciona e reagrupa.”

Uma pedreira preciosa como é a coleção de periódicos raros do CBPF - o quanto a realizar, o tanto a oferecer - ao longo dos séculos.

Referências:

- BAER, Lorenzo . *Produção gráfica*. São Paulo: Senac, 1995. p.219 e 220.
- BRASIL. Fundação Biblioteca Nacional. Plano Nacional de Recuperação de Obras Raras. *Critérios de raridade empregados para a qualificação de obras raras*. Disponível em: <<http://www.bn.br/planor/documentos/criterioraridadedioraplanor.doc>>. Acesso em 08 mar. 2014.
- *Critérios de raridade para periódicos brasileiros*. Disponível em: < <http://www.bn.br/planor/documentos/criterioraridadedepperiodicosbrasilieiros.doc>>. Acesso em 08 mar.2014.
- FREITAS, Maria Helena. Considerações acerca dos primeiros periódicos científicos brasileiros. *Ciência da informação*, Brasília, v. 35, n. 3, p. 54-66, set./dez. 2006.
- PRICE, Derek Solla. *A ciência desde a Babilônia*. Tradução de Leônidas Hegenberg e Octanny S. da Mota. Belo Horizonte: Ed, Itatiaia, São Paulo: EdUSP, 1976. (O homem e a ciência, 2).

¹¹ John Michael Ziman (1925-2005) foi um físico britânico nascido na Nova Zelândia, com PhD em Física pela Balliol College, fundado em 1263 e vinculado à Universidade de Oxford. Fez suas primeiras pesquisas sobre a teoria dos elétrons em metais líquidos na Universidade de Cambridge. Era humanista e professor de Física Teórica, trabalhava na área de Física da Matéria Condensada e também se dedicou à História, Sociologia e Filosofia da Ciência, tendo publicado livros como: *Public knowledge: essay concerning the social dimension of science* (1968); *The force of knowledge: the scientific dimension of society* (1976); *Reliable knowledge: an exploration of the grounds for belief in science* (1978); *An introduction to science studies: the philosophical and social aspects of science and technology* (1987); *Prometheus bound: science in a dynamic steady state* (1994); *Of one mind: the collectivization of science* (1995) e *Real science: what it is and what it Means* (2000).

RODRIGUES, Jeorgina Gentil; MARINHO, Sandra Maria Osório Xavier. A trajetória do periódico científico na Fundação Oswaldo Cruz: perspectivas da Biblioteca de Ciências Biomédicas. *História, ciências, Saúde-Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.16 n. 2, Apr./June 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-59702009000200015&lang=pt>. Acesso em 08 mar.2014.

SANT'ANA, Rizio Bruno. Critérios para a definição de obras raras. *Rev. Online Bibl. Prof. Joel Martins*, Campinas, v.2, n.3, p.1-18, jun. 2001.

STUMPF, Ida Regina Chitto. Passado e futuro das revistas científicas. *Ciência da informação*, Brasília, Vol 25, número 3, 1996.

ZIMAN, John. *Conhecimento público*. Belo Horizonte: Ed. Itatiaia; São Paulo: EdUSP, 1979. Tradução de Regina Regis Junqueira.

The Devil's Bridge to Science and Technology

Wolfgang Bietenholz

Instituto de Ciencias Nucleares

Universidad Nacional Autónoma de México A.P. 70-543,

C.P. 04510 Distrito Federal

Abstract: We are used to celebrating science and technology, for its success in explaining the world, and for its practical benefits. However, we should keep in mind that there can also be a downside to it, since its methodology is not linked to the criteria of ethics.

In the region of Uri, in central Switzerland, there is a legend of the 13th century about the “*Devil's Bridge*”. For the transit to Italy, a bridge over the river Reuss was needed. However, the rocks were so steep that people failed to build it. When the magistrate exclaimed: “Let the devil build this bridge!”, the devil showed up and offered to do so, under the condition that the first one to cross it, will be his. People agreed happily, but when the bridge was there, they couldn't use it. At last, somebody came up with the idea to first send a goat. The devil got angry, and launched a huge rock to destroy his bridge, but he missed it, so it is still there.

The message of this legend is that technology can facilitate our life a lot, but this is not for free: it comes with a price, symbolized by a “*pact with the devil*”. There are risks attached to it, which can be hard to control; nuclear centers could be a modern analogue. Here we comment on the impact of science and technology on society, and on the responsibility if something goes wrong. In general the problem cannot be solved as easily as it was the case in medieval Uri.



Drawing of the historic Devil's Bridge in the Swiss Alps.

The background is a driving force of the human race. Like other species, it had to fight for survival, and to develop a peculiarity: walking on two feet freed the hands to use tools, along with reasoning to control the fire, hunt animals with traps etc. Ever since this *driving force of invention* seems to be deeply rooted in the human mind, the survival instinct entailed reasoning and systematic observation. In structured societies some people could devote full time to it, while others (often slaves) did the physical work for them. Thus a more and more advanced level was attained — an evolution which is still going on, in particular at our universities.

Apparently there is no way to stop it, at least not permanently. In the European Middle Ages cultural development was indeed frozen for centuries, until the barricades against it collapsed in the period of Renaissance. The subsequent *scientific revolution* has changed society drastically, regarding production, transport, communication and so on. This evolution still continues, recent example are the internet and cell phones. We all benefit from modern technical achievements in our daily life.

So why should we worry about this evolution? In contrast to other disciplines (like philosophy), science has relatively clear criteria for its methodology, *i.e.* for something being correct or not: logical consistence and compatibility with observations. This enabled a substantial progress — with respect to these criteria. However, they are disconnected from *ethics*, and it is far from clear if scientific progress comes along with ethical progress. This happened sometimes: the quest for objective evidence and rational investigation has been established in the judiciary, overcoming the inquisitorial methods. Also overcoming wrong dogmas about the world represents a progress of society, famous protagonists were Galileo Galilei and Charles Darwin. Last but not least, we all appreciate a much longer life expectancy than the biological cycle would require, thanks to the advances in *medicine*, which became possible after obstructing dogmas were discarded.

However, there are also numerous examples for the *downside*, the price that the “devil” requests for his pact. These aspects become particularly worrisome when technology enables powerful destruction. Modern production and transport

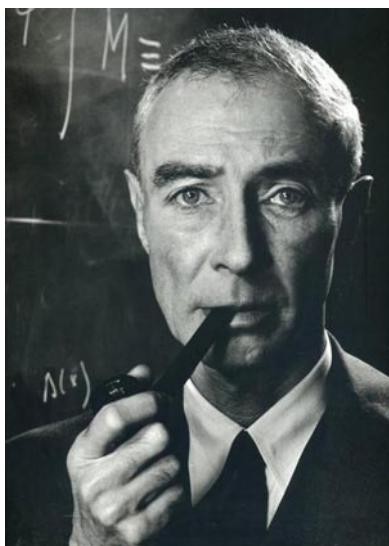
are harmful for our environment, key words are global warming and ozone depletion; ignoring it might be symbolized by the ocean liner Titanic. Another problematic example is genetic manipulation, but we will focus on the most obvious case: the development of more and more powerful *weapons*.



An illustration of Archimedes' alleged plan to defend Syracuse by using mirrors to set Roman ships on fire.

This issue is not new at all: already Archimedes (supposedly) suggested the use of mirrors reflecting sun light onto one point to put hostile ships on fire. In China of the 2nd century B.C.E., sophisticated kites were invented, which could carry a person — and which were used for military goals like spying the enemy's position before a battle. Leonardo da Vinci was not only a painter, he also designed an early prototype of a (man-driven) tank.

A completely new level was reached in World War I, with tanks, war planes, machine guns, poison gas and submarines, which were all quite new. World War II pressured scientists again to new innovations with an incredible speed — this includes jet fighters, radar, rocket technology, and finally the *Atomic Bomb*.



Julius Robert Oppenheimer in 1958, five years after being suspended from classified research.

The leader of the Manhattan Project, Robert Oppenheimer, was fascinated by the new technology based on nuclear fis-

sion, and very proud when his bombs worked in Hiroshima and Nagasaki. Years later he became more critical, and he showed little enthusiasm to contribute to the next level, the Hydrogen Bomb. At last, court banished him from classified laboratories. His Soviet counterpart, Andrei Sakharov, also transmuted from a national hero to a dissident; having led such a project is not easy to digest.

An interesting case was Ettore Majorana, a brilliant young Italian nuclear physicist, who mysteriously disappeared in 1938 from a boat near Sicily. There have been — and still are — wide-spread doubts about the official version of a suicide; rumors claim that he hid in a monastery, or fled to Argentina. Mussolini's troops searched for him — unsuccessfully — in monasteries, assuming that he could be useful for military projects (in the same year, Enrico Fermi had defected to the USA). We still don't know what really happened to Majorana, and if his disappearance was related to worries about the dangers of nuclear technology, in particular in the hands of a fascist regime.



Advertisement by the family Majorana in an Italian newspaper from 1938, asking for information after Ettore had mysteriously disappeared.

With the existence of such powerful weapons of mass destruction, humanity faces a new situation: the possibility of an instantaneous auto-extinction. This is a shocking consequence of our superior intelligence, being applied without ethical orientation; it reveals that the pact with the devil can well get out of control. We don't really know whom to blame: the scientists, economic leaders (taking profit from weapon industry), politicians (interested in power), or military officers? Or is it a matter of the entire society, which passively accepts the absurd accumulation of disastrous weapons? Neither do we know a simple solution, like the goat in Uri.

What could be done about it, if boosting science and technology is our basic instinct? In any case, the issue does not just depend on individuals. Technology with only peaceful applications sounds fine, but is difficult to

implement. Once it becomes feasible, it is hard to avoid that somebody will construct disastrous weapons, somewhere in the world, sooner or later. So do we have to live with this *sword of Damocles*?

We repeat that we all enjoy technological achievements every day. Trying to suppress them in general does not make sense. However, we do not have any magic recipe to pro-

tect us from negative excesses; this dilemma is manifestly complex. We can only encourage people — not only scientists and engineers — to remain conscious of the problem, to consider not only technical possibilities, but also their consequences. It takes caution to benefit from technology, while beware of its diabolic side, as reflected by a Russian proverb: *“If you want to eat from the same bowl as the devil, then you need a very long spoon”*.

A Física Experimental de Altas Energias e o CBPF

Experimental High Energy Physics and the CBPF

Alberto Santoro

*Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ – Rua São Francisco Xavier,
524 - Maracanã - Rio de Janeiro - RJ - Cep 20550-900*

Revisitar a história é sempre muito bom, principalmente para aqueles que não foram atores da mesma. Este artigo representa uma descrição da palestra convidada, por ocasião da comemoração dos sessenta anos do CBPF. É uma visão do autor que certamente não é única. No entanto, as várias opiniões sobre fatos históricos passados são sempre muito bem-vindas para a constituição de nossa memória tão necessária à sobrevivência intelectual. Sem dúvida alguma, dois importantes marcos no Brasil para o desenvolvimento da Física e, em especial, da Física de Altas Energias foram a vinda para o Brasil de Gleb Wathagin e a criação do CBPF com a liderança de C. Lattes, J. L. Lopes e J. Tiomno. Nos tempos modernos conta-se com a iniciativa de Leon Lederman que provocou um novo desenvolvimento científico na área de Altas Energias. A partir daí, com altos e baixos devidos a diferentes crises políticas, chegamos a formar uma comunidade científica que hoje é, sem dúvida alguma, um marco na cultura científica nacional.

Introdução

A Física Experimental de Altas Energias no Brasil e o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) fazem parte de uma mesma história. Foram muitos ciclos com altos e baixos gloriosos desde a fundação do CBPF, em 1949. Físicos os mais respeitados por seus importantes trabalhos científicos, suas descobertas e proposições teóricas estiveram envolvidos nessa história. A nosso ver, a Física Experimental de Altas Energias (FEAE) teve três fases distintas com características próprias; com a finalidade de colocar cada fase no seu tempo, denominaremos a primeira fase de “As Origens”, a segunda fase, de “Brasília” e a terceira e última fase, de “Novas Iniciativas – Absorção do CBPF pelo CNPq”. As três fases acompanham e revelam uma forte correlação com a história do País, incluindo suas crises, e com seus anos de desenvolvimento econômico e social, como tentaremos mostrar mais adiante.

Faremos uma descrição dos fatos de forma a relacioná-los sempre com os processos políticos que atravessamos nos últimos cinquenta anos. Acho que assim ficariam mais claras as três diferentes fases, mencionadas acima, do desenvolvimento da FEAE. Vamos então iniciar pelas origens e fundação da FEAE no Brasil e, em seguida, mostrar como se deu o seu desenvolvimento até o presente. Gostaríamos de alertar o leitor para o fato de que faremos uma descrição pessoal, referindo-nos sempre, na terceira fase, ao grupo inicial do CBPF que foi para o FERMILAB. O foco deste artigo, que expressa apenas a visão do autor, é, na verdade, os 60 anos do CBPF. Como última advertência, cabe notar que o autor não vivenciou a primeira fase de criação da FEAE, mas viveu intensamente as duas outras.

As Origens

Nesta tentativa de escrever sobre a Física de Altas Energias no Brasil, fui naturalmente levado a falar do período que antecedeu o CBPF, uma vez que houve forte influência

desse movimento embrionário na Física brasileira com a sua fundação desta Instituição de Pesquisa Básica. Não participei desta época inicial do CPBF, pois ainda não era nem estudante de Física; portanto, peço de antemão desculpas por algumas possíveis omissões que são frutos muito mais da minha óbvia ausência nesse período do que de um eventual esquecimento de algum fato importante. Por outro lado, há na biblioteca do CBPF (Atas da Comissão Científica da época) farta documentação sobre a sua fundação. Assim, farei uma descrição mais detalhada das fases posteriores que começam nos anos 1960 e quando o CBPF foi assimilado pelo CNPq, em 1976.

A Física Experimental de Altas Energias um dos muitos nomes para falar da Física das Interações Fundamentais da Natureza e de seus principais componentes, no Brasil, começou em São Paulo com Gleb Wathagin.^[1] Foi o primeiro grupo de pesquisas nesta área e lá estavam Mario Schenberg, Marcelo Damy de Souza Santos, Walter Schutzer, Ugo Camerini e Giuseppe Occhialini entre outros, no início de 1934, na Universidade de São Paulo. Foi neste período que Lattes iniciou seus estudos. Decidiu fazer Física, segundo ele, por duas razões: a primeira era ligada ao fato de que os “professores” tinham direito a muitos meses de férias por ano e a segunda porque a Física lhe fazia pensar profundamente na natureza. Há um texto de Alfredo Marques,^[2] que dá muitas informações sobre este período, que é marcado pelos trabalhos que este grupo desenvolveu na Física. Lattes demonstra, desde a sua formação ainda como estudante, qualidades excepcionais de um pesquisador e consegue rapidamente trabalhar em pesquisa com seus professores até o seu rápido envolvimento com o grupo de Bristol, quando participa ativamente da descoberta do méson π .

A Descoberta do Méson π e a Criação do CBPF

Na onda da descoberta do méson π , que a meu ver marca o início da Física de Altas Energias moderna, – a era das descobertas dos hádrons – José Leite Lopes, Jayme Tiomno e Ce-

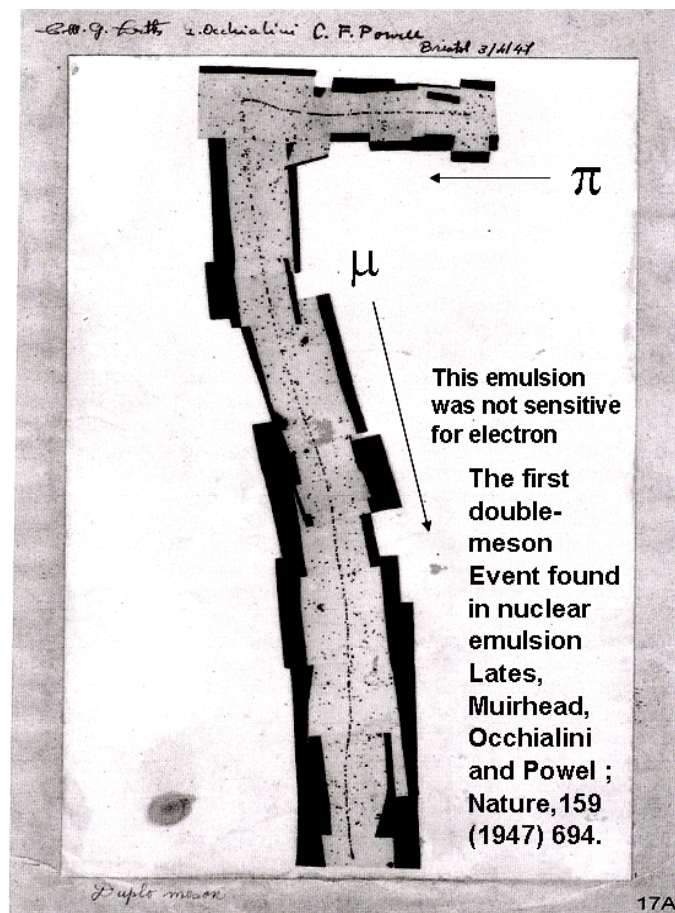


Figura 1: Primeiro duplo evento de méson encontrado com emulsão Nuclear. Lattes, Muirhead, Occhialini and Powell, *Nature*, v. 159, 849 (1947).

sar M. Lattes fundaram o CBPF em 1949, dois anos depois da publicação na *Nature*, do primeiro decaimento do méson π , como indica a Figura 1. Ao mesmo tempo, prepararam uma estratégia para tornar o CBPF um grande Instituto de Pesquisa em Física de Partículas. Do ponto de vista teórico, os trabalhos de Tiomno com Wheeler, [3] também em 1949, sobre a universalidade das interações fracas de Fermi (*beta-decay*, *muon-decay* e *muon-capture*) também deram um excepcional prestígio à Física brasileira na época, contribuindo para a credibilidade das propostas apresentadas na ocasião do início do CBPF.

O fato é que o prestígio de José Leite Lopes, Jayme Tiomno e, sobretudo, de Cesar Lattes se constituía em uma forte caução à proposta de formação de um Centro Brasileiro de Pesquisas. O CBPF começa, então, com os trabalhos em Física Experimental com as análises de emulsões trazidas por Lattes, das exposições de emulsões com Bórax, e Eliza F. Pessoa e Neuza Margem^[4] publicam o resultado que mostramos na Figura 2.

Esses fatos não deixam de mostrar a beleza e a seriedade das propostas para fundar uma Instituição com uma vocação

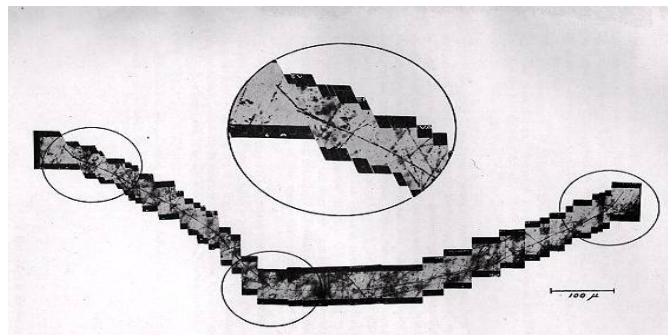


Figura 2: Reprodução de uma figura do primeiro trabalho realizado no CBPF.

voltada à pesquisa em Física Básica. Este grupo de cientistas nos ensinava como pesquisa e ensino eram indissociáveis, pois além do envolvimento que tinham nas Universidades existentes na época, também desde cedo iniciaram os cursos de pós-graduação no CBPF. Portanto, fundam também pioneiramente os cursos de pós-graduação em Física no país.

Como parte das iniciativas desses cientistas, o grupo do CBPF promove, em 1950, um *Symposium on Research and Techniques in Physics*, no Rio de Janeiro, com a participação dos físicos Isidor J. Rabi, E.P. Wigner, S. De Benedetti, E. Segré, John e Leona Marshall, e H.L. Anderson entre outros. Resultou, do simpósio, a proposta para se adquirir um Sincrotron de 27" e 3,6 MeV para dar início aos trabalhos e formar pessoal para a construção de um outro maior, de 400 MeV, sugerido por I. J. Rabi, como o que estava sendo proposto pela Universidade de Chicago. O Presidente do CNPq na época, Álvaro Alberto, deu início ao projeto, levando-o, em 1952, para o presidente da República, Getúlio Vargas, que aprovou em publicação no diário oficial o *Memorandum* número 19, de 16 de abril de 1952, em P.R. 46971/52. Também vale mencionar que entre 1951 e 1952 o CBPF recebeu ilustres visitantes, como R. Feynman, C.N. Yang, J.R. Oppenheimer, E.P. Wigner, L. Rosenfeld entre outros.

Para situar a época dessas propostas em relação ao desenvolvimento dos aceleradores de partículas no mundo, mostramos o *plot de Livingston*^[5] na Figura 3. Isto nos mostra que a proposta apresentada para o CBPF estava na vanguarda internacional da Física da época.

Estas iniciativas se encerram com a crise política nacional que levou o presidente da República, Getúlio Vargas, ao suicídio. Esta crise política, que durou muitos anos, teve consequências extremamente devastadores para o CBPF, seus projetos e para o desenvolvimento da Física Experimental de Altas Energias no Brasil.¹ Os gráficos da Figura 3 mostram como esta ciência parou no tempo no Brasil. E com ela

¹ Por razões históricas, registramos aqui que uma das barreiras que encontramos na terceira fase até mesmo com pareceres levianos sobre projetos de Física de Altas Energias no decorrer de nossa história se fundamentava em uma interpretação desse período completamente equivocada como fica evidente no texto reproduzido a seguir, que fazia parte de um certo parecer "...CBPF, instituição com projetos mirabolantes que nunca

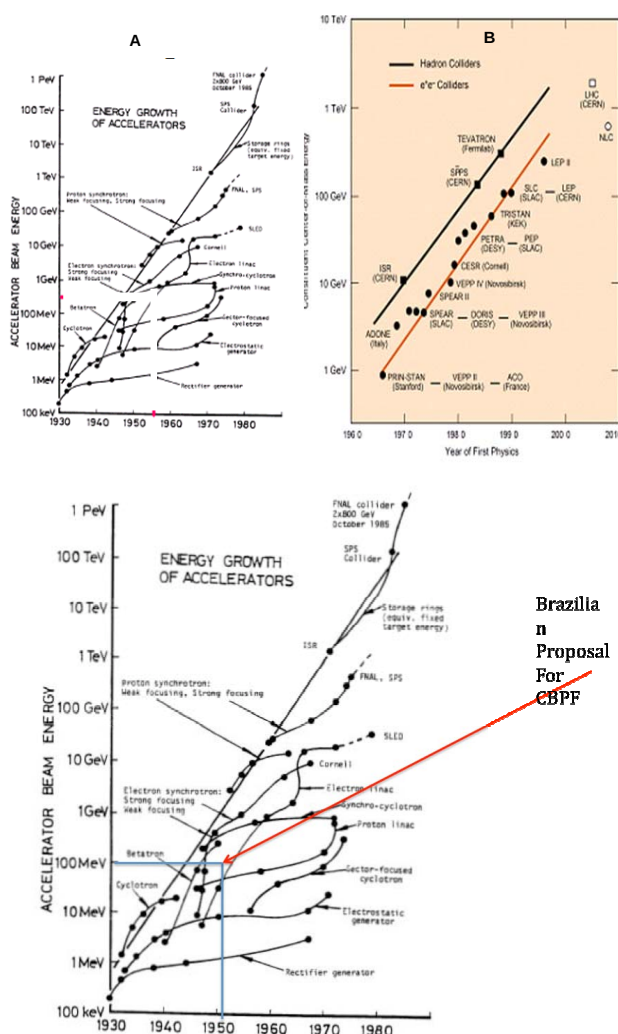


Figura 3: Em (A) estão os aceleradores de partículas até 1980 e em (B) aqueles construídos até o presente.

pararam também vários desenvolvimentos científicos e tecnológicos. Este projeto foi a mais arrojada iniciativa de construir algo grandioso em ciência fundamental, para nosso País.

Um grupo de intelectuais (físicos, químicos, matemáticos, artistas, antropólogos, educadores...), engajados em um movimento que pensava em um Brasil moderno com Educação e Pesquisa, propôs-se a criar uma nova estrutura que fosse capaz de absorver uma juventude que crescia muito e que muitas vezes foi obrigada a procurar outros países para dar continuidade em sua formação, e se reuniam frequentemente para discutir as próximas iniciativas e mais uma vez tiveram sucesso junto ao presidente Juscelino Kubitchek com a fundação da Universidade de Brasília, no final dos anos 1950.

se realizam como o do acelerador de partículas, que nunca foi levado à frente e tendo para isto realizado gastos públicos consideráveis....”

Brasília

Anísio Teixeira, Darcy Ribeiro e também um grupo do CBPF foi a Brasília como mais uma tentativa de formar um laboratório de Física Experimental de Altas Energias no Brasil.

A história da Universidade de Brasília (UnB), especificamente desta época, foi contada por Roberto Salmeron^[6] que esteve na origem e na criação do Instituto Central de Ciências. Salmeron saiu do CBPF foi para Inglaterra para fazer o seu doutorado, aceitou um posto permanente (contrato número 10) no CERN e deixou esta instituição para voltar para o Brasil, em 1962. Juntamente com Jayme Tiomno, Eliza Frota Pessoa e muitos outros, e um grupo grande de estudantes que estavam terminando a graduação na Faculdade de Filosofia e Letras da Universidade do Brasil, hoje UFRJ, foram para a UnB para fundar o Instituto de Ciências que incluía a Física. Foi centrado nesse Instituto de Física que se tentou mais uma vez re-criar a FEAE no Brasil. Salmeron havia iniciado um programa que estabelecia uma colaboração com seu experimento no CERN. Para isto estava trazendo para o Brasil mesas de análise de fotos de câmeras de bolha para serem analisadas na Universidade. Fazíamos parte do projeto e iríamos iniciar treinamento para começar a trabalhar neste projeto de “scanning” das fotos do experimento realizado no CERN com câmeras de bolhas. O sonho de Brasília durou pouco; o grupo, sem condições de se manter junto como grupo, se dividiu, indo para muitas diferentes instituições no Brasil e no Exterior, e os estudantes foram terminar seus bacharelados na UFRJ. Não se tratava de uma dispersão voluntária, mas sim a procura de sobreviver fazendo ciência. Tiomno e Elisa F. Pessoa voltaram para o CBPF. O golpe de estado de 1964 fechou a Universidade de Brasília em 1965 e com isto acabou com uma das mais importantes iniciativas de criar uma universidade moderna integrada na realidade de nosso país.

CBPF novamente em 1966

O CBPF foi o lugar onde o grupo de estudantes se concentrou, e os professores Jayme Tiomno e Eliza Frota Pessoa eram o grande suporte do grupo e contávamos também com o Professor José Leite Lopes, recém chegado da França. O CBPF não só ministrava cursos de pós-graduação como também era o único lugar no qual os alunos da UFRJ podiam fazer aulas práticas em laboratório. Nesta época havia um ambiente extremamente construtivo de trabalho, a despeito da ditadura que fazia avanços tenebrosos contra os estudantes e professores. Novamente em 1969, por força do ato institucional de Costa e Silva, foram caçados os direitos políticos e civis dos professores do CBPF na área de Física de Altas Energias. José Leite Lopes, Jayme Tiomno e Eliza Frota Pessoa, entre outros, foram caçados pelos atos institucionais e consequentemente obrigados a se retirarem do CBPF. Assim, acabava-se toda a possibilidade de continuar fazendo Física de Altas Energias no CBPF. Como eu, quase todos os estudantes também partiram para lugares diferentes para salvar sua formação e continuar trabalhando em Física e, desta forma, foi interrompida a formação deste grupo enquanto

grupo de Física de Altas Energias na época. Além do trabalho e dos estudos em Física, estávamos preocupados com o crescimento da falta de liberdade no País, o que levou ao fim o que era a Universidade de Brasília na época, desta vez e acabando com a possibilidade de formarmos um grupo de Física Experimental de Altas Energias. E fomos obrigados a procurar outras Universidades no País e no exterior.

O CBPF entrou novamente em uma grande depressão para a nossa área, principalmente, e volta somente a se reestabelecer em 1976 quando o General Ernesto Geisel ordena sua absorção pelo CNPq, passando então a Instituto do CNPq.

Absorção do CBPF pelo CNPq

Em 1977,² juntamente com outros colegas, voltei para o CBPF e teve início então uma grande reforma com o retorno gradual dos nossos professores. Coube a Antonio Olinto e Luiz Carlos Gomes a direção do CBPF e aos poucos se reconstituíram alguns grupos. No Departamento de Física Teórica estavam os físicos que fizeram doutorado na França fazendo Fenomenologia de Altas Energias. Nossa volta para o CBPF não contava com apoio de muitos dos nossos mestres e colegas. Mario Novello, Sergio Joffily, eu próprio e outros colegas fizemos uma “frente de trabalho” sem alardes, cuja finalidade era trazermos de volta para o CBPF todos os nossos professores que haviam sido expulsos do CBPF pelos atos políticos da ditadura. Na Física Experimental de Altas Energias, encontramos Ana Maria Endler já estabelecida na Física de Altas Energias com um grupo de físicos jovens da Europa. Ana participava de um experimento no CERN e dava continuidade aos trabalhos no CBPF. Quando aos poucos fomos voltando e nos reintegrando ao CBPF, chegamos a ouvir de outros grupos, até mesmo dentro do CBPF, que era preocupante a situação porque os “particuleiros” estavam novamente no CBPF. Formamos um grupo de Partículas em fenomenologia e ao mesmo tempo consolidou-se o contingente de Teoria de Campos, com Prem Prakash Srivastava, J.J. Giambiagi, Guido Bolini e mais tarde com a reintegração de J. Tiomno, Eliza F. Pessoa e J. Leite Lopes. O grupo da Ana Maria Endler foi, talvez, o exemplo da primeira colaboração envolvendo um físico experimental do CBPF com grupos do CERN nessa nova etapa do CBPF. Trouxe alguns colaboradores para o CBPF que lá ficaram dois anos. O Grupo de Fenomenologia tinha uma forte colaboração com esse grupo experimental que resultou em uma publicação teórico-experimental.^[7] Estava claro para todos nós que precisávamos crescer rapidamente, numa tentativa de recuperar o tempo perdido durante a época mais radical da ditadura. Trabalhávamos em várias frentes, em pesquisa, formando estudantes e criando reuniões regionais

e nacionais. Trabalhávamos intensamente em Pesquisa e Ensino para formar os novos quadros e criamos um grupo em fenomenologia que tinha colaboradores nacionais e estrangeiros. Mais adiante voltaremos a tratar deste assunto.

Em 1981, uma iniciativa de Leon Lederman dá início a uma nova era da Física Experimental de Altas Energias na América Latina, e, em particular, no Brasil e é então nesse momento que o CBPF desempenha um papel de liderança importante para o desenvolvimento da área no Brasil. Esta é a terceira fase do desenvolvimento da Física Experimental de Altas Energias no Brasil. O primeiro *Symposium Panamericano* para Física Experimental teve lugar no México, onde havia um grupo liderado por Glicério Avilez. Glicério faleceu muito jovem e tinha muitos problemas para desenvolver seu projeto no México. O CNPq enviou os seguintes físicos para participar do Simpósio: Moysés Nussensweig, Fernando Souza Barros, Jayme Tiomno e Fernando Zawilavski.

Quando Tiomno voltou do Simpósio, levantou a questão junto ao grupo de fenomenologia da formação de um possível grupo experimental e naquele momento Carlos O. Escobar encontrava-se trabalhando com o grupo do CBPF em uma colaboração que mantínhamos com os físicos do Instituto de Física Teórica, hoje incorporado à UNESP. A proposta de Tiomno era de estudarmos a possibilidade de formar um grupo em Física Experimental de Altas Energias em colaboração com o FERMILAB. O grupo de Fenomenologia era constituído por Físicos do IFT (C.O. Escobar e Ronald Shellard) e do CBPF (J.C. Anjos, A. Santoro e M. Souza). No CBPF, contávamos também com a permanente discussão de assuntos teóricos com Adolfo Malbouisson, na parte de Partículas, e com M. Novello, em assuntos ligados à Cosmologia.^[9] Acharmos boa a proposta de Tiomno e para realizá-la precisávamos de algumas garantias, as quais colocamos para o então Diretor do CBPF, Roberto Lobo. Propusemos a vinda do Salmeron ao Brasil para discutirmos a viabilidade de realizar um tal projeto. Queríamos a garantia de um espaço físico para fazermos um laboratório para desenvolver nossos trabalhos experimentais (naquele momento estava se fazendo a divisão de espaço no “novo” prédio do CBPF). Por razões históricas fazemos um pequeno parêntese neste ponto para falarmos um pouco sobre o início do Laboratório de Luz Synchrotron.

Lobo havia tentado junto ao CNPq aprovar a criação de um acelerador de elétrons para Luz Synchrotron, sugestão de Salmeron ao Lobo com a finalidade de dar um destino ao acelerador linear do CBPF. Mas o CNPq negou o pedido. Depois que saímos da sala do Lobo, Tiomno sugeriu ao Lobo solicitar um auxílio para estudo de projeto. E isto foi aprovado. Abriu-se uma sala com tudo que era necessário para começar o projeto de Luz Synchrotron. Mario Novello foi ao governador Leonel Brizola que publicou no diário oficial do Estado do Rio de Janeiro a concessão de terreno e garantindo a infra-estrutura para instalação de água e Luz. Mas o projeto foi para Campinas depois de passar por tortuosos caminhos e ter sido praticamente rejeitado pela comunidade do CBPF.

Junto ao Diretor do CBPF daquela época, Roberto Lobo, fizemos algumas reivindicações: 1) Chamar o Salmeron para discutirmos o assunto e saber da viabilidade de formar um grupo de Física Experimental no Brasil; 2) Perante nossa car-

² Há inúmeras outras histórias com respeito ao CBPF e aos físicos que lá se encontravam nesta época (1977 e antes), mas só relatamos aqui os fatos mais importantes que se relacionam com a Física Experimental de Altas Energias para nos mantermos no contexto da história da Física e da Instituição. Há outros colegas da mesma área, que passaram por lá, mas se fixaram em outras instituições.

reira no CBPF não aceitaríamos recomeçar, mas sim iniciar com novo projeto de interesse do CBPF; 3) Apoio para fazermos um Laboratório de Física de Altas Energias. Lobo aceitou e foi mais adiante. Nos levou ao quinto andar e nos mostrou a coluna do meio do prédio do CBPF, ainda no tijolo sem acabamento, exatamente onde hoje é o laboratório do LAFEX, e nos disse que aquela ala seria nossa para fazermos o laboratório.

Fizemos um primeiro projeto/proposta e apresentamos ao novo diretor do CBPF, Professor Ramiro Porto Alegre Muniz. Em nome do grupo, fui à Europa visitar laboratórios e colegas no exterior para discutir a viabilidade de formarmos um grupo de Física Experimental de Altas Energias. Deveria ter ido também aos Estados Unidos o que não aconteceu por falta de financiamento. Foram realizadas visitas a Torino, CERN, Paris (Universidade Paris VII, Orsay e Saclay) (quando visitei o experimento do Axion^[8] que estava sendo realizado por Eric Lesquoy, em Saclay, e outros colegas franceses). Ainda em Paris, durante a conferência internacional de Partículas, encontrei com Leon Lederman e Salmeron, e falamos sobre os próximos passos. Como na época estava trabalhando, junto com outros colegas, em um assunto que nos levava a compreender que, para obtermos uma precisão maior na medida de jatos, precisávamos de um calorímetro mais segmentado o que aconteceu com os grandes detectores da nova geração. Também era de nosso interesse trabalhar com a física do Charme e, dos experimentos disponíveis, o E691 no FERMILAB era o mais apropriado. Mostrei para Lederman os experimentos possíveis, ainda como uma hipótese remota, e ele escreveu no próprio papel onde descrevíamos nossas opções: “Como experiente professor dou A+ para as escolhas”. E no CERN visitamos o Experimento do ISR que havia produzido dados que expliquei em minha Tese em Saclay sobre a difração na Física de Partículas. Claude Broll, que havia sido meu colega em Paris no primeiro ano de doutorado e que fazia sua tese com o experimento do ISR, próton-próton a $\sqrt{s} = 62$ GeV, foi meu guia na visita ao experimento em questão. (Claude Broll morreu extremamente jovem em acidente de esqui). E, finalmente, em Torino visitei o grupo experimental e estive com Enrico Predazzi para perguntar se ele poderia dar continuidade a orientação de Ignácio Bediaga e Francisco Caruso dois de meus estudantes de Mestrado que foram, portanto, para Torino fazer o Doutorado com Predazzi. Eu conhecia bem o trabalho de Enrico, que tinha uma visão da Física bem próxima da minha.

Mas quando voltamos das visitas no exterior, havia no grupo um grande desânimo pela falta de resposta às nossas propostas entregues ao Diretor do CBPF. De comum acordo com meus colegas, fiz um memorando desistindo da ideia de partirmos para fazer a nossa formação de físicos experimentais, uma vez que não havia resposta sobre a nossa proposta. Tratava-se de um projeto e não de um estágio pura e simplesmente, o que implicava em compromissos em vários níveis. Moysés Nussensweig, então presidente da SBF, promoveu reuniões da SBF para discutir o início dessa colaboração. As reuniões foram no CBPF e contaram com a presença de Lederman e todos os chefes de Departamentos de Física das Universidades Brasileiras. Os interessados em fazer Física de Altas Energias, os únicos, não

foram convidados a participar dessas reuniões porque “eram interessados”. Interessante critério! Mas foi assim. Veio então o segundo *Symposium Panamericano* no Brasil. No coquetel do *Symposium*, Lederman perguntou-nos como estavam as negociações e quando iríamos para o FERMILAB. Dissemos que havíamos desistido por falta de apoio. Ele, então, como diretor do FERMILAB nos disse naquele tom bem americano e direto: “e se o FERMILAB assumir tudo?” Na mesma hora propusemos um jantar com ele, Salmeron, Tiomno, Ramiro (diretor do CBPF) entre outros, quando então pedimos a Lederman que repetisse a proposta para que fosse ouvida pelo próprio diretor do CBPF. Nosso interesse era ter compromissos do próprio diretor do CBPF. Em conclusão, ao aceitarmos o convite de Lederman, o presidente do CNPq na época, se comprometeu com as passagens e partimos então para a preparação da viagem ao FERMILAB. Foi intensa a troca de cartas e telegramas durante o período de preparação. Gostaria de deixar registrado que, na época, o CBPF contava apenas com uma pequena quota de viagens e, mesmo assim, o Presidente do CNPq decidira usar esta quota para nos dar as passagens. Assim, nossas concessões de viagem consumiriam toda a disponibilidade de quotas para o CBPF. Por intermédio de memorando que enviei ao então diretor Ramiro Muniz, comunicamos que não aceitaríamos essa concessão, uma vez que o CNPq estava iniciando um novo programa e o que estava sendo feito corresponderia a uma supressão das viagens de colegas de outras áreas do CBPF. E assim foi enviada a mensagem ao CNPq com nossa decisão. Depois, sem entendermos como, apareceram as passagens dadas por uma organização internacional, “Amigos da América”. Demos início à preparação da viagem para o longo estágio de formação em Física Experimental de Altas Energias no FERMILAB.

No FERMILAB, como havíamos decidido formar um grupo, escolhemos participar de um só experimento E691 – Fotoprodução de Charme – com a intenção de formarmos um grupo. Um experimento de Alvo Fixo que nos serviu de experimento-escola. O Experimento não era bem visto pelos diretores do FERMILAB. Mas no final aconteceu o inverso. Conseguimos fazer o melhor experimento da Física do Charme até então conhecido (não incluindo os experimentos que descobriram o quark charmoso). Lá fizemos os primeiros colegas experimentais e alguns se tornaram nossos amigos. Thomas Nash, Jeff Appel, Roy Rubinstein, (embora Roy não tenha sido do experimento E691, nos dava um excepcional apoio), Jeff Spalding, John Martin, Sampa Bhadra, Lucien Grimaldi, e muitos outros. Esta foi uma das melhores épocas da minha vida profissional. A escolha do experimento E691 obedeceu a critérios puramente científicos. Tratava-se da Física do Charme, nosso foco e a física de interesse naquele momento. Outra parte da decisão se deveu ao fato de que no Laboratório (*Tagged Photon Laboratory*) precisava-se fazer quase tudo. O que existia precisava de uma reconstrução e o que não existia precisava ser construído. Tudo dentro do tempo previsto e determinado pelo Tevatron. Estas condições nos abriam ótimas oportunidades para aprender a trabalhar com detectores. Do ponto de vista científico, os resultados deste experimento foram muito importantes para uma melhor compreensão da Física do Charme. Era o início dos experimentos com grande pre-

cisão da Física dos sabores pesados. Era a oportunidade para testar modelos de QCD vigentes na época.

Ao voltarmos para o Brasil, o Professor Jayme Tiomno estava a nossa espera e foi quem garantiu o principal apoio que tivemos desde o início desta aventura científica. O Professor Tiomno tinha um carinho especial por algo que ele mesmo gostaria de fazer e foi um dos principais arquitetos dessa aventura. Foi apresentado então à FINEP o primeiro projeto para a Física Experimental de Altas Energias. Neste projeto propusemos a formação de um laboratório que fosse capaz de abrigar os trabalhos a serem realizados pelo grupo em formação e para que pudéssemos construir a instrumentação para os experimentos em que estávamos envolvidos. Terminávamos o Experimento E691 com várias análises e teses realizadas no CBPF e com a participação de visitantes como o Michael Witherell (*spokesperson* da E691) que viria mais tarde ser o Diretor do FERMILAB. Como parte do Laboratório, estaríamos trazendo para o Brasil o primeiro ACP – *Advanced Computer Project* – para que pudéssemos iniciar os trabalhos. Participamos também deste projeto com um engenheiro inicialmente e, depois, nas versões melhoradas, com outros engenheiros e cientistas da Computação. Tínhamos plena consciência da importância desta instrumentação e contamos para isto com uma forte ajuda do grupo do FERMILAB. Este projeto mobilizou o governo que nos ajudou muito na época. No entanto, fomos surpreendidos pelo Plano Econômico do Governo Brasileiro (1986) que paralisou todos os financiamentos da FINEP e do CNPq, além de uma grande reforma envolvendo câmbio, o valor da moeda e muitos outros itens que mexiam com a política econômica nacional. Isto nos causou muitos problemas, pois tínhamos assumido como tarefa fazer no Brasil todo o *trigger* nível zero (*hardware* e *software*) do experimento Dzero. Tivemos que congelar a nossa participação por falta total de condições de executar qualquer projeto para o experimento. Havíamos recebido do FERMILAB caixas de cintiladores para que pudéssemos dar início aos trabalhos. Para que não perdêssemos completamente o ritmo que havíamos tomado na formação do grupo concordamos em participar dos outros dois experimentos E769 e E791, que se realizaram no mesmo laboratório do FERMILAB, o *Tagged Photon Laboratory*.

Esses experimentos usaram praticamente os mesmos detectores com mudanças na parte computacional, na aquisição de dados, e algumas outras pequenas mudanças no espectrômetro. Esta decisão nos deu a oportunidade de formar pessoal experimental enquanto lutávamos por melhoras no financiamento. E neles engajamos vários estudantes que se tornaram professores e doutores em Física Experimental de Altas Energias. O CBPF já atuava aí como formador de grupos. Quase todos os grupos de Física Experimental de Altas Energias no Brasil tiveram de alguma forma seu início nos contatos com o grupo do CBPF. Estava claro para nós que era tão importante manter quanto trabalhar para o crescimento do grupo no CBPF e nos outros lugares no Brasil. Vencer esta barreira foi um dos principais desafios e estou convencido que conseguimos sucesso parcial com essa estratégia, pois a Física de Altas Energias não conseguiu de fato sair do eixo Rio-São Paulo. Talvez agora a nova geração consiga expandir a Física Experimental de Altas Energias para outros

pontos do Brasil e tem que fazer este trabalho se quiser sobreviver. A idade média dos atuais físicos de Altas Energias é muito alta. Isto prejudica a continuidade de projetos e, portanto, do desenvolvimento da Física Experimental de Altas Energias no Brasil.

Mas foi também após nosso retorno do FERMILAB que começaram a surgir os novos grupos. Foi extremamente importante a decisão de Ronald Shellard que aceitou convite de Salmeron e meu para começar um novo grupo com Maria Elena Pol e outros físicos e engenheiros da UFRJ. Foi o início de um novo grupo no LEP (*Large Electron Positron*), o experimento DELPHI. A colaboração com o CERN recomeçava de forma vigorosa.

Os Simpósios de iniciativa de Leon Lederman se sucederam normalmente e com as dificuldades naturais de organizar algo no Brasil naquela época.

Não estive presente no primeiro simpósio por razões já descritas acima. O segundo e o terceiro *Symposium* em 1982 e 1987, se realizaram no Rio de Janeiro, o segundo na PUC, antes de nossa ida para o longo estágio no FERMILAB, e o terceiro, na sede do CBPF. Ambos foram um grande sucesso. No terceiro Simpósio editamos um livro com a maioria das palestras.^[10] O quarto simpósio foi organizado na Argentina e, finalmente, o último, o quinto Simpósio, foi na Colômbia em Cartagena.

Estes simpósios resultavam em novas iniciativas, em aumento de bolsas dadas pelo FERMILAB para latino-americanos e também se galgava um maior apoio no interior de cada País. Também deles surgiu um auxílio para a Física Experimental sem especificação para a Física de Altas Energias e beneficiou igualmente outras áreas da Física. A comunidade de Altas Energias ainda não estava organizada suficientemente para aproveitar deste auxílio. O auxílio conseguido por Lederman no DOE/NSF foi administrado por Lederman, Roy Rubinstein, L. M. Falicov e, no Brasil, por Cylon Gonçalves e por mim. Esgotamos rapidamente o orçamento disponível sem nenhuma burocracia. Estabelecemos um procedimento rápido, após publicação no Boletim da SBF. Este projeto, que durou dois anos aproximadamente, serviu a muitas áreas da Física no Brasil.

Percebi que, por parte do FERMILAB, não havia muito entusiasmo para continuar promovendo estes simpósios. A razão apresentada era que a comunidade Latino-Americana continuaria a se desenvolver dali em diante.

O então Departamento de Relatividade e Partículas do CBPF nos acolheu, no retorno do FERMILAB. Era um departamento constituído quase totalmente por teóricos até aquela data. Em assembleia, os membros do DRP por unanimidade tomaram uma decisão muito importante e única no gênero: “todas as verbas do Departamento seriam para a formação do grupo experimental”. Não conhecemos nenhuma outra decisão deste tipo em todos os níveis em nosso meio acredito ter sido um investimento que deu muitos frutos e permitiu o início de muitos trabalhos. Mas, sobretudo, ficou a marca de uma época.

Tínhamos um projeto para desenvolvimento da Física de Altas Energias a longo prazo. E para isto era necessário criar o “berço para que a criança pudesse nascer e se desenvolver”. Após muita discussão com colegas de vários lugares, chegamos à conclusão que deveríamos fundar um Laboratório

dentro ou fora do CBPF. Seria o LAFEX que significaria originalmente *Laboratório de Cosmologia e Física Experimental de Altas Energias*. Um laboratório como este tinha somente um, no Paquistão, por iniciativa do prêmio Nobel A. Salam. Sofremos uma oposição por parte de colegas do próprio CBPF e até de alguns Físicos de Altas Energias.³

Carlo Rubbia, então diretor do CERN, fez uma grande oferta ao Brasil. Ficaríamos com a responsabilidade de construir um grande número dos magnetos supercondutores com passagem de toda a tecnologia envolvida, e mais bolsas anuais para técnicos brasileiros estagiarem no CERN. Em troca, o Brasil forneceria o Nióbio para fazer os fios supercondutores dos Magnetos. Para o Brasil, que possui a maior parte do Nióbio do mundo, não resultaria em grandes somas. Mas esta proposta não foi para frente por razões que desconheço, o que foi uma pena, pois hoje não somente seríamos parte dos construtores do LHC como também teríamos adquirido várias tecnologias certificando as indústrias brasileiras para outras encomendas internacionais. Esta não foi a única proposta que não foi para frente, ligada à Física de Altas Energias, com respeito ao envolvimento da Indústria brasileira e a Física de Altas Energias. Com o intuito de viabilizar este e talvez outros projetos de envolvimento entre a Física de Altas Energias e a indústria, levei um certo número de industriais para visitar empresas importantes que trabalhavam com o CERN. Visitamos o FERMILAB o CERN, empresas finlandesas, italianas (Ansaldo incluída) e algumas empresas americanas.

Nossa principal preocupação era aumentar o grupo de Físicos Experimentais de Altas Energias para que não acontecesse o que já havia acontecido duas vezes: as iniciativas morriam cedo, os projetos duravam pouco mais de dois anos por razões alheias à Física e aos físicos, mas ligadas a crises políticas nacionais.

A questão do número crítico de físicos trabalhando nos experimentos estava presente em nossas ações. Mas desde o início encontramos muitas dificuldades por parte principalmente de nossa comunidade que não entendia o “*modus faciendi*” desta área científica e nem tudo está claro até o presente momento. A maior ajuda à Física de Altas Energias naquela época, foi dada na gestão do Dr. Renato Archer como Ministro da Ciência e Tecnologia, seguindo uma política estabelecida pelo então Presidente do Brasil, José Sarney. O *Advanced Computing Project* teve intervenção direta do Ministro Archer, e da concessão de 30 vagas novas para o CBPF por decreto presidencial do Presidente Sarney. Destas vagas, um pequeno número somente ficou na Física de Altas Energias, embora tivessem sido dadas explicitamente para o grupo experimental de Física de Altas Energias e o projeto ACP. Foi devido a estas vagas que foram contratados, em 1987, José Israel Vargas e Roberto Salmeron e muitos outros físicos de todas as áreas em diferentes departamentos do CBPF.

O CBPF teve de fato um papel de motivador e influenciou muito o crescimento da área, atraindo físicos da Universidade Federal do Rio de Janeiro, da PUC-RJ, da UNESP e USP que formaram grupos que hoje colaboram com grande sucesso em experimentos de vários laboratórios.

Outra iniciativa nossa foi tentar criar no Brasil, além de um laboratório que pudesse abrigar o desenvolvimento de instrumentação para os experimentos, um experimento de Raios Cósmicos que fosse motivador para o desenvolvimento do trabalho com detectores. Discutimos com Salmeron várias possibilidades para um experimento com balões, ou em aviões como fizeram os japoneses, ou em terra mesmo, experimentos com raios cósmicos. Aproveitei uma das visitas ao FERMILAB e fui à Universidade de Chicago conversar com Jim Cronin (prêmio Nobel de Física) sobre o experimento dele em Utah e aprender como eram feitos os seus detectores. Foi uma tarde toda que Jim nos concedeu e comigo foram vários colegas do grupo. Chegamos à conclusão que deveríamos partir para algo parecido e em colaboração com Jim Cronin. Estávamos muito entusiasmados com a ideia e Salmeron decidiu também participar da iniciativa. Ele levou ao físico italiano Antonino Zichichi que dirigia o “*Worldlab*” e este por sua vez decidiu patrocinar o projeto totalmente. Havia o envolvimento de físicos de Saclay, como Michel Spiro (mais tarde veio ocupar o cargo de diretor do IN2P3 da França), de Eric Lesquoy e outros. Os franceses queriam prover toda a eletrônica e assim fomos formando uma colaboração brasileira com físicos da USP e de Campinas (aconselhados por Salmeron que primeiro contactou os físicos dessas instituições). O projeto parou porque Zichichi queria que o Governo brasileiro assinasse um acordo com o *Worldlab* que era totalmente inaceitável, violando regras básicas da legislação de nosso País. O projeto se chamou na época de GAMABRASIL. Devido a este projeto estivemos em São Paulo e no Rio procurando um lugar para instalação do projeto principalmente nos lugares mais altos dos dois Estados. Um amigo nosso, industrial de sucesso (inventor por natureza, fabricava o “*esterilair*” e supressor de umidade de silos e *containers*), nos levou ao prefeito de Petrópolis que passou um dia inteiro conosco visitando possíveis terrenos. Nenhum preenchia as condições exigidas pelo projeto, e até mesmo indústrias locais chegaram a oferecer suas dependências para instalarmos o laboratório inicialmente. E um dia, em conversa informal com o diretor do LNCC, Antonio Olinto, ele nos falou sobre sua dificuldade de encontrar um terreno para o novo LNCC. Falei a Olinto sobre um terreno especial em Petrópolis muito bem localizado. Levei-o para ver o terreno e apresentá-lo ao prefeito e assim foi a história da localização do LNCC em Petrópolis, onde se encontra funcionando hoje. Não realizamos o GAMABRASIL, mas encontramos o terreno para o LNCC.

Pouco tempo depois, Jim Cronin nos procurou com a iniciativa do Auger. Havia propostas para instalação desse grande experimento no México, na Argentina e talvez em outros lugares na América Latina e não havia possibilidades de encontrar algo no Brasil. Por insistência de Jim Cronin, fiquei durante algum tempo na comissão de decisão sobre os futuros detectores do projeto AUGER. Não podíamos romper com nossos compromissos assumidos em outras colaborações, pois na mesma época começamos a in-

³ É interessante registrar que desde nossa chegada do FERMILAB, no CBPF surgiram cartas anônimas que eram enviadas para toda a comunidade por correio, com difamações e calúnias de nosso grupo, ridicularizando nossas atividades. Nenhuma providência foi tomada pela então direção do CBPF que ria, igualmente, de todos nós.

vestigar a possibilidade de nos engajar em um dos projetos do LHC. Por esta razão poucos membros de nosso grupo decidiram participar do experimento Auger, hoje um dos grandes experimentos de raios cósmicos do qual o CBPF participa e tem como dois dos líderes Ronald Shellard e Carlos O. Escobar.

Em 1995, o Quark Top foi descoberto por dois experimentos no FERMILAB. O CDF (*Collider Detector Facility*) e o Dzero, nosso experimento na época. O CBPF novamente estava presente nesta grande descoberta, com seus membros, Físicos e Engenheiros. A nossa participação no experimento Dzero foi em vários níveis. Em *hardware*, o grupo do CBPF, juntamente com seus colaboradores do CEFET/Rio e da UERJ, fez vários trabalhos importantes junto aos detectores de *pixels*, na parte da eletrônica, no *software* e na fabricação de detectores frontais, os *Roman Pots*, que teve a participação dos físicos da UNESP e, sobretudo, do LNLS. Devo dizer que Cylon Gonçalves teve um importante papel com seu suporte ao nosso projeto. Um aprendizado importante foi adquirido com este projeto, tanto dos físicos, estudantes, engenheiros e técnicos, quanto da indústria que nos forneceu o aço que precisávamos e que sem ele não alcançaríamos o vácuo necessário para colocar os detectores na linha do feixe.

Na Física nos colocamos no grupo da Física do Bottom. Nós tínhamos consciência do quanto era importante trabalhar com a física deste quark para obtermos uma maior estatística com os Quarks Top. Nossos estudantes fizeram teses em assuntos ligados à Física do Quark B.

Durante a Lishep de 1995, minha sala no CBPF foi o foco de discussão principal onde estavam presentes o diretor do FERMILAB, John People, o *spokesman* do Dzero, Paul Grannis, e muitos outros colegas. Não podíamos anunciar nada porque estava combinado com o CDF e a direção do FERMILAB que haveria uma só apresentação

conjunta das duas colaborações. Assim, no Brasil, fizemos a comunicação da descoberta do Top^[11] em seminário no CBPF na mesma hora que o FERMILAB estava fazendo para as duas colaborações.

Outras colaborações em experimentos de Física de Altas Energias foram desenvolvidas no Brasil e em várias universidades do Rio de Janeiro e de São Paulo.

Todo este desenvolvimento teve as origens que apontamos acima, mas nada teria acontecido sem o trabalho árduo de verdadeira abnegação de muitos de meus alunos dessa época, colegas que trabalharam duro para colocar o nome do Brasil na fronteira dessa ciência. É claro que isto vai continuar, pelo que vejo na vontade e na dedicação de muitos.

Neste artigo deixo de chamar a atenção mais detalhada para cada um dos colegas que trabalham em Física de Altas Energias para salientar principalmente, os 60 anos do CBPF. De fato esta é uma instituição de grande envergadura, reconhecida no mundo da Física atual, hoje sede da RENAFAE (Rede Nacional de Física Experimental de Altas Energias) que reúne os físicos de Altas Energias com o objetivo de criar condições para um desenvolvimento estável para a área.

Esta iniciativa de criar a RENAFAE foi um dos passos mais importante para encaminhar uma estruturação e um financiamento estável para os grupos de Física Experimental de Altas Energias. Certamente ela será o fórum principal da escolha de novos projetos com apoio governamental como em outros países.^[12]

Agradecimentos

Agradeço a Francisco Caruso pela leitura crítica do presente texto.^[13]

-
- [1] (a) “Gleb Wataghin”, R. A. Salmeron, *XI International Symposium on Very High Energy Cosmic Rays Interactions*. (Edição do Centenário de Gleb Wataghin na série do Simpósio e *VI Gleb Wataghin School on High Energy Phenomenology* – Universidade Estadual de Campinas, 17-21 de julho de 2000; (b) ver também Alfredo Marques na referência [2] logo abaixo; (c) “Gleb Wataghin” – Enrico Predazzi, Universidade de Turim, publicado no volume comemorativo aos 150 anos da Faculdade de Ciência de Turim.
- [2] Alfredo Marques “CBPF da Descoberta do Méson π nos Dez Primeiros Anos”, in F. Caruso, A. Marques e A. Troper (Eds.), *Cesar Lattes, a descoberta do Méson π e outras histórias*. Rio de Janeiro: CBPF/MCT, 1999.
- [3] José Maria Filardo Bassalo e Olival Freire Junior, “Wheeler, Tiomno e a Física Brasileira” *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 25, 4, p. 426-437 (2003). Ver também *Rev. Mod. Phys.* vol. 21, 144-153 (1949).
- [4] Eliza Frota Pessoa e Neuza Margem, *Academia Brasileira de Ciências*, vol. 22, 4, (1950). Ver também [2].
- [5] *High Energy Accelerators*, Interscience Publisher Inc., New York (1959).
- [6] Roberto Salmeron, *A Universidade Inacabada*, Editora da UnB, (2006).
- [7] J. Anjos, A. Endler, F.R.A. Simão e A. Santoro, “Double Regge Model for non Diffractive A_1 Production”, *Lettere al Nuovo Cimento* 57A, 70 (1980).
- [8] O Axion é uma partícula hipotética proposta por Toverto Peccei e Helen Quim como solução para o problema da violação de CP nas interações fortes. *PR.* D16, 1791 (1977) – *PRL* 38, 1440 (1977); “Research on Axions Emitted by Monochromatic sources of Cu” – P. Lehmann, E. Lequoy, A. Muller, S. Zylberajch (Saclay) – DPHE-83, 06 May 1983.
- [9] M. Novello, H. Heintzmann and A. Santoro, “Is Parity Violation a Cosmological Evolution Effect?”, *Phys. Lett.* vol. A89, 266 (1982).
- [10] Roy Rubinstein and A. Santoro, *Proceedings of the Third Symposium on Pan-American Collaboration in Experimental Physics*, Rio de Janeiro – Brazil – October 19-23 (1987). Published by World Scientific Publishing. Participaram do Simpósio, entre outros: Dr. Renato Archer, L.M. Lederman, C. Rubbia, L.M. Falicov, J.D. Bjorken, M.S. Witherell, M. L. O. Knotek, C.E.T. Gonçalves da Silva, M.A.J. Mariscotti, R.J. Peterson, T. Nash, R.R. Wilson, F. Cole, E.J. Moniz, G. Charpak, A. Turtelli e outros.
- [11] “Observation of The Top Quark”, *P.R.L.* vol. 74, 2632 (1995). Membros do CBPF presentes neste *paper*: G. Alves, J.G.R. Lima, A.K.A. Maciel, J.T. de Mello Neto, J.M. Miranda, V. Oguri, A. Santoro e M. Souza. (Um esclarecimento quanto

aos autores ditos do CBPF, Lima, Mello Neto e Oguri eram estudantes ligados ao CBPF que foram para outras Instituições após seus doutoramentos).

- [12] Hoje, em 2014 vejo que nada disto aconteceu. Ao contrário do que se esperava da primeira redação deste artigo, tive uma grande desilusão com essa iniciativa. Portanto, 5 anos depois não confirmo essas palavras.
- [13] Uma última advertência: tenho consciência de que precisamos de um texto mais extenso contendo detalhes que julguei não serem necessários no presente momento. Certamente farão parte de minhas memórias no futuro. Não tive tempo de

conversar pessoalmente com muitos colegas, como gostaria, para acrescentar fatos ou dar informações ainda mais precisas quando me refiro aos colegas e aos ex-professores. Ficaria agradecido de receber outras informações que possam enriquecer um futuro trabalho. Adiciono o fato (em 2014) de que este artigo foi escrito por encomenda dos organizadores do SIMPÓSIO '60 ANOS DO CBPF E A GÊNESE DO CNPq' em 21 – 23 de outubro de 2009 para uma publicação que nunca foi realizada.

Leônidas de Mello Deane (1914-1993)

Leônidas de Mello Deane (1914-1993)

Luiz Fernando Ferreira

*Membro Correspondente da Academia Paraense de Ciências
Pesquisador Emérito da Fundação Oswaldo Cruz*

Adauto Araújo

*Membro Correspondente da Academia Paraense de Ciências
Pesquisador Titular da Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca (ENSP/Fiocruz)*

Esta pequena resenha sobre o pesquisador paraense Leonidas de Mello Deane dá sequência à série iniciada na Revista NORTE CIÊNCIA (ISSN 2177-4315) da Academia Paraense de Ciências, sobre cientistas que se formaram no Pará e exerceram suas pesquisas em outros estados brasileiros. O médico Leonidas Deane foi um grande pesquisador que deixou contribuições fundamentais para o conhecimento das doenças infecciosas endêmicas no Brasil ou importadas de outros países. Dentre elas, as leishmanioses e a malária. Neste breve relato sobre Leonidas Deane, mostramos sua importância como cientista e como formador de novas equipes de pesquisadores.

Leônidas Deane era um grande desenhista e pesquisador dos mais importantes no Brasil. Conhecedor de música, apreciava o jazz, além de muito interessado na história. Tinha um cultura geral muito grande, era de uma bondade enorme, paciente, incapaz de uma palavra grosseira ou de um gesto ríspido, em qualquer situação.

Nasceu em Belém do Pará em 1914, filho de Leonard Eustace Deane e Helvécia de Mello Deane. Seu pai era inglês, e conheceu sua mãe em Belém. Leônidas estudou medicina na Faculdade de Medicina e Cirurgia do Pará e foi professor de microbiologia nesta instituição.

Nos anos 1930, Henrique Penna, que trabalhava para a Fundação Rockefeller, examinou material de viscerotomia e encontrou os primeiros casos de Calazar na região. O jovem pesquisador Evandro Chagas, do Instituto Oswaldo Cruz, vai para o Pará, em Abaetetuba, e inicia os primeiros estudos sobre a doença. Reúne um grupo de jovens cientistas, entre eles Leonidas e Gladstone Deane, Otávio Mangabeira filho, Felipe Nery Guimarães, Geth Jansen e Maria José Paumgarten, que depois se casaria com Leonidas.

O governador da época, José Carneiro da Gama Malcher, criou então o Instituto de Patologia Experimental do Norte, dedicado ao estudo de doenças tropicais. Quando da morte de Evandro Chagas em 1940, em acidente aéreo no Rio de Janeiro, o instituto passou a chamar-se de Instituto Evandro Chagas em sua homenagem, hoje reconhecido internacionalmente.

Em dezembro de 1936, Leonidas Deane e seus companheiros fizeram a primeira viagem de trabalho de campo, junto com Evandro Chagas, para a cidade de Abaeté, depois chamada de Abaetetuba. Foi também o primeiro contato com a selva, com redes armadas sob as árvores. Dirigiram-se depois para um lugarejo chamado Piratuba e lá encontraram os primeiros casos *in vivo* de Calazar. Examinavam as pessoas do lugar e naqueles em que o baço estivesse aumentado, praticavam a

viscerotomia, retirando um fragmento de tecido do baço para exame microscópico à procura de *Leishmania donovani*. Os artigos publicados resultantes desta primeira viagem foram muito importantes para o conhecimento da doença na região norte, e até hoje referenciados nos estudos sobre a doença e este parasito.

Em 1928, Adolpho Lutz esteve em Natal para escolher o local onde seria construído um leprosário. Por suas pesquisas, Lutz supunha que a lepra poderia ser transmitida por mosquitos e estudou as espécies que se encontravam na região. As viagens transatlânticas começavam a crescer e o cientista chamou a atenção do governo para a possibilidade de introdução de novas espécies de vetores introduzidas por este meio. Logo houve a invasão de *Anopheles gambiae* e Deane engajou-se na pesquisa da malária. Em suas viagens para trabalho de campo há passagens memoráveis, registradas em depoimentos para a Casa de Oswaldo Cruz:

“O padre Cícero tinha deixado como tradição a ideia de que o demônio vinha tentar provocar o fim do mundo. Ele viria primeiro sangrando a população. Depois, no ano seguinte, o diabo viria furando os olhos e no terceiro vinha matar todo o mundo. Acontece que a nossa caminhonete tinha o número 666, que é o número do Apocalipse. Chegavam aqueles três camaradas, meu irmão, Maria e eu, tirando sangue das pessoas – a primeira profecia do Padre Cícero. Nós estávamos tirando sangue para procurar malária, mas ficamos muito desconfiados conosco (...).

Houve dois episódios de besta-fera comigo. Um dia, em Iguatu no sul do Ceará, cheguei numa casinha onde só tinha uma mulher e duas crianças, tremendo de medo. Eu estava com dois guardas e expliquei para elas que ia tirar sangue, não doía nada, ia primeiro tirar das crianças, para mostrar que não doía. Enfim, aquela conversa de sempre. Mas elas, nada, tremendo, uns olhos assustadíssimos. Perguntei por que estavam assim. O guarda foi falar com elas e me disse: Elas dizem que estão com medo que o senhor seja o diabo.

O senhor tem que provar que não é o diabo tirando as botas para mostrar que não tem pés de cabra. Tirei as botas, as meias, para mostrar que meu pé não era de cabra. Então elas deixaram tirar sangue.

Em Icó aconteceu a mesma coisa, em outra casa e o guarda me disse o que elas estavam querendo que fizesse: tinha que fazer o sinal da cruz em frente ao crucifixo. E ele acrescentou: elas disseram que se o senhor não explodir com cheiro de enxofre, deixam tirar o sangue. Fiz o que queriam”.

Em 1953, foi convidado pelo Professor Samuel Pessoa, para compor sua equipe de professores de parasitologia na Universidade de São Paulo. O pesquisador da Fundação Oswaldo Cruz, Wladimir Lobato Paraense, colega de Leonidas Deane na Faculdade de Medicina e Cirurgia do Pará, diz sobre ele:

“Era verdadeiramente modesto, raiando pela timidez, incapaz de uma ofensa, sempre disposto a ajudar. Nunca ouvi falar mal de ninguém, como nunca soube de alguém que tivesse tido este privilégio. Para mim, Leonidas sempre representou a encarnação da pureza”.

De fato, em 1981, Leonidas Deane e Lobato Paraense compunham o Comitê do Prêmio Samuel Barsley Pessoa, durante o Congresso da Sociedade Brasileira de Parasitologia em Belo Horizonte, e escolheu um dos primeiros trabalhos nossos em Paleoparasitologia como primeiro lugar, distinguindo-o como o mais original. Porém, no ano anterior, levei a ele minha dissertação de mestrado sobre os achados de parasitos em material arqueológico no Brasil. Pedi-me dois dias para ler, depois me ligou e fui vê-lo em seu laboratório. Disse-me que havia gostado do assunto, porém não entendia nada daquilo e precisaria tempo para ler os artigos e investigar mais a fundo. Tinha muitas tarefas pela frente e não teria tempo para isso. Pedi-me desculpas (!) e devolveu-me o trabalho. No ano seguinte viria o prêmio.

Leonidas Deane estudou e fez o mestrado na Universidade de Johns Hopkins, em Baltimore, e depois na Universidade de Michigan, ambas nos Estados Unidos. Ao longo de sua carreira, Leonidas Deane recebeu inúmeros prêmios e distinções, entre os quais, Prêmio Oswaldo Cruz, Medalha Carlos Chagas, Medalha Gaspar Vianna, Prêmio Moinho Santista, Medalha Henrique Aragão, entre outras. Foi ainda professor da Faculdade de Medicina do Norte do Paraná, cientista visitante do Colégio Imperial, em Ascot, Inglaterra, e professor da Universidade Federal de Minas Gerais. Além de ter trabalhado ainda na Universidade de Carabobo, Venezuela (1976-1979), e no Instituto de Higiene e Medicina Tropical de Lisboa (1975).

Ao voltar ao país, ingressou na Fundação Oswaldo Cruz, juntamente com sua inseparável companheira, Maria Deane. Ele no Departamento de Entomologia e ela no Departamento de Protozoologia, no Instituto Oswaldo Cruz, chefiando estes departamentos e formando equipes de notáveis pesquisadores. Permaneceu em atividade, mesmo depois de sua aposentadoria compulsória, vindo a falecer em janeiro de 1993.

Ao terminar esta breve resenha, reproduzimos o belo poema

de Eduardo Tosta, professor da Universidade de Brasília, por ocasião da morte de Leonidas Deane:

Foi-se o gigante franzino
Que nos extasiava com lições de sabedoria e simplicidade
Mostrando que é possível ser erudito sem ser arrogante
E ser puro em um mundo corrompido
Foi-se o exemplo de abnegação
Que provou com sua vida que o conhecimento liberta
E que o trabalho representa
Uma fonte perene de redenção
Foi-se o mestre
Que ensinava aos mestres os segredos da vida
E que no decifrar os segredos da vida
Nos deixava mais próximos de Deus
Foi-se a alma peregrina
Ao encontro de um recanto de menos sofrimento
Para poder ensinar aos anjos
Os mistérios das espécies crípticas
Ficam legiões de órfãos.

Carlos Eduardo Tosta
Brasília, Fevereiro de 1993



Leonidas e sua esposa Maria

Leituras recomendadas

Lacaz CS 1998. A tribute from the Tropical Medicine Institute of São Paulo in memory of Leonidas de Mello Deane and his wife Maria José von Paungarten Deane. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo* 40: <http://dx.doi.org/10.1590/S0036-46651998000400013>

Depoimentos da Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz <http://www.coc.fiocruz.br/index.php/patrimonio-cultural/acervo-arquivistico/acervo-de-historia-oral>

Canal Ciência, IBICT. Entrevista a Nilcéa Freire http://www.canalciencia.ibict.br/notaveis/livros/leonidas_e_maria_deane_32.html

Paraense WL 1993. Leonidas de Mello Deane. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 88: <http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02761993000100002>

Sonhando com uma escola menos conservadora e mais crítica

Dreaming with a less conservative and more critical school

Francisco Caruso

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF

Rua Dr. Xavier Sigaud, 150, Rio de Janeiro, RJ e

Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ – Rua São Francisco Xavier,

524 - Maracanã - Rio de Janeiro - RJ - Cep 20550-900

O artigo resume a ideia central do texto lido pelo autor na cerimônia de sua posse na Academia Brasileira de Filosofia, em 28 de novembro de 2013, com o qual se faz um convite à reflexão sobre os caminhos que a Educação, e em especial a Escola, vêm trilhando em nosso país.

Ao tomar posse na cadeira de número 33 da Academia Brasileira de Filosofia, que foi ocupada pelo jurista, filósofo e escritor Paulo Mercadante e cujo Patrono é o também jurista, filósofo e historiador brasileiro Clóvis Bevilacqua, é praxe saudá-los antes de qualquer outra coisa. Escolhi fazer a saudação apontando aspectos de suas obras que, de alguma forma, estão relacionados ao tema da Educação em sentido lato que pretendo abordar em seguida.

Mercadante, juntamente com Miguel Reale, Djacir Menezes, Antônio Paim, e tantos outros intelectuais, integrou a Escola Culturalista, que teve importante papel no desenvolvimento contemporâneo da filosofia no país, tornando-se, por exemplo, a principal animadora do Instituto Brasileiro de Filosofia [1].

Tal Escola desempenha um papel aglutinador ao defender a pluralidade de perspectivas em Filosofia, ao assumir o compromisso de estimular o debate filosófico e, em minha opinião, ao trazer ao debate a sempre presente problemática ética. Ainda citando Paim, “justamente a discussão e o confronto de pontos de vista permite[m] o aprofundamento da consciência dos problemas que consiste na missão precípua dos filósofos em nosso tempo”. É acreditando nesses valores que Mercadante escreve seu famoso livro *A Consciência Conservadora no Brasil* [2], cuja quarta edição vem acompanhada de um excelente ensaio inicial de Nelson Mello e Souza. A tese central do livro é de que a *conciliação* tem sido o traço constante e básico do comportamento político dos conservadores no Brasil. Independentemente dos detalhes, que não cabem ser aqui ressaltados, quero apenas dizer que o autor nos oferece um diagnóstico extremamente útil para qualquer um que deseje pensar caminhos alternativos para o Brasil.

Quanto a Clóvis Bevilacqua, um dos juristas mais respeitados em todo o país, foi convidado, em 1899, a escrever o código civil brasileiro, aprovado em 1916 e que passou a vigorar em 1917, sendo substituído apenas em 2002. Lauro Romero, em sua biografia [3], refere-se assim ao biografado:

“Clóvis Bevilacqua tinha uma habilidade inextinguível para assimilar o que havia de bom [em] ideias novas, para pesar o valor de uma concepção, para por o dedo no ponto vulnerável de uma doutrina, embora a sua modéstia invencível o inibisse de ser um inovador, no

sentido de formular uma síntese que constituísse uma nova doutrina filosófica inteiramente sua. Não foi um filósofo criador, original. Mas se o filósofo fosse a persistência na meditação, se fosse uma longa paciência na observação do mundo e da humanidade, se fosse a concentração das forças intelectuais na mesma ideia útil, no mesmo intuito altruístico, se fosse o trabalho sempre constante, nunca interrompido, mesmo com sacrifício físico, a dedicação extremada, absoluta, pela causa da ciência, ele teria sido um filósofo, em todo o peso da palavra, porque melhor do que ninguém teve a faculdade eminentemente vantajosa de sintetizar, entre nós, os sentimentos e as aspirações de uma época”.

Quero ainda destacar que esta mente crítica e sempre aberta ao novo envolveu-se com a edição obra enciclopédica *Tesouro da Juventude*, determinante na formação de gerações de jovens no Brasil durante um bom tempo. Com seu prefácio, Bevilacqua deu aval à obra e, sobretudo, mostrou-se preocupado e, de certa forma, responsável pela difusão de conhecimento entre os jovens. Nessa linha, é difícil não se lembrar de *Viagem ao Céu*, livro infantil de Monteiro Lobato, originalmente lançado em 1932, que oferece ao jovem leitor algumas lições de Astronomia de forma prazerosa. É de homens assim, e com esse compromisso com a formação de novas gerações, que precisamos, pois, como disse uma vez Demócrito, “o pior de todos os males é a leviandade no educar a juventude”.

Concluindo essa brevíssima referência ao meu antecessor e ao patrono da cadeira, quero destacar que neles me inspiro para continuar tentando entender os problemas históricos e estruturais que afligem a educação nesse país, e para perseverar em diversas ações que venho desenvolvendo no sentido de aproximar a Academia e a Universidade dos outros segmentos educacionais, pois, como disse uma vez o escritor britânico Herbert George Wells, “estamos em uma corrida entre a educação e a catástrofe” [4]. Disso não há dúvida. Assim, o livro de Mercadante aqui citado pode nos levar a compreender como essa “consciência conservadora” estaria traduzida ou enraizada em uma “escola conservadora”.

No instigante livro *A corrosão do caráter*, o sociólogo Richard Sennett nos dá um alerta importante que não deve

ser negligenciado [5]. Sua premissa é que o modo de sobrevivência na economia moderna pode colocar a vida emocional das pessoas à deriva. Estamos todos expostos a uma forte tendência de se “*reinventar decisiva e irrevogavelmente as instituições, para que o presente se torne descontinuo com o passado*”. Justifica-se, assim, a dificuldade de os indivíduos construir suas próprias histórias, a partir de suas experiências profissionais e de seus laços de dependência com outros indivíduos. Uma consequência direta deste fato é que as pessoas tendem a viver apenas o presente. Sonhar passa a ser mais difícil, quando as incertezas de se conseguir manter o que se conquistou profissionalmente se tornam significativas. A enorme flexibilização do trabalho, por um lado, busca uma adaptação rápida à sempre crescente volatilidade da demanda do consumidor e, por outro, implica a aceitação de que “*não há longo prazo*”. Acredito, assim como Sennett, que tal expressão contém o princípio da corrosão de valores como a confiança, a lealdade e o compromisso mútuo. Desse modo, o espectro da volatilidade se alarga, extrapola as fronteiras da Economia, e se infiltra nas relações sociais. Além disso, ele ressalta que, na área familiar, esta expressão significa “*mudar, não se comprometer e não se sacrificar*”.

Em minha opinião, não há como desvincular essa tendência de corrosão do caráter, de grande impacto social, ético e moral, de uma particular concepção de Escola, assunto que já abordei em outro artigo [6]. Não há também como crer que a própria Escola não sofrerá um processo de corrosão. Se isto é verdade – o que seria triste –, estamos presenciando um processo de amplificação dessa corrosão do caráter a partir da escola, que acabará retroalimentando o processo de degradação do caráter, criando um círculo vicioso nefasto.

Vejo, há muito, reflexos evidentes desse processo na Universidade na qual dou aula e no contato frequente com vários adolescentes do ensino médio. A ideia de que o aprendizado deva necessariamente envolver esforço parece, hoje em dia, uma ficção, ou mesmo uma fantasia. Os alunos não estão dispostos a fazer sacrifícios, a fazer exercícios ou mesmo a lerem sobre o que estão aprendendo. Mas, obviamente, não se pode por a culpa só neles. A escola, desde cedo, tem sido incapaz de formar essa conscientização no jovem, tampouco é capaz de despertar o hábito da leitura, essencial para a boa formação de qualquer cidadão [6]. Também a Escola se tornou superficial. Aliás, “superficial” é uma palavra que designa bem os dias de hoje, quando se vê que os jovens não namoram mais, apenas “ficam”, denotando que, mesmo no campo afetivo-amoroso, se aceita como premissa que “*não há longo prazo*”. Independente do nível de escolaridade há que se admitir que os padrões de qualidade e de dificuldade têm diminuído significativamente no último século. Sennett, analisando a flexibilização do trabalho, vê um terrível paradoxo no fato de que “*quando diminuimos a dificuldade e a resistência, criamos as condições mesmas para a atividade acrítica e indiferente por parte dos usuários*”. Creio que o mesmo se aplique à Escola. Estamos formando, pois, alunos acríticos que serão consumidores ideais.

Sonhar com uma nova Escola é algo imprescindível. Não tenho a ilusão de que minha geração assistirá à implantação

de uma nova Escola no Brasil, mas temos obrigação de continuar criticando-a e apontando novos caminhos para quando houver uma nova “consciência transformadora” em nosso país. Isto porque, segundo meu querido e saudoso amigo, o físico José Leite Lopes, esse clima de desconfiança e desestímulo [com relação à Escola e à Ciência] um dia vai acabar. Enquanto isso, sonhemos!

Mas voltemos ao sonho. Em [7], os autores argumentam que educar, mais do que nunca, depende da capacidade de fazer o aluno sonhar, e que essa capacidade e o ato criativo estão fortemente imbricados. E, como disse o filósofo Gaston Bachelard, “o sonhador não consegue sonhar diante de um espelho que não seja *profundo*” [8], e a Filosofia e a Ciência podem e devem dar suporte a esse espelho. “É fundamental que seja o educador a dar profundidade a esse espelho, através de sua própria imagem, reflexo de um conjunto de valores e saberes adquiridos. É ele que deverá motivar seus alunos a sonharem, sob pena de levá-los à frieza da incredulidade” [7], ou, podemos ainda acrescentar, levá-los à indiferença.

Outro ponto que gostaria de abordar muito brevemente refere-se às questões filosóficas que a Ciência e a Matemática têm levantado. Ao “sei que nada sei” de Sócrates, Werner Heisenberg acrescenta algo como “sei que não saberei”, a partir de seu famoso princípio da incerteza. A Mecânica Quântica aponta para uma nova epistemologia. Na Matemática, o famoso teorema da incompletude de Kurt Gödel nos diz, por exemplo, que qualquer teoria axiomática recursivamente enumerável e capaz de expressar algumas verdades básicas de aritmética não pode ser, ao mesmo tempo, *completa e consistente*. Ou seja, sempre há, em uma teoria consistente, proposições verdadeiras que *não podem ser demonstradas nem negadas*. Se a Revolução Copernicana retirou o homem do centro do Universo, com grande impacto sobre a Filosofia, a Física e a Sociologia, o período entre 1925 e 1935 forja um novo observador da Natureza, muito mais limitado do que o observador que resultou da Revolução Newtoniana. Abalam-se as concepções deterministas da Ciência e da Filosofia, e a *incerteza* é incorporada ao conhecimento, sem que isso resulte em uma salutar humildade intelectual. Faz-se necessário pensar uma nova Pedagogia que contemple as incertezas.

Assim, embora a grande maioria dos físicos hoje em dia insista em praticamente negar qualquer relação entre Ciência e Filosofia, é, por outro lado, inegável, do ponto de vista da história das ideias, que sempre houve uma relação muito próxima entre esses ramos do conhecimento. Não esqueçamos que os surgimentos da *Physis* e da Filosofia pré-socrática estão para sempre imbricados. Considero-me, portanto, um físico diferente, pois acredito que essa proximidade com a Filosofia é necessária e frutífera, reconhecendo que ela se reflete no meu trabalho acadêmico. Tenho, assim, buscado superar fronteiras rígidas, que não deveriam existir entre aqueles que se dedicam à atividade intelectual, procurando interlocutores interessados na interdisciplinaridade e cientes do compromisso social da Ciência e da intelectualidade. Sem dúvida, aqui na Academia encontro um clima muito propício para dar uma nova dimensão às preocupações que busquei aqui resumir.

-
- [1] Antônio Paim: *História das Ideias Filosóficas no Brasil*. Editora Convívio/INL, 3ª Edição, 1984.
- [2] Paulo Mercadante: *A Consciência Conservadora no Brasil*. Rio de Janeiro: Topbooks, 4ª Edição, 2003.
- [3] Lauro Romero: *Clóvis Bevilacqua*. Rio de Janeiro: Editora José Olympio, 1956.
- [4] *Apud* Paulo Ronái: *Dicionário Universal Nova Fronteira de Citações*. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1995.
- [5] Richard Sennett: *A corrosão do caráter*. Rio de Janeiro: Editora Record, 10ª edição, 2005.
- [6] Francisco Caruso: Corrosão do caráter... e da escola. *Ciência e Sociedade* CBPF CS-001/2010. Republicado em Francisco Caruso: *E-mail a um jovem estudante: [assunto: educação, ética e ciência]*. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2010, p. 39-45.
- [7] Francisco Caruso & Maria Cristina Silveira: Educar é fazer sonhar. *Princípios*, São Paulo, v. 83, p. 67-72, fev.-mar. 2006.
- [8] Gaston Bachelard: *A Terra e os Devaneios do Repouso*. São Paulo: Martins Fontes, 1990, p. 157.

Sumário

A integração regional e a física na América Latina: a criação das Escolas Latino-Americanas de Física <i>Antonio A.P. Videira & Fábio F. de Araújo</i>	1
A Mecânica e as Técnicas: As Equações de Movimento e o Desenvolvimento das Ciências Naturais e da Tecnologia <i>Luiz A.C. Malbouisson & Ademir E. Santana</i>	8
O periódico científico atravessando séculos no CBPF <i>Heloisa Maria Ottoni</i>	25
The Devil's Bridge to Science and Technology <i>Wolfgang Bietenholz</i>	33
A Física Experimental de Altas Energias e o CBPF <i>Alberto Santoro</i>	36
Leônidas de Mello Deane (1914-1993) <i>Luiz Fernando Ferreira & Adauto Araújo</i>	45
<i>Sonhando com uma escola menos conservadora e mais crítica</i> <i>Francisco Caruso</i>	47

