

# A teoria mesônica e os jovens físicos brasileiros: a organização da física de partículas como campo de pesquisas (1944-1951)

The mesonic theory and the young Brazilian physicists: the organization of particle physics  
as a research field (1944-1951)

Heráclio Tavares<sup>\*1</sup>, Karin Silvia Franzoni Fornazier Guimaraes<sup>2</sup>, Antonio Videira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo, Instituto de Física, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Departamento de Física-Matemática, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Filosofia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Recebido em 01 de fevereiro de 2022. Aceito em 07 de março de 2022.

Nesse artigo, analisaremos o processo de constituição de uma agenda própria na física de partículas elementares de um grupo de jovens físicos, brasileiros e estrangeiros, que atuou na segunda metade dos anos 1940, tomando o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) como a instituição referência onde esse esforço foi implementado. Através de um amplo conjunto de vestígios que nos chegaram, perceberemos as decisões que esse grupo tomou diante de problemas de ordem científica e não científica em suas próprias circunstâncias históricas. Dedicaremos especial atenção a cientistas brasileiros, como José Leite Lopes, Jayme Tiomno e César Lattes, tomando-os como sujeitos históricos centrais na emergência da física de partículas elementares.

**Palavras-chave:** José Leite Lopes, César Lattes, Jayme Tiomno, Física de partículas, CBPF.

In this article, we will analyze the process of setting up an agenda in particle physics by a group of young Brazilian and foreign physicists who worked in the second half of the 1940s, taking the *Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas* (CBPF) as the reference institution where this effort was implemented. Through a wide range of historical sources that have reached us, we will see the decisions taken by this group in the face of scientific and non-scientific problems in their own circumstances. We will devote special attention to Brazilian scientists, such as José Leite Lopes, Jayme Tiomno and César Lattes, understanding them as central historical actors in the emergence of elementary particle physics.

**Keywords:** José Leite Lopes, César Lattes, Jayme Tiomno, Particle physics, CBPF.

## 1. Introdução

É curioso lembrar que, durante o mesmo mês, esteve no CBPF a cientista francesa Cécile Morette, mas a sua presença entre nós foi muito prejudicada pela atuação simultânea de [Richard] Feynman [1, p. 5].

Com estas palavras, publicadas em 1984, 35 anos após aqueles eventos, o físico teórico Adel da Silveira registrou a passagem de Morette pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas no ano de sua fundação. Além dessa menção, podemos encontrar outras, sempre em textos memorialísticos, ainda que nenhuma se preocupe em detalhar como e por que se deu a presença da física francesa em terras cariocas. Não nos parece muito difícil explicar a ausência de Morette nos anais do início da existência do CBPF. José Leite Lopes, o autor mais prolífico sobre a instituição que ajudou a fundar, e

Jayme Tiomno, o responsável pelo convite para que Morette viesse para o Brasil, estavam em Princeton. César Lattes, o diretor científico do Centro, estava ocupado em conseguir condições materiais e financeiras para que a instituição existisse. Talvez a lembrança da passagem de Morette pelo CBPF tenha ficado apenas na memória de quem teve o privilégio de fazer seus cursos e em evidências históricas que repousam em arquivos no Brasil e no mundo.

Tal como Feynman, Morette ofereceu um curso a poucos interessados em física, que se encontravam na então capital federal brasileira. A física de partículas elementares foi o tema tratado. A rigor, uma área nova, ainda em suas primeiras fases, que não dispunha de caminhos seguros pelos quais prosseguir. O material apresentado por Morette foi publicado em livro dois anos depois pela editora francesa Hermann, com uma apresentação de Lattes e um prefácio de Louis de Broglie, decano da física teórica no país natal da autora. Já o curso de Feynman, sobre as técnicas de cálculo que ele mesmo, havia pouco tempo, inventara para tratar

\* Endereço de correspondência: [heraclio.tavares@gmail.com](mailto:heraclio.tavares@gmail.com)

a eletrodinâmica quântica, até onde sabemos, não foi registrado em papel.

Quando vista em perspectiva histórica, as presenças e os cursos de Morette e Feynman chamam atenção não somente pela juventude dos seus autores, mas, também, pela novidade dos temas abordados. O fato de Morette ter 26 anos e Feynman 31 nos leva a imaginá-los como jovens adultos cheios de vigor, energia e entusiasmo. Elementos que, certamente, contribuíram para que o CBPF, fundado em 15 de janeiro de 1949, superasse os obstáculos iniciais, tais como a ausência de uma sede própria, adequada para a prática científica, e as dificuldades em conseguir estabilidade financeira. Àquela altura, o CBPF estava localizado em um prédio comercial no centro de negócios da Cidade do Rio de Janeiro e sobrevivia através de doações de particulares.

A tenra idade dos fundadores do CBPF e de seus primeiros professores estrangeiros recebeu especial atenção por parte de Lattes na apresentação que escreveu para o livro de Morette. Em 1951, Lattes, contando 27 anos, sugeriu que a criação do espaço necessário para que a física no Brasil pudesse prosseguir com o mesmo sucesso alcançado por Gleb Wataghin na Universidade de São Paulo (USP), entre 1934 e 1949, precisaria contar com gente jovem. A juventude seria, ao lado de outras características, tais como interesse, competência, disposição e perseverança, elemento essencial para que a física brasileira produzisse resultados dignos de compartilhamento com os centros já estabelecidos e de maior tradição. A juventude era, talvez, o elemento necessário para trilhar os desconhecidos caminhos que estavam sendo abertos, a muito custo, para um melhor entendimento da estrutura da matéria em seu nível mais fundamental.

Em geral, ainda que nem sempre, a juventude é acompanhada de coragem e disposição para se aventurar no desconhecido. Um espírito jovem gosta de desafios e os aprecia; é intrépido e ousado. Ao olharmos para o grupo de jovens mencionados, percebemos o quanto esta adjetivação é adequada. Ainda que retrospectivamente, não é exagero afirmar que, naquele período, nenhuma outra área da física era mais apropriada para Leite Lopes, Lattes, Tiomno, Morette, Feynman, entre outros, do que o estudo da natureza das partículas elementares. O motivo é simples. Tanto a física de partículas como quanto estes físicos experimentavam o frescor da existência.

Conscientes de suas competências científicas, esses jovens sabiam que tinham que ter uma agenda própria, que fosse criada por eles e reconhecida como deles. A tão ansiada autonomia científica não seria alcançada caso eles se limitassem a repetir o que era feito nos centros tradicionais. As cartas que trocaram desde, pelo menos, 1942 apontam para essa meta, ou, se preferirem, para essa vontade. No início de seu livro, bem como ao seu final, Morette, refletindo sobre seu curso, dado em meio ao ruído típico das cidades tropicais, reconhece sua incompletude, “mas nos pareceu preferível ajudar

rapidamente os jovens pesquisadores a **entrar no jogo**, em vez de entregar-lhes um trabalho acabado, mas desatualizado.” [grifos nossos].<sup>1</sup> O uso da palavra *jeu*, “jogo”, nos parece feliz. O final de um jogo é sempre desconhecido, ainda mais quando, tal como era o caso, as próprias regras que o organizam, são ainda misteriosas. Para os jovens brasileiros, o convite de Morette era como o canto da sereia, impossível de não ser atendido. Mais do que Feynman, ainda vivendo o luto da perda prematura de sua esposa [3], que pouca atenção deu a estudantes, foi Morette quem melhor compreendeu de que modo o espírito daqueles jovens poderia ser saciado.

Com a criação do CBPF, a jovem e ainda incompleta equipe de jogadores já dispunha de uma arena própria para seus treinamentos. O principal ainda estava por ser construído, a saber: a agenda científica. Em outras palavras, que problemas seriam discutidos e perseguidos? Como eles seriam resolvidos? Como seriam testadas as conclusões sugeridas? As respostas a essas questões, entre outras, podem ser lidas nas dezenas de cartas trocadas entre Leite, Lattes, Tiomno, Elisa Frota-Pessoa e Hervásio de Carvalho, que nos permitem conhecer quais eram suas ambições. Eles não queriam ser coadjuvantes, mas, sim, protagonistas.

## 2.1. Teorias mesônicas

Em carta datada de 08 de fevereiro de 1942, Leite Lopes comunicava ao seu condiscípulo, Jayme Tiomno, que o professor Luigi Sobrero, até então responsável pela cátedra de Física Superior na Faculdade Nacional de Filosofia (FNFi) da Universidade do Brasil, retornaria em definitivo para a Itália, seu país de origem. Aparentemente, seu retorno ia ocorrer logo, em coisa de, talvez, 20 dias. Leite diz estar triste com o retorno de Sobrero ao seu país natal, tendo em vista tudo aquilo que ele havia feito pela “cultura científica brasileira” [4]. Pouco depois de instar Tiomno a vir para a cidade do Rio de Janeiro a fim de se despedir de Sobrero, Leite transmitia algumas novidades, as quais, a julgar pelo tom dado às suas palavras, eram positivas. A primeira delas dizia respeito à publicação da Revista da FNFi, órgão oficial do diretório de estudantes da Faculdade Nacional de Filosofia para a divulgação de resultados de pesquisas realizadas por professores e alunos. A segunda boa notícia era relativa à abertura das inscrições para o curso de doutoramento, o que sugere que Leites Lopes e Tiomno cogitavam nele se inscrever [5].

Considerada em uma perspectiva global, a carta acima não deixa dúvidas sobre a disposição de ambos em se dedicar a atividades capazes de transformá-los em pesquisadores em física. Não sabemos se eles se inscreveram

<sup>1</sup> Todas as traduções do francês para o português são de responsabilidade dos autores deste artigo. No original: *mais il nous a semblé préférable d'aider rapidement les jeunes chercheurs à entrer dans le jeu plutôt que de leur remettre un travail parachevé mais démodé* [2, p. 109].

no curso de doutorado da FNF<sub>i</sub>. O que se sabe é que, enquanto Tiomno e César Lattes eram convocados para servir no Exército brasileiro quando do ingresso do Brasil no conflito mundial que acontecia, Leite, ao longo de 1942, foi agraciado com a bolsa Guilherme Guinle para ficar vinculado ao Instituto Carlos Chagas no Rio de Janeiro, tendo tranquilidade financeira para se dedicar somente aos estudos e se licenciar ao final daquele ano. Entre os meses de abril e agosto de 1943, a Fundação Zerrener, da Companhia de cerveja Antártica, concedeu mais uma bolsa de estudos a Leite Lopes para, desta vez, se aperfeiçoar junto ao grupo de Gleb Wataghin em São Paulo.<sup>2</sup>

No Departamento de Física da USP, Leite Lopes, interessado em física teórica, trabalhou sob a supervisão de Mário Schenberg. Wataghin, afastado da direção do departamento por conta da sua nacionalidade italiana, estava mais preocupado em dar prosseguimento às suas experiências em raios cósmicos. Schenberg, físico teórico com inclinações à elaboração de teorias fundamentais, não estava vinculado a esses experimentos. Seu foco estava dirigido, entre outros problemas, à formulação de uma teoria do elétron que eliminasse as divergências que apareciam nas propostas, então existentes, de quantização do campo eletromagnético.

Ao longo de 1943, eventualmente, Leite Lopes ia ao Rio de Janeiro. O trabalho com Schenberg foi bem-sucedido, na medida em que desenvolveram um modelo para o elétron divulgado em revistas no Brasil e no exterior. Para a formação de Leite Lopes, certamente, foi importante publicar os resultados obtidos com seu colega, que, como ele, era pernambucano [7]. Contudo, o tempo de Leite em São Paulo não se limitou a fazer contas e discuti-las com o grupo. Ele também apresentou seus resultados em ao menos uma sessão da Academia Brasileira de Ciências (ABC), o que o obrigou a se preparar para exposições e debates orais. Aos poucos, no eixo Rio-São Paulo, Leite Lopes se fazia conhecer como pesquisador naquele que era o principal fórum da ciência brasileira, reunindo intelectuais que pensavam os problemas do país em uma perspectiva científica [8, p. 135].

Quando considerado retrospectivamente, aquele ano passado junto a Schenberg, Wataghin, Damy, entre outros, forneceu a confiança necessária para que Leite Lopes acreditasse em suas capacidades como físico teórico. Essa confiança, ao lado do conhecimento adquirido em física moderna, algo ausente em seus anos como estudante de bacharelado e licenciatura em física na FNF<sub>i</sub> entre 1940 e 1942 [9], foram importantes para que ele se considerasse em condições de agarrar a oportunidade que surgiu logo em seguida: a oferta de uma bolsa de estudos para a Universidade de Princeton, concedida pelo Departamento de Estado norte-americano.

<sup>2</sup> Na USP, Leite Lopes investigou teoricamente os limites do raio do elétron sob a supervisão de Mário Schenberg e se aproximou do então estudante César Lattes [6].

## 2.2. Princeton e Pauli: *ethos* científico, pessimismo teórico e a esperança nos jovens

Dezembro de 1943. Os termômetros em Recife marcavam em torno de 30 graus Célsius. No aeroporto da Cidade, José Leite Lopes se despedia de sua família. Ele embarcava para os EUA. Um bimotor o esperava. Com sua noiva, deixava a poesia de José Maria Rilke sobre Rodin. Em sua bagagem, duas graduações: uma em química, outra em física. Em seu espírito, a convicção de se especializar em física teórica moderna, “[...] por influência do Schenberg, do Wataghin, por este grupo de São Paulo que era o grupo que fundou, realmente, a física moderna no Brasil” [10, p. 16]. Ao chegar na Universidade de Princeton, o matutão, como Leite se imaginava [10, p. 13], descobriu-se cosmopolita. Colombianos, chineses, mexicanos, alemães, australianos e, entre eles, um único brasileiro, que encontrou acolhimento na proposta de pesquisa oferecida por Josef Jauch, o primeiro a supervisionar, ou melhor, a guiar Leite Lopes, de forma sistemática, pela complexidade da física teórica. O tema? Teoria dos pares de mésons escalares, que estaria dentro da Teoria dos Mésons.

Em meados dos anos 1940, os físicos se deparavam com enormes dificuldades para formular ideias coerentes não só para descrever o comportamento dos componentes dos raios cósmicos, mas também para entender de que modo nêutrons e prótons mantinham-se coesos no núcleo atômico. Leite Lopes, por estar em Princeton, desfrutava de um local especial para viver as agruras pelas quais passavam seus colegas físicos espalhados pelo mundo. Seus principais interlocutores, Jauch e Wolfgang Pauli, eram reconhecidamente dois dos cientistas mais qualificados para enfrentar tais dificuldades. Eles se destacavam pela competência científica e por trocarem extensa correspondência com colegas, que, mesmo enfrentando as duras limitações impostas pelo conflito mundial, continuavam a trabalhar em temas não militares.

Seu contato inicial com Pauli evoluiu para uma orientação de tese. Com o físico austríaco, Leite teve afetuosas conversas pelos jardins do Instituto de Altos Estudos, onde ia a seminários de von Neumann, de Hermann Weyl e, de vez em quando, recebia cumprimentos em forma de sorrisos de Albert Einstein enquanto caminhava pelo campus. O ambiente era repleto de ideias e de intelectuais de toda estirpe. Bertrand Russell, Arnold Toynbee e Hans Reichenbach lhe davam o toque histórico-filosófico enquanto as temporadas de apresentações de música clássica que iam ocorrer em Nova Iorque tinham suas *premières* em Princeton. Essa atmosfera deixou marcas no jovem Leite Lopes que iam reaparecer anos mais tarde quando se reinstalou no Brasil.

Pauli passou a se interessar pela teoria de Yukawa após ter chegado aos Estados Unidos e por insistência de seu colega Robert Oppenheimer. Ao longo de toda a década de 1940, Pauli se dedicou obstinadamente, como era de seu feitio, aos problemas decorrentes da incerta identidade dos mésons. Sua correspondência

nos permite, fundamentalmente, conhecer seu estado de ânimo, que, além de crítico, era bastante negativo em relação às ideias propostas por seus colegas. Pauli dedicou enorme tempo para analisar as ideias que lhe chegavam por cartas, *preprints* e artigos. Ele publicou um pequeno livro, em duas edições [11, 12], que reuniu as preleções que deu na Universidade de Columbia, em Nova York, nos meses de setembro e outubro de 1944. O propósito desta brochura era organizar o que vinha sendo desenvolvido para o entendimento da natureza das forças nucleares e do papel desempenhado pelos mésons sem iludir seus leitores. No prefácio para a primeira edição, de 1946, republicado na edição de 1948, ele afirmou:

Despite the imperfections of my lectures, the original notes written by Dr. J. F. Carlson and Dr. A. J. F. Siegert have been amended only slightly, to preserve the informal character of the lectures and to emphasize the very provisional state of the problems in question, to which new experiments may in the future make important contributions [11 e 12].

As palavras de Pauli não deixam dúvidas sobre sua insatisfação com as teorias que tratavam a interação dos mésons com prótons e nêutrons. Ao mesmo tempo, ele esperava que experimentos futuros (e nem poderia ser de outro modo, dada a persistência da guerra) ajudassem a esclarecer os rumos que os físicos teóricos poderiam tomar. Atentemos para o fato de que esse prefácio foi concluído em fevereiro de 1946, mês de retorno de Leite Lopes para o Brasil após a conclusão do seu doutorado em dezembro do ano anterior.

Em sua correspondência, Pauli foi mais direto ao se referir ao estado da teoria dos mésons. No primeiro semestre de 1945, em carta a Oppenheimer, Pauli afirmava: “*In the moment the meson-theory is somewhat stuck*” [13, p. 266]. Uma das causas do incômodo de Pauli era o grau de artificialidade de boa parte das propostas. Pouco depois de terminadas suas preleções em Nova York, ele escreveu, em novembro de 1944, a Georg Wentzel, um dos físicos mais interessados em contribuir para aquela área e muito amigo de Pauli, o seguinte: “Na atual situação, parece-me que todas as teorias enfrentam grandes dificuldades. [...] Hulthén fez, a partir da teoria de acoplamento fraco, muitos cálculos sobre essa questão, mas apenas pôde sugerir saídas artificiais.”<sup>3</sup>

Nessa circunstância de incerteza, os físicos faziam muitas contas, que, mesmo estando corretas sob o ponto de vista formal, acrescentavam nada de relevante ao entendimento físico dos fenômenos. A situação de

descrença era tamanha que Pauli não acreditava nos resultados matemáticos que alcançava. Em outro trecho da mencionada carta a Oppenheimer, Pauli trata um artigo pensado para uma edição da *Review of Modern Physics*, organizada para celebrar o 60º aniversário de Bohr. Ele escreveu esse artigo em colaboração com um pós-doutorando chinês que supervisionava chamado Hu. Segundo Pauli: “*It does not seem that has much to do with physics*” [13, p. 265]. Essa situação fazia com que ele se sentisse cansado em relação à teoria dos mésons. Leite Lopes testemunhava isso de perto.

A partir do segundo semestre do ano de 1944, à medida que países da Europa Ocidental eram liberados da ocupação alemã, Pauli retomou contato com colegas europeus, alguns deles vivendo na Holanda. Uma pessoa com a qual Pauli voltou a trocar cartas foi Hendrik Casimir, que, em outubro de 1945, recebeu carta na qual Pauli expressou seu pesar:

The problem of the nature of the nuclear forces is still as unsolved as it was in 1940. [...] I think that experiments with high energy protons and neutrons could help quite a lot in finding out the laws which the nuclear forces obey [15, p. 321].

O tempo passava e o ânimo de Pauli não melhorava. No ano seguinte, quando pisava em solo suíço pela primeira vez desde que partira, há coisa de seis anos, ele escreveu a Lamek Hulthén, uma das pessoas cujas cartas mais animavam o físico austríaco durante seus anos de isolamento nos EUA. Falando de Heisenberg, que estava interessado no fenômeno da supercondutividade, Pauli registrou em carta, de maio de 1946, ao físico chinês Shih-Tsun Ma que:

Moreover I heard that Heisenberg has a theory of superconductivity ‘half ready’, but I did not see it yet. At present it is very difficulty [sic.] to do something reasonable theoretically in nuclear physics (it will probably be different again in one or two years) so it seems quite reasonable to fill the meantime by occupation with problems of a different nature [16, p. 356].

Ao retomar o contato com seus velhos amigos e professores, Pauli descrevia o que havia feito desde que saíra da Suíça e emitia suas opiniões sobre o campo. Em 04 de outubro de 1946, ele escreveu o seguinte ao seu antigo professor, Arnold Sommerfeld:

Durante os anos de guerra, eu me dediquei principalmente à teoria dos mésons e às palestras que dei sobre isso no outono de [19]44 já foram publicadas (na América) como uma pequena brochura. Estas questões ainda estão sem resposta e provavelmente levará algum tempo para chegar a algo novo e

<sup>3</sup> Todas as traduções do alemão para o português são de responsabilidade dos autores desse artigo. No original: *Der gegenwärtige Stand scheint mir der, dass alle Theorien grosse Schwierigkeiten haben. (...) [Lamek] Hulthén hat auf Grund der schwachen Koppluntheorie viel über diese Frage gerechnet, hat aber nur künstliche Auswege vorzuschlagen* [14, p. 248].

que algum material experimental disponível seja utilizável teoricamente.<sup>4</sup>

Pauli presentia que, uma vez terminada a guerra, muita coisa mudaria na física. Essas mudanças não seriam apenas na física enquanto conhecimento da natureza, mas abarcariam o modo pelo qual ela era praticada. Apesar de ser relativamente novo, 45 anos de idade, e ser o ganhador do prêmio Nobel de 1945, ele reconhecia que era tido como um veterano, o que, eventualmente, poderia ser um obstáculo à sua inserção no novo *modus operandi* científico que, ele acreditava, ia vigorar. Diante desta leitura, Pauli considerava provável que o impasse da teoria dos mésons viesse a ser superado pela geração mais jovem:

É bastante questionável se os resultados experimentais esperados com a ajuda das novas grandes máquinas [os aceleradores] também fornecerão pistas para a formação de um novo conceito. Talvez "crianças prodígios" (em torno dos 20 anos) apareçam na física teórica com boas novas ideias.<sup>5</sup>

Nessa carta, escrita em 19 de setembro de 1946, quando o grande ciclotron do *Radiation Laboratory*, da Universidade de Berkeley, estava em fase final de ajuste para entrar em operação, Pauli põe em dúvida se os aceleradores iam ser capazes de retirar os físicos da difícil situação que viviam acerca da Teoria dos mésons. Afinal, os resultados alcançados pelos experimentos com raios cósmicos até aquele momento não permitiam uma compreensão alargada do quadro. Sua desconfiança com relação à capacidade das experiências persistiu ao longo de 1947 e 1948. Entretanto, na segunda edição da sua brochura sobre a teoria mesônica das forças nucleares, publicada em 1948, Pauli indica que tinha esperanças de seu pessimismo estar com os dias contados:

The provisional state of the meson theory has become still more obvious as a result of the experimental discovery of at least two kinds of mesons by C. F. Powell and G. P. S. Occhialini, and by the absence of negative meson capture by the lighter nuclei by M. Conversi, E. Pancini, and O. Piccioni. In view of the failure of all present theories

in explaining these new facts, the author saw no possibility of making an essential improvement in the substance of this book. But the recent success of C. M. G. Lattes and E. Gardner in producing mesons artificially will presumably bring forth a great change of the whole situation in the near future [12].

Como muitos dos seus colegas, Pauli percebeu a relevância dos resultados obtidos pela dupla Eugene Gardner e César Lattes, ainda que permanecesse incerto o que daí poderia resultar de positivo. De todo o modo, a previsão de Pauli de que os mais jovens iam retirar a física do impasse mostrou-se acertada. Mais do que isso. Experimentalmente, a participação de um jovem brasileiro nas pesquisas sobre os mésons foi fundamental [19]. Portanto, a convivência com Pauli não foi importante para Leite Lopes apenas pela física que foi levado a dominar. cremos que ainda mais relevante do que aquilo que aprendeu com a "consciência crítica da física" foi a certeza de que o futuro da área estava nas mãos dos mais jovens, entre os quais o próprio Leite se encontrava.

### 3.1. Experiências e teorias mesônicas: os jovens brasileiros

Após Leite Lopes ter defendido sua tese em 1945, um dilema se impôs. Por um lado, havia a oportunidade de permanecer nos EUA como instrutor no Instituto de Altos Estudos, trabalhando ao lado de Pauli. Por outro, surgia no Brasil, mais especificamente na FNFi, uma posição profissional que não se via todo dia. "Esteja certo, meu caro Leite", escreveu o físico Joaquim Costa Ribeiro, chefe do departamento de Física da FNFi, "de que eu considero a sua vinda para ocupar a cadeira de Física Teórica e Superior na nova Faculdade, como conquista de maior importância para os nossos sonhos de realizar aqui um centro de pesquisa científica sério de nível elevado" [20, p. 25]. A indecisão se apossou de Leite Lopes. Wataghin, que visitava Princeton ao final de 1945 [6, p. 290], aconselhou Leite pessoalmente: "[...] se você se interessa em voltar para o Brasil, não é todo o dia que aparece uma cadeira como essa" [10, p. 26]. A posição na FNFi ia permitir que Leite Lopes atuasse em um local com inúmeras possibilidades de inovação, já que o tema que trabalhou em sua tese se relacionava com problemas em aberto na comunidade internacional de físicos.

Leite Lopes defendeu tese cujo título é "*High Energy Neutron-Proton Scattering and the meson theory of nuclear forces with strong coupling*", na qual trata o desenvolvimento de teorias que podiam se adequar a dados experimentais [21]. De forma resumida, Leite apresentou os dados experimentais da época sobre o problema de anisotropia de 14 MeV no espalhamento de nêutrons [22]. Sob o ponto de vista teórico, Leite Lopes tratou a teoria mesônica de campo das forças nucleares de acordo com a proposta de Møller-Rosenfeld

<sup>4</sup> No original: *Während der Kriegsjahre habe ich hauptsächlich Mesontheorie getrieben und die Vorlesungen, die ich im Herbst '44 darüber gehalten habe, erscheinen nun (in Amerika) als eine kleine Broschüre. Diese Fragen sind noch alle recht ungeklärt und es dürfte wohl noch einige Zeit dauern, bis neues, theoretisch verwertbares experimentelles Material zur Hand sein wird* [17, p. 386].

<sup>5</sup> No original: *Es ist wohl fraglich, ob die mit Hilfe der neuen großen Aselerationsmaschinen zu erwartenden experimentellen Ergebnisse auch Anhaltspunkte zu einer neuen Begriffsbildung geben werden. Vielleicht werden wieder "Wunderkinder" (im Alter von 20 Jahren) in der theoretischen Physik auftauchen, mit guten neuen Ideen* [18, p. 384].

no caso limite para acoplamento forte e na forma simétrica. Além dessa teoria, o físico pernambucano mencionou a teoria de aproximação de Born (a segunda aproximação) para o caso de estados virtuais excitados dos núcleons, onde percebeu um decréscimo da razão  $R$  para seções de choque diferenciadas. Leite mencionou que essa razão é maior do que 1 e os resultados obtidos sugeriram a possibilidade de combinações de efeitos virtuais. Leite Lopes, então, calculou a seção de choque de espalhamento inelástico para energias de 100-200 MeV, tanto sob a ótica da teoria de Møller-Rosenfeld, como na de Schwinger (primeira aproximação de Born). Ele encontrou a seção de choque de  $10^{-26}$  cm<sup>2</sup>.<sup>6</sup>

Fevereiro de 1946 foi um ano de idas e vindas para a moderna física brasileira. Enquanto Leite Lopes desembarcava no Brasil, depois de dois anos em Princeton, César Lattes tomava um cargueiro rumo a Bristol, na Inglaterra, onde ia ficar até 1947. Com um doutorado na bagagem, o primeiro de um físico brasileiro, Leite tinha assegurada a assunção interina da cátedra de Física Teórica na FNF. Apesar de São Paulo já ter um grupo consolidado em Física Nuclear e de raios cósmicos, não havia nada do que se podia chamar, à época, de física atômica moderna no Rio de Janeiro, mesmo com a presença constante de físicos da USP em terras cariocas para participação em reuniões na ABC tratando esses temas. Foi Leite Lopes que se encarregou de organizar um grupo ao seu redor para começar o estudo de física moderna na Cidade Maravilhosa. Energia e qualidade intelectual para realizar este trabalho não lhe faltavam. Moço, recém-chegado de uma temporada no exterior sob orientação do último ganhador do Nobel em física, Leite sentia que a então Capital Federal brasileira possuía, pela inexistência, as condições para se construir algo novo.

Ao iniciar seu trabalho na FNF em 1946, Leite pôde colocar em prática o que aprendeu em Princeton, não apenas ao quadro negro, mas, sobretudo, reproduzindo no ambiente as relações horizontais e de franca troca de ideias que experimentou. Quando voltava para casa, um quarto de pensão na agradável colina que abriga o bairro de Santa Tereza, dividia seu lar com pintores, como Maria Helena Vieira da Silva, com matemáticos, dentre os quais figurava Antonio Monteiro, e poetas, destacando-se Manoel Bandeira. Imaginamos que, nesse ambiente criativo, Leite tenha chegado em casa após um dia exaustivo na FNF, em meados de março de 1946, e encontrado uma carta de César Lattes em sua caixa de correspondências. Há anos não via o amigo. Conheceram-se em 1943, na USP, quando Leite trabalhava sob a supervisão de Schenberg e Lattes estava em seu último ano de graduação. Como essa era a primeira das muitas cartas que Lattes lhe enviou ao longo de seu tempo em Bristol, acreditamos ter existido em Leite

certa expectativa por conta da saudade do amigo e devido aos planos que traçavam. “Meus parabéns pelas suas atividades dos E.E.U.U.,” escreveu Lattes, poucos dias depois de sua chegada à Inglaterra, “Faço votos para que você continue suas pesquisas aí no Rio, apesar da falta de ambiente (você poderá cria-lo)” [26, p. 72].

É difícil termos noção exata das dificuldades que esse jovem físico pernambucano teve que enfrentar àquela época para executar seus planos. Todavia, Leite sabia bem o que lhe esperava. Sua intensa correspondência com Guido Beck<sup>7</sup> demonstra seu apreço à tradição. Assim como em Wataghin e em Arthur Moses, presidente da ABC,<sup>8</sup> em Beck Leite buscava orientação de alguém experiente, que compreendia a situação da física no Brasil. “[...] Praticamente tudo está por ser feito [no Rio de Janeiro]”, escreveu Leite Lopes a Beck, “[...] principalmente a organização das condições e a formação de estudantes para a investigação em física” [28, p. 6]. O vazio no Rio de Janeiro foi tomado como oportunidade por Leite. As cartas que Lattes lhe enviou nesse período revelam as buscas conjuntas por soluções para a física no Brasil. “Voltarei ao Brasil se houver possibilidade de trabalhar livremente. Ora”, exclamou Lattes:

como você deve estar informado, pelo menos para mim, o lugar em que esta possibilidade é mais remota é São Paulo e, por isso mesmo, recorro a você para saber quais as condições no Rio. Meus planos são, aprender o mais possível e, ao voltar, **colaborando com você e com os demais moços capazes e de boa vontade que consigamos arranjar**, tentar alguma coisa de sério, isto é, um núcleo em que se faça física [grifos nossos] [29, p. 30].

A física a qual Lattes se referia era a física moderna, a que considerava os avanços trazidos pela mecânica quântica. Essa era a ideia que eles compartilhavam.

<sup>7</sup> Durante a Segunda Guerra, o físico Guido Beck, nascido em Liberec, República Tcheca nos dias atuais, foi convidado pelo Observatório de Córdoba, na Argentina, para ser seu Diretor. Beck era físico nuclear e tinha passagens pelo Instituto Niels Bohr, Cavendish Laboratory, Universidade do Kansas, nos EUA, e outras universidades, além de ter sido assistente de Heisenberg em Leipzig [27].

<sup>8</sup> Em uma visita à FNF, no segundo semestre de 1947, de Harry Miller e Warren Weaver, representantes da *Rockefeller Foundation*, Joaquim da Costa Ribeiro pediu que a Fundação estadunidense financiasse tempo integral, por determinado período, aos pesquisadores da Faculdade Nacional de Filosofia em desacordo com a estratégia de negociação que Leite gostaria de ter para a física no Rio de Janeiro. Sobre isso, Leite escreveu a Tiomno o seguinte: “Vou escrever ao Miller, naturalmente, com toda a calma e ponderação possíveis, dizendo que o Costa não está bem ao par das *dermaches* (sic) sobre o tempo integral e que ele escreveu em nome pessoal. [...] **O Moses aconselhou-me a fazer isso** e pediu que eu escreva ao Miller para que este se informe do próprio Moses do assunto.” [grifos nossos, 24]. Outros conselhos de Moses a Leite, tratando a situação da física no Rio de Janeiro, aparecem em várias outras cartas que este enviou a Tiomno.

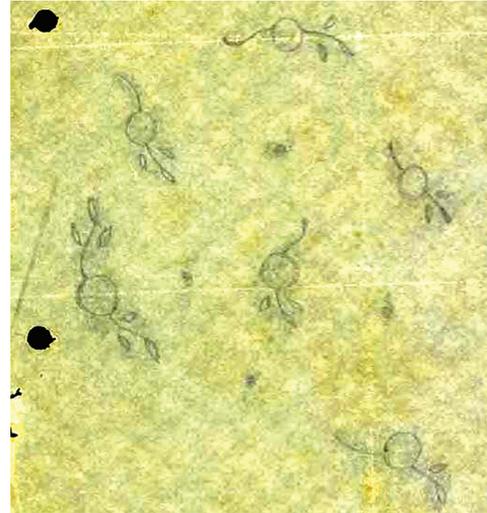
<sup>6</sup> O resultado de sua tese aparece em cartas a Tiomno [23 e 24], nas quais eles discutiam a elaboração de um trabalho em conjunto que o apresentasse, o que acabou ocorrendo [25].

Lattes continuou sua missiva comprometendo-se com o projeto: “Tenho certeza de que você deverá estar planejando alguma coisa deste tipo, de maneira que o que eu venho a propor é unir nossos esforços” [29, p. 30]. Dessa forma, desenhava-se o compromisso entre jovens físicos brasileiros para colocar em prática as novidades teóricas e experimentais na física àquela época.

Enquanto isso, entre o final de 1945 e os meses iniciais de 1946, Jayme Tiomno, dispensado do Exército brasileiro e ainda ocupando uma posição como assistente de Joaquim Costa Ribeiro na FNFi, passava uma temporada na USP e entrava em contato com a mecânica quântica de Dirac e com a dinâmica analítica através de Mário Schenberg. Ao mesmo tempo, lia trabalhos de Max Born. A respeito desses estudos, Tiomno, em carta a Elisa Frota-Pessôa, então estudante de física na FNFi, diz que “[...] são tantas brechas a tapar que nem sei por onde começar” [30]. Ele fazia menção às lacunas em sua formação e atividade profissional na FNFi. Entretanto, com o retorno de Leite Lopes para o Brasil em 1946, o cenário mudou. “[...] estude o que puder”, diz, em ar de orientação, Tiomno a Elisa, já que esta, assistente de Costa Ribeiro, planejava passar também uma temporada na USP: “[...] acompanhe o curso do Leite porque senão você sentirá muitas dificuldades aqui no ano que vem” [30]. A presença de Leite Lopes no Rio de Janeiro criava para esses jovens físicos um ambiente de oportunidades científicas na vanguarda do conhecimento. Eles sentiam a potência, a pulsão desse conjunto de saberes e se esforçavam para estar atualizados com o que era investigado na comunidade internacional de física e se organizavam para ocupar posições institucionais que, segundo suas expectativas, iam ser abertas.

Ao mesmo tempo em que Tiomno e Elisa buscavam amadurecimento científico através do ensino de física moderna já bem estabelecido em São Paulo, Leite Lopes revelava a Martha Siqueira Neto a estratégia que traçava com Lattes, seu noivo, para levá-lo para o Rio de Janeiro após o término de seu período em Bristol: “Estou entusiasmado com a ideia de trazer Lattes para o Rio e farei de tudo para realizá-la. Sua presença aqui melhorará o ambiente de física.” Contudo, as expectativas positivas não eliminavam a dura realidade. Na mesma missiva, Leite revelou que:

Atualmente, estou praticamente sosinho e resolvi dedicar-me durante um ano aos cursos que dou e aos seminários. Acho que essa tarefa de preparação de uma equipe jovem é essencialíssima – na verdade, base para a pesquisa – e como não encontro atualmente apoio nem auxílio nenhum dentro da Faculdade para isso [...] resolvi fazê-lo sosinho mesmo. Às vezes, canso-me e melancolizo-me sobretudo por não ter com quem falar sobre problemas, mas isso é natural e o essencial é prosseguir até que a árvore cresça e, sosinha, possa florescer [sic.] [31].



**Figura 1:** A mencionada carta de Leite a Martha [32] é adornada com pequenos brotos que, abusando da interpretação histórica da situação, entendemos como expressão estética da manutenção de sua esperança no projeto de levar a física moderna para o Rio de Janeiro. Seria o início do florescimento da árvore mencionada em [31]. Leite Lopes mostrava habilidade na pintura de quadros e era um grande apreciador de arte [33].

Os planos de levar Lattes para a FNFi, ao menos naquele momento, não obtiveram sucesso. A ideia era que ao final do seu tempo em Bristol, que ia ocorrer em fevereiro de 1947, ele voltasse para o Brasil. Apesar de Leite ter estabelecido acordo com Wataghin para que Lattes fosse para a FNFi e mantivesse seu comissionamento pela USP, a burocracia da Faculdade Nacional de Filosofia impedia considerar essa possibilidade, como Leite informou a Martha por carta [32], cujos detalhes das inscrições revelam a inclinação artística que possuía seu autor [Figura 1].

Mesmo diante da necessidade de um grande empenho para criação desse ambiente, o grupo não esmoreceu diante das dificuldades. Esses jovens físicos criaram uma rede de solidariedade para dividir as dores da situação que atravessavam. Em carta de Tiomno a Leite, temos exemplo dessa rede de suporte moral:

Fiquei muito satisfeito com as tuas notícias, espero que as coisas já estejam funcionando regularmente e que você tenha conseguido regularmente e que você tenha conseguido um grupo razoável para trabalhar. Isso é fundamental para a continuidade. [...] acho perfeitamente razoável que você esteja um pouco cansado com a luta. É dura e você tem trabalhado rijo. Veja de qualquer modo se consegue passar um período aqui [em São Paulo]. É indispensável para refazer as forças, renovar o ânimo de luta e, naturalmente, fugir um pouco do ambiente limitado e mesquinho daí. De qualquer modo é preciso aguentar a coisa até reunir novamente o

grupo aí e ainda preparar mais gente nova para formar uma frente firme para mais tarde [34, p. 31–32].

A tentativa de reunir um grupo para fazer física no Rio de Janeiro ia amadurecendo aos poucos. Aqueles jovens ainda não sabiam que soluções adotar para melhorar as condições de pesquisa na Capital Federal. Por ora, agiam de acordo com as circunstâncias. Ouviam físicos mais experientes, davam forma a um espírito de corpo em torno de uma causa em comum e estavam todos alinhados teórica e experimentalmente à vanguarda na física moderna da época, que investigava a estrutura de funcionamento e as características das entidades na dimensão subatômica. Mais importante, mantinham a crença na renovação de pessoal, na “gente nova”, que formaria a base para um momento mais oportuno.

### 3.2. Raios cósmicos e as teorias mesônicas na FNF*i*

Em Bristol, Lattes aperfeiçoava emulsões nucleares para serem usadas como detector de partículas. Ele era o físico responsável por sua calibração, fazendo experiências com aceleradores de baixa energia para analisar os traços causados por diferentes partículas carregadas, deixados por suas passagens pelas emulsões. A ideia do chefe do laboratório no qual Lattes atuava, Cecil Powell, era estabelecer padrões de identificação de partículas através da relação entre seus comprimento e perda de energia, e difundir o uso de emulsões nucleares como um detector confiável na comunidade de físicos.

No segundo semestre de 1946, a equipe de Bristol identificou eventos estranhos nas chapas expostas a raios cósmicos no Pic du Midi, na fronteira da Suíça com a França. Esses eventos não se enquadravam nos padrões pré-existentes e foram interpretados como o decaimento de um mesotron pesado em um leve [35]. Para construir uma visão detalhada da situação, era necessário um maior número de dados sobre o fenômeno, o que dependia da altura na qual as emulsões iam ser expostas a raios cósmicos. Em outras palavras, os cerca de 2.200 metros do Pic du Midi eram insuficientes para essa produção de dados, o que levou Lattes a organizar uma expedição ao Monte Chacaltaya, que tem cerca de 5.500 metros de altura, em La Paz, na Bolívia, que ia ser realizada entre abril e junho de 1947.

Ao longo dessa viagem, Lattes e Leite Lopes se reencontraram no Brasil. A investigação experimental de Lattes se relacionava diretamente com a pesquisa que Leite Lopes havia feito em Princeton e com os cursos que ele oferecia na FNF*i*. Lattes se recorda desse reencontro da seguinte forma:

Tornamos a discutir este ponto [o ambiente científico no Rio de Janeiro] em 1946 ou em 1947 quando Leite Lopes já havia sido indicado para a cadeira de física teórica na Universidade do Rio de Janeiro e eu voltara

de Bristol para expor as emulsões nucleares no Laboratório Chacaltaya. [...] Quando mostrei a Leite os primeiros decaimentos  $\pi$ -mu obtidos em Chacaltaya, ele ficou excitado como se este pudesse ser um processo fundamental. [...] Leite imediatamente começou a trabalhar estas questões. [...] lembro-me de que, voltando de Chacaltaya, a caminho de Bristol, usei o microscópio de Costa Ribeiro [...] para ver a terceira emulsão nuclear com um decaimento  $\pi$ -mu. Eu mostrei a Guido Beck e a Leite; para mim este já era um processo fundamental. Eu lhe passei os resultados de nossas medidas e ele [Leite] tentou verificar o esquema Møller/Rosenfeld de mistura de mésons vetoriais e pseudo-escalares [36, p. 10].

Leite havia publicado há pouco tempo dois artigos sobre forças nucleares e teoria mesônica [37, 38], e estava trabalhando temas diretamente relacionados à pesquisa que Lattes realizava. “*I continue with my little seminar on meson theory*”, disse Leite a Beck, em carta do mesmo período do seu reencontro com Lattes, iniciando a descrição dos trabalhos que conduzia no Rio de Janeiro, para, logo em seguida, explicitar os seminários que outros membros do grupo iam dar no segundo semestre de 1947:

Tiomno goes on with his little seminar [...] on Heitler’s book; Hervásio has started an L[e Grand Hour]-Seminar on Mattauch-Flugge’s book; Paulo Sergio makes an L-Seminar on some chapter of Mott and Mossey, theory of collisions; Elisa will start a Baby-Seminar on Heisenberg’s book on cosmic rays. Tomorrow we shall have Hervásio talking in the Main Seminar on the capture of mesons (paper of Italians) [39, p. 09].

Todos os responsáveis pelos seminários mencionados por Leite eram de jovens físicos. Nenhum deles, incluindo Leite, possuía posição permanente na universidade. O que os movia era o mesmo sentimento que Lattes disse que Leite teve ao observar os primeiros decaimentos de mesotrons: a excitação em lidar com o desconhecido [36, p. 10]. Desbravar uma área da natureza e criar as condições teóricas, experimentais e institucionais para investigá-la parece ter sido a tarefa que esses jovens físicos se atribuíram.

Tendo em mãos os primeiros dados sistemáticos provenientes da análise das chapas expostas em Chacaltaya, que Lattes enviou de Bristol antes mesmo de sua equipe redigir um manuscrito para algum periódico especializado [40, p. 89], Leite reviu com Tiomno, de volta à FNF*i* em 1947, os cálculos que realizavam sobre teorias mesônicas: “[...] acabo de receber carta de Lattes em que ele comunica que as massas dos mésons da placa (os mésons ‘duplos’ que ele mostrou aqui) são da ordem

de 170m e 320m.” Esses dados levavam Leite a crer que a teoria de “[...] Schwinger é seguramente melhor que a de M.[øller]R.[osenfeld]” [23]. Dessa forma, temos evidências históricas de que o grupo de jovens físicos brasileiros tratou o campo de partículas subatômicas tanto experimental como teoricamente.

Além dos resultados na pesquisa propriamente dita, as circunstâncias institucionais favoreceram o grupo. Em agosto de 1947, Leite Lopes possuía a informação de que o concurso para a posição de catedrático, que ocupava interinamente, havia sido aberto. Uma das etapas desse concurso era a defesa de uma tese. Leite já a escrevia nesse período e sua intenção era, revelada em carta a Beck: “[...] *to make a through re-examination of n-p and p-p scattering with special attention to high energies.*” O próximo trecho dessa mesma carta revela detalhes dos temas que ia atacar além da posição de liderança que ocupava na distribuição dos problemas científicos ao seu grupo:

I finished the calculations of the anisotropy of p-p scattering at 14,5 Mev. Tiomno investigated the problem in the Schwinger, pseudoscalar and vector meson theories. I investigated Møller-Rosenfeld and Hulthen's non-symmetrical theories, the latter reducing to the scalar case in the  $g^2$ -approximation for p-p scattering. I thought it would be good for Tiomno to become familiar with this kind of calculations and he worked very well [41, p. 12].

Esses eram problemas em aberto, investigados por físicos de todo o mundo. Apesar de Tiomno ter investido um bom tempo tentando solucioná-los, ele não chegou a terminar seus cálculos.<sup>9</sup> Consciente do grau de dificuldade dos problemas que passara a seu discípulo, essa descontinuidade não abalou Leite Lopes, mesmo diante da expectativa que alimentava de esses resultados contribuírem para o desenvolvimento de sua tese de cátedra, planejada para receber o ponto final até dezembro de 1947.<sup>10</sup> Como alcançar soluções, mesmo que temporárias, a respeito dos mésons era muito difícil, nesse momento, parece-nos que a opção de Leite foi sistematizar o trabalho que vinha desenvolvendo com seu grupo de maneira a compor um conjunto de problemas a serem apresentados; postulados que o permitissem manusear hipóteses e relacioná-las aos dados experimentais que surgiam, principalmente aos de Lattes.

<sup>9</sup> Tiomno enviou telegrama a Elisa Frota-Pessoa pedindo para ela avisar a Leite que havia um erro nos cálculos e que ele devia suspender o trabalho [42].

<sup>10</sup> Em dezembro de 1947, Leite publicou alguns dos resultados que tinha alcançado na *Nature* [43].

#### 4.1. Postulados e princípios da tese de cátedra de Leite Lopes

A tese de cátedra de José Leite Lopes apresenta, por um lado, os resultados de investigações realizadas à época sobre a interação dos mésons com os núcleons e, por outro, análises sobre a desintegração de mésons provenientes da radiação cósmica [44]. Até a realização de seu concurso, ocorrido em julho de 1948, muita coisa importante para a nossa análise ocorreu. Julgamos importante oferecer um tratamento detalhado do conteúdo da tese de Leite Lopes e de aspectos das circunstâncias que envolviam o ambiente que se criava no Rio de Janeiro para a atuação dos jovens físicos.

Sendo um teórico, Leite ressaltou que seus resultados são avaliados sob a ótica das teorias “atuais”, o que não o impediu de compará-los a resultados experimentais, dentre os quais os fornecidos por César Lattes, que iam receber tratamento especial. Grosso modo, os problemas que os físicos da geração de Leite estavam investigando iam servir como pontos de partida para que, caso seus esforços de construção de um grupo fossem exitosos, os recém-formados dessem continuidade às pesquisas. Como a física de partículas era um campo em construção, as possibilidades eram promissoras. Assim, sua tese de cátedra pode ser entendida como o documento que forneceu o norte de problemas na física de partículas a serem tratados por essa nova geração de físicos, baseada no Rio de Janeiro.

Optando por um desenvolvimento complexo, mesmo para a época de sua defesa, no qual a física é direcionada à matemática de operadores, é interessante vermos com certo nível de detalhe alguns dos problemas para os quais Leite buscou soluções e como ele as encaminhou. No capítulo I, Leite Lopes apresenta os princípios fundamentais da teoria do campo mesônico, iniciando com a existência de um campo ( $\phi$ ) que, na ausência do campo de núcleons, do campo eletromagnético e do campo de elétron-neutrinos, satisfaz a equação relativística de Schrödinger, consistindo no que Leite chamou de princípio fundamental I.

$$\square \Phi - \mu^2 = 0 \quad (1)$$

Onde  $\square = \Delta - \frac{\partial^2}{\partial t^2}$  é o operador “d’ lambertiano” e  $\mu$  é uma constante tendo a dimensão do inverso de um comprimento.

No chamado princípio II, Leite menciona que o campo é definido quanticamente por um operador que satisfaça a equação de Schrödinger e a estatística de Bose-Einstein. Esse campo descreve mésons (chamados de corpúsculos por Leite) com massa de repouso igual  $\mu$  e com spin inteiro.<sup>11</sup> Com relação ao spin, dentro dessa descrição quântica de campo, Leite diz que seu valor depende de propriedades de transformação de  $\phi$  em

<sup>11</sup> Cabe lembrar que nessa época não temos ainda a definição e aceite do isospin.

relação ao grupo de Lorentz. Em uma primeira hipótese, se  $\phi$  se transforma como um campo escalar ou como um campo pseudo-escalar, os mésons vão apresentar spin 0. Como segunda hipótese, se  $\phi$  é um quadri-vetor ou um pseudo-quadri-vetor, temos a satisfação da equação de Schrödinger e, além disso, a condição de Lorentz é imposta no vácuo, o que levará os mésons a apresentar spin 1. Leite Lopes prossegue, construindo, a partir do  $\phi$  e de suas derivadas, o operador hamiltoniano  $H_0$ , gerador da equação 1. Esse campo é descrito pelo funcional de Schrödinger  $\Omega(\phi, t)$  que satisfaz a equação:

$$\left(H_0 + \frac{1}{i}\partial_0\right)\Omega_0 = 0 \quad (2)$$

Já no postulado III, Leite Lopes assume que um núcleon (próton ou nêutron) interage com o campo de mésons e é descrito pela teoria relativística de Dirac. Para o postulado IV, Leite menciona que  $\phi$  pode ser complexo (não-hermitiano) ou real (hermitiano). No primeiro caso,  $\phi$  descreveria o campo de mésons carregados. Já no segundo caso, o campo descrito seria para mésons neutros. Leite Lopes queria verificar se a teoria mesônica possuía alguma relação de correspondência com os mésons observados na radiação cósmica, ou seja, com os corpúsculos carregados. De acordo com a teoria que vigia à época, a existência de mésons neutros (neutretos) ia permitir a interação entre núcleons de mesma carga, cuja força deve ser da mesma ordem de grandeza que a interação entre núcleons de cargas distintas.

A partir de estudos relativos à teoria simétrica [45, 46], Leite Lopes adotou o postulado III para avançar em suas proposições. Ele menciona que a energia potencial núcleon-núcleon de segunda ordem (levando em conta a teoria de perturbação) obtida e o fato, observado experimentalmente, de que as forças nucleônicas são de curto alcance impõem a condição de  $\mu$  ser diferente de zero. Leite Lopes afirma que:

O valor experimental deste alcance, da ordem do raio clássico do electron, fixa  $\mu$ , e portanto, a massa dos mesons responsáveis pelas forças nucleares. A imprecisão na determinação deste alcance fixa  $\mu$  à massa dos mesons nucleares virtuais entre 100 e 350 massas eletrônicas, o que é compatível com a massa dos mesons observados na radiação cósmicas [44, p. 6].

Aqui, caberia mencionar a preocupação de Leite em valorizar os resultados experimentais, o que pode ser visto como uma forma de evidenciar o trabalho de Lattes e indicar o quanto eles reforçavam a necessidade de realização de ainda mais pesquisas para definir a teoria adequada para tratar esses problemas. Aparentemente, esse esforço foi dificultado pela postura adotada por Joaquim da Costa Ribeiro ao longo do período em que Leite escrevia sua tese. Leite expôs a Guido Beck, em

outubro de 1947, que Costa Ribeiro agia a partir de uma suposta autoridade; atitude que ele não ia tolerar:

Although Costa Ribeiro wrote you expressing his hopes that I shall get my full time, he has not acted consistently with these words. [...] And the facts tend to prove that he wants no great center of physics here; he apparently wants to be considered by the authorities as the only one [47, p. 128].

O que há evidenciado nessa carta é uma questão geracional. Os tempos eram outros, os problemas eram outros, a física era outra e a atitude e valores também deviam ser outros. Costa Ribeiro representava os últimos suspiros de uma concepção de se fazer ciência que estava ruindo. Beck tentava acalmar o ânimo de Leite: “*Don't be impatient, things will run. I do not think that you are right to give all the responsibility to Costa Ribeiro. He is clever and is able to work in the right way, as soon as one can make him feel that this is his own interest*” [48, p. 129 e 130]. Em novembro de 1947, Leite revelou a Tiomno que estava absorto pela escrita de sua tese, o que deve ter sido ainda mais desgastante diante do ambiente controverso que vivia na FNFi [49].

Retornando ao postulado II da tese de Leite, ele afirma que ao quantizar, segundo a estatística de Bose-Einstein, o campo  $\phi$ , assume-se que os núcleons têm spin  $\frac{1}{2}$ , o que indica que eles podem emitir ou absorver mésons com spin inteiro. Assim, ao admitir-se o campo mesônico quantizado não há critério teórico que determine o spin do elétron mesônico. Leite menciona que a evidência experimental obtida com a curva que relaciona a intensidade dos *bursts* produzidos pelos mésons da radiação cósmica, observados a pequenas altitudes, pode ser descrita tanto por um campo escalar como por um campo pseudo-escalar. Por outro lado, diz o físico:

[...] a medida da seção de choque total da colisão de neutrons lentos com protons e as observações sobre a difusão de neutrons através de orto- e para-hidrogênio, bem como sobre a captura radiativa de nêutrons por prótons, indicam que a energia potencial neutron-proton depende certamente do estado de spin dos dois nucleons. Esta indicação conduz, se o postulado IV é admitido, a excluirmos o campo escalar, que dá lugar, como é fácil de ver, a uma energia potencial nucleon-nucleon independente da orientação do spin destes. Assim, a identificação dos mesons virtuais, responsáveis pelas forças nucleares, com os mesons observados na radiação cósmica, sugere que o campo mesônico pode ser descrito por um campo pseudo-escalar. Além deste admite-se ainda, por motivos que veremos no capítulo IV, que os nucleons criem também um campo vetorial [44, p. 7].

O postulado V trata a forma que o campo mesônico  $\phi$  interage com o campo dos elétron-neutrinos. Assim, uma consequência dos postulados III, IV e V é a de que um nêutron (próton) interage com o seu campo mesônico negativo (positivo) que, por sua vez, interage com o campo dos elétron-neutrinos podendo produzir um par formado por um elétron negativo (positivo) e um neutrino, transformando o nêutron (próton) em próton (nêutron). Se o núcleo atômico tolerar energeticamente este processo, conjectura Leite, o núcleo será beta-radioativo. Segundo essa ideia, o nêutron, tendo massa superior à soma das massas dos prótons e do elétron, seria beta-instável e possuiria uma vida média da ordem de dias.

Leite Lopes estendeu ao campo mesônico a hipótese da teoria das “lacunas” de Dirac, que gera como consequência a interação do campo mesônico com todos os outros campos: o de núcleons, o eletromagnético e o de elétron-neutrinos. Os mésons neutros, nessa circunstância, interagem com o campo dos núcleons, com o campo eletromagnético e com o campo de elétron-neutrinos. Nessa última interação, temos, na realidade, a desintegração do méson neutro em um par elétron-pósitron. Por outro lado, a interação do méson neutro com o campo eletromagnético, que não depende da carga do neutro, se dá através do campo de núcleons virtuais, ocorrendo a desintegração do neutro em fótons. É interessante percebermos que Leite manteve a ideia de desintegração, um conceito, fundamentalmente, da física nuclear, no seu tratamento da teoria de campos gerados por partículas.

Tudo era confuso neste período e formulações aplicadas a diferentes dimensões da estrutura da matéria sofriam releituras na tentativa de compreensão do novo. Longe do ambiente conturbado do Rio de Janeiro, algumas coisas começavam a ganhar sentido ao final de 1947.

#### 4.2. César Lattes: a face experimental dos mésons

Após receber uma bolsa Rockefeller, e decidir usá-la na Universidade de Berkeley, Lattes identificou os mésons negativos usando emulsões nucleares e o ciclotron em fevereiro de 1948 [19]. Definitivamente, como Lattes escreveu no artigo com esses resultados, “[...] *this marks the beginning of meson study under controllable laboratory conditions*” [50, p. 271], o que se relacionava diretamente com o trabalho que Leite vinha realizando no Rio de Janeiro. Em junho de 1948, ia ocorrer o congresso de Washington, onde Lattes e Eugene Gardner, chefe do grupo de emulsões ao qual o brasileiro se vinculou em Berkeley, eram esperados para apresentar seus resultados. Até a ocorrência desse evento, Gardner trocou correspondência com físicos de diferentes laboratórios, que pediam detalhes de seu trabalho.<sup>12</sup> A alguns deles,

Lawrence orientou que Gardner enviasse emulsões já bombardeadas pelo feixe do ciclotron contendo traços provocados por mésons, o que implicava o envio conjunto de suas localizações e as descrições de seus comportamentos: “*The mesons will be found on the 3-inch edge opposite the number, probably within a millimeter or so of the edge. As will be evidente from the accompanying diagram, the mesons strike the edge of the plate and move inward*” [53]. Lattes fez o mesmo, mas com seus pares no Brasil [54, p. 920]. A ideia era dar a ver a outros físicos o fenômeno que era observado em Berkeley.

Após quase uma década de confusão teórica, a notícia da produção e detecção dos mesotrons chamava a atenção da comunidade científica. Lawrence autorizou que Gardner e Lattes passassem um dia na Universidade de Rochester e visitassem o laboratório da Kodak antes do evento em Washington para tratar as especificidades da emulsão tipo NTB que essa empresa fabricava. Nessa situação, Gardner expôs o desejo de algumas alterações técnicas na emulsão e disse que o pessoal da Kodak “[...] *should talk directly to Dr. C. M. G. Lattes about this problem, since he was the one mainly interested and he is the one who will use the plates*” [55]. A autoridade de Lattes entre os físicos e químicos fabricantes da emulsão era grande. Ela foi construída através da análise das emulsões ao microscópio, o que Gardner já havia indicado a um interlocutor, interessado no uso desse detector: “*I probably won't be much help to you with microscope observation, but I fell sure that Dr. Lattes will be*” [56]. Lattes era o desenvolvedor e portador da habilidade de reconhecimento dos traços causados pelas partículas, especificamente pelos mésons, nas emulsões. Sua presença significava a presença dos códigos não verbais de interpretação desses dados [57].

Em Washington, Lattes e Gardner apresentaram os manuscritos “*Production of mesons by the 184-inch Berkeley cyclotron. Part I*” e “*Production of mesons by the 184-inch Berkeley cyclotron. Part II – Mass determination*”. As técnicas utilizadas e os resultados foram detalhados, lançando mão de fotografias dos engenhosos suportes que acomodavam as emulsões no arranjo com o ciclotron e de microfotografias dos traços de mésons registrados nas emulsões. Em setembro de 1948, Robert Serber, físico teórico do *Radiation Laboratory*, foi incumbido por Lawrence “[...] *to bring an authoritative account of whatever contributions our laboratory can make*”, como exposto por carta aos organizadores da Conferência de Solvay, em Bruxelas, na Bélgica [58]. Como Lawrence não podia ir à Conferência, Serber foi encarregado de apresentar os resultados obtidos por Lattes e Gardner e discutir aspectos teóricos do trabalho. Na Bélgica, Serber indicou os resultados de seus cálculos sobre a seção de choque para a produção de mésons considerando a energia do feixe de partículas alfa. Ele seguiu sua comunicação apresentando os resultados das observações feitas por Lattes e Gardner sobre o alcance do então méson  $\pi$  e as medidas de alguns poucos casos (trinta no total) de mesons  $\pi$ , indicando as

<sup>12</sup> Apesar de fazermos referência a apenas dois desses contatos [51 e 52], há muitas outras cartas com o mesmo teor no mesmo livro de registro.

estimativas experimentais das razões de suas massas, comparando-as às expectativas teóricas. Na última parte de sua fala, Serber deu um detalhado panorama dos instrumentos utilizados e da metodologia empregada nas experiências no *Radiation Laboratory*. As questões que recebeu giraram em torno dos decaimentos dos mésons, suas massas e o percentual *forward* e *backward* produzido pós-colisão do feixe do ciclotron com o alvo [59].

O alcance e importância do trabalho de Lattes em Berkeley podem ainda ser compreendidos através de uma carta de Heisenberg a Lawrence, de 12 de julho de 1948, na qual o físico alemão diz que:

In July, I attended the physics meeting in Zurich and I heard Alvarez talking about Berkeley experiments. I heard with the greatest admiration of the enormous experimental work which is done in your Laboratory. Both the experiments on the nuclear forces and the experiments on meson production seem to me the most decisive experimental progress of the last year [60].

Em linhas gerais, esse trabalho projetou a figura de Lattes cientificamente, na comunidade internacional de físicos, e socialmente, no Brasil, através de esforços de Leite Lopes para transformar esses resultados em capital simbólico para conseguir apoio de diferentes setores, como, por exemplo, o militar, o industrial e o político, e poder levar adiante a ideia de construir um centro de pesquisas em física no Brasil com foco na investigação da dimensão subnuclear. E não foram somente os resultados alcançados por Lattes que o início de 1948 reservou. Após ter passado os anos de 1946 e 1947 entre a o laboratório de física experimental de Costa Ribeiro, no Rio de Janeiro, e teórica, com Schenberg, em São Paulo, Tiomno recebeu a notícia de aceite para realizar seu doutorado em Princeton, com bolsa concedida pelo Departamento de Estado dos EUA [61, p. 11].

Essa geração de físicos brasileiros começava a ganhar prestígio através dos resultados alcançados e a acumular momento para expandir ainda mais sua atuação com outros doutores em formação. Nessas circunstâncias, os problemas tratados na tese de cátedra de Leite ganhavam importância.

### 4.3. Leite Lopes, catedrático na FNFi

Voltando à tese de cátedra de Leite Lopes, vemos que no capítulo II ele descreve a hamiltoniana da teoria do campo mesônico pseudo-escalar, partindo do sistema formado por  $\phi$  (campo pseudo-escalar carregado), seu conjugado  $\phi^*$  e um campo neutro  $\phi_3$ , que estão em interação com um campo eletromagnético  $A_\mu$ , com o campo de núcleons ( $\psi$ ,  $\psi^*$ ) e o campo dos elétrons neutrinos ( $\Psi$ ,  $\Psi^*$ ). Esse sistema é descrito por:

$$\delta \int L d^4x = 0 \quad (3)$$

onde

$$L = L_n + L_l + L_c + L_{el} + L' + L'' \quad (4)$$

$$L_n = i\Psi^+ \left\{ \sum_{\mu} \gamma^5 \mathcal{D}'_{\mu} + M_P \tau_P + M_N \tau_N \right\} \quad (5)$$

Onde,  $L_n$  é a densidade de lagrangeana do campo dos núcleons (prótons, de massa  $M_P$ ; nêutrons de massa  $M_N$ ) em interação com o campo eletromagnético;

$L_l$  é a densidade lagrangeana do campo dos elétrons-neutrinos (elétron de massa  $m_l$ , neutrinos de massa  $M\nu$ ) em interação com um campo eletromagnético;

$L_c$  é a densidade lagrangeana do campo mesônico em interação com o campo eletromagnético;

$L_{el}$  é a densidade lagrangeana do campo eletromagnético no vácuo;

$L'$  é a densidade lagrangeana de interação do campo dos núcleons com o campo mesônico num campo eletromagnético;

$L''$  é a densidade lagrangeana de interação do campo dos elétrons neutrinos com o campo mesônico em presença de um campo eletromagnético.

A fim de tornar possível a quantização da teoria, Leite indica a necessidade de ter a hamiltoniana total do sistema, que seria obtida mediante os momentos canonicamente conjugados aos campos:

$$\begin{aligned} \pi &= -i \frac{\partial L}{\partial (\partial_4 \Phi^*)}; & \pi^* &= -i \frac{\partial L}{\partial (\partial_4 \Phi)}; \\ \pi_3 &= -i \frac{\partial L}{\partial (\partial_4 \Phi_3)}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} E_{\mu} &= -i \frac{\partial L}{\partial (\partial_4 A_{\mu})}; & \pi_{\sigma} &= -i \frac{\partial L}{\partial (\partial_4 \Psi_{\sigma})}; \\ \pi_{\sigma}^+ &= -i \frac{\partial L}{\partial (\partial_4 \Psi_{\sigma}^+)}; \end{aligned} \quad (7)$$

$$\pi'_{\sigma} - i \frac{\partial L}{\partial (\partial_4 \Psi_{\sigma})}; \quad \pi^{+\prime}_{\sigma} = -i \frac{\partial L}{\partial (\partial_4 \Psi_{\sigma}^+)}; \quad (8)$$

A definição de  $H$  é dada por:

$$\begin{aligned} H &= \int \left\{ i [(\partial_4 \Phi^*) \pi + \pi^* (\partial_4 \Phi) + \pi_3 (\partial_4 \Phi_3) \right. \\ &\quad \left. + \sum_{\mu} E_{\mu} (\partial_4 A_{\mu}) + \pi (\partial_4 \Psi) + \pi' (\partial_4 \Psi) - L] d^3x \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

Que pode ser reescrita como feito abaixo, com os índices correspondendo aos seus respectivos lagrangeanos:

$$H = H_n + H_l + H_O + H_{el} + H'_n + H'_l + H''_n + H'' \quad (10)$$

Leite, então, operou a passagem para a teoria quântica tomando o campo associado aos elétrons-neutrinos através do operador  $\psi$ , e o campo associado aos núcleons puntiformes pelo operador  $\Psi$ , que obedecem à estatística

de Fermi-Dirac. Já o operador  $A\mu$ , associado ao fóton, e o  $\phi$ , associado ao spin zero, obedecem à estatística de Bose-Einstein. Desta forma, Leite descreveu o sistema pelo funcional de Schrödinger:

$$(H + \partial_4)\Omega = 0 \tag{11}$$

Da lagrangeana completa e do correspondente hamiltoniano, basta considerarmos apenas o termo que interessa em cada problema dado. Assim, algumas lagrangeanas intervêm em processos que envolvem núcleons, mésons e fótons, na captura radiativa de mésons carregados por núcleons e na desintegração radiativa dos mésons neutros. A outra parte intervêm nos processos envolvendo elétron-neutrinos, mésons e fótons.

O capítulo III de sua tese descreve, por meio de mesma metodologia, a hamiltoniana da teoria do campo mesônico vetorial enquanto que no capítulo IV Leite aplica os métodos das perturbações ao problema de dois núcleons em interação com um campo mesônico, o que lhe permite derivar uma energia núcleon-núcleon. Logo, Leite chega à energia potencial obtida com base no hamiltoniano do campo mesônico pseudo-escalar [Figura 2]:

Esse hamiltoniano permite calcular os elementos da matriz correspondente à emissão e à absorção de um méson por um núcleon, ou compreender a situação na qual um próton emite méson positivo com momento  $k$ , etc. Leite também oferece a mesma equação para o caso vetorial [Figura 3]:

Na dedução desses potenciais, Leite admite que os núcleons não sofrem recuo, o que pode ser desprezado. Após obter as equações para os casos da energia de núcleo-núcleon não relativística e para seu caso vetorial, Leite chega à equação de Schrödinger para o problema de dois núcleons.

A sessão de sua defesa foi arrebatadora. Leite conseguiu a maior nota por unanimidade [62, p. 19]. Agora, com Leite catedrático, com Tiomno realizando seu doutorado em Princeton e universidades pelo mundo desejando ter Lattes em seus quadros, era hora de

The image shows a handwritten mathematical equation labeled (43). It is a complex expression involving summations over indices  $j$  and  $k$ , and terms with vectors  $\vec{a}(\vec{k})$ ,  $\vec{b}(\vec{k})$ , and  $\vec{c}(\vec{k})$ . The equation is written in dark ink on a light-colored paper. At the bottom, it is noted as "hermitiano-conjugado" and "(43)".

**Figura 2:** Equação da energia potencial obtida com base no hamiltoniano do campo mesônico pseudo-escalar com notação feita à mão por Leite Lopes [44, p. 32].

The image shows a handwritten mathematical equation labeled (64). It is a complex expression involving summations over indices  $j$  and  $k$ , and terms with vectors  $\vec{a}_\nu(\vec{k})$ ,  $\vec{b}_\nu(\vec{k})$ , and  $\vec{c}_\nu(\vec{k})$ . The equation is written in dark ink on a light-colored paper. At the bottom, it is noted as "hermitiano conjugado" and "(64)".

**Figura 3:** Equação da energia potencial obtida com base no hamiltoniano de interação (referencia à equação 58 da tese de cátedra de JLL) com notação feita à mão por Leite Lopes [44, p. 43].

estabelecer estratégias pensando o bem da física no Brasil.

### 5.1. O nascimento do CBPF

O CBPF foi registrado em cartório no dia 04 de fevereiro de 1949, após a primeira reunião de sua diretoria, ocorrida em 15 de janeiro do mesmo ano [63, p. 1]. Nessa reunião, os presentes discutiram o anteprojeto de criação do Centro, votaram e aprovaram os estatutos. O Artigo 1º, intitulado, “Dos fins da Sociedade”, diz: “O Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas [...] terá como objetivos: (a) – promover estudos e pesquisas físicas e matemáticas, e coordenar, sistematizar e divulgar os conhecimentos pertinentes a êsses ramos de ciência” [64, p. 2]. Esse é o principal objetivo do CBPF. O Ministro João Alberto Lins e Barros foi escolhido para o cargo de presidente e Paulo de Assis Ribeiro para o de diretor executivo. João Alberto, que presidiu essa reunião, “[...] propôs que, em virtude da ausência do Professor Cesar Lattes, Diretor Científico,” retornado para os EUA há poucos dias, “[...] e, devendo o mesmo regressar proximamente dos EUA, fosse aguardada a sua chegada ao Brasil para que então fossem traçados os planos de trabalho do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas relativos ao exercício de 1949” [63, p. 1]. O fato é que, mesmo sem um plano de pesquisa delineado, essa reunião congraçava a criação do CBPF.

O CBPF foi criado a partir de ações coordenadas do jovem grupo de físicos em torno de Lattes e Leite Lopes com eventuais sugestões de cientistas mais experientes. Desde meados de 1948, por exemplo, Lattes comentava com físicos estrangeiros sobre a intenção que ele e seu grupo tinham de construir um instituto de pesquisas em física no Brasil. Kurt Sitte, que trabalhara na Universidade de Manchester, usou do bom humor para

dizer a Lattes: “*I am sure you will get at once, in acknowledgement of your scientific achievements, your own Institute. [...] Thus if you get your institute, reserve a room for me, with a nice salary*” [65]. Esse documento, como os muitos outros já citados, indicam a condução de forma coordenada e consciente das ações em torno da criação do CBPF e das condições para que existisse no Brasil uma disposição para o apoio às atividades científicas.

É interessante percebermos que o CBPF teve desde sua criação uma preocupação com a oferta de condições de desenvolvimento de pesquisa teórica e experimental. Para a física experimental, o Centro ia precisar de investimento financeiro para aquisição de instrumentos e início de investigações. Uma oficina mecânica bem equipada era essencial, como era comum em laboratórios pelo mundo. Como a ideia era fazer no Brasil o mesmo que se fazia no exterior, seguindo a tendência iniciada por Lattes, eram indispensáveis um laboratório de exposição de emulsões nucleares a raios cósmicos em grandes altitudes e um acelerador de partículas. Evidências documentais indicam que antes de pensar em adquirir um ciclotron para o CBPF, havia-se cogitado a aquisição de um pequeno acelerador de alta tensão, de engenharia mais simples. Entretanto, no início de 1949, Lattes ainda estava vinculado ao laboratório de Ernest Lawrence, que nutria por ele um grande apreço em reconhecimento à importância de seu trabalho em Berkeley, como demonstrado em carta a Wataghin “[...] *You have very good reason for being proud of Lattes, as he is an extraordinarily fine young man in every sense of the word*” [66]. O modesto desejo inicial para equipar o CBPF ia tomar maiores proporções.

Após passar as festas de fim do ano de 1948 no Brasil e participar das reuniões que decidiram a criação do CBPF *in loco*, Lattes voltou para os EUA na primeira quinzena de janeiro de 1949, antes de seu registro em cartório, e levou a notícia da decisão de criação do Centro à sua equipe no *Radiation Laboratory*. Em carta enviada a Leite Lopes, assim que chegou a Berkeley, César diz que Lawrence sugeriu que: “[...] ao envez de comprarmos uma [máquina de] alta tensão, trazermos para cá imediatamente tres engenheiros eletrotécnicos ou dois e um físico [...] para que aprendam a logo fazer um ciclotron [sic.]” [67]. Contudo, o andamento das ações no Brasil não ocorria na velocidade que Lattes queria. Foi preciso que ele escrevesse a Leite novamente, quinze dias depois, reforçando o pedido e especificando as habilidades técnicas e as características comportamentais que os três enviados deviam ter.

Voces não entenderam direito a questão dos ciclotronistas. É preciso que tenhamos uma pessoa experiente, que conheça administração, possibilidades economicas e industriais nossas e tenha certa autoridade sobre os outros. [...] **Os outros dois devem ser moços e experiência não é importante**

**pois vão trabalhar num campo inteiramente novo. É preciso que sejam moços para que possam fazer qualquer trabalho.** Desde apertar parafusos até estudar teoria da estabilidade das órbitas no sincrotron. É preciso que a gente possa dizer a eles o que devem fazer sem melindres. Precisamos de gente com ambição que não tenham outros interesses se não a pesquisa e que estejam dispostos a se sacrificar por isso [sic.] [grifos nossos] [68].

Os aspectos positivos da juventude se mostravam mais uma vez adequados à inovação instrumental no campo de física de partículas. A ideia era que esses técnicos construíssem, futuramente, um ciclotron capaz de alcançar uma energia de 40 MeV no Brasil [69, p. 29]. Com o estabelecimento de uma seção de aceleradores no CBPF, esperava-se um melhor conhecimento de isótopos radioativos, o que seria benéfico à siderurgia, à agricultura, à medicina etc. Por outro lado, “[...] do ponto de vista da ciência pura, consegue-se, por intermédio desses aparelhos, desintegrar todos os elementos químicos, estudar o interior dos núcleos e produzir várias centenas de novos tipos” [69, p. 72]. O CBPF teve, através de Lattes, a possibilidade de acesso a uma tecnologia relativamente recente, que podia gerar mudanças em setores da nossa economia, o que motivou industriais brasileiros a apoiar sua criação [70].

Nos primeiros dias de maio de 1949, o CBPF começou a funcionar na Avenida Presidente Vargas, número 290, 4º andar. Como todo começo, suas instalações eram acanhadas. Havia apenas quatro salas onde funcionavam a administração, a diretoria, a biblioteca e as atividades didáticas, o que não diminuía a empolgação dos envolvidos. “*Our private Institute is now on a working basis and everybody is very enthusiastic*” [71], escreveu Lattes a Hugh Bradner, físico do *Radiation Laboratory*. Em junho do mesmo ano, as atividades cresceram e o CBPF foi transferido para todo o 21º andar, na Rua Lauro Alvim nº 21, até que a construção de um prédio tipo galpão, no terreno de 600 m<sup>2</sup>, do Ministério da Educação, na Avenida Pasteur, fosse concluída.<sup>13</sup> A previsão para ter o prédio pronto, que ia contar com diversos serviços,<sup>14</sup> era abril de 1950 [Figura 4]. Entre as instalações e seções

<sup>13</sup> O dinheiro para a construção deste galpão foi concedido pelo banqueiro Mário de Almeida. “Ele nos recebeu naquelas mesas de contador, altas, usando elásticos nos ombros,” lembra-se Lattes, que, logo após, descreveu o diálogo que teve com Mário de Almeida nesta situação. “[Almeida:] ‘O que vocês querem?’ Explicamos e ele disse: ‘Está bem, é para o prédio, não é?’ [Lattes:] ‘É’. [Almeida:] ‘500 Contos de Réis numa conta vinculada. Vocês podem tirar 100 por mês.’ [Lattes:] ‘Muito obrigado. E foi tudo’” [72, p. 31].

<sup>14</sup> No primeiro pavimento do prédio do CBPF, estavam previstas as construções dos seguintes espaços, conforme registrado em documento de época: “(a) Seção de pesquisas de raios cósmicos; (b) Seção de microscopia; (c) Seção de vácuo e fabricação de contadores de radiação; (d) Câmara de Wilson; (e) Laboratório de química; (f) Laboratório de eletrônica; (g) Duas câmaras escuras (1 para chapas nucleares e 1 para microfílm); (h) Instalação



**Figura 4:** Pavilhão Mário de Almeida sendo construído no início de 1950 na Praia Vermelha [73, p. 46].

científicas que iam ser criadas no primeiro pavimento estavam a seção de raios cósmicos e um espaço reservado para ser instalado um ciclotron.

Como indicamos anteriormente, o CBPF foi pensando para ser o espaço institucional para a continuação das pesquisas de Leite Lopes, Tiomno e Lattes. A título de exemplo, na seção de microscopia, instalada na sede provisória do CBPF, os trabalhos eram feitos com microscópios emprestados pelo Instituto de Química Agrícola e pelo Gabinete de Exames Periciais da Polícia. Nessa seção:

[...] estavam sendo estudadas chapas fotográficas especiais que permitem detectar partículas nucleares e raios cósmicos. As chapas, presentemente sob observação, foram expostas no ciclotron de 400 MeV da Universidade da Califórnia. Existem, prontas para estudo, chapas expostas a mésons positivos e negativos, prótons de 400 MeV e nêutrons de 300 MeV [69, p. 12].

Elisa Frota-Pessôa e Neusa Amato foram as responsáveis pela análise de algumas dessas chapas, trazidas de Berkeley por Lattes, e escreveram o primeiro trabalho científico do CBPF [74, p. 371]. Aos poucos, o rumo científico da nova instituição de pesquisa brasileira ia sendo desenhado por seus fundadores.

de ciclotron; (i) Serviços de administração; (k) Almoxarifado. No Segundo pavimento: 1 gabinete para direção científica; 5 gabinetes para trabalhos individuais dos técnicos e cientistas; 1 sala de desenho técnico; 1 sala de cálculo; 1 salão para reuniões e biblioteca” [69, p. 11].

## 5.2. A física teórica encontra a experimental: Feynman e Morette no CBPF

Do lado da física teórica, a preocupação maior era formar um grupo de estudantes para haver massa crítica para uma interlocução inicial no CBPF. Tiomno fazia seu doutoramento em Princeton e tinha acesso relativamente fácil a físicos de todo o mundo, que transitavam pelos EUA àquela época. Segundo a estratégia adotada por seu grupo, o que ele precisava fazer era usar esse acesso em favor do desenvolvimento da física no Brasil. No final dos anos 1940, Tiomno estava em um congresso da Sociedade de Física dos EUA, em Ann Arbor, no Estado de Michigan, quando conheceu Richard Feynman e lhe fez o convite para vir ao Brasil. “*Actually, I got invited because I was sitting next to a man named Tiomno, who came from Brazil, at a Physics Society meeting*”, recorda-se Feynman. “*I told him I was thinking on to go to South America. He said ‘come to Brazil’ and he arranged the invitation*” [75]. Cooperar com a criação de uma instituição de pesquisa no Brasil, inclinada a receber professores de outros países, coincidia com o desejo de Feynman. “Ele é um sujeito entusiasmado e será ótimo para fazer um reboliço no meio, entusiasmando os estudantes” [76], avaliou Tiomno sobre a ida Feynman para o Brasil em carta a Lattes.

Na carta em resposta à oficialização do convite para passar alguns meses vinculado ao CBPF, feito pelo seu então diretor científico, César Lattes, Feynman reafirma sua disposição em ser útil:

I would be very happy to give a series of lectures. [...] I could talk on any subject in theoretical physics. [...] I have just finished some work in Quantum electrodynamics on which I could lecture if you would like it. It results in a considerable simplification in the methods which may be used to calculate problems in electrodynamics or in meson theory. In these lectures I could talk on the present status of meson theory [77].

Feynman, alertado por Lattes, sabia que não ia encontrar interlocução no Brasil sobre os temas que pesquisava. Mesmo assim, Lattes se comprometeu em tornar o tempo de Feynman no Brasil agradável e sugeriu temas para os seminários do estadunidense, como teoria de campos, além de indicar que Leite estava em Ann Arbor e podia ajudar a pensar outros assuntos a serem tratados [78].

Como se não bastasse atrair para a empreitada no Brasil uma das jovens lideranças mundiais em física, Tiomno escreveu a Lattes dizendo que fizera o mesmo com uma colega sua de doutoramento: “Tenho estado diariamente com [Cécile] Morette”, acrescentando que: “[...] ela dedicou as férias quasi que só à preparação do curso que vai dar aí [no CBPF] e que será essencialmente um livro que ela vai publicar (Física nuclear etc.). Ela vai preparada para dar dois cursos. Um elementar e um

avançado [sic.]” [76]. Tanto as palestras de Morette bem como as de Feynman no CBPF foram amplamente divulgadas pela imprensa [79–81]. Entretanto, ao longo de seu tempo no Rio de Janeiro, Feynman farreou tanto que Leite Lopes se sentiu obrigado a mencionar o assunto a Tiomno quando, alguns meses após a primeira visita do estadunidense, os brasileiros consideravam seu retorno ao CBPF por um período maior de tempo:

Feynman é físico notável, como sabemos, e seria de todo interesse termo-lo aqui conosco. Mas soube que, quando esteve aqui, farreou um bocado (o que é natural), gastou em 3 dias o dinheiro que recebeu, e não dava bola para os estudantes, fora das aulas. Naturalmente, vindo por um longo período, faremos vêr a ele que hora de trabalhar, trabalhar, hora de farrear, perna pr’o ar que precisamos de dedicação [sic.] [82].

Esse é um trecho de uma carta de Leite a Tiomno de fevereiro de 1950. É interessante perceber, por um lado, a preocupação de Leite Lopes em convencer Feynman a trabalhar para formar pessoal no Brasil quando o Centro ainda tentava se estabelecer como instituição científica respeitável. Por outro, parece que havia entre os físicos brasileiros certa compreensão com a inclinação à farra de Feynman, que enviudara em junho de 1945, aos vinte e sete anos de idade, após sua esposa desenvolver um tipo raro de tuberculose e ser internada em um sanatório.<sup>15</sup> A energia necessária para a criação do novo, encontrada na juventude, possuía, também, momentos de catarse.

A presença de Morette no Rio de Janeiro parece ter sido bem diferente da de Feynman. O curso que ela ofereceu no CBPF teve como ponto central a teoria das forças nucleares, cujo título foi “das partículas elementares e suas interações” [2]. Morette foi sistemática em seu contato com o público, organizando uma apostila em capítulos nos quais apresentou as três forças até então consideradas na Física: a da gravitação, a eletromagnética e a de forças nucleares.<sup>16</sup> Além disso, Morette afirmava para a audiência carioca que a teoria eletromagnética tinha resultados que concordavam com experimentos e, por isso, era bem aceita.<sup>17</sup>

É possível perceber a relevância que as experiências possuíam na reflexão de Morette na medida em que a física francesa expressamente diz que os “resultados experimentais nos colocam os seguintes problemas.”<sup>18</sup> Ou seja, em seu curso, temos os resultados de recentes experiências realizadas com raios cósmicos pautando a elaboração de problemas teóricos. Dentre eles, Morette

destaca a necessidade de reflexões sobre as interações entre prótons e nêutrons (que seriam dois estados diferentes de uma mesma partícula, o nêutron);<sup>19</sup> a importância de se pensar sobre a interação entre os núcleons (prótons e nêutrons) e os mésons (aqui apenas o pi); a premência de se avançar sobre as interações (a) entre mésons e o campo eletromagnético,<sup>20</sup> (b) entre os mésons  $\mu$  e os mésons pi,<sup>21</sup> e (c) entre os mésons e os elétrons.<sup>22</sup>

A apostila do curso tem um capítulo inicial com as descrições da equação de Schrödinger, passando pela seção de choque e matriz S, sendo finalizado com correções de spin, de carga e de forças consideradas, à época, não centrais. Já no capítulo 2, Morette se concentrou na teoria de campos, no formalismo hamiltoniano, descrito também na tese de cátedra de Leite Lopes, bem como em uma teoria sobre a renormalização da massa. Há nesse capítulo uma seção sobre ação a distância que menciona um método de Feynman para tal. No capítulo 3, a francesa finaliza o curso com uma descrição matemática sobre as interações entre os mésons pi e as partículas elementares conhecidas à época, por um lado, e, por outro, aborda o espalhamento de núcleons por núcleons, detalhando a instrumentação usada nos experimentos, como, por exemplo, as emulsões fotográficas e as câmaras de Wilson.

Dessa forma, o CBPF teve suas primeiras grandes atividades científicas conduzidas por jovens físicos estrangeiros, que participavam ativamente da constituição do campo de física de partículas experimental e teórica à época.

## 6. Considerações finais

Ao longo dos anos 1940, o conhecimento teórico sobre os mésons recebeu diferentes tratamentos até começar a ser reorientado por dados experimentais que surgiram a partir de 1945, com inovações instrumentais em detectores expostos a raios cósmicos. A escassez de dados ainda imperava nesse momento e a natureza da informação gerada por arranjos feitos com contadores Geiger, câmaras de Wilson, ímãs e placas de chumbo não permitia uma compreensão ampla sobre as partículas que os alcançavam. Os cliques dos contadores e as poucas fotografias de traços de bolhas causados por partículas, com trajetórias curvadas por campos magnéticos, revelavam o poder de penetração que elas possuíam, suas cargas e forneciam dados superficiais sobre suas massas. Somente com o início do uso de aceleradores com energia suficiente para se produzir partículas subnucleares, em conjunto com o surgimento de emulsões nucleares, o

<sup>15</sup> Feynman ainda trabalhava no Projeto Manhattan quando sua esposa faleceu. Em outubro de 1946, Feynman ainda escrevia cartas de amor à sua falecida esposa [3].

<sup>16</sup> Hoje, força forte.

<sup>17</sup> Eletrodinâmica quântica, devemos mencionar.

<sup>18</sup> No original: *Les résultats expérimentaux nous posent les problèmes suivants* [2, p. 8].

<sup>19</sup> Nesse momento, ainda não temos a ideia dos quarks.

<sup>20</sup> Cujas perguntas motivadora seria: o méson pi interage com o campo eletromagnético produzindo o elétron e o neutrino?

<sup>21</sup> Supunha-se que o méson pi decaía em dois neutrinos e um méson  $\mu$ .

<sup>22</sup> Ou seja, um méson  $\mu$  decaindo em um elétron e 2 neutrinos.

cenário foi alterado. Os físicos passaram a produzir dados sobre as passagens das partículas pelas gelatinas de emulsões em grande quantidade. Os traços causados pela ionização dos grãos de brometo de prata eram examinados ao microscópio, medindo-se seus alcances e as energias depositadas em uma dada área. Isso para se chegar às suas massas. O controle do campo magnético no laboratório permitia manusear os fenômenos observados e, conseqüentemente, ampliar o conhecimento sobre o tema. Mostramos que físicos brasileiros tiveram participação central tanto no aspecto teórico como no experimental no desenvolvimento da física de partículas.

O estabelecimento do departamento de física na USP em 1934, por Gleb Wataghin, foi importante por representar tanto um local para o ensino de física moderna como um espaço de reunião de jovens que circulavam pelo Brasil em busca de conhecimento. Em alguma medida, esses jovens foram levados a pensar seus papéis na sociedade brasileira tendo em vista o conflito mundial que vivíamos, somado ao fato de alguns deles terem servido às nossas forças armadas, que punha nacionalidades em relevo em uma geopolítica que considerava a ciência um ativo importante. Como físicos, é razoável pensarmos que a tendência de suas respostas às questões sociais que surgiam, principalmente no aspecto do desenvolvimento industrial, ligado à nossa tecnologia e economia, preocupação geral à época, passava, necessariamente, pela ciência e eram tratadas na ABC. Dessa forma, entendemos que as passagens de Leite Lopes, Jayme Tiomno e César Lattes pela USP em meados dos anos 1940 foram cruciais para que se formassem profissionalmente e se reconhecessem como *jovens físicos brasileiros*. Identidade tripartite, que tem na sua indicação geracional o compromisso para a busca do novo.

A USP preparou Leite Lopes para Princeton, local onde pôde refinar seus conhecimentos científicos e desenvolver habilidades para identificar os temas importantes que circulavam mundialmente na comunidade. Seu contato direto com Pauli, que atuava na vanguarda da física à época, foi essencial para isso. Através das conversas pelo campus de Princeton com o físico austríaco, Leite tomava conhecimento, indiretamente, dos bastidores do desenvolvimento das questões dos interlocutores de seu supervisor de tese, ficando a par das tendências de pesquisa e dos caminhos escolhidos para aprofundá-las, nem sempre evidentes nos artigos publicados. Acreditamos que foi nessa circunstância que Leite Lopes confirmou o que já havia percebido em São Paulo: a importância da física experimental no desenvolvimento da física teórica. Não havia outro caminho a seguir para se fazer física de partículas. Para aqueles que, como ele, desejavam atuar na fronteira do conhecimento, esse era o campo de pesquisas a ser criado e ampliado.

De volta ao Brasil, Leite transformou sua experiência em Princeton em modelo a ser replicado. Aconselhou-se com a tradição (Beck, Wataghin e Moses) em momentos de dúvida, disputou espaço com físicos cujas ideias e

postura profissional estavam sendo ultrapassadas, mas que ainda ocupavam hierarquia superior à sua na estrutura acadêmica, e, mais importante, começou a formar massa crítica para engrossar sua fileira epistêmica. Ainda lhe faltavam uma posição de prestígio e, quiçá, uma instituição onde os velhos modelos científicos e seus valores desgastados de prática não tivessem espaço. Por algum tempo, teve que lidar com as agruras da solidão e com a incerteza de quando seus objetivos, que eram, na realidade, objetivos coletivos, seriam alcançados. Nada que uma rede de solidariedade e o gozo estético da manifestação artística, onipresente em sua vida, não amenizassem.

Enquanto Leite encabeçava a via teórica brasileira na empreitada mesônica, César Lattes aproveitou as oportunidades de acesso a grandes laboratórios na Inglaterra e nos EUA que sua filiação a Wataghin lhe proporcionava e desenvolveu habilidades experimentais com instrumentos que, até então, ninguém havia utilizado de maneira sistemática. As novas emulsões nucleares e o ciclotron da Universidade de Berkeley ficaram disponíveis para uso apenas em 1946, momento em que o grupo da USP já havia preparado Lattes para o exterior, assim como fizera com Leite Lopes anos antes. A detecção experimental dos mésons foi o resultado científico de impacto que essa geração alcançou. Mais do que ressaltar os caminhos da ciência brasileira que o propiciaram, entendemos que o próprio resultado permitiu a construção de novos percursos. O início da área experimental no campo de partículas pode ser creditado, em parte, a Lattes, da mesma forma que as pesquisas sobre as relações ente as forças fraca e eletromagnética têm em Leite Lopes um de seus precursores.

Nesse cenário, a obtenção da cátedra de física superior por Leite Lopes na FNFi fortaleceu a legitimidade científica do grupo e dos problemas que seus membros escolhiam tratar. O surgimento do CBPF pode ser entendido como uma resposta a demandas científicas que não encontravam lugar adequado para seu desenvolvimento na universidade brasileira. Os jovens físicos brasileiros desejavam uma instituição que fosse ágil na tomada e implementação de decisões acadêmicas, como contratações, que respeitasse critérios meritocráticos na seleção e promoção dos seus integrantes, que estabelecesse vínculos autênticos e duradouros com os principais centros de pesquisa no mundo e que privilegiasse relações horizontais entre os seus membros. O jogo era pesado, mas os jovens participantes tinham boas estratégias. Tiomno, doutorando-se em Princeton no final dos anos 1940, serviu de ponte entre os jovens próceres da comunidade internacional e os brasileiros, mostrando que havia uma tendência geracional à pesquisa na física de partículas. Trazer Richard Feynman e Cécile Morette para, praticamente, inaugurar as atividades científicas no CBPF foi inserir a física feita no Brasil definitivamente no cenário mundial. Essa estratégia ainda angariou ao grupo mais capital simbólico no Brasil.

Em 1951, Leite Lopes escreveu um artigo [83, 84] que resumia, de forma histórica, a evolução dos conceitos até então estudados, mostrando que a física de partículas ainda guardava alguma relação com a física nuclear.<sup>23</sup> Nesse artigo, Leite afirma que a física de partículas elementares ainda está em uma primeira fase, a espera de resultados experimentais e de desenvolvimento teórico.<sup>24</sup> Teoria essa que, segundo ele, poderia considerar a existência de novos corpúsculos, que ajudariam na elaboração de uma equação geral que relacionasse as massas das partículas, tal e qual a equação de Balmer. É possível notar que Leite se preocupava em considerar partículas de diferentes massas e se incomodava com a inexistência de uma teoria que as explicasse. Dessa forma, sua publicação de 1951 oferece uma dupla visão sobre o campo: uma retrospectiva e outra projetiva, assegurando espaço para a atuação do grupo que estava formando, sediado no CBPF.

Um dos principais elementos que tentamos explorar ao logo do texto foi a importância da ausência de fortes vinculações epistêmicas que físicos jovens possuem com o passado. Obviamente, isso não elimina a importância de formações tradicionais a partir da oferta do conjunto de métodos, da necessidade do desenvolvimento de habilidades lógicas e do estímulo de valores que compõem o treinamento científico formal. O que salientamos foi que a possibilidade de avanço de compreensão da dimensão subnuclear dependia de comportamentos observados usualmente em pessoas jovens, pouco comprometidas com a manutenção de teorias e práticas, dispostas a adquirir habilidades para a construção de novos instrumentos e a aprender a usá-los, aventurando-se pelo desconhecido da natureza. Portanto, entendemos que a juventude não era acessória, mas, sim, condição necessária para o surgimento da física de partículas.

## Agradecimentos

Antonio Augusto Passos Videira agradece ao CNPq pela bolsa de produtividade nº 306612/2018-6 e ao Programa Proficiência/UERJ. Karin Fornazier e Heráclio Tavares expressam seus agradecimentos à FAPESP. Aquela, pela bolsa de pós-doutorado 2017/21570-0, vinculada ao projeto temático 2014/07885-0. Este, pela bolsa de pós-doutorado 2018-05959-8. Os autores ainda são gratos a Everaldo Frade, do Arquivo de História das Ciências do Museu de Astronomia e Ciências Afins, pelas incansáveis buscas com o fito de recuperar e disponibilizar os documentos primários de Jayme Tiomno e Elisa Frotapessoa.

<sup>23</sup> Esse vínculo ocorre ainda hoje caso consideremos o que acontece com a física de neutrinos em aceleradores e reatores. Cabe lembrar que a física de neutrinos teve seu início junto ao estudo dos raios cósmicos.

<sup>24</sup> Nessa época, apenas o elétron e o fóton eram considerados corpúsculos fundamentais, cabendo notar que Leite não incluiu na definição de corpúsculos fundamentais o próton ou o nêutron.

## Referências

- [1] A. Silveira, *Ciência e Sociedade* **21**, 5 (1997).
- [2] C. Morette-Payen, *Particules Élémentaires* (Hermann & C<sup>ie</sup>, Paris, 1951).
- [3] M. Papova, *Love After Life: Nobel-Winning Physicist Richard Feynman's Extraordinary Letter to His Departed Wife*, disponível em <https://www.brainpickings.org/2017/10/17/richard-feynman-arline-letter/>, acessado em 28/01/2022.
- [4] K.S.F. Fornazier e A.A.P. Videira, *Ciência e Sociedade*, **5** (2018).
- [5] J.L. Lopes para J. Tiomno, em 08 de fevereiro de 1942 (Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro, 1942), correspondência.
- [6] H.D. Tavares, A. Bagdonas e A.A.P. Videira, *Historical Studies in the Natural Sciences* **50**, 248 (2020).
- [7] J.L. Lopes, M. Schenberg, *Physical Review* **69**, 122 (1946).
- [8] L.V.S. Silva, *Ciência, universidade e diplomacia científica: a trajetória brasileira de Gleb Vassilievich Wataghin (1934–1971)*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo (2020).
- [9] E. Frotapessoa e J. Tiomno, *Depoimento, 1988* (Arquivos Históricos do Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência – UNICAMP, Campinas, 1988).
- [10] J.L. Lopes, *Depoimento, 1977*, (CPDOC, Rio de Janeiro, 2010), disponível em <http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/historia-oral/entrevista-tematica/jose-leite-lopes>, acessado em 29/01/2022.
- [11] W. Pauli, *Meson Theory of Nuclear Forces* (Interscience Publishers, Nova York e Londres, Interscience Publishers, 1946).
- [12] W. Pauli, *Meson Theory of Nuclear Forces* (Interscience Publishers, Nova York 1948).
- [13] W. Pauli para R. Oppenheimer, em: *Sources in the History of Mathematics and Physical Sciences 11*, editado por G. J. Toomer (Springer-Verlag, Berlin, 1993).
- [14] W. Pauli para G. Wentzel, em: *Sources in the History of Mathematics and Physical Sciences 11*, editado por G.J. Toomer (Springer-Verlag, Berlin, 1993).
- [15] W. Pauli para H. Casimir, em: *Sources in the History of Mathematics and Physical Sciences 11*, editado por G. J. Toomer (Springer-Verlag, Berlin, 1993).
- [16] W. Pauli para Shih-Tsun Ma, em: *Sources in the History of Mathematics and Physical Sciences 11*, editado por G. J. Toomer (Springer-Verlag, Berlin, 1993).
- [17] W. Pauli para A. Sommerfeld, em: *Sources in the History of Mathematics and Physical Sciences 11*, editado por G.J. Toomer (Springer-Verlag, Berlin, 1993).
- [18] W. Pauli para A. Einstein, em: *Sources in the History of Mathematics and Physical Sciences 11*, editado por G.J. Toomer (Springer-Verlag, Berlin, 1993).
- [19] H. D. Tavares, I. Gurgel e A.A.P. Videira, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **42**, e20200330 (2020).
- [20] J.C. Ribeiro para J. L. Lopes, *Ciência e Sociedade* **7**, 25 (1995).
- [21] J.L. Lopes, *High Energy Neutron-Proton Scattering and the meson theory of nuclear forces with strong coupling*. Tese Doutorado, Princeton University, Princeton (1945).

- [22] E. Amaldi, D. Bocciarelli, B. Ferretti e G.C. Trabacchi, *Die Naturwissenschaften*, **30**, 582 (1942).
- [23] J.L. Lopes para J. Tiomno, em 25 de agosto de 1947 (Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro), correspondência.
- [24] J. L. Lopes para J. Tiomno, em 27 de outubro de 1947 (Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro, 1947), correspondência.
- [25] J.L. Lopes e J. Tiomno, *Physical Review* **72**, 731 (1947).
- [26] C.M.G. Lattes para J. L. Lopes, em: *César Lattes 70 anos: a nova física brasileira*, editado por A. Marques (CBPF, Rio de Janeiro, 1994).
- [27] A. Troper, *Guido Beck – Transições e ideais de um físico sem fronteiras* (CBPF/CNPq, Rio de Janeiro, 2000).
- [28] J.L. Lopes para G. Beck, *Ciência e Sociedade* **4**, 6 (2004).
- [29] C.M.G. Lattes para J. L. Lopes, *Ciência e Sociedade* **7**, 30 (1995).
- [30] J. Tiomno para E. Frota-Pessôa, em 30 de setembro de 1946 (Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro, 1946), correspondência.
- [31] J.L. Lopes para M.S. Neto, em 30 de setembro de 1946 (Arquivo Central – Sistema de Arquivos – Unicamp, Campinas, 1946), correspondência.
- [32] J.L. Lopes para M.S. Neto, em 19 de dezembro de 1946 (Arquivo Central – Sistema de Arquivos – Unicamp, Campinas, 1946), correspondência.
- [33] F. Caruso, *José Leite Lopes: idéias e paixões* (CBPF, Rio de Janeiro, 1999).
- [34] J. Tiomno para J. L. Lopes, *Ciência e Sociedade* **7**, 31, (1995), correspondência.
- [35] C.M.G. Lattes, H. Muirhead, G.P.S. Occhialini e C.F. Powell, *Nature* **159**, 694 (1947).
- [36] C.M.G. Lattes, in *Ciência e Liberdade: escritos sobre ciência e educação no Brasil*, editado por I. C. Moreira (Editora UFRJ, Rio de Janeiro, 1998).
- [37] J.L. Lopes, *Annaes da Academia Brasileira de Ciências* **XVIII**, 1 (1946).
- [38] J.L. Lopes, *Physical Review* **70**, 5 (1946).
- [39] J. L. Lopes para G. Beck, *Ciência e Sociedade* **24**, 8 (1997).
- [40] C.M.G. Lattes para J. L. Lopes, em: *César Lattes 70 anos: a nova física brasileira*, editado por A. Marques (CBPF, Rio de Janeiro, 1994).
- [41] J.L. Lopes para G. Beck, *Ciência e Sociedade* **24**, 11 (1997).
- [42] J. Tiomno para E. Frota-Pessôa, em 19 de agosto de 1947 (Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro, 1947), correspondência.
- [43] J.L. Lopes, *Nature* **160**, 866 (1947).
- [44] J.L. Lopes, *Sobre a teoria das forças nucleares*. Tese para provimento de cátedra da cadeira de Física Teórica e Física Superior da Faculdade Nacional de Filosofia, Universidade do Brasil, Rio de Janeiro (1947).
- [45] N. Kemmer, *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* **34**, 354 (1938).
- [46] H. Bethe, *Physical Review* **57**, 260 (1940).
- [47] J.L. Lopes para G. Beck, em: *Os 60 anos do CBPF e a gênese do CNP*, editado por A. Troper, A.A.P. Videira e C.L. Vieira (CBPF, Rio de Janeiro, 2010).
- [48] G. Beck para J. L. Lopes em: *Os 60 anos do CBPF e a gênese do CNP*, editado por por A. Troper, A.A.P. Videira, C. L. Vieira (CBPF, Rio de Janeiro, 2010).
- [49] J.L. Lopes para J. Tiomno, em 30 de novembro de 1947 (Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro, 1947), correspondência.
- [50] E. Gardner e C.M.G. Lattes, *Science* **107**, 270 (1948).
- [51] E. Gardner para C. Powell, em 16 de março de 1948 (Logbooks of Meson detection experiments by Gardner Research Group, National Archives and Records Administration, San Bruno, 1948), correspondência.
- [52] F. Seitz para E. Gardner, em 11 de março de 1948 (Logbooks of Meson detection experiments by Gardner Research Group, National Archives and Records Administration, San Bruno, 1948), correspondência.
- [53] E. Gardner para N. Ramsey, em 11 de março de 1948 (Logbooks of Meson detection experiments by Gardner Research Group, National Archives and Records Administration, San Bruno, 1948), correspondência.
- [54] C.M.G. Lattes para J. L. Lopes, *Ciência e Cultura* **37**, 913 (1985).
- [55] Relatório – Sem autoria, *Conference on nuclear particle plates* (The Bancroft Library, University of California, Berkeley, 1948).
- [56] E. Gardner para B. Peters, em 02 de abril de 1948 (Logbooks of Meson detection experiments by Gardner Research Group, National Archives and Records Administration, San Bruno, 1948), correspondência.
- [57] H.D. Tavares, *Estudos Avançados* (2022), não publicado. No prelo.
- [58] E.O. Lawrence para W.L. Bragg, em 13 de julho de 1948 (The Bancroft Library, University of California, Berkeley, 1948), correspondência.
- [59] R. Serber, em: *Les particules élémentaires*, editado por R. Stoops (Secretaria do oitavo Conselho de física do Instituto Internacional de química de Solvay, Bruxelas, 1950), p. 89–109.
- [60] W. Heisenberg para E. O. Lawrence, em 12 de setembro de 1948 (The Bancroft Library, University of California, Berkeley, 1948), correspondência.
- [61] J. Tiomno, *depoimento, 1977* (CPDOC, Rio de Janeiro, 2010), disponível em <<http://www.fgv.br/cpdoc/acervo/historia-oral/entrevista-tematica/jayme-tiomno>>, acessado em 29/01/2022.
- [62] J.L. Lopes para G. Beck, *Ciência e Sociedade* **24**, 19 (1997).
- [63] Diretoria do CBPF, *Ata da sessão da Diretoria do CBPF em 15 de janeiro de 1949* (Arquivo CBPF, Rio de Janeiro).
- [64] Diretoria do CBPF, *Ata da constituição do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas* (Arquivo CBPF, Rio de Janeiro).
- [65] K. Sitte para C. M. G. Lattes, em 17 de maio de 1948 (Arquivo Central do Sistema de Arquivos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1948), correspondência.
- [66] E. O. Lawrence para G. Wataghin, em 30 de março de 1948 (Universidade de São Paulo, São Paulo, 1948), correspondência.

- [67] C.M.G. Lattes para J.L. Lopes, em 10 de janeiro de 1949 (Arquivo Central do Sistema de Arquivos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1949), correspondência.
- [68] C.M.G. Lattes para J.L. Lopes, em 25 de janeiro de 1949 (Arquivo Central do Sistema de Arquivos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas), correspondência.
- [69] Diretoria do CBPF, *Relatório de 1949* (Arquivo CBPF, Rio de Janeiro, 1950).
- [70] A.M.R. de Andrade, *Físicos, Mésons e Política* (Hucitec, São Paulo, 1999).
- [71] C.M.G. Lattes para H. Bradner, em 13 de maio de 1949 (The Bancroft Library, University of California, Berkeley, 1949), correspondência.
- [72] *Entrevista concedida a Micheline Nussenzveig e Cássio Leite Vieira (Ciência Hoje) e Fernando de Souza Barros (Instituto de Física, UFRJ)* (Arquivo Central do Sistema de Arquivos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas), caixa 5, documento 6.
- [73] O centro das grandes pesquisas físicas, O Cruzeiro, Rio de Janeiro, 18 de março de 1950.
- [74] E. Frola-Pessôa, N. Amato, Annaes da Academia Brasileira de Ciências **XXII**, 4 (1950).
- [75] R. Feynman, *Interview of Richard Feynman by Charles Weiner*, disponível em: <https://www.aip.org/history-programs/niels-bohr-library/oral-histories/5020-3>, acessado em 31/01/2022.
- [76] J. Tiomno para C.M.G. Lattes, em 19 de julho de 1949 (Arquivo Central – Sistema de Arquivos – Unicamp, Campinas), correspondência.
- [77] R. Feynman para C.M.G. Lattes, em 13 de maio de 1949 (Papers of Richard Phillips Feynman. Archives, California Institute of Technology), correspondência.
- [78] C.M.G. Lattes para R. Feynman, em 08 de julho de 1949 (Papers of Richard Phillips Feynman. Archives, California Institute of Technology), correspondência.
- [79] Interessantes palestras no centro de pesquisas físicas, O jornal, Rio de Janeiro, 25 de agosto de 1949, disponível em: [http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=110523\\_04&pesq=Centro%20Brasileiro%20de%20Pesquisas%20F%C3%ADsicas&hf=memoria.bn.br&pagfis=50709](http://memoria.bn.br/DocReader/DocReader.aspx?bib=110523_04&pesq=Centro%20Brasileiro%20de%20Pesquisas%20F%C3%ADsicas&hf=memoria.bn.br&pagfis=50709), acessado em 31/01/2022.
- [80] Brasileiro de Pesquisas Físicas, A Manhã, Rio de Janeiro, 10 de agosto de 1949, disponível em: <http://memoria.bn.br/DocReader/docreader.aspx?bib=116408&pasta=ano%20194&pesq=Cecile%20Morette&pagfis=44334>, acessado em 31/01/2022.
- [81] Camara Legislativa do Distrito Federal – Auxílio ao Centro Nacional de Pesquisas Físicas, *Jornal do Commercio*, Rio de Janeiro, 12 de agosto de 1949, [http://memoria.bn.br/DocReader/docreader.aspx?bib=364568\\_13&pasta=ano%20194&pesq=Cecile%20Morette&pagfis=46932](http://memoria.bn.br/DocReader/docreader.aspx?bib=364568_13&pasta=ano%20194&pesq=Cecile%20Morette&pagfis=46932), acessado em 31/01/2022.
- [82] J.L. Lopes para J. Tiomno, em 24 de fevereiro de 1950 (Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro, 1950), correspondência.
- [83] J.L. Lopes, *Ciência e Cultura* **3**, 3 (1951).
- [84] J.L. Lopes, *Ciência e Cultura* **3**, 87 (1951).