UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE FÍSICA, INSTITUTO DE QUÍMICA, INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS, FACULDADE DE EDUCAÇÃO

ALEXANDER BRILHANTE COELHO

**Posturas epistemológicas de Mario Schenberg e o processo de institucionalização
da Física no Brasil (1934-1944): relações entre concepção de ciência e contexto
científico**

São Paulo

2018

ALEXANDER BRILHANTE COELHO

**Posturas epistemológicas de Mario Schenberg e o processo de institucionalização
da Física no Brasil (1934-1944): relações entre concepção de ciência e contexto
científico**

Versão Corrigida

(Versão original encontra-se no Programa de Pós- Graduação em Ensino de Ciências
da Universidade de São Paulo)

Dissertação apresentada ao Instituto de Física,
ao Instituto de Química, ao Instituto de
Biociências e à Faculdade de Educação da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
título de mestre em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Física

Orientador: Prof. Dr. Ivã Gurgel

São Paulo

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e de pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Coelho, Alexander Brilhante

Posturas epistemológicas de Mario Schenberg e o processo de institucionalização da Física no Brasil (1934-1944): relações entre concepção de ciência e contexto científico. São Paulo, 2018.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Ivã Gurgel

Área de Concentração: Ensino de Ciências (Modalidade: Física)

Unitermos: 1. Física – Estudo e ensino; 2. Epistemologia; 3. Historia da Ciência; 4. Sociologia da Ciência; 5. Schenberg, Mario, 1914-1990.

USP/IF/SBI-015/2018

Nome: COELHO, Alexander Brilhante

Título: Posturas epistemológicas de Mario Schenberg e o processo de institucionalização da Física no Brasil (1934-1944): relações entre concepção de ciência e contexto científico

Dissertação apresentada ao Instituto de Física,
ao Instituto de Química, ao Instituto de
Biociências e à Faculdade de Educação da
Universidade de São Paulo para a obtenção do
título de mestre em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Ensino de Física

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

RESUMO

COELHO, Alexander B. **Posturas epistemológicas de Mario Schenberg e o processo de institucionalização da Física no Brasil (1934-1944): relações entre concepção de ciência e contexto científico**. 2018. 181 f. Dissertação (mestrado). Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

Nesta dissertação analisamos as posturas epistemológicas de Mário Schenberg em duas obras de juventude, no artigo Princípios de mecânica publicado em 1934 pela Revista Polytechnica, e sua tese de cátedra, também intitulada Princípios de mecânica, defendida em 1944. Tais obras, por tratarem do mesmo tema e possuírem partes homólogas, permitiram caracterizar a movimentação da postura epistemológica do jovem Schenberg já na primeira década de sua vida como estudante e pesquisador. A análise das obras nos permitiu caracterizar uma mudança na postura epistemológica de Schenberg, indo de uma postura epistemológica predominantemente indutivista a uma postura epistemológica predominantemente construtivista. Estabelecemos, também, as conexões entre os elementos epistemológicos que aparecem nas obras analisadas e os elementos epistemológicos que aparecem nas obras de outros autores que Schenberg utiliza como referência em seus trabalhos, de modo a estabelecer pontos de referência em relação aos quais indicamos como se transformou sua ideia de teoria física, se afastando das ideias epistemológicas de Pierre Duhem e se aproximando das ideias epistemológicas de Heinrich Hertz. Para além da análise mais interna das obras, utilizamos aspectos da sociologia da ciência de Pierre Bourdieu para procurar compreender como os discursos epistemológicos se relacionam com os contextos científicos para os quais as obras se dirigem e nos quais as ideias se formam, agem e se modificam. Concluímos que a visão de Schenberg a respeito da teoria física se modifica à medida que se modifica o contexto científico no qual Schenberg está inserido, contexto esse em que a hegemonia do regime utilitário de produção e circulação de conhecimento físico, representado pelas escolas politécnicas brasileiras do início do século XX, é colocada em xeque pelo regime disciplinar de produção e circulação de conhecimento físico, representado pelas seções de Física das universidades criadas nos anos 1930.

Palavras-chave: Física, Epistemologia, História da Ciência, Sociologia da Ciência, Mário Schenberg.

ABSTRACT

COELHO, Alexander B. **Mario Schenberg's epistemological stances and the process of institutionalization of physics in Brazil (1934-1944): relations between the concept of science and the scientific context.** 2018. 181 f. Dissertation (Master in Physics Education). Institute of Physics, Institute of Chemistry, Institute of Biosciences, Faculty of Education. University of São Paulo, São Paulo, 2014.

In this dissertation, we analyze Mario Schenberg's epistemological stances in two of his early works - in the article Principles of Mechanics, published in 1934 in Revista Polytechnica, and in his thesis, also entitled Principles of Mechanics, written in 1944. The fact that these works deal with the same subject, and have homologous parts, made it possible to characterize the movements in Mario Schenberg's early epistemological stances in the first decade of his life as a student and researcher. The analysis of these works allowed us to characterize a shift in Schenberg's epistemological stance, departing from a predominantly inductivist stance towards a predominantly constructivist one. Furthermore, we have established the connections between the epistemological elements that appear in the works of other authors whom Schenberg uses as reference in his own works, so as to establish landmarks in relation to which we show how Schenberg's idea of physics theory changed, distancing himself from the epistemological ideas of Pierre Duhem, while moving closer to the ideas of Heinrich Hertz. Besides an internal analysis of the works, we make use of aspects of Pierre Bourdieu's sociology of science in order to try to understand how these epistemological discourses are related to the scientific contexts towards which these works are directed, and in which ideas are formed, operate, and are modified. We conclude that Schenberg's take on physics theory changes as the scientific context in which he is immersed, a context in which the hegemony of the utilitarian regime of production and circulation of knowledge in physics, represented by the Brazilian polytechnical schools of the early 20th century, is challenged by the disciplinary regimen of production and circulation of knowledge in physics represented by the departments of physics of the universities created in the 1930's.

Key-words: Physics, Epistemology, History of Science, Sociology of Science, Mário Schenberg.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	8
1 INTRODUÇÃO: PRESSUPOSTOS EDUCACIONAIS E PERSPECTIVA TEÓRICA...12	
1.1 Pressupostos educacionais: a ausência da ciência brasileira como obstáculo cultural à aprendizagem	12
1.2 Perspectiva teórica: a sociologia da ciência de Pierre Bourdieu	16
1.2.1 Características gerais de um <i>campo intelectual</i> em Pierre Bourdieu	16
1.2.2 Características gerais de um <i>campo científico</i> , segundo Bourdieu	21
2 A EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA NO ARTIGO <i>OS PRINCÍPIOS DA MECÂNICA</i> (1934)	28
2.1 Experiência, lei e teoria física no artigo de 1934	29
2.2 Teoria explicativa e teoria representativa no artigo de 1934	32
2.3 Teoria indutiva e teoria dedutiva no artigo de 1934	35
2.4 A matéria-prima da postura epistemológica em 1934	37
3 O CONTEXTO CIENTÍFICO DO ARTIGO <i>OS PRINCÍPIOS DA MECÂNICA</i> (1934) .41	
3.1 A identidade politécnica e a Revista Polytechnica	41
3.2 A influência de Luiz Freire na formação inicial de Mário Schenberg	47
3.3 Gomes de Souza e Otto de Alencar: marcos simbólicos da formação da identidade científica	50
3.4 A Sociedade Brasileira de Ciências e a identidade científica no contexto politécnico do início do século XX	55
3.5 O conflito entre identidade científica e identidade politécnica como expressão do conflito entre o regime disciplinar e o regime utilitário de produção de ciência	62
3.6 A identidade científica e o artigo <i>Os princípios da mecânica</i> , de 1934	66
3.7 Efeitos do artigo de 1934	68
4 A EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA NA TESE <i>PRINCÍPIOS DA MECÂNICA</i> (1944)	73
4.1 Finalidades da teoria na tese de 1944: descrição e explicação	73

4.2 Parênteses: teoria física como <i>imagem</i> na obra de Hertz	75
4.3 Condições da teoria na tese de 1944: coerência lógica e veracidade experimental	78
4.4 Valorações da teoria na tese de 1944: comodidade e valor heurístico	81
4.5 O objetivo da teoria na tese de 1944: previsão	85
4.6 Elementos da teoria: conceitos e postulados.	87
4.7 Movimentação epistemológica entre o artigo de 1934 e a tese de 1944	89
 5 A PROPOSTA TEÓRICA DA TESE DE 1944 E SUA RELAÇÃO COM A MUDANÇA DE POSTURA EPISTEMOLÓGICA	95
5.1 Crítica da axiomática newtoniana (continuação da primeira parte da tese)	95
5.2 Os princípios de conservação (segunda parte da tese)	97
5.3 O princípio de relatividade (terceira parte da tese)	99
5.4 Novas formulações da axiomática (quarta parte da tese)	100
5.4.1 Primeira imagem: axiomática da imagem newtoniana	101
5.4.2 Segunda imagem: imagem energética	102
5.4.3 Terceira imagem: imagem energética usando a lagrangeana	103
5.5 A epistemologia no contexto do texto	105
 6 O DISCURSO EPISTEMOLÓGICO DA TESE DE 1944 NO NOVO CONTEXTO CIENTÍFICO	109
6.1 Diferentes efeitos do discurso epistemológico no meio intelectual mais geral e no meio científico	109
6.2 A situação do concurso de cátedra e a composição da banca avaliadora	113
6.3 A acumulação do capital científico de Schenberg entre 1934 a 1944	118
6.4 Wataghin na FFCL e a subversão da hierarquia dos valores científicos	130
6.5 Um físico brasileiro na estrutura do poder universitário	136
 7 CONCLUSÕES	139
 REFERÊNCIAS	146
 ANEXOS	157
 APÊNDICES	166

APRESENTAÇÃO

Em 2005, foi publicado o livro *IFUSP: passado, presente e futuro*, organizado pelo então diretor do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), Gil da Costa Marques, mas com características de uma obra coletiva. Esta obra pretende apresentar ao leitor a história do IFUSP desde a fundação até o presente. Trata-se de um livro de celebração que aproveitou a ocasião de algumas efemérides: "Entre as muitas atividades programadas para lembrar os 70 anos da Física em São Paulo, os 35 anos do IFUSP, pensou-se na edição de um volume dedicado à história do Instituto da Física" (MARQUES, 2005, página não numerada). Nesse livro, Mário Schenberg¹ é apresentado da seguinte forma:

O primeiro grande teórico da Física brasileira foi Mário Schenberg. Schenberg pertencia à categoria dos gênios. É um dos físicos brasileiros mais conhecidos. Schenberg foi um dos dois primeiros estudantes de Gleb Wataghin. No entanto, fazia pesquisa de maneira independente. Schenberg foi o primeiro de uma leva de bons Físicos Teóricos em São Paulo (MARQUES, 2004, p. 20).

Chama atenção que a publicação em que o IFUSP procura se apresentar ao leitor – provavelmente um membro do próprio instituto, ou um físico brasileiro – por sua vez apresente Mário Schenberg como o gênio da casa. Outros físicos importantes para o desenvolvimento da Física em São Paulo são apresentados ao leitor de forma bastante generosa, mas nada perto da aura atribuída a Schenberg: Gleb Wataghin é apresentado como "um grande Físico e um grande mestre" (MARQUES, 2005, p. 11), Marcelo Damy como "o precursor dos grandes laboratórios" (MARQUES, 2005, p. 13) ou "figura maior, na Física Experimental" e César Lattes como "outra figura exponencial na Física brasileira" (MARQUES, 2005, p. 18).

É possível desconfiar que obras como essa, coletivas e de caráter institucional, não só procuram expressar certos consensos construídos previamente no interior das instituições, como são, elas mesmas, um ato de construção de significados, à medida que reforçam ou esmaecem as imagens e sentidos que se deseja tornar públicos. Independentemente do "valor de verdade" dos adjetivos atribuídos aos físicos de maior expressão na história do IFUSP, é certo que o livro acima citado vai atribuindo papéis e mensurando as importâncias dos físicos que destaca (ou que omite). E o papel de Schenberg é o papel de gênio. Na linguagem ordinária, *gênio* se refere a um indivíduo com capacidades extraordinárias, dono de um dom inato raro, capaz de conceber obras ou ideias originais. Embutido no sentido da

¹ Para um panorama biográfico de Schenberg, cf. Apêndice A, ao final desta dissertação.

palavra está o fato de que as avaliações a respeito da pessoa têm proeminência em relação às avaliações a respeito de suas obras.

Um momento importante na história da construção da reputação de gênio foram as homenagens que o IFUSP rendeu a Schenberg, em 1984, por ocasião de seu septuagésimo aniversário. Foi realizado um simpósio, cujas conferências foram publicadas sob o título *Perspectivas em Física teórica* (cf. BARROS, 1987), e foram publicados os livros *Pensando a Física* (cf. SCHENBERG, 2001), que condensa o curso de Evolução dos Conceitos da Física ministrado por Schenberg em 1983, e *Mario Schenberg: entre-vistas* (cf. GUINSBURG; GOLDFARB, 1984), com diversos depoimentos de intelectuais (como Fernando Henrique Cardoso), cientistas (como César Lattes, Bernhard Gross e José Leite Lopes), escritores (como Ferreira Gullar e Décio Pignatari) e artistas (como Alfredo Volpi e Lygia Clark).

Nesta ocasião, em depoimento a Guita Guinsburg e José Goldfarb, o físico Luiz Carlos de Menezes chama atenção para o processo de canonização de Schenberg:

Uma coisa que me deixa preocupado agora, é que estou temendo que ele esteja sendo 'canonizado'. Essa homenagem aos 70 anos do Schenberg, aos 50 anos de Universidade, isso me deixa com uma preocupação enorme. É que eleito modelo, elogiado pelo que fez, passe a ser considerado como alguém do 'passado'. (MENEZES apud GUINSBURG; GOLDFARB, 1984, p. 115)

De fato, a maior parte dos escritos sobre Schenberg, seja o que foi registrado em depoimentos de pessoas próximas, seja em trabalhos que pretendem fazer uma análise de seu pensamento a respeito da Física, da arte ou da sua atuação política, tem caráter hagiográfico.

Está fora do radar desta dissertação fazer uma avaliação da "real" genialidade de Schenberg, da "real" envergadura do trabalho científico de Schenberg, seja para ajustar os juízos para mais ou para menos. Muito menos nos interessa fazer um "resgate" das ideias de Schenberg. Procuraremos encarar a sua importância mais como um dado sociológico do que como uma questão substantiva, ou seja, partimos do pressuposto de que Schenberg foi uma personalidade importante para a constituição da Física no Brasil, na medida em que se manifesta, como um fenômeno, o fato de que um número bastante elevado de físicos brasileiros lhe atribuíram importância. Nos interessa, isto sim, destacar que elementos da trajetória científica que construiu ao longo do tempo fizeram com que Schenberg se tornasse uma personalidade interessante, ou seja, capaz de despertar o interesse de um setor importante da vida intelectual brasileira no século XX.

Em *Mozart, sociologia de um gênio*, Norbert Elias se coloca um interessante projeto sociológico: compreender sob quais condições sociais um gênio como Mozart se constitui. No caso de Elias, trata-se de um projeto bastante radical, pois Elias não trata Mozart *como se* fosse um gênio. Parte do pressuposto de que Mozart *é* um gênio, que *todos sabem* que Mozart é um gênio, e, ainda assim, arrisca uma análise sociológica a respeito de algo que geralmente é entendido como um atributo natural. Diz ele:

A sociologia normalmente é entendida como uma disciplina destrutiva e redutora. Não partilho desta visão. Para mim, a sociologia é uma ciência que deveria nos ajudar a entender melhor, e explicar, o que é incompreensível em nossa vida social. É por isso que escolhi o subtítulo aparentemente paradoxal "A sociologia de um gênio". Não é meu propósito destruir o gênio ou reduzi-lo a outra coisa qualquer [...] (ELIAS, 1995, p. 20)

E, mais adiante:

Com frequência nos deparamos com a ideia de que a maturação de um gênio é um processo autônomo, "interior", que acontece de modo mais ou menos isolado do destino humano do indivíduo em questão. Esta ideia está associada a outra noção comum, a de que a criação de grandes obras de arte é independente da existência social de seu criador, de seu desenvolvimento e experiência como ser humano no meio de outros seres humanos. [...]
No presente estágio de civilização, a transfiguração do elemento misterioso em gênio pode satisfazer uma necessidade profundamente sentida. Ao mesmo tempo, é uma das muitas formas da deificação dos grandes homens, cuja outra face é o desprezo pelas pessoas comuns. [...] O dom especial [...] em si mesmo constitui um dos elementos determinantes de seu destino social, e neste sentido, é um fato social [...] (ELIAS, 1995, p. 53-4)

O trabalho de pesquisa que pretendemos apresentar a seguir é motivado por um projeto de compreensão – em boa medida – semelhante ao apresentado por Elias, ou seja, tentar compreender como um indivíduo tomado como excepcional por muitos de seus pares pode também ser entendido como resultado de uma existência social.

Circunscrevemos a nossa análise principalmente a duas obras de juventude de Schenberg, mas que, segundo cremos, são momentos expressivos na constituição da sua trajetória científica: o seu primeiro artigo, publicado em 1934 na Revista Polytechnica, e sua tese de cátedra para a cadeira de Mecânica Racional e Celeste da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras (FFCL) da Universidade de São Paulo (USP), defendida em 1944. A primeira obra, intitulada *Os princípios da mecânica*, tem como objeto a epistemologia da Física, e foi escrita enquanto Schenberg ainda era estudante. A segunda obra, também intitulada *Princípios da mecânica*, marca o ingresso de Schenberg na estrutura de poder da USP, e também possui uma introdução epistemológica. Tais obras, por tratarem do mesmo

tema e possuírem partes homólogas, são materiais com evidente interesse comparativo, e nos permitiram caracterizar a movimentação da postura epistemológica do jovem Schenberg já na primeira década de sua vida como estudante e pesquisador.

Em nosso plano de trabalho, procuramos fazer uma análise interna das obras, com o objetivo de fazer uma caracterização da postura epistemológica predominante em cada período. Procuramos, também, estabelecer as conexões entre os elementos epistemológicos que aparecem nas obras e os elementos epistemológicos que aparecem nas obras de outros autores que Schenberg utiliza explicitamente ou implicitamente, de modo a estabelecer pontos de referência em relação aos quais indicamos como se transformou sua ideia de teoria física. Ou seja, procuramos determinar, de certo modo, a quais tradições a epistemologia de Schenberg se filia em cada momento.

Para além da análise mais interna das obras, utilizamos aspectos da sociologia da ciência de Pierre Bourdieu para procurar compreender como os discursos epistemológicos se relacionam com os contextos científicos para os quais as obras se dirigem. Partimos, aqui, do pressuposto de que o discurso epistemológico, ao procurar fazer prevalecer uma determinada visão de ciência, não pode ser entendido como completamente autônomo em relação aos contextos em que a ciência é produzida e nos quais as ideias se formam, agem e se modificam. Ou seja, para que esses discursos possam ser compreendidos em sua totalidade, é preciso compreender qual a posição do portador do discurso no campo intelectual em que ele está inserido, e como esse discurso age no campo.

1 INTRODUÇÃO: PRESSUPOSTOS EDUCACIONAIS E PERSPECTIVA TEÓRICA

1.1 Pressupostos educacionais: a ausência da ciência brasileira como obstáculo cultural à aprendizagem.

Uma pesquisa sobre a percepção pública da ciência e tecnologia no Brasil, publicada em 2015 pelo Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE) e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) com o objetivo de contribuir para a formulação mais adequada de políticas públicas em educação científica, mostra que o brasileiro valoriza e tem interesse por ciência e tecnologia (C&T), mas não tem muito acesso a informações e não enxerga seu país como um produtor de conhecimento científico.

Segundo a pesquisa, 61% dos entrevistados declara um alto grau de interesse em assuntos ligados à C&T, uma porcentagem mais alta que o interesse declarado em assuntos como política (28%), moda (34%) e esportes (56%) (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2015, p.5). Além disso, a confiança no cientista como fonte de informação é bastante grande, sendo maior que a confiança declarada em relação a informações provenientes de médicos e jornalistas (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2015, p.11).

Apesar da atitude favorável em relação à C&T e do alto nível de declaração de interesse, o número de pesquisados que não se lembra do nome de nenhuma instituição brasileira de pesquisa científica e que não se lembra do nome de nenhum cientista brasileiro é espantosamente alto: apenas 12% dos entrevistados se lembrou do nome de alguma instituição brasileira que faça pesquisa científica e apenas 6% foi capaz de lembrar o nome de algum cientista brasileiro, números inferiores aos obtidos em pesquisas de anos anteriores. Apenas para comparação, pesquisas similares mostram que na Argentina o número de entrevistados que consegue lembrar de alguma instituição de pesquisa é igual a 25% e no Chile e na Venezuela a porcentagem fica em torno de 30% (CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS, 2015, p.14-5).

Nas últimas décadas construiu-se uma crescente valorização de propostas de ensino de ciências que mobilizam aspectos políticos, sócio-culturais e histórico-epistemológicos, aspectos pertinentes ao que pesquisadores em ensino de ciências vêm chamando de

Natureza da Ciência (NdC)². Nesse contexto, a utilização da história e da filosofia da ciência no ensino de ciências vem sendo considerada uma ferramenta importante, já que permite ao aluno uma atitude reflexiva acerca da construção do conhecimento científico. Apesar disso, não contamos com muitas propostas que se voltam para história da ciência *nacional*. Segundo João Zanetic³:

Não podemos continuar ignorando, e não informando aos nossos alunos, a colaboração brasileira à construção da física. Assim como nas aulas de literatura, por exemplo, são mencionados os escritores brasileiros mais destacados, creio que o mesmo deveria ocorrer com relação aos nossos físicos mais destacados (...). A Física brasileira também é cultura. (ZANETIC apud ROUXINOL; PIETROCOLA 2004, p. 4)

Certamente o silêncio da escola a respeito da Física brasileira ajuda a explicar o resultado das pesquisas do CGEE mencionada mais acima. Há uma dinâmica, segundo cremos, em que a falta de informação alimenta uma imagem distorcida da ciência produzida no Brasil, e vice-versa. Essa dinâmica, como não podia deixar de ser, repercute no ensino de ciências, ao mesmo tempo que é também o seu resultado.

A fala de Zanetic citada acima aconteceu na abertura do Encontro de Pesquisa em Ensino de Física de 2002. Não se pode dizer, no entanto, que de lá para cá a omissão em relação à Física brasileira no ensino foi devidamente mitigada. Mais que a quase absoluta ausência de *propostas* que levem em consideração a ciência nacional, é possível perceber uma quase total ausência dessa dimensão do ensino no *discurso curricular* como um todo. Se olharmos para os *Parâmetros Curriculares Nacionais* (PCN), publicados em 2000, para os *Parâmetros Curriculares Nacionais +* (PCN+), publicados em 2002, para as *Diretrizes Curriculares Nacionais* (DCN), publicadas em 2013, e para a versão preliminar da *Base Nacional Comum Curricular* (BNCC), publicada em 2015, notamos um silêncio quase absoluto em relação à participação brasileira na construção do conhecimento científico. Há apenas uma exceção: na versão preliminar da BNCC encontra-se, entre os exemplos de temas para serem discutidos com os alunos de terceiro ano do Ensino Médio, a "Contribuição de César Lattes nas pesquisas em raios cósmicos e física de partículas" (BRASIL, 2015, p. 218). Trata-se da única menção à contribuição brasileira à produção de conhecimento físico nos documentos curriculares das últimas décadas, menção sem muito

² Para um panorama das pesquisas sobre ensino e aprendizagem de NdC, cf. LEDERMAN; LEDERMAN, 2014. Para um resumo das principais tensões entre diferentes visões do conceito de Natureza da Ciência, Cf. BAGDONAS; SILVA, 2013.

³ ZANETIC, João. Conferência de abertura do VIII Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, Águas de Lindóia de 05 a 08/06/2002.

lugar de destaque (neste documento, a cada ano há uma lista de mais de 100 exemplos de como os conteúdos podem ser abordados), e apenas no último ano da escola básica.

Essa ausência, além de expressar o pouco conhecimento histórico que certamente temos a respeito da ciência nacional – e da física nacional em particular – expressa o fato de que não *percebemos* o conhecimento científico como um elemento constituinte de nossa identidade. Apenas para citar um exemplo que nos é caro, o que explicaria a ausência da contribuição da Mario Schenberg no objetivo de aprendizagem "Identificar as diversas etapas possíveis da evolução estelar?", na versão preliminar da BNCC. Certamente os trabalhos de Schenberg com Gamow e Chandrasekhar, sobre evolução estelar, são relativamente bem conhecidos, pelo menos entre os físicos, e, no entanto, esquecidos na formulação do currículo.

A naturalização da ausência da Física brasileira nos discursos curriculares das últimas décadas, mais do que expressão de uma educada modéstia em relação à produção científica nacional, segundo cremos, deve ser entendida como resultado do que Forquin (1992) denominou *seleção cultural escolar*, um processo histórico que

está longe de obedecer tão-somente àquilo que se poderia chamar de motivações 'intrínsecas' ou de exigências de excelência e de universalidade. Sabe-se muito bem que a forma como uma sociedade representa o passado e gere sua relação com o passado possui uma dinâmica altamente conflituosa e depende de todo o tipo de fatores sociais, políticos e ideológicos (FORQUIN, 1992, p. 30)

É necessário reconhecer que a Física brasileira ainda não passou pela seleção dos formuladores do currículo, ainda não conquistou o *sentimento de legitimidade* necessário para frequentar o discurso curricular.

É claro que não se defende, aqui, uma posição ufanista. Ao apontarmos para a ausência da produção científica nacional no currículo e no discurso curricular, não temos por objetivo defender que o currículo veicule uma imagem sobrevalorizada da posição da produção científica brasileira no contexto internacional. Defendemos, isso sim, que deveria ser um objetivo formativo do ensino de Física na educação básica e superior permitir que o estudante construa uma imagem adequada da participação do seu país na construção do conhecimento científico.

Gurgel e colaboradores, ao investigarem o papel que a identidade cultural desempenha na aprendizagem de Física, defendem que, em grande medida, a falta de engajamento dos alunos, mais do que o mero efeito de fatores motivacionais ou afetivos, é resultado de um reconhecimento mais ou menos consciente, por parte dos alunos, de uma

incompatibilidade entre os elementos culturais que constituem sua identidade e a cultura científica na escola:

[...] quando se constrói uma incompatibilidade cultural, nasce um problema de raízes profundas. Se a cultura envolve todo um complexo de práticas materiais, técnicas, normas de conduta, valores, padrões de comportamento [...] quando verificamos que os problemas de ensino-aprendizagem tocam este nível, temos que os obstáculos a serem superados na educação básica não envolvem apenas o nível epistemológico, mas principalmente o sociocultural. Isso faz com que aspectos da cultura – tanto a escolar como, principalmente, a dos indivíduos – sejam pensados como dimensões que devam fazer parte do próprio processo de produção dos conteúdos científicos escolares. [...] Assim, é preciso questionar quais visões de ciência que nós temos promovido em sala de aula. Quais delas podem gerar incompatibilidades culturais com os alunos? E, finalmente, como podemos promover uma educação científica que supere estes obstáculos e que leve em conta esta dimensão presente nos processos de ensino-aprendizagem (GURGEL, PIETROCOLA, WATANABE, 2016, p. 351-2, tradução livre)

Ou seja, o modo como o aluno se reconhece culturalmente repercute na forma como os alunos aprendem. Assim, para além de um justo dimensionamento do passado e do presente da ciência nacional, por si só justificável, trata-se de favorecer a construção de uma identidade que, ao mesmo tempo que é mais consciente de si, favorece o aprendizado das ciências:

Se o aluno tem a impressão que a identidade exigida a quem pode aprender ciências é incompatível com as que ele previamente estabeleceu, o resultado será a diferenciação em relação à mesma. Isso leva à formação de um estereótipo que tende sempre a intensificar a incompatibilidade entre os grupos culturais; neste caso os grupos que os alunos pertencem com os grupos que eles reconhecem como aptos a conhecer ciência. O conhecimento que queremos ensinar é visto somente como pertencente ao outro, o que dificulta o engajamento efetivo dos alunos na aprendizagem do conhecimento científico. Assim, o desafio a ser tratado, inclusive em aulas de Física, é a construção de elementos identitários que ampliem a identidade dos alunos de forma que eles reconheçam as situações de aprendizagem como parte do seu desenvolvimento. (GURGEL, PIETROCOLA, WATANABE, 2016, p. 354-5, tradução livre)

Sendo a nacionalidade uma dimensão importantíssima na construção da identidade, a omissão da contribuição brasileira à construção do conhecimento científico, mais que conspirar contra um objetivo geral de toda a educação – nos termos da versão preliminar da BNCC, "a formação pessoal, profissional e cidadã" (BRASIL, 2015, p. 1) –, conspira contra os objetivos específicos do ensino de ciências, já que a imagem estereotipada de que seu país não produz ciência se transforma em um *obstáculo cultural* à aprendizagem das ciências.

A pesquisa que pretendemos apresentar – centrada na figura do jovem Mário Schenberg, um personagem relevante no processo de profissionalização da produção

brasileira de conhecimento físico na primeira metade do século XX –, ao contribuir para a produção historiográfica da ciência brasileira, tem por objetivo, ao mesmo tempo, contribuir para a reversão desse quadro de alienação da Física brasileira em relação ao seu ensino, alienação sentida tanto na escola básica quanto na educação superior.

1.2 Perspectiva teórica: a sociologia da ciência de Pierre Bourdieu

Embora esta dissertação não tenha a pretensão de fazer uma análise rigorosamente bourdieusiana da produção científica do jovem Schenberg, é certo que a sociologia da ciência de Bourdieu nos ofereceu um programa de investigação potente para o tipo de análise que realizamos, impactando fortemente nossa perspectiva a respeito da história da ciência brasileira ao longo de todo o trabalho. Nas seções a seguir, pretendemos fazer uma breve exposição da forma como compreendemos o conceito bourdieusiano de *campo científico*, que, em conexão com o conceito de *habitus*, joga luz sobre a relação de um autor e sua obra com outros agentes do campo científico, sobre as forças que orientam as ações dos agentes científicos e sobre internalização de estruturas sociais na forma de estruturas cognitivas, conceitos esses que nos foram bastante caros para compreender o significado da mudança na postura epistemológica de Schenberg em relação aos contextos científico e universitário nacional nos quais os textos analisados foram concebidos e para os quais se dirigiram.

1.2.1 Características gerais de um *campo intelectual* em Pierre Bourdieu.

O conceito-chave que fundamenta o estudo da relação entre uma produção intelectual e o seu contexto de produção na obra de Bourdieu é o conceito de *campo intelectual*. Em linhas gerais, a questão que dá origem este conceito é: *em que sentido preciso se pode compreender a afirmação de que uma criação intelectual é afetada pelo contexto social?* Em *Os usos sociais da ciência*, Bourdieu afirma que concebeu o conceito de campo intelectual para escapar da dualidade entre análises e interpretações internalistas, segundo as quais, *grosso modo*, para se compreender uma texto basta ler o texto, e análises e interpretações externalistas, que colocam em relação direta o texto e o contexto social e econômico mais geral:

É para escapar a essa alternativa que elaborei a noção de campo. É uma ideia extremamente simples, cuja função negativa é bastante evidente. Digo que para compreender uma produção cultural (literatura, ciência, etc) não basta referir-se ao conteúdo textual dessa produção, tampouco referir-se ao contexto social contentando-se em estabelecer uma relação direta entre texto e contexto. O que chamo de "erro do curto-circuito", erro que consiste em relacionar uma obra musical ou um poema simbolista com as greves de Fourmies ou as manifestações de Anzim, como fazem certos historiadores da arte ou literatura. Minha hipótese consiste em supor que entre esses dois polos, muito distanciados, entre os quais se supõe, um pouco imprudentemente, que a ligação possa se fazer, existe um universo intermediário que chamo o *campo literário, artístico, jurídico ou científico*, isto é, o universo no qual estão inseridos os agentes e as instituições que produzem, reproduzem ou difundem a arte, a literatura ou a ciência. Esse universo é um mundo social como os outros, mas que obedece a leis sociais mais ou menos específicas. (BOURDIEU, 2004, p. 20)

O conceito de campo intelectual – conceito que guarda algumas analogias com o conceito de campo na física – seria a ferramenta conceitual capaz de circunscrever a esfera social que afeta a produção intelectual. Em *Projeto intelectual e projeto criador*, texto que tem por objetivo estabelecer as linhas gerais de entendimento das relações entre uma obra intelectual – seja ela artística ou científica⁴ – e o seu contexto de produção, Bourdieu assim apresenta seu conceito de campo intelectual:

Para dar à Sociologia da criação intelectual e artística seu objeto próprio e, ao mesmo tempo, seus limites, é preciso perceber e considerar que a relação que um criador mantém com sua obra e, por isso mesmo, a própria obra são afetadas pelo sistema de relações sociais nas quais se realiza a criação como um ato de comunicação ou, mais precisamente, pela posição do criador na estrutura do campo intelectual (ela própria função, ao menos por um lado, de sua obra anterior e da aceitação obtida por ela). Irredutível a um simples agregado de agentes isolados, a um conjunto aditivo de elementos simplesmente justapostos, o *campo intelectual*, da mesma maneira que o campo magnético, constitui um sistema de linhas de força: isto é os agentes ou sistemas de agentes que compõem podem ser descritos como forças que se dispendo, opondo e compondo, lhe conferem sua estrutura específica num dado momento do tempo. Por outro lado, cada um deles é determinado pelo fato de fazer parte desse campo: à posição particular que ele aí ocupa deve, com efeito, *propriedades de posição*, irredutíveis às propriedades intrínsecas, e, particularmente, um tipo determinado de participação no *campo cultural* enquanto sistema de relações entre temas e problemas [...]. (BOURDIEU, 1968, p. 105-6).

Neste texto Bourdieu defende que o que daria inteligibilidade à sociologia da criação intelectual é o fato de que a obra é uma ação de um agente em um determinado campo intelectual, ação cujos efeitos dependem da configuração do campo e da posição e autoridade do agente no interior do campo. A obra é entendida como um ato de comunicação

⁴ Embora nesse texto Bourdieu trate mais de perto das possibilidades da sociologia de uma obra artística – e, portanto, das possibilidades de compreensão da relação entre as relações sociais objetivas e o projeto criador do artista –, aparecem, aí, algumas invariantes de qualquer campo intelectual, inclusive do campo científico, ao qual Bourdieu dedica o artigo *O campo científico* anos mais tarde, e que iremos acompanhar mais à frente.

e, portanto, afetada não só pelo lugar em que o criador se situa num campo composto por agentes com posições e legitimidades desiguais, mas também pelos temas e problemas que emergem do campo cultural.

A ideia de um campo como um "sistema regido por suas próprias leis" (BOURDIEU, 1968, p. 106), e, portanto, como algo que dá sentido à compreensão da relação entre obra e contexto, segundo Bourdieu, só tem fundamento caso o campo intelectual tenha de fato uma autonomia relativa em relação a outras esferas sociais, como a econômica, a política e a religiosa, ou seja, caso as instâncias que conferem legitimidade aos agentes e suas obras sejam internas ao próprio campo, caso sejam expressão de uma autoridade propriamente intelectual. A autonomia do campo vai se constituindo historicamente à medida em que vão se constituindo "*instâncias específicas de seleção e consagração* propriamente intelectuais [...] e colocadas em situação de *concorrência pela legitimidade cultural*" (BOURDIEU, 1968, p. 106). É a concorrência pela legitimidade cultural que dá a lógica específica do campo e faz com que as influências externas – cada vez menores à medida que o campo se autonomiza sejam mediatizadas pela estrutura do campo⁵.

Em qualquer campo intelectual, a representação que os outros fazem do objeto simbólico que é a obra, e a representação que o intelectual tem da representação que fazem ou farão a respeito de sua obra fazem com que as relações sociais intervenham no âmago do projeto criador⁶, ou seja, intervenham na própria intenção do criador, na forma como entende a si e a sua obra:

A relação que o criador mantém com sua obra é sempre ambígua, e algumas vezes contraditória, na medida em que a obra cultural, enquanto objeto simbólico destinado a ser comunicado, enquanto mensagem que pode ser recebida, reconhecida ou ignorada, e com ela seu autor, tira não somente o valor [...] mas

⁵ Em *O mercado dos bens simbólicos* – obra escrita alguns anos depois, mas com o mesmo tema do texto *Projeto intelectual e projeto criador* –, Bourdieu assim coloca a relação entre o grau de autonomia do campo e sua capacidade de refratar as influências de outras esferas sociais: "Pode-se medir o grau de autonomia de um campo de produção erudita com base no poder de que dispõe para definir as normas de sua produção, os critérios de avaliação de seus produtos e, portanto, para retraduzir e reinterpretar todas as determinações externas de acordo com seus princípios próprios de funcionamento. Em outros termos, quanto mais o campo estiver em condições de funcionar como uma arena fechada de uma concorrência pela legitimidade cultural, ou seja, pela consagração propriamente cultural e pelo poder propriamente cultural de concedê-la, tanto mais os princípios segundo os quais se realizam as demarcações internas aparecem como irredutíveis a todos os princípios externos de divisão, por exemplo os fatores de diferenciação econômica, social ou política, como a origem familiar, a fortuna, o poder (no caso de um poder capaz de exercer sua ação diretamente sobre o campo), bem como às tomadas de posição política." (BOURDIEU, 2013b, p. 106)

⁶ "Nunca foi completamente apreendido tudo aquilo que está implícito no fato de que o autor escreve para um público. Poucos são os atores sociais que dependem tanto quanto os artistas, e de maneira geral, os intelectuais, no que eles são e na imagem que têm de si mesmos, da imagem que os outros têm deles e daquilo que são. (BOURDIEU, 1968, p. 113). Em *O mercado de bens simbólicos*, Bourdieu coloca a mesma afirmação, acrescentada do fato de que, no contexto da cultura erudita (científica inclusive), a obra se dirige aos pares que são ao mesmo tempo concorrentes. (BOURDIEU, 2013b, p. 113)

também *sua significação e sua verdade* daqueles que a recebem tanto quanto daquele que a produziu. [...] O autor mais indiferente às seduções do êxito e menos disposto a fazer concessões às exigências do público não deve levar em conta a verdade social de sua obra, que lhe é remetida pelo público, críticos ou analistas e redefinir em relação a ela seu próprio projeto criador? Confrontada com esta definição objetiva, sua intenção não é encorajada a refletir sobre si mesma e a se explicitar e, assim, não corre o risco de ser transformada? Na maioria das vezes, o projeto criador não se define, inevitavelmente, em referência a outros projetos criadores? São poucas as obras que não contenham indicações sobre a representação que o autor se tenha feito de seu empreendimento, sobre os conceitos nos quais pensou sua originalidade e sua inovação, isto é, o que o distinguia, a seus próprios olhos, de seus contemporâneos e antecessores. (BOURDIEU, 1968, p. 116)

Para Bourdieu, pensar no desenvolvimento intelectual de um autor como algo exclusivamente endógeno, como mera reflexão introspectiva, amadurecimento interno, seria ignorar aquilo que o projeto criador deve às relações que o criador estabelece no campo intelectual, já que é por meio das relações com outros agentes do campo, em particular em relação aos agentes com mais autoridade para avaliar e consagrar⁷, que a intenção criadora vai progressivamente se objetivando, já que é por meio dessas relações que vai se constituindo um senso público da obra, senso público que vai definindo um autor e vai estabelecendo o espaço de possibilidades para que um autor se defina⁸.

Segundo Bourdieu, não é apenas por conta das relações estabelecidas entre os agentes em um campo que a sociedade intervém no projeto criador. A cultura interiorizada pelo agente orienta suas escolhas e é a matéria-prima de sua obra, fazendo com que as expressões aparentemente mais singulares sejam constituídas de pressupostos interiorizados assumidos tacitamente, inconscientemente:

[...] é na medida em que faz parte de um campo intelectual em referência ao qual se define e se constitui seu projeto criador, na medida em que, se quisermos, ele é o contemporâneo daqueles com quem se comunica e aos quais se dirige através de sua obra, recorrendo implicitamente a todo um código que possui em comum com eles – temas e problemas na ordem do dia, maneira de pensar, formas de percepção, etc. – que o intelectual é situado historicamente e socialmente. Suas escolhas

⁷ Sobre o poder diferencial dos agentes do campo: "Se cada uma das partes do campo intelectual depende de todas as outras, nem todas dependem no mesmo grau: como num jogo de xadrez, onde a sorte da rainha pode depender do menor dos peões, sem que por isso a rainha deixe de ter um poder infinitamente maior que qualquer outra peça, as partes constitutivas do campo intelectual, colocadas numa relação de interdependência funcional, são, no entanto, separadas por diferenças de *peso funcional* e contribuem de maneira muito desigual para dar ao campo intelectual sua estrutura particular". (BOURDIEU, 1968, p.126)

⁸ "[...] é no interior e por todo sistema de relações sociais que o criador estabelece com o conjunto de agentes que constituem o campo intelectual num dado momento do tempo [...] que se realiza a objetivação progressiva da intenção criadora, que se constitui esse *senso público* da obra do autor, pela qual o autor é definido em relação ao qual se deve definir. Interrogar-se sobre a gênese desse senso público é perguntar-se sobre quem julga e quem consagra, sobre como é feita a seleção que, no caos indiferenciado e indefinido das obras produzidas e mesmo publicadas, distingue as que são dignas de serem amadas e admiradas, conservadas e consagradas." (BOURDIEU, 1968, p.120)

intelectuais ou artísticas as mais conscientes são sempre orientadas por sua cultura e seu gosto, interiorizações da cultura objetiva da sociedade, de uma época ou de uma classe. A cultura que ele compromete em suas criações não é alguma coisa que, vindo de alguma forma a se acrescentar a uma intenção preexistente, permaneceria por isso irredutível a sua realização, mas constitui ao contrário a condição de possibilidade [de sua] construção concreta [...] (BOURDIEU, 1968, p. 136-7)

Mais do que inscrever no agente uma série de conhecimentos, o processo de interiorização da cultura, em particular aquele propiciado pela formação escolar e acadêmica, implica na interiorização de atitudes, aptidões e categorias de percepção e de pensamento, implica na automatização de hábitos, esquemas e formas de apreensão, implica numa linguagem comum, em problemas comuns e formas comuns de abordar esses problemas, implica no consenso a respeito dos objetos de dissenso, fazendo com que a cultura possuída oriente inconscientemente as escolhas intelectuais de um agente do campo.

Bourdieu chamará de *habitus* esses princípios inconscientes que regem e regulam as operações intelectuais:

"Força criadora de hábitos", a escola provê aqueles que estiveram submetidos a sua influência direta ou indireta, não tanto com esquemas de pensamento particulares e particularizados, mas com essa disposição geral geradora de esquemas particulares, suscetíveis de serem aplicados em domínios diferentes do pensamento e da ação, que se pode ser chamada de *habitus* cultivado."⁹ (BOURDIEU, 1968, p. 144)

O conceito da *habitus* está relacionado a um sistema de *disposições* que existe em estado virtual, e que vai agir em uma determinada situação. Elas são o produto de uma educação associada a um determinado meio, e, portanto, vai se constituindo no cruzamento da história individual e da história coletiva; usando uma expressão sintética de Bourdieu, "o indivíduo biológico socializado é algo de social individuado" (BOURDIEU, CHARTIER, 2011, p. 60). Cada indivíduo vai incorporando essas disposições ao longo de sua formação, disposições estas que podem ser transformadas pelas próprias situações que os indivíduos estão constantemente experienciando, mas que têm uma certa inércia, já que as experiências são percebidas por meio de categorias já existentes.

⁹ No texto *O mercado dos bens simbólicos*, Bourdieu define o *habitus* como "princípio gerador de estratégias inconscientes ou parcialmente controladas tendentes a assegurar o ajustamento às estruturas de que é produto tal princípio" (BOURDIEU, 2013b [1970], p.160). E mais: "De fato, as disposições mais inconscientes, como por exemplo as que resultam da interiorização de um *habitus* primário de classe, se constituíram através da interiorização de um sistema objetivamente selecionado de signos, índices e sanções, que nada mais são do que a materialização, nos objetos, nas palavras e nas condutas de um sistema particular de estruturas objetivas" (BOURDIEU, 2013b [1970], p.161).

Assim, pode-se dizer que o contexto social afeta a criação intelectual, de um lado, pela estrutura objetiva do campo intelectual que posiciona os agentes em relação uns aos outros e determina as possibilidades de tomadas de posição dos agentes no campo, e, por outro lado, pela interiorização da cultura, que baliza o pensamento e as ações de cada um dos agentes, permitindo seu ajustamento à estrutura do campo.

1.2.2 Características gerais de um *campo científico*, segundo Bourdieu

Expusemos, até agora, as características gerais de um campo intelectual segundo a sociologia da criação intelectual de Bourdieu. O caso da produção intelectual *científica* – e, por conseguinte, do *campo científico* – contém algumas especificidades em relação aos demais tipos de produção intelectual e de campo intelectual. Segundo Bourdieu, o que orienta a ação dos agentes em um campo científico é a luta pelo monopólio da *autoridade científica*:

O campo científico, enquanto sistema de relações objetivas entre posições adquiridas (em lutas anteriores), é o lugar, o espaço de jogo de uma luta concorrencial. O que está em jogo especificamente nessa luta é o monopólio da *autoridade científica* definida, de maneira inseparável, como capacidade técnica e poder social; ou, se quisermos, o monopólio da *competência científica*, compreendida enquanto capacidade de falar e de agir legitimamente (isto é, de maneira autorizada e com autoridade), que é socialmente outorgada a um agente determinado. (BOURDIEU, 1983, p. 122)

Deste modo, o campo científico seria um espaço social estruturado pela posição e poder diferencial do conjunto dos agentes envolvidos na produção, circulação e consumo do conhecimento científico, e pela relação entre esses agentes, e cuja dinâmica é regida pela disputa pela autoridade científica, ou seja, disputa pelo reconhecimento da competência científica no interior do campo científico.

A competência científica, pela qual os cientistas procuram ser reconhecidos, é simultaneamente poder simbólico e capacidade técnica, o que faz com que, na dinâmica da luta pela legitimidade científica, que orienta as ações dos agentes, a dimensão social (ou "política") e a intelectual não possam se separadas:

Pelo fato de que todas as práticas estão orientadas para a aquisição de autoridade científica (prestígio, reconhecimento, celebridade etc.), o que chamamos comumente de "interesse" por uma atividade científica tem sempre uma dupla face. [...] Uma análise que tentasse isolar uma dimensão puramente "política" nos conflitos pela dominação do campo científico seria tão falsa quanto o *parti pris*

inverso, mais frequente, de somente considerar as determinações "puras" e puramente intelectuais dos conflitos científicos." (BOURDIEU, 1983, p. 124).

Para ilustrar a impossibilidade de separar a dimensão social e a dimensão intelectual das práticas dos cientistas, Bourdieu dá um exemplo trivial, mas significativo, e que mostra a impossibilidade de separar o interesse intrínseco (o que é interessante para o pesquisador) e o interesse extrínseco (o que é importante para os outros pesquisadores): se um pesquisador vê publicado resultados aos quais ele estava quase chegando, fica transtornado, ainda que o interesse intrínseco do seu trabalho não tenha sido modificado. Isso porque no campo científico joga-se um jogo simbólico em que o reconhecimento dos outros agentes do campo é parte fundamental.

Em um campo científico os agentes orientam suas ações em função das possibilidades de obtenção de lucro simbólico, ou seja, orientam, de forma consciente ou inconsciente, seus investimentos tendo como referência uma antecipação das chances médias de lucro simbólico. Se, por exemplo, um agente faz uma contribuição importante a uma questão científica entendida como importante, terá um lucro simbólico importante. Por outro lado, como as questões importantes atraem a atenção de um número grande de pesquisadores com grande capital científico acumulado, a forte concorrência implica em menores chances de obtenção de lucro, o que causa uma migração de pesquisadores para objetos com menor prestígio, nos quais o lucro simbólico em jogo é menos significativo, embora mais garantido.

O reconhecimento da competência científica é um poder social simbólico que se traduz na noção de *capital científico*, capital de tipo particular relacionado à autoridade e legitimidade do agente, e que contribui para a definição das regras e regularidades do jogo científico, além de contribuir para a definição de como se distribuem os lucros simbólicos no interior do campo¹⁰. A estrutura de relações objetivas do campo é, *grosso modo*, a

¹⁰ Em *Para uma sociologia da ciência*, Bourdieu assim define capital científico: "[...] espécie de capital simbólico, capital fundado no conhecimento e no reconhecimento. Poder que funciona como crédito, pressupõe a confiança ou crença dos que o suportam porque estão dispostos (pela sua formação e pelo próprio fato de pertença ao campo) a atribuir crédito. A estrutura de distribuição do capital determina a estrutura do campo, ou seja, as relações de força entre os agentes científicos: a posse de uma quantidade (logo, uma parte) importante de capital confere poder sobre o campo, portanto, sobre os agentes comparativamente menos dotados de capital (e sobre o requisito de admissão no campo) e comanda a distribuição de hipóteses de lucro" (BOURDIEU, 2008, p. 53). E, mais à frente, explicita a relação entre o capital científico e o capital simbólico em geral: "O capital simbólico é um conjunto de propriedades distintivas que existe na e pela percepção de agentes dotados de categorias de percepção adequadas, categorias que se adquirem principalmente através da experiência da estrutura da distribuição desse capital no interior do espaço social ou de um microcosmo social particular como o campo científico. Capital científico é um conjunto de propriedades que são produtos de atos de conhecimento e de reconhecimento realizados por agentes envolvidos no campo científico e dotados, por isso, de categorias de percepção específicas que lhes permitem fazer as diferenças pertinentes, conformes ao princípio de

distribuição do capital científico, e determina, ainda que não seja por imposição direta, o que os agentes que disputam por reconhecimento podem ou não podem fazer em função de seu capital já acumulado¹¹: orienta sobre onde concentrar os esforços de sua pesquisa, quais os pontos de vista aceitáveis, informa temas e objetos de interesse, lugares de publicação, adianta possíveis tomadas de posição etc. Assim, a obra e as ações de um agente só podem ser compreendidas plenamente se for possível compreender qual a posição do agente no campo científico.

Segundo Bourdieu, colocar o campo científico como um espaço social de lutas significa romper com a ideia de mertoniana¹² de *comunidade científica*, ideia que pressupõe uma concorrência perfeita e pura das ideias, movida apenas pela força da ideia verdadeira, e, ao mesmo tempo, romper com a oposição entre uma análise internalista e externalista, como já mencionamos anteriormente:

pertinência constitutivo do *nomos* do Campo. Esta percepção *diacrítica* só é acessível aos detentores de um suficiente capital cultural incorporado. Existir cientificamente significa ter 'algo mais', segundo as categorias de percepção em vigor no campo, ou seja, para os pares ('ter dado um contributo')" (BOURDIEU, 2008, p. 80)

¹¹ Em *Os usos sociais da ciência*, Bourdieu afirma que "[...] contrariamente ao que leva a crer num construtivismo idealista, os agentes fazem o fato científico e até mesmo fazem, em parte, o campo científico, mas a partir de uma posição de nesse campo – posição essa que não fizeram – e que contribui para definir suas possibilidades e impossibilidades" (BOURDIEU, 2004, p. 25)

¹² Robert King Merton (1910-2003) foi um sociólogo norte-americano que se tornou uma referência na sociologia da ciência. Em *A ciência e a estrutura social democrática*, escrito em 1942, Merton caracteriza o que chamou de *ethos da ciência*, compreendido por "quatro passos de imperativos institucionais" (MERTON, 1970, p. 654): a) o *universalismo*, relacionado à objetividade e à impessoalidade da ciência: "as pretensões à verdade, quaisquer que sejam suas origens, têm que ser submetidas a *critérios impessoais preestabelecidos*" (MERTON, 1970, p. 654); b) o *comunismo*: "as descobertas substantivas da ciência são um produto da colaboração social e estão destinadas à comunidade. Constituem herança comum em que os lucros do produtor individual estão severamente limitados. [...] O direito do cientista à sua propriedade intelectual limita-se à gratidão e à estima [...]. Surge uma cooperação competitiva. Os resultados da cooperação são comunizados e a estima cresce para o produtor." (MERTON, 1970, p. 657-8); c) o *desinteresse*, que diz respeito ao fato de que os resultados da ciência não são norteados pelo interesse imediato de seu produtor; d) o *ceticismo organizado*: "É um mandato ao mesmo tempo metodológico e institucional. [É] A suspensão do julgamento até que 'os fatos estejam à mão' e o exame imparcial das crenças de acordo com critérios empíricos e lógicos [...]." (MERTON, 1970, p. 662). Segundo Merton, o *ethos* da ciência "é esse complexo de valores e normas afetivamente tonalizado, que se considera como constituindo uma obrigação moral do cientista. [...] Esses imperativos, transmitidos pelo preceito e pelo exemplo e reforçado por sanções, são assimilados em graus variáveis pelo cientista, formando assim sua consciência científica ou, se preferirmos usar a palavra moderna, seu superego" (MERTON, 1970, p. 652-3). O *ethos* da ciência derivaria do próprio objetivo da ciência: "A meta institucional da ciência é a ampliação dos conhecimentos comprovados. Os métodos técnicos empregados para este fim proporcionam a definição relevante do conhecimento: predições empiricamente confirmadas e logicamente congruentes. Os imperativos institucionais ('mores') derivam do alvo e dos métodos. Os 'mores' da ciência têm uma explicação racional e metodológica mas são moralmente obrigatórios, não somente porque são eficazes do ponto de vista do procedimento, mas também porque são considerados justos e bons. É um conjunto de prescrições tanto morais quanto técnicas." (MERTON, 1970, p. 653-4). Segundo Bourdieu, a tradição mertoniana é estruturo-funcionalista: "pensa o mundo científico como uma 'comunidade' que se dotou [...] com instituições justas e legítimas de regulação, e onde não há lutas [...]. O estruturo-funcionalismo revela deste modo a sua verdade de finalismo das entidades coletivas: a 'comunidade científica' é uma dessas entidades coletivas, que alcança os seus fins através de mecanismos sem sujeitos orientados para fins favoráveis aos sujeitos ou, pelo menos, aos melhores entre eles (BOURDIEU, 2008, p. 24)

Uma autêntica ciência da ciência só pode constituir-se com a condição de recusar radicalmente a oposição abstrata (que se encontra também na história da arte, por exemplo) entre uma análise imanente ou interna, que caberia mais propriamente à epistemologia e que restituiria a lógica segundo a qual a ciência engendra seus próprios problemas e, uma análise externa, que relacionaria esses problemas às condições sociais de seu aparecimento; e o campo científico, enquanto lugar de luta política pela dominação científica, que designa a cada pesquisador, em função da posição que ele ocupa, seus problemas, indissociavelmente políticos e científicos, e seus métodos, estratégias científicas que, pelo fato de se definirem expressa ou objetivamente pela referência ao sistema de posições políticas e científicas constitutivas do campo científico, são ao mesmo tempo estratégias políticas. Não há "escolha" científica – do campo da pesquisa, dos métodos empregados, do lugar de publicação; ou, ainda, escolha entre uma publicação imediata de resultados parcialmente verificados e uma publicação tardia de resultados plenamente controlados – que não seja uma estratégia política de investimento objetivamente orientada para a maximização do lucro propriamente científico, isto é, a obtenção do reconhecimento dos pares-concorrentes. (BOURDIEU, 1983, p. 127)

Na dinâmica da luta pelo reconhecimento científico, fazer-se reconhecer cientificamente significa ter a capacidade de fazer reconhecer uma definição de ciência, uma capacidade de fazer reconhecer como científicos os problemas, métodos e teorias que estejam mais de acordo com os interesses específicos do agente:

Assim, a definição do que está em jogo na luta científica faz parte do jogo da luta científica: os dominantes são aqueles que conseguem impor uma definição da ciência segundo a qual a realização mais perfeita consiste em ter, ser e fazer aquilo que eles têm, são e fazem. (BOURDIEU, 1983, p. 128)

Segundo Bourdieu, o pressuposto da sociologia da ciência mertoniana de uma comunidade científica indiferenciada que seria o sujeito das práticas científicas ignora que definição legítima da ciência é sempre um objeto de disputa, e que faz parte das lutas pelo monopólio da legitimidade científica. Entender uma comunidade científica como um juiz da boa ciência seria ignorar que a legitimidade é o resultado de uma dinâmica social em que a disputa é um elemento central:

Por que a definição do que está em jogo na luta faz parte da luta (mesmo nas ciências como a matemática, onde o consenso aparente sobre o que está em jogo é muito alto), esbarramos, sem cessar, com as antinomias da legitimidade. [...] Tanto no campo científico quanto no campo das relações de classe não existem instâncias que legitimam as instâncias de legitimidade; as reivindicações de legitimidade tiram sua legitimidade da força relativa dos grupos cujos interesses elas exprimem: à medida que a própria definição dos critérios de julgamento e dos princípios de hierarquização estão em jogo na luta, ninguém é *bom* juiz porque não há juiz que não seja, ao mesmo tempo, juiz e parte interessada. (BOURDIEU, 1983, p. 129-30)

No entanto, para Bourdieu, afirmar que a produção científica é indissociável da disputa entre agentes não significa recair em uma visão cínica do mundo científico, segundo a qual os agentes do campo são oportunistas que se valem estratégias intencionais, estratagemas guiados por projetos explícitos de atuação no campo com o objetivo único e consciente de acumular capital científico¹³. O conceito campo científico não implica que os agentes atuem sobre o campo por meio de trapanças e artifícios, de modo que sua ação esteja dissociada da convicção pessoal¹⁴. Isso porque, ao longo de sua formação, o cientista interioriza, até o ponto de se tornarem inconscientes, as *disposições* a que nos referimos quando nos referimos ao conceito de *habitus*:

Um cientista é a materialização de campo científico e as estruturas cognitivas são homólogas à estrutura do campo e, por isso, constantemente ajustadas às expectativas inscritas nos campo. As normas e princípios, que determinam, se quisermos, o comportamento do cientista, só existem enquanto tal – ou seja, enquanto instâncias eficientes, capazes de orientar a prática dos cientistas no sentido da conformidade às exigências de cientificidade – porque são entendidas por cientistas familiarizados com elas, o que os torna capazes de as perceber e apreciar, e ao mesmo tempo dispostos e aptos a cumpri-las. Em suma, as normas só os condicionam porque eles se propõem a cumpri-las por um ato de conhecimento e reconhecimento *prático* que lhes confere eficácia ou, por outras palavras, porque estão dispostos (ao fim de um trabalho de socialização específica) de tal maneira que são sensíveis às diretrizes que elas encerram e estão preparados para lhes responder de forma sensata. Percebe-se que seria, certamente, inútil perguntar, nestas condições, onde está a causa e onde está o efeito e se será mesmo possível distinguir as causas das ações das razões de agir" (BOURDIEU, 2008, p. 62-3)

O conceito de campo científico, em conexão com as disposições interiorizadas pelos agentes, permite escapar das interpretações sociológicas da ciência que jogam luz apenas no consenso e ou apenas no conflito, permite evitar tanto a imagem apaziguada de uma comunidade científica quanto a imagem oposta, que entende a ciência como uma guerra cínica.

Por colocar a tônica nas estruturas que orientam as práticas científicas, o conceito de campo científico permite delimitar o espaço das possíveis escolhas de um agente, dando as

¹³ Em *Para uma sociologia da ciência*, Bourdieu faz um duro ataque à sociologia da ciência de Bruno Latour: "Por não procurar o princípio das ações onde ele está realmente, ou seja, nas posições [dos agentes no campo científico] e disposições [incorporadas pelos agentes], Latour só pode encontrá-lo em estratégias conscientes (e cínicas) de influência e poder (regredindo assim do finalismo da entidades coletivas segundo Merton, para o finalismo dos agentes individuais). E a ciência da ciência fica reduzida à descrição das alianças e das lutas pelo 'crédito simbólico'." (BOURDIEU, 2008, p. 46)

¹⁴ "[...] as estratégias dos agentes têm sempre, de algum modo, dupla face, ambíguas, interessadas e desinteressadas, pois são inspiradas por uma espécie de interesse pelo desinteresse e que se pode fazer delas duas descrições opostas, mas igualmente falsas, uma vez que unilaterais, uma hagiográfica e idealizada, outra cínica e redutora [...]" (BOURDIEU, 2004, p. 31)

condições de inteligibilidade da relação entre a produção científica e o contexto social. Esta relação, evidentemente, não é determinista:

Entre o espaço das posições e o espaço das tomadas de posição não há uma relação de reflexo mecânico: o espaço das posições só atua de algum modo sobre as tomadas de posição por intermédio dos *habitus* dos agentes que apreendem este espaço, a sua posição neste espaço e a percepção que os outros agentes envolvidos nesse espaço têm de todo ou de parte do espaço. O espaço das posições, quando percebido através de um *habitus* adaptado (competente, dotado do sentido do jogo), funciona como um *espaço de possíveis*, das formas possíveis de fazer ciência, entre as quais se pode fazer uma escolha; cada um dos agentes envolvidos no campo tem uma percepção prática das diferentes realizações da ciência, que funciona como uma *problemática*. (BOURDIEU, 2008, p. 85-6)

A relação entre contexto social e prática científica, mediatizada pelo *habitus*, se de um lado não é determinista, por outro lado também não resulta, para Bourdieu, na produção de conteúdos científicos arbitrários. A não arbitrariedade do conhecimento científico seria um efeito das relações sociais particulares que se engendram em um campo científico, e está relacionada ao fato de que reconhecimento científico só pode ter origem no reconhecimento atribuído a um agente por seus pares-concorrentes:

A luta pela autoridade científica, espécie particular de *capital social* que assegura um poder sobre os mecanismos constitutivos do campo e que pode ser reconvertido em outras espécies de capital, deve o essencial de suas características ao fato de que os produtores tendem, quanto maior for a autonomia do campo, a só ter como possíveis clientes seus próprios concorrentes. Isto significa que, num campo científico fortemente autônomo, um produtor particular só pode esperar o reconhecimento do valor de seus produtos ("reputação", "prestígio", "autoridade", "competência" etc.) dos outros produtores que, sendo também seus concorrentes, são os menos inclinados a reconhecê-lo sem discussão ou exame. De fato, somente os cientistas engajados no mesmo jogo detêm os meios de se apropriar simbolicamente da obra científica e de avaliar seus méritos. E também de direito: aquele que faz apelo a uma autoridade exterior ao campo só pode atrair sobre si o descrédito. (BOURDIEU, 1983, p. 127)

A concorrência derivada da luta pelo monopólio da legitimidade científica não produz, apesar de sua aparente anarquia, uma resultante nula. O que permite que a concorrência se torne uma fator de acumulação de conhecimentos é o fato de que, à medida que o campo se torna cada vez mais autônomo, a legitimação e o reconhecimento só pode vir dos concorrentes mais aptos e inclinados a fazer objeções, só pode vir dos agentes com mais competência e apetência para criticar racionalmente um trabalho científico e seu autor¹⁵, transformando os mecanismos de regulação da vida social em regulação e

¹⁵ Ainda sobre o mesmo assunto: "A transmutação do antagonismo anárquico dos interesses particulares em dialética científica torna-se cada vez mais total à medida que o interesse que todo produtor de bens simbólicos

autorregulação epistêmica¹⁶. Norteando-se pelo saber prático de que "o fato só se torna verdadeiramente um fato científico se for reconhecido" (BOURDIEU, 2008, p. 102) os investigadores avaliam se seu trabalho pode resistir as objeções, antecipam críticas, concordam tacitamente com as regras de avaliação da produção de conhecimento e internalizam os princípios de sociabilidade que não podem ser ignorados, sob o risco de serem excluídos do campo. Nesse sentido, para Bourdieu, a objetividade é intersubjetividade, é um produto social do campo científico, e está relacionada com os pressupostos assumidos pelos participantes do campo a respeito da forma de regular conflitos, é resultado das transações e negociações que acompanham os processos de publicação e divulgação do conhecimento científico, é resultado do processo de *legitimação* do conhecimento científico, processo a um só tempo intelectual e social.

tem em produzir produtos 'que não sejam somente interessantes para ele mesmo', [...] 'mas também importantes para os outros' (produtos próprios a obter dos outros que reconheçam a sua importância e a de seu autor) se choca com concorrentes mais capazes de colocar os mesmos meios a serviço das mesmas intenções. [...] E, de fato, à medida que aumentam os recursos acumulados e o capital necessário à sua apropriação, o mercado onde o produto científico pode ser colocado se restringe, sem cessar, a concorrentes cada vez mais fortemente armados de instrumentos para criticá-lo racionalmente e desacreditar seu autor: o antagonismo, que é o princípio da estrutura e da transformação de todo campo social, tende a tomar-se cada vez mais radical e fecundo porque o *acordo forçado* onde se engendra a razão deixa cada vez menos lugar ao impensado e a *doxa*". (BOURDIEU, 1983, p. 143-4). Em *Para uma sociologia da ciência*, obra em que Bourdieu se contrapõe nitidamente ao que chama de "delírios pós-modernos" relativistas, a questão é colocada da seguinte forma: "O fato de os produtores tenderem a ter como clientes apenas os seus adversários mais rigorosos, os mais competentes e críticos, portanto os menos *inclinados* e os *mais aptos* a validar a sua crítica, é para mim o *ponto arquimediano* em que nos podemos basear para *explicar cientificamente a razão da razão científica*, para libertar a razão científica da redução relativista e explicar que a ciência pode avançar incessantemente para uma maior racionalidade sem ser obrigada a recorrer a uma espécie de milagre fundador. Não é necessário sair da História para compreender a emergência e a existência da razão na História. O fechamento sobre si do campo autônomo constitui o princípio histórico da gênese da razão e do exercício da sua normatividade." (BOURDIEU, 2008, p. 78)

¹⁶ Em *Os usos sociais da ciência*, Bourdieu afirma que quanto mais autônomo for um campo científico, mais a censura assume o caráter de uma censura puramente científica, e as "pressões sociais assumem a forma de pressões lógicas" (BOURDIEU, 2004, p. 32). Em *Para uma sociologia da ciência*, Bourdieu afirma que o campo científico é um campo singular "em que as relações de força e de luta entre os agente e as instituições estão submetidas às leis específicas (dialógicas e argumentativas) decorrentes de duas propriedades fundamentais, intimamente ligadas entre si: o fechamento sobre si mesmo (ou a concorrência dos pares) e a arbitragem do real [...]. A própria lógica, a necessidade lógica, é a norma social de uma categoria particular de universos sociais, os campos científicos, e exerce-se através de constrangimentos (principalmente as censuras) socialmente instituídos nesses universos (BOURDIEU, 2008, p. 98-9). A ideia de "arbitragem do real" não deve ser confundida uma postura ingenuamente realista. Diz respeito à aceitação tácita da "existência de uma realidade objetiva pelo fato de assumirem o projeto de investigar e de dizer a verdade do mundo e aceitar ser criticados, contraditos, refutados, em nome de uma referência ao real, assim constituído em árbitro da investigação." (BOURDIEU, 2008, p. 98). Ou, ainda mais claramente: "Substituir a relação entre um sujeito (o cientista) e um objeto por uma relação entre os sujeitos (o conjunto de agentes envolvidos em um campo) a propósito da relação entre o sujeito (o cientista) e o seu objeto, conduz a rejeitar, em simultâneo, a visão realista ingênua segundo a qual o discurso científico é um reflexo direto da realidade, um puro registro, e a visão construtivista relativista, segundo a qual o discurso científico é produto de uma construção, orientada por interesses e estruturas cognitivas, que produziria visões múltiplas, subdeterminadas pelo mundo. [...] A ciência é uma construção que faz emergir uma descoberta irreduzível à construção e às condições sociais que a tornaram possível." (BOURDIEU, 2008, p.107)

2 A EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA NO ARTIGO *OS PRINCÍPIOS DA MECÂNICA* (1934)

Em 1933, Mario Schenberg, à ocasião com provavelmente 17 anos¹⁷, transferiu seus estudos da Escola de Engenharia de Pernambuco para a Escola Politécnica de São Paulo. Em depoimento, Schenberg afirma que sua transferência foi motivada pela notícia de que em breve se fundaria Universidade de São Paulo, na qual seria criada uma faculdade de ciências¹⁸. No ano seguinte, 1934, publica seu primeiro trabalho, *Os princípios da mecânica*, na edição de março/abril da Revista Polytechnica¹⁹. No artigo, Schenberg se apresenta como aluno do quarto ano do curso de engenheiros eletricitas, curso que concluiria no ano seguinte. Seu ingresso na Seção de Matemática da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da USP só se daria após a publicação do artigo, no segundo semestre de 1934, quando a nova universidade passa efetivamente a funcionar.

Trata-se de um artigo cujo assunto principal é a epistemologia da física. Na verdade seu artigo foi originalmente concebido para ser publicado em duas partes, uma introdução epistemológica e uma segunda parte em que proporia uma reformulação da mecânica. A segunda parte nunca foi publicada²⁰, e, até onde sabemos, não existe registro dela.

Para acompanhar as mudanças na *postura epistemológica*²¹ de Schenberg entre as décadas de 1930 e 1940, objeto desta dissertação, iremos, neste capítulo, destacar alguns elementos epistemológicos desse seu primeiro artigo, procurando aqueles que nos parecem mais significativos para a caracterização de sua visão de ciência e de teoria em 1934, e que nos permitirão, nos capítulos seguintes, comparar as posturas epistemológicas de Schenberg nos dois períodos.

¹⁷ Não se sabe com certeza se Schenberg nasceu em 1914 ou 1916 (Cf. HAMBURGUER, 2009, p. xi.). Segundo Kinoshida (2014, p.26) o mais provável é que tenha nascido em 1916. Luiz Freire, professor de Schenberg a respeito do qual falaremos mais adiante, afirma que o conheceu em 1932, quando Schenberg tinha 15 anos (VIDEIRA; VIEIRA, 2013, p. 5), o que é também um indício de que Schenberg deve ter nascido em 1916, data que adotaremos neste trabalho.

¹⁸ "Em 1933 vim para a Politécnica de São Paulo. Esta transferência fiz com mais dois amigos. Nós havíamos visto em uma publicação da Politécnica que estavam cogitando criar uma Faculdade de Ciências e esse foi o motivo que me atraiu realmente para São Paulo." (CEDRAN, 1985, p. 24). Cf. também (SCHENBERG, 2010 [1978], p.2-3).

¹⁹ Uma reprodução da capa e do índice da revista encontra-se no Anexo A. Uma reprodução do artigo completo encontra-se no Anexo B.

²⁰ Cf. (SCHENBERG, 2010 [1978], p. 3)

²¹ Iremos utilizar a expressão *postura epistemológica* para nos referirmos às linhas gerais do posicionamento de Schenberg frente a algumas ideias epistemológicas. Procuramos, com esta expressão, indicar, de modo geral, a visão de ciência de manifestada por Schenberg a cada período, e evitando, na medida do possível, entender esta visão de ciência como uma adesão pura e simples a uma linha epistemológica.

2.1 Experiência, lei e teoria física no artigo de 1934

O artigo de Schenberg para a Revista Polytechnica se inicia da seguinte forma²²:

A sciencia tem por fim a previsão de phenomenos futuros conhecidos os phenomenos passados, do modo mais econômico possível. A ideia de economia defendida por Mach, é hoje universalmente aceita. A economia é realizada substituindo experiências sensíveis por experiencias mentaes ou raciocinios, consistindo qualquer raciocinio na substituição de uma experiencia complexa, de resultado desconhecido, por uma série de experiências elementares de resultados conhecidos (SCHEMBERG, 1934, p. 195)

Estabelecer a previsão como o objetivo da ciência era algo comum para a época, tanto que Schenberg não ensaia nenhum um argumento para justificar o seu ponto de vista. Painlevé²³, autor que será evocado por Schenberg no desenrolar do artigo, também destaca, já no primeiro parágrafo de seu livro *Os axiomas da mecânica*, o papel da previsão: "a ciência de hoje em dia é uma ciência que mede e prediz, e é graças à Mecânica que ela conquistou essas duas características essenciais" (PAINLEVÉ, 1922, p. 1, tradução nossa). Em Painlevé, a previsibilidade, programa máximo da mecânica, serve de modelo para a ciência como um todo²⁴.

Quanto ao *princípio da economia* de Mach, na forma como aparece no primeiro parágrafo do artigo, Schenberg o entende como a substituição da experiência pelo raciocínio, sendo que a experiência mental seria precedida por experiências elementares, mais seguras, mais rentes à experiência sensível, e cujos resultados são conhecidos. Assim, o raciocínio, alimentado pela experiência elementar, antevê e substitui a experiência complexa.

Em seguida, o artigo aponta que a mediação entre a experiência sensível e a experiência mental é a formulação de leis, que são os instrumentos por meio dos quais se chegaria à economia: "Para conseguir a maxima economia surgem primeiramente as leis.

²² Iremos manter a grafia original nas citações deste artigo.

²³ Paul Painlevé (1863-1933) foi um matemático francês. Ensinou na École Polytechnique, Collège de France, e École Normale Supérieure. Em 1923, a Revista Brasileira de Engenharia, do Rio de Janeiro, publicou uma tradução de seu artigo *La théorie classique et la théorie einsteinienne de la gravitation*, publicado originalmente em *Compte-rendus de l'Académie des sciences*, no ano anterior. (Cf. PATY, 1996, p.165)

²⁴ A força normativa da ideia de previsão, no início do século XX, pode ser sentida em campos relativamente distantes da mecânica, aparecendo como meta em áreas do conhecimento que estavam na infância de sua constituição como disciplina, como nos mostra, com alguma ironia, um dos fundadores da sociologia, Max Weber: "[...] a ciência coloca naturalmente à nossa disposição certo número de conhecimentos que nos permitem dominar tecnicamente a vida por meio da previsão, tanto no que se refere à esfera das coisas exteriores como ao campo da atividade dos homens. Os senhores replicarão: afinal de contas, isso não passa do comércio de legumes do jovem norte americano. De acordo". (WEBER, 1967 [1919], p. 45)

Leis são relações entre elementos abstratos, que fazemos corresponder aos phenomenos, por intermedio de nossos instrumentos de medida" (SCHENBERG, 1934, p.195). Essa ideia que faz corresponder, sem tornar idênticos, o fenômeno e o símbolo por meio das medições, aparece em outros físicos da virada do XIX para o XX, como Pierre Duhem, autor que é utilizado como referência por Schenberg ao longo do artigo. Discutiremos mais à frente o significado dessa ideia de lei física e o seu lugar no debate epistemológico, mas desde já é interessante ver como Duhem a coloca a mesma questão:

[...] Por meio de métodos de medida apropriados, fazemos com que elas [as propriedades físicas que serão representadas] correspondam a símbolos matemáticos, números e grandezas. Tais símbolos não têm nenhuma relação de natureza com as propriedades que representam, mas uma relação de signo e coisa significada. Através dos métodos de medida, é possível fazer corresponder a cada estado de uma propriedade física um valor do símbolo representativo e vice-versa. (DUHEM, 2014 [1906], p. 46)

Schenberg nos dá um exemplo bastante expressivo do que seria para ele uma lei física, e de como se chega a ela:

Si tomarmos uma pilha de Daniell e a ligarmos a diversos circuitos, constataremos em cada caso uma corrente diferente. Si em vez de tabellarmos simplesmente os resultados, procurassemos descobrir uma lei, chegaríamos a lei de Ohm. Obtida a lei de Ohm poderíamos prever qual a corrente em cada caso sem ter necessidade de effectuar a experiencia, houve portanto economia. (SCHENBERG, 1934, p. 195)

A formulação de uma lei, no exemplo acima, tem um sabor indutivista, não havendo nenhuma reflexão a respeito da complexidade do salto que há entre os dados tabelados e a formulação da lei. A função da lei seria permitir a economia: uma vez obtida a lei, não haveria mais necessidade de repetir o experimento. Ao problematizar pouco a tensão entre a lei e o dado experimental, Schenberg dá mais ênfase à estabilidade das leis físicas que à historicidade e ao aspecto construtivo delas, pois, a partir de seu exemplo, somos levados a crer que um conjunto de dados experimentais levam necessariamente à formulação de uma única e mesma lei.

Essa concepção de que as formulações da ciência são econômicas porque economizam o ato de medição, substituindo-o por um raciocínio, é, como seria de se esperar, bem próxima da concepção de Mach, que afirma que o objetivo da ciência é "substituir, ou conservar, experiências, pela reprodução e antecipação de fatos no pensamento. A memória está mais à mão do que a experiência e, muitas vezes responde pelo mesmo propósito"

(MACH, 1919, p. 481, tradução nossa). Aliás, o exemplo que Schenberg utiliza para ilustrar a relação entre a lei física e a ideia de economia segue de perto o exemplo utilizado por Mach no capítulo *A economia da ciência*, de seu livro *A Ciência da mecânica*:

[...] nas ciências mais altamente desenvolvidas, regras para reconstrução de um grande número de fatos podem ser incorporadas numa única expressão. Assim, ao invés de anotar casos individuais de refração da luz, nós podemos reconstruir mentalmente todos os casos presentes e futuros, se soubermos que o raio incidente, o raio refratado e a normal estão no mesmo plano e que $\sin \alpha / \sin \beta = n$. Aqui, ao invés dos inúmeros casos de refração em diferentes combinações de matéria e sob todos os diferentes ângulos de incidência, temos simplesmente que anotar a regra acima estabelecida e os valores de n , – o que é muito mais fácil. O propósito econômico é aqui inconfundível. (MACH, 1919, p. 485, tradução nossa)

A Lei de Snell, no exemplo de Mach, cumpre o mesmo papel que a Lei de Ohm, no exemplo de Schenberg.

À continuação do artigo, Schenberg defende que, da mesma forma que a lei sintetizaria um conjunto de fenômenos, a teoria sintetizaria um conjunto de leis: "Obtido um conjunto de leis procuramos logo economia grupando-as em *theoria*" (SCHENBERG, 1934, p. 195). O caminho de ascensão dos dados experimentais à lei é agora repetido das leis à teoria. E, se a lei é a economia da experiência, a teoria é a economia da lei²⁵. Schenberg não explicita quais seriam as vantagens econômicas da ascensão das leis à teoria, mas é possível ver em Duhem, sua referência principal no artigo, uma indicação:

[...] Que vantagem encontram os físicos em substituir as leis que fornece diretamente o método experimental por um sistema de proposições matemáticas que as representem?
Antes de tudo, a teoria substitui, por um conjunto reduzido de proposições – as hipóteses fundamentais –, um grande número de leis que se oferecem a nós como

²⁵ Há interpretações mais sofisticadas para o significado de "economia" em Mach, que vão mais além que a ideia de economizar um *experimento*. Fitas (1998, p. 122) aponta para a dimensão da economia do trabalho intelectual: "conceitos científicos, as leis, as teorias devem ser entendidas como uma forma de economizar o trabalho intelectual de tal modo que a experiência adquirida fique registrada". Essa economia do trabalho intelectual, assim, não precisaria ser entendida meramente como uma economia no tempo gasto para pensar, mas, como explicita Videira, na viabilidade do indivíduo carregar consigo uma imagem do mundo: "Seria a economia de pensamento, para Mach, o reconhecimento da finitude do intelecto humano? Penso que sim. Segundo o filósofo austríaco, a mente humana é limitada e, desse modo, é como que obrigada a proceder economicamente para que possa espelhar no seu interior a imensa riqueza existente no mundo externo. Sendo impossível ao ser humano apreender a realidade em toda a sua totalidade, só lhe restaria formular uma descrição do real que estivesse ao seu alcance, donde a exigência de que tal descrição fosse econômica. Em outras palavras, a economia aqui significa a possibilidade de o homem trazer consigo, ou seja, memorizar, a natureza 'concretizada' nas representações, como as leis científicas." (VIDEIRA, 2009, p. 381)

independentes umas das outras, cada uma tendo de ser apreendida e retida por conta própria. (DUHEM, 2014 [1906], p. 48)

Ou seja, para Duhem, e com muita probabilidade para Schenberg também, uma vez formuladas as teorias, as leis passam a ser entendidas como consequências da teoria, e as várias leis independentes podem ser vistas como articuladas por meio da teoria.

2.2 Teoria explicativa e teoria representativa no artigo de 1934

Schenberg afirma no artigo que há dois modelos de teorias físicas: *teorias explicativas* e *teorias representativas*. As teorias do primeiro tipo são rejeitadas categoricamente: "A theoria explicativa está rejeitada actualmente, representa um resto de idéias theológicas e metaphysicas" (SCHENBERG, 1934, p. 195-6).

Schenberg não explica ao leitor o que seria uma teoria explicativa, nem indica o motivo que o faz considerar a teoria explicativa como metafísica. Mais uma vez, podemos encontrar em Duhem, uma crítica mais desenvolvida à ideia de teoria explicativa:

Explicar, *explicare*, é despir a realidade das aparências que a envolvem como véus, a fim de ver essa realidade nua e face a face.

A observação dos fenômenos não nos põe em contato com a realidade que se esconde sob as aparências sensíveis, mas com as próprias aparências sensíveis, tomadas sob forma particular e concreta. As leis experimentais não têm mais por objeto a realidade material; elas tratam essas mesmas aparências sensíveis tomadas, é certo, sob a forma abstrata e geral (DUHEM, 2014 [1906], p. 31).

A crítica à teoria explicativa, portanto, pressupõe uma cisão entre o real e os dados dos sentidos, ou seja, afirma a impossibilidade de se desvelar a realidade, afirma a impossibilidade de se conhecer uma essência por trás das aparências. Ao criticar a ideia de que seria possível *explicar* os fenômenos por meio de um apelo à uma realidade última que escapa aos nossos sentidos, Duhem tenta separar o que seria o conhecimento físico legítimo e o que entraria no domínio da metafísica: "Ao encarar a teoria física como uma explicação hipotética da realidade, colocamo-la sob dependência da Metafísica" (DUHEM, 2014 [1906], p. 45). Um exemplo que aparece em Duhem é o atomismo, com sua explicação dos

fenômenos por meio de átomos, entidades não observáveis, pelo menos como parecia ser à época em que escreveu seu livro, 1906²⁶.

Ao contrário das teorias explicativas, são as teorias físicas *representativas*, para Schenberg, as teorias adequadas. Precisamos recorrer novamente a Duhem para compreender o conceito de teoria representativa, já que Schenberg novamente não explicita seu significado no artigo. Para Duhem, essas teorias seriam um sistema de proposições matemáticas deduzidas de um número reduzido de princípios que têm por objetivo representar da forma mais simples, mais completa e mais exata possível um conjunto de leis e experimentos (DUHEM, 2014 [1906], p.46). E, mais:

Assim, uma teoria *verdadeira* não é uma teoria que fornece uma boa explicação das aparências físicas conforme a realidade. É aquela teoria que representa de uma maneira satisfatória um conjunto de leis experimentais. Por outro lado, uma teoria *falsa* não é uma tentativa de explicação fundada sobre suposições contrárias à realidade, mas um conjunto de proposições que não concordam com as leis experimentais. Para uma teoria física, o acordo com a experiência é o único critério de verdade. (DUHEM, 2014 [1906], p. 47)

A forma como Duhem se refere às teorias explicativa e representativas pode ser entendida como uma crítica ao *realismo*. Segundo Osvaldo Pessoa Jr., uma interpretação realista de uma teoria física pode ser sintetizada com base em três afirmações:

1) Realismo ontológico: existe uma realidade física que independe do conhecimento e da percepção humana. 2) Realismo científico: as proposições de uma teoria têm "valor de verdade", isto é, são verdadeiras ou falsas, de acordo com a teoria da verdade por correspondência. Assim, uma teoria física serve para "explicar" fenômenos em termos da realidade física subjacente, e não apenas para prevê-los. 3) Realidade dos termos teóricos: a teoria pode conter "termos teóricos" que se referem a entidades físicas que não são diretamente observadas. (PESSOA JR., 2003, 102-3)

O ponto mais explícito da crítica antirrealista de Duhem incide sobre a afirmação 2. Popper (1975 [1954]), no artigo *Três concepções acerca do conhecimento humano*, classifica essa postura epistemológica de Duhem como uma concepção *instrumentalista* de teoria. Segundo Popper, os instrumentalistas defendem que uma teoria física é apenas uma

²⁶ É preciso tomar cuidado para não estabelecer um juízo anacrônico. À época do livro de Duhem, a ideia de átomo ainda era considerada uma ideia especulativa, e inúmeros cientistas duvidavam de sua realidade. Como afirma Segrè: “Em 1905, por exemplo, o ceticismo ainda imperava, com alguns cientistas rejeitando *incontinenti* a teoria corpuscular da matéria [...]. Estes céticos não eram loucos nem incompetentes”. E, mais adiante: “No final do século XIX, mesmo um homem como Max Planck receava manifestar sua crença no átomo. Conforme o próprio Planck lembra em sua Autobiografia Científica, era 'não apenas indiferente, mas, em certa medida, mesmo hostil à teoria atômica' ” (SEGRÈ, 1987, p. 8-9)

hipótese matemática, um instrumento de cálculo conveniente para prever fenômenos, mas não são uma descrição verdadeira de algo real. Essa postura em relação à natureza de uma teoria física, segundo Popper, é uma "velha discussão", que remete ao prefácio de Andreas Osiander ao *De revolutionibus* de Copérnico, no qual afirma que a hipótese copernicana de uma Terra planetária não deveria ser entendida como verdadeira, e sim como um instrumento útil para cálculos e previsões. Ainda segundo Popper, Galileu, por outro lado, defendia que a proposta copernicana era mais que um instrumento conveniente, era uma *descrição verdadeira* do mundo, ou seja, Galileu defendia que existia, *por trás* do movimentos observados do Sol e dos planetas, uma realidade não acessível imediatamente pela observação, o movimento terrestre. Popper classifica essa postura de Galileu como uma postura *essencialista*²⁷.

Na forma como Popper coloca a questão, o problema ao redor do qual se posicionam instrumentalistas e essencialistas diz respeito à ideia de se há (ou se é possível conhecer) alguma realidade por trás dos fenômenos, por trás das aparências, alguma realidade que seja capaz de *explicar* os fenômenos. Os instrumentalistas – entre os quais Popper inclui, além de Duhem, também Mach, Poincaré e Bohr²⁸ – consideram que uma resposta afirmativa à

²⁷ Outro capítulo importante deste debate entre, nos termos de Popper, instrumentalistas e essencialistas é a crítica à noção de força na teoria newtoniana. A proposta newtoniana de uma força agindo à distância causou algum desconforto mesmo para Newton. Ao final da segunda edição dos *Principia*, Newton acrescentou um *Escolio Geral*, no qual afirma: "Até aqui temos explicado os fenômenos do céu e de nosso mar pelo poder da gravidade, mas ainda não atribuímos uma causa a esse poder [...] Até hoje, entretanto, não pude descobrir a causa dessas propriedades da gravidade dos fenômenos, e não invento hipóteses, pois o que quer que não seja deduzido dos fenômenos deve ser chamado de hipótese, e as hipóteses, sejam elas metafísicas ou físicas, de qualidades ocultas ou mecânicas, não têm lugar na filosofia experimental" (NEWTON apud COHEN; WESTFALL, 2002, p. 154-5). Continuando esta discussão, Berkeley (2006 [1721]), em seu *De motu*, procura separar o que há de certo (descrição) do que há de incerto (explicação) na mecânica newtoniana, chamando atenção para a obscuridade contida em termos como força, gravidade e atração, que cumprem um importante papel explicativo na teoria mecânica. Segundo ele, seria melhor encarar tais termos não como realidades, mas como elementos úteis ao cálculo, como hipóteses matemáticas: "*Força, gravidade, atração* e termos desse tipo são úteis para o raciocínio e o cálculo sobre o movimento e sobre os corpos em movimento, mas não para o entendimento da natureza simples do próprio movimento ou para enunciar tantas qualidades distintas. Com efeito, a atração não foi introduzida por Newton como uma qualidade física, verdadeira, mas apenas como uma hipótese matemática. De fato, Leibniz, quando distinguiu o esforço ou a atração elementar do ímpeto, admitiu que essas entidades não são realmente encontradas na natureza, mas são construídas por meio da abstração" (BERKELEY, 2006 [1721], p. 119)

²⁸ Um trecho do artigo *On the notions of causality and complementarity*, de Niels Bohr, ilustra essa postura instrumentalista: "Todo o formalismo [da teoria quântica] deve ser considerado como uma ferramenta para a obtenção de previsões, de caráter determinista ou estatístico, no que diz respeito à informação obtida em condições experimentais descritas em termos clássicos e especificada por meio de parâmetros que entram nas equações algébricas ou diferenciais das quais as matrizes ou as funções de onda, respectivamente, são soluções. Não é possível interpretar pictoricamente estes símbolos, como já é indicado pelo uso de números imaginários; e mesmo funções reais derivadas como densidades e correntes só devem ser consideradas como expressando as probabilidades para a ocorrência de eventos individuais observáveis em condições experimentais bem definidas" (BOHR, 1948, p. 314, tradução nossa). Segundo Popper, o instrumentalismo se tornou "dogma aceito", "concepção oficial da teoria física" após a proposta do *princípio da complementaridade* de Bohr, que implicaria em aceitar o formalismo da teoria quântica e renunciar "à tentativa de interpretar a teoria atômica

questão anterior recairia em uma postura metafísica. Embora não seja nosso objetivo, aqui, fazer uma classificação redutora da postura epistemológica de Schenberg, nos parece evidente que, ao apoiar fortemente sua postura epistemológica em Duhem, Schenberg se posiciona como um instrumentalista neste debate.

2.3 Teoria indutiva e teoria dedutiva no artigo de 1934

No artigo de Schenberg, as teorias representativas poderiam ser subdivididas em dois grupos: *indutivas* e *dedutivas*. As teorias representativas indutivas estariam ligadas a um *ato de fé*, que diz respeito à expectativa de que o futuro se comportará como o passado, o que permitiria que a ciência alcançasse sua finalidade, a previsão. Schenberg se apoia nas seguintes citações da obra *Thermodynamique generale*, de Gustave Robin²⁹ para apoiar seu ponto de vista:

'Indicamos como fim da Sciencia a previsão do futuro, entendemos que ella deve prever nossas sensações futuras segundo nossas sensações passadas' (Introdução, pág. IX).

'Mas este fim que atribuímos á Sciência, só podemos attingil-o por um meio, pela indução. A indução é um ato de fé. Só estamos certos da sensação presente, afirmar o futuro é praticar um acto de fé. Tal é effectivamente, o principio da indução: sendo dada uma sensação já sentida, afirma-se que ella se reproduzirá em certas condições' (ROBIN apud SCHENBERG, 1934, p. 196)

Segundo Schenberg, Robin "deu forma definitiva á theoria inductiva" (SCHENBERG, 1934, p. 196). Trata-se de uma formulação bem próxima à clássica formulação do problema da indução em Hume, que relaciona apenas ao hábito a expectativa de que o futuro se comportará como o passado³⁰. No entanto, em seguida, Schenberg identifica o "ato de fé" indutivista ao princípio da causalidade³¹, e, citando Painlevé, afirma que "o princípio da causalidade é a base de toda Sciencia. Está indissolúvelmente ligado á

como uma descrição de algo" (POPPER, [1954] 1975, p. 388). Osvaldo Pessoa Jr. assim se refere à postura antirrealista de Bohr: "O primeiro capítulo [do antirrealismo na história da física quântica] está associado à noção de *complementaridade*: 'uma realidade independente no sentido físico ordinário não pode ser atribuída nem aos fenômenos, nem aos agentes da observação' (Bohr, 1928). Defendia-se que a teoria só trata do observável: uma realidade não-observada pode até existir, mas ela não é descritível pela linguagem humana" (PESSOA JR., 2006, p. 104).

²⁹ Gustave Robin foi um físico e matemático francês da segunda metade do século XIX.

³⁰ "O hábito é, pois, o grande guia da vida humana. É aquele princípio único que faz com que nossa experiência nos seja útil e nos leve a esperar, no futuro, uma sequência de acontecimentos semelhante às que se verificaram no passado" (HUME, 1973 [1748], p.146)

³¹ "Este acto de fé é um dos pontos capitaes da Sciencia, é o chamado Princípio da Causalidade" (SCHENBERG, 1934, p. 196)

nossa afirmação da existência objectiva do mundo exterior" (PAINLEVÉ apud SCHENBERG, 1934, p. 196). Aqui a colocação de Schenberg, por meio da citação de Painlevé, nos parece ambígua. Se por um lado afirma que a causalidade é um ato de fé, indo na mesma linha de Hume, e, portanto, a causalidade não é algo que apareça como uma necessidade da natureza ou do entendimento, ao associar causalidade e "existência objetiva do mundo exterior", parece transferir a objetividade da existência do mundo à objetividade da existência das causas, que é exatamente o que Hume vai negar³². Além disso, não é autoevidente a impossibilidade da não existência de um mundo exterior ao sujeito caso o princípio de causalidade não existisse; no artigo, não aparece nenhuma justificativa para essa associação, nenhum comentário sobre a citação de Painlevé. Caso Schenberg aposte numa objetividade da causalidade (o que, por conta da ambiguidade, não nos é possível afirmar com segurança), além de se afastar da problematização de Hume a respeito do princípio da causalidade, Schenberg se afastaria, aqui, da posição da epistemológica de Mach, que faz uma crítica direta à ideia de causalidade sem com isso negar a existência de uma natureza exterior ao sujeito:

Não há causa nem efeito na natureza; a natureza possui somente uma existência individual; a natureza simplesmente é. Recorrências de tais casos nos quais *A* está sempre conectado com *B*, isto é, que se parecem com resultados de circunstâncias, [...] a essência da conexão de causa e efeito, existe somente na abstração que criamos com o objetivo de reproduzir os fatos mentalmente (MACH, 1919 [1883], p. 483)

De toda sorte, Schenberg finaliza o seu comentário a respeito do princípio da indução de forma mais enxuta:

³² Em Hume a questão aparece da seguinte forma: "Suponha-se que uma pessoa, embora dotada das mais vigorosas faculdades de razão e reflexão, seja trazida repentinamente a este mundo. É certo que tal pessoa observaria de imediato uma sucessão contínua de objetos e um fato sucedendo-se a outro; não seria porém capaz de descobrir nada mais. A princípio, não haveria raciocínio que a conduzisse à ideia de causa e efeito, já que os poderes particulares graças aos quais se realizam todas as operações naturais não se manifestam aos sentidos; nem é razoável concluir, simplesmente porque um acontecimento em determinado caso precede um outro, que o primeiro é a causa e o segundo é o efeito. [...]

Suponha-se agora, que esse homem adquiriu mais experiência e viveu no mundo o tempo suficiente para ter observado uma conjunção constante entre objetos e ou acontecimentos familiares: qual é o resultado dessa experiência? Ele infere imediatamente a existência de um objeto do aparecimento do outro. E, sem embargo, nem toda a sua experiência lhe deu qualquer ideia ou conhecimento do poder secreto pelo qual um objeto produz o outro; e tampouco é levado a fazer essa inferência por qualquer processo de raciocínio. No entanto, é levado a fazê-la; e, ainda que esteja convencido de que o seu raciocínio nada tem que ver com essa operação, persiste na mesma linha de pensamento. Há algum outro princípio que o determina a tirar essa conclusão. Esse princípio é o costume ou o hábito. Com efeito, sempre que a repetição de algum ato ou operação particular produz uma propensão de renovar o mesmo ato ou operação sem que sejamos impelidos por qualquer raciocínio ou processo do entendimento, dizemos que essa propensão é um efeito do hábito (HUME, 1973 [1748], p. 145)

O enunciado mais preciso do princípio é o seguinte: –

Quando as mesmas condições se realizam em dois instantes diferentes, em dois lugares distintos do espaço, os mesmos phenomenos se reproduzem, apenas deslocados no espaço e no tempo. (SCHENBERG, 1934, p. 196)

Já com relação ao outro tipo de teoria representativa, a teoria dedutiva, Schenberg, em conformidade com a postura instrumentalista, considera que as hipóteses devem ser consideradas "aceitáveis" (e não "verdadeiras") se as consequências dessas hipóteses estiverem de acordo com os fatos, e indica que segue o raciocínio de Duhem³³. Em *A teoria física*, Duhem diz o seguinte:

Esses princípios podem ser denominados hipóteses, no sentido etimológico da palavra, pois são verdadeiramente os fundamentos sobre os quais se edificará toda a teoria. Todavia, eles não pretendem enunciar relações verdadeiras entre propriedades reais dos corpos. Essas hipóteses podem ser formuladas de maneira arbitrária. A contradição lógica, seja entre os termos de uma mesma hipótese ou entre as diversas hipóteses de uma teoria, é a única barreira absoluta intransponível diante da qual se detém esse arbítrio. (DUHEM, 2014 [1906], p. 46-7)

Schenberg confere um valor heurístico importante às teorias dedutivas, embora afirme que elas são esteticamente inferiores e mais inseguras que as indutivas, e indica que a evolução da Física se daria pela substituição das teorias dedutivas pelas teorias indutivas:

[...] Às teorias dedutivas, mais cômodas cabem os campos novos da Sciencia, onde predomina o interesse de descobrir novos phenomenos, embora com algum sacrificio da estética.

Às theorias inductivas cabe substituir as deductivas nos terrenos já consolidados, tendo em vista sua perfeição esthetica e superior segurança de seus methodos e resultados.

Na exposição dos principios da Mecanica adoptaremos o ponto de vista inductivo (SCHENBERG, 1934, p. 197)"

Assim termina o artigo. Como afirmamos anteriormente, a exposição dos princípios da mecânica, que seria o carro-chefe do texto, nunca apareceu. Sabemos apenas que seria uma mecânica exposta a partir de um ponto de vista indutivo.

2.4 A matéria-prima da postura epistemológica em 1934

³³ "A analyse das theorias deductivas foi feita com grande brilhantismo por Pierre Duhem" (SCHENBERG, 1934, p. 196).

Podemos dizer que na postura epistemológica de Schenberg em 1934 predomina uma concepção antirrealista e instrumentalista de teoria física, acrescida de uma forte inclinação ao indutivismo. Sabemos que, ao rotularmos a postura epistemológica de um autor, tendemos a esmaecer as nuances, simplificar as complexidades e, por fim, banalizar um pensamento. Não é nossa intenção. Nosso objetivo, aqui, é apenas deixar estabelecido um quadro de referência para facilitar a comparação entre a postura epistemológica de Schenberg em 1934 e em 1944, data da tese de cátedra que analisaremos em capítulos posteriores.

Além da postura epistemológica em si, será importante para a comparação futura explicitar quais as matérias-primas que Schenberg utiliza para construir sua postura epistemológica em 1934. O artigo de Schenberg tem como referências principais os epistemólogos e físicos da transição do século XIX para o XX, como Paul Painlevé, Pierre Duhem e Ernst Mach. Painlevé era conhecido dos engenheiros brasileiros que se inclinavam ao estudo da física, como mostraremos mais adiante. Até onde nossa pesquisa pode chegar, Duhem e Mach eram relativamente desconhecidos no Brasil, e é possível que o trabalho de Schenberg seja um dos primeiros artigos brasileiros a trazer as referências desses dois nomes de peso na reflexão epistemológica do século XX. Poincaré, outro nome de peso que, como veremos, era relativamente bem conhecido dos engenheiros brasileiros com inclinação para a física no início do século XX, aparece nas referências, mas não tem, segundo nossa avaliação, uma influência tão direta quanto a de Duhem e Mach no posicionamento epistemológico de Schenberg no artigo.

Dos dez autores citados por Schenberg, não são franceses apenas Mach (austríaco) e Alfred Berthoud (1874-1939), químico suíço, mas de língua francesa. Ainda assim, todos os livros citados por Schenberg em seu artigo são originalmente franceses ou traduzidos para o francês. Estão presentes alguns tratados que eram provavelmente usados por aqueles que queriam se aprofundar em algum ramo mais teórico da física, mas que, em geral, não tratavam dos assuntos que estavam na fronteira do conhecimento na década de 30³⁴. A utilização desse tipo de bibliografia devia ser frequente na formação do engenheiro da época³⁵. Assim, embora Schenberg mobilize um conjunto de conhecimentos que não se

³⁴ Além do já referido *Thermodynamique Generale* (1901), de Gustave Robin, podemos citar *Theorie de L'electricité* (1896), de Aimé Vaschy; *Cours de L'electricité* (1914), de Jean- Baptiste Pomey,

³⁵ Segundo Danon (2010 [1977], p. 5-6), ainda na década de 1940, se verificava a importância dos tratados franceses: "Na época da nossa formação [anos 40], todos nós, inclusive os que estudaram na velha Escola Politécnica, fomos fortemente influenciados pela física francesa dos séculos dezenove e vinte. ... [Na França,]

reduzem àqueles que se espera para o simples ofício da engenharia, é dentro do contexto da formação de engenheiros que Schenberg encontra muitas das referências de seu artigo. A própria temática escolhida, a física clássica, dialoga com o conhecimento que era aprendido e ensinado nas escolas de engenharia, embora o viés epistemológico ultrapasse os interesses da tradição politécnica então dominante, como procuraremos deixar mais claro no próximo capítulo. Única obra citada por Schenberg que parece escapar da órbita da física clássica é *Nouvelles conceptions sur la matiere et le l'atome* (1922), de Alfred Berthoud.

Por meio da epistemologia do início do século XX, o artigo reverbera questões epistemológicas mais antigas, como o problema da causalidade e a demarcação entre ciência e metafísica, e, ainda, menciona teorias físicas bem recentes para a época do artigo, tais como as breves referências aos trabalhos de Schördinger, Bohr e Heisenberg³⁶, físicos cujas contribuições à física não faziam parte do repertório ordinário de conhecimentos dos politécnicos da década de 1930, como também pretendemos mostrar nas seções seguintes. Essas menções indicam que os interesses de Schenberg já não se reduziam apenas à física clássica. Por outro lado, a menção aos quânticos é feita muito de passagem e não é amparada por nenhuma referência³⁷, o que indica que Schenberg não estava disposto a desenvolver o assunto.

O tom geral do artigo é bastante categórico. A ausência de modulações nas definições e classificações e a ausência de algumas explicações (como, por exemplo, as explicações sobre teoria explicativa) parecem querer comunicar uma ideia de familiaridade com o fazer científico, clareza a respeito de seus objetivos e facilidade no domínio do discurso epistemológico, evitando explicitações didáticas das problematizações implícitas em seu posicionamento a respeito da ideia de lei e de teoria e a respeito da construção do conhecimento físico. Há uma certa ousadia, por parte de um jovem recém-chegado, nessa ausência de modulações e explicações, já que não faz transparecer nenhuma expectativa de

figuras importantes como Poincaré e Madame Curie certamente deram uma enorme contribuição. Mas a física francesa se cristalizou em alguns manuais e tratados tais como o Ganon Manouvrier, o Tourpin e outros, datados quase do princípio do século, e que tratavam muito pouco da física moderna. A física que estudamos estava dirigida para os engenheiros: forças, equilíbrio, gravidade, flúidos – em outras palavras, o que é conhecido como física clássica, e muito pouco da física moderna."

³⁶ "Os deductivistas taxam de infecundo o methodo inductivo, embora reconheçam as vezes sua superior elegância. Não nos parece justificada essa opinião, que é annullada pelos trabalhos de Vaschy, Pomey, Robin, e entre os modernos notam-se também essa tendência em Schrödinger, Bohr, Heisenberg [...] (SCHENBERG, 1934, p. 197).

³⁷ Como já afirmamos, o único trabalho citado na bibliografia do artigo que poderia tratar da teoria quântica é o artigo *Nouvelles conceptions sur la matiere et le l'atome*. Não tivemos acesso a este trabalho, mas, de todo modo, Schenberg o utiliza apenas para apoiar sua afirmação de que as teorias dedutivas tem raízes nos filósofos gregos da antiguidade.

que as ideias de seu artigo pudessem ser questionadas, parece seguro da legitimidade de seu discurso epistemológico. Especulamos que há, nessas omissões, um manejo do discurso que tem por efeito reduzir o número de eleitores capazes de compreender completamente o seu artigo e sinalizar que o próprio autor faz parte de um círculo de iniciados³⁸.

³⁸ Em *Ciência em ação*, Bruno Latour (2000) aborda o tema da controvérsias científicas, partindo da situação em que alguém faz uma afirmação e do que acontece se alguém acredita nela ou não. Ele afirma que os enunciados que estão mais afastados de suas condições de produção, ou seja, que têm menos justificativas e explicações, tendem a ser lidos como um fato, pois apagam os vestígios de autoria e de interpretação, não localizam o enunciado no tempo e no espaço (LATOUR, 2000, p. 42). Caso não se inicie uma controvérsia, a asserção se torna uma "caixa-preta". O tom categórico de uma afirmação faz com ela se apresente mais como um fato do que uma interpretação (LATOUR, 2000, p. 44). Embora Latour tenha em mente os artigos científicos publicados por revistas especializadas da segunda metade do século XX – configuração bem diferente do contexto politécnico brasileiro dos anos 1930 –, acreditamos que o tom categórico de muitas das afirmações de Schenberg em seu artigo acarretam o efeito apontado por Latour.

3 O CONTEXTO CIENTÍFICO DO ARTIGO *OS PRINCÍPIOS DA MECÂNICA* (1934)

Caracterizamos, no capítulo anterior, a postura epistemológica de Schenberg em 1934, e procuramos explicitar com quais físicos e tradições da epistemologia da física Schenberg dialoga ao longo do artigo. Iremos, a seguir, mapear as principais tensões presentes no contexto científico brasileiro a que estavam submetidos aqueles indivíduos que se sentiam inclinados à pesquisa científica nas primeiras décadas do século XX e que, segundo cremos, são importantes para a compreensão do significado do discurso epistemológico de Schenberg no artigo de 1934.

3.1 A identidade politécnica e a Revista Polytechnica

A Revista Polytechnica, periódico em que o artigo de Schenberg foi publicado, era um órgão do Grêmio da Escola Politécnica de São Paulo, e teve o seu primeiro número lançado em 1904. Segundo Aprobato filho (2009, p. 142), a revista era escrita e lida principalmente por estudantes e professores de engenharia e, em particular no início do século XX, teve a função de propagandear novos ideais tecnológicos e culturais. Os engenheiros paulistas e sua revista estavam engajados em um certo projeto de modernização do país³⁹, com o estado de São Paulo cumprindo o papel de centro irradiador⁴⁰, sendo que o maior esforço se concentrava na construção de ferrovias, sistema de bondes e geração de energia elétrica (SCHWARTZMAN, 1979, p.113).

Segundo Souza (2006, p. 107-123), no início do século XX o engenheiro não dispunha do prestígio de outras profissões liberais como a de advogado, e a identidade do politécnico paulista foi se constituindo na disputa com bacharéis da Faculdade de Direito do Largo São Francisco pelos cargos da administração pública. Os politécnicos se entendiam mais bem preparados para a atuação na esfera pública por terem, em sua formação, a

³⁹ "Tanto a engenharia como a ciência eram, já naquele momento, consideradas fundamentais para concretizar esse anseio que abrange o desejo de romper com o passado e ingressar em uma nova era. [...] O engenheiro era bastante requisitado para uma série de ações visando 'modernizar o país' ou 'torná-lo civilizado'" (ALVES, 1999, p. 335).

⁴⁰ Segundo Aprobato Filho (2009, p. 162), os artigos da revista "tinham por objetivo, por ideal, criar uma aparência positiva tanto da instituição, de si próprios enquanto profissionais, mas principalmente da região brasileira à qual pertenciam. Embora declarassem abertamente que para o progresso integral de São Paulo tornava-se necessário levar a cabo projetos de engenharia em Estados como o Paraná e o Mato Grosso, mesmo assim consideravam o território paulista como uma espécie de exemplo nacional de modernidade, um modelo a ser seguido, quando não imposto".

capacidade de resolver problemas técnicos, capacidade que escaparia aos bacharéis de direito. Segundo Alves (1996, p. 66), o politécnico do fim do século XIX e início do século XX era "uma camada intelectual que se caracterizaria pela 'competência técnica' e científica para atuar no campo das engenharias e constituir-se como domínio de ação de novas categorias sociais que se opunham à predominância do bacharel e beletista". É possível entender esse antagonismo como expressão de um processo de mudança na dinâmica da vida intelectual que se deu com a passagem do Império para a República Velha. Segundo Sá (2006), a partir do final do século XIX a intelectualidade brasileira começou a se especializar, fazendo com que o prestígio público dos setores intelectuais mais enciclopédicos fosse decaindo pouco a pouco⁴¹.

Diversos artigos da Revista Polytechnica expressam aspectos dessa construção de identidade do politécnico e seu ideal tecnicista⁴², veiculando a imagem salvacionista do técnico que tiraria o país do atraso⁴³, e, portanto, era merecedor de um papel de chefia na gestão pública. No ano anterior à primeira publicação de Mario Schenberg, a defesa da tecnocracia na Revista Polytechnica chega ao seu auge, com um artigo da revista defendendo as virtudes de um "prefeito engenheiro" em relação ao "prefeito leigo"⁴⁴.

⁴¹ "[...] em fins do século XIX a intelectualidade começou a se especializar. Nesse novo cenário, a vasta instrução perdeu grande parte do seu prestígio público, adquirindo, no mesmo movimento, ares de cultura enciclopédica 'inútil'. A carreira nas letras esmerou-se na composição de obras de poesia e romances. Homens de ciência ganharam respeitáveis ares públicos de experimentação e observação da 'realidade'. A palavra 'literatura' começou a assumir uma nova significação – a de 'arte da ficção' –, perdendo, gradualmente, a sua estreita aproximação semântica as 'humanidades' e com a ideia de 'conhecimento'. A 'cultura geral' tornou-se uma 'frívola' manifestação de pompa verbal, enciclopedismo, beletismo, bacharelismo, verborragia, e vaidade intelectual. As leituras de salão, as conferências literárias e o cultivo de um saber ligado à oralidade culta começaram igualmente a decair. Aos olhos da elite letrada fortaleceu-se a convicção de que o exercício de uma atividade profissional específica deveria ser, então, a razão primordial da dedicação aos estudos." (SÁ, 2006, p. 14)

⁴² "Essa tendência em considerar o técnico, ou mais especificamente engenheiro, como o profissional mais capacitado para gerir os destinos de uma cidade – de um Estado ou até mesmo de um país – tendia a paulatinamente se acentuar. A fórmula tecnicista de administrar o meio urbano e de tirar o melhor partido possível do dinheiro público começou a se configurar nesse período." (APROBATO FILHO, 2009, p. 153).

⁴³ "A imagem que a Escola Politécnica constrói de si é a de que eles representam o futuro do progresso do Brasil, tido como um país jovem no sentido de fraco e inexperiente diante das nações civilizadas [...]" (SOUZA, 2006, p.104)

⁴⁴ No artigo em questão, Nelson de Rezende escreve: "O Prefeito leigo, isto é, o cidadão honrado e influente de sua cidade, não tem, geralmente, conhecimentos técnicos e orientação de mando e, por vezes, como é chefe político, não sabe obedecer nem orientar e executar, o que sempre se dará com o Prefeito Técnico; sendo o engenheiro tanto acostumado ao obedecer ao '*capital*' como orientar energicamente o '*trabalho*', é natural que procure criar com harmonia e conforto as facilidades materiais que são as bases do desenvolvimento moral dos povos" (RESENDE, 1934, p. 456). E mais: "Não se aplica aqui o caso do Prefeito Técnico? Não deveria ser privativa dos engenheiros o cargo de *Prefeito de carreira*? E não deveria nas nossas Escolas Polytechnicas existir cursos de Engenheiros Municipais, onde se desenvolvessem o Urbanismo nos seus vários aspectos, as ciências administrativas e as que orientassem a solução dos problemas como o do saneamento, do tráfego nas ruas e estradas, dos serviços de pavimentação, campos de aviação, etc., etc.?" (RESENDE, 1934, p. 460).

Como pudemos ver no capítulo anterior, o artigo de Schenberg passa muito longe desta defesa da tecnocracia, frequente nos discursos dos politécnicos paulistas de então. O tema, a epistemologia da física, parece destoante, como podemos perceber se compararmos com os temas mais frequentes na revista no primeiro terço do século XX, segundo Souza:

Observar o índice de assuntos das matérias publicadas nesse periódico desde sua primeira edição até o número 112, em dezembro de 1933, é encontrar um espelho de para onde se voltam os interesses da instituição na variação desse tempo. Quando de sua fundação, entre os seus cursos estava o de engenheiro agrônomo (extinto no regulamento de 1911) e, se poucos foram os seus formandos, apenas vinte e três entre 1901 e 1910, poucos foram também os artigos dessa área na Revista, apenas seis. Já artigos referentes à arquitetura, estabilidade, construções e assuntos tangentes à abordagem do saneamento urbano, com ênfase na utilização dos recursos hídricos do Estado, são constantes na Revista ao longo desse período [1904-1933] e indicativos desse diálogo persistente da Escola com a cidade [...]. Outros temas correntes nas páginas da Revista eram a eletricidade, as máquinas e os transportes na área das estradas de ferro que perpassam seus vários números. O diálogo com o setor de transportes ferroviário, já consolidado no Estado, foi muito intenso na Escola desde sua fundação [...] (SOUZA, 2006, 92-3)

Isso não significa, no entanto, que os artigos relacionados à física sejam algo totalmente extravagante entre as edições da Revista Politécnica. É verdade que, em pesquisa realizada nas publicações da Revista Polytechnica entre 1927 e 1936, verificamos poucos artigos cujos assuntos estavam relacionados à física propriamente dita, sendo comuns somente os artigos em que a física é utilizada para a resolução de problemas de engenharia. Porém, entre os mais de 150 artigos a que tivemos acesso, pudemos verificar algumas exceções.

Encontramos um conjunto de artigos sobre a *Mecânica racional e celeste*, de Dr. Lucio Rodrigues⁴⁵, entre os anos de 1929 e 1930 (revistas n^{os} 95-96, 97-98 e 100) e em 1935 (n^{os} 118 e 120). Também dois artigos de 1932, um de Omar Catunda⁴⁶, *Cálculo vetorial na*

⁴⁵ Lucio Martins Rodrigues (1876-1970) formou-se engenheiro pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro em 1894, com 19 anos. Em 1902 tornou-se lente substituto da Escola Politécnica de São Paulo. Em 1918 se torna lente catedrático de Topografia, Medição e Legislação de Terras. Em 1922 se torna lente catedrático de Mecânica Racional. Em 1932 é designado professor titular de Topografia, Geodésia Elementar e Astronomia de Campo, e, em 1934, com a morte de Theodoro Ramos, foi transferido para a cadeira de Cálculo Vetorial e Mecânica Racional. Foi reitor da USP entre 1938 e 1939 e diretor da Escola Politécnica de São Paulo entre julho e dezembro de 1941. Cinquenta anos depois de sua vinda para São Paulo, em depoimento cedido a Maria Cecília Loschiavo dos Santos, Schenberg ainda lembrava que foi aluno de Lucio Rodrigues: "[...] agora não estou bem certo se eu fiz o curso de Topografia lá [na Escola Politécnica de São Paulo], Astronomia certamente que fiz, isso eu tenho bem... foi com o Prof. Lúcio Martins Rodrigues. (SCHENBERG, 2009 [1983], p. 6)

⁴⁶ Omar Catunda (1906-1986) formou-se engenheiro pela Escola Politécnica de São Paulo em 1930. Em 1934, por intermédio de Theodoro Ramos, foi contratado pela FFCL da USP como assistente do professor italiano Luigi Fantappiè. Com o retorno de Fantappiè à Itália, em 1939, Catunda tornou-se professor interino da cadeira

cinemática (nº 106), e outro de Monteiro de Camargo⁴⁷, *Operadores de inercia* (nº 103). Todos estes artigos, embora se relacionem com a física, dão ênfase quase exclusiva à apresentação da matemática estruturante da mecânica clássica.

Além desses artigos sobre mecânica clássica, nesta consulta às publicações da Revista Polytechnica encontramos alguns artigos que tratam de temas mais atuais para a época. Encontramos o artigo *O nêutron*, de 1932 (nº 104), uma tradução de um artigo do jornal *The Manchester Guardian* (atual *The Guardian*) noticiando a descoberta do nêutron. Em 1934, mesmo ano da publicação do artigo de Schenberg, encontramos também um conjunto de artigos intitulados *A synthese dos phenomenos physicos* (nºs 113 e 114), que são as conferências proferidas pelo engenheiro Luiz Cintra do Prado⁴⁸ em um dos cursos de extensão universitária da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, no ano anterior, 1933. Nesses artigos o autor apresenta, sem utilizar linguagem matemática, temas de física que chegam ao século XX, como relatividade, mecânica quântica ondulatória e matricial, mostrando que Cintra do Prado estava bastante informado a respeito da produção de conhecimento físico da época. O longo artigo, dividido em duas partes, conta também com um pequeno preâmbulo epistemológico⁴⁹.

de Análise Matemática e diretor do Departamento de Matemática da FFCL da USP. Em 1944 se tornou professor catedrático da cadeira de Análise Matemática. (Cf. DUARTE, 2007, 172-4)

⁴⁷ José Octávio Monteiro de Camargo (1900 - 1963) formou-se engenheiro eletricista em 1922 pela Escola Politécnica de São Paulo. Com breves interrupções, entre 1928 e 1938 foi professor substituto da Seção de Matemática da Escola Politécnica, sendo nomeado, em 1938, professor catedrático da cadeira *Complementos de Geometria Analítica; Elementos de Nomografia; Cálculo Diferencial e Integral*, da Escola Politécnica de São Paulo (Cf. SILVA, Luiz, 2006, p. 9-38). Omar Catunda e Monteiro de Camargo envolveram-se em um longo processo acerca do resultado do concurso para professor catedrático da cadeira de *Complementos e Geometria Analítica; Elementos de Nomografia; Cálculo Diferencial e Integral* da Escola Politécnica de São Paulo (cf. MARAFON, 2001)

⁴⁸ Luiz Cintra do Prado (1904-1984) formou-se na Escola Politécnica de São Paulo em 1926. Torna-se professor da Escola Politécnica de São Paulo em 1938, tornando-se diretor da mesma entre 1941 e 1943. Foi diretor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo entre 1953 e 1954, e diretor do Instituto de Energia Atômica (futuro Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares), entre 1961 e 1963. Em 1964 é homenageado pela Escola Politécnica de São Paulo com o título de Professor Emérito.

⁴⁹ Neste preâmbulo epistemológico, Cintra do Prado assume uma postura mais genérica que a de Schenberg, não se posicionando a respeito da natureza de uma teoria física. A ideia de Cintra do Prado de que a ciência avança por "sínteses", no entanto, incorpora aspectos do esquema indutivista de ascensão da experiência à lei e da lei à teoria. A seguir, o preâmbulo epistemológico de Cintra do Prado na íntegra:

"O desenvolvimento da Ciência, na parte que trata da matéria, não se processa de modo uniforme: dum lado, o aperfeiçoamento da technica experimental desvenda factos ignorados e permite a pesquisa de novos pormenores em torno de factos conhecidos; de outro lado, as theorias propostas para interpretar as observações conduzem naturalmente á previsão de outros factos e outro pormenores. O cabedal da Sciencia cresce, por isso, por multiplicação, não por simples addição, e a riqueza dos novos conhecimentos é realçada sempre pelo imprevisto de certas conclusões.

As aquisições todavia não se accumulam ao sabor do acaso: a Sciencia, á medida que alarga os seus horizontes, procura tornar-se sempre mais harmoniosa. Ha mesmo uma crença tradicional de que a Sciencia tende para a unidade. E de facto, si os conhecimentos humanos sobre os phenomenos materiaes do Universo podem repartir-se em dois campos – o da materia inorganica e o da vida – os esforços dos scientists no sentido

Quatro anos antes, em 1930, aparece um conjunto de artigos sobre *Núcleos atômicos múltiplos*, do engenheiro Diogo Dias de Barros⁵⁰, publicados (n^{os} 97 - 98, 99 e 100) nos quais o autor também trata de temas da Física do século XX, como a constante de Planck, o efeito fotoelétrico, e a equação De Broglie, proposta poucos anos antes. No entanto, nota-se um certo desconforto do autor, que inicia seu artigo com pedidos de desculpas:

Hesitamos em publicar este modesto estudo. Está elle tão fóra das preocupações realizadoras de nosso meio! De facto, não se trata de assunto prático, isto é, de immediata applicação. Porém, "a priori", qual assunto susceptível de applicações? Agitar ideias, como aguas turvas, póde trazer á tona o desconhecido, o inesperado. (BARROS, 1930, p. 23)

O autor deixa claro que se trata de um assunto de interesse marginal, com risco de conquistar pouquíssimos leitores, obrigando-se a justificar a existência de um artigo não vinculado diretamente a aplicações práticas. Por outro lado, não nos parece que a revista defendesse uma linha editorial que impedia categoricamente publicações não vinculadas diretamente às aplicações da engenharia⁵¹. Mais do que oposição intransigente, artigos não vinculados à prática deveriam causar um pouco de estranheza ou desinteresse no contexto politécnico paulista.

À época da publicação do artigo de Schenberg, não havia em São Paulo nenhuma instituição que se dedicasse sistematicamente à pesquisa em Física, e, mesmo na Escola Politécnica, talvez o único lugar em que a física contava com algum interesse, esta ciência era em geral entendida apenas como uma disciplina básica, conhecimento necessário ao exercício profissional, mas não uma área de investigação:

duma synthese, já emparelham definitivamente a Physica e a Chimica, que se occupam do mundo inorganico, e não excluem a hypothese de aggregar ás sciencias physicas, o dominio dos phenomenos biologicos.

Essa marcha para a unidade não se consegue fazer de um modo contínuo e comporta paradas, recuos parciais, necessários mesmo ao prosseguimento da caminhada. Dum modo geral, a synthese é condicionada á possibilidade de explicar-se um phenômeno considerado complexo com o auxilio de leis conhecidas, relativas a phenomenos mais simples. Para dar taes explicações são propostas as theorias: a partir de hypotheses, suggeridas pela experiencia, como princípios fundamentaes, uma theoria estabelece connexões entre factos dispaes na apparencia e chega deste modo a apresentar leis relativas a varios grupos de phenomenos, como corollarios duma mesma proposição mais geral. E é assim que partindo dos phenomenos mais simples a synthese ganha todo terreno da Sciencia mediante encadeamentos successivos."(PRADO, 1934, p. 3)

⁵⁰ Diogo Dias de Barros se apresenta no artigo apenas como engenheiro civil. Não conseguimos encontrar mais nenhuma informação sobre sua vida profissional e acadêmica.

⁵¹ Aliás, aqui e ali aparecem artigos que com temas aparentemente distantes da aplicação, como, por exemplo, *O renascimento italiano e seu desenvolvimento*, publicados em 1929 (n^{os} 91, 92 e 93) por Alexandre de Albuquerque - fundador do Grêmio Politécnico e professor Escola Politécnica de São Paulo, bem como o artigo *A Architectura do Futuro em Face da Sociedade Capitalista*, de inspiração nitidamente comunista, escrito pelo engenheiro Carlos da Silva Prado.

[...] Como no Rio, a Politécnica de São Paulo era destinada ao ensino profissionalizante de engenharia, sendo a física entendida mais como matéria básica necessária a este tipo de ensino do que como uma ciência. Seu ensino era principalmente livresco [...]. O pouco de pesquisa acadêmica que ali se fez decorreu da iniciativa de alguns professores autodidatas, e não de formas institucionalizadas da atividade científica. Trabalho aplicado, no entanto, havia: a Escola Politécnica se voltou, desde o início, para trabalhos relacionados com a construção de estradas de ferro e trabalhava muito próxima das empresas responsáveis pelas construções ferroviárias, pela geração de energia elétrica e pelo sistema de bondes da cidade. O Laboratório de Resistência dos Materiais da Escola era utilizado para o teste de equipamentos e materiais tanto para os setores ferroviários quanto para os de energia elétrica. (SCHWARTZMAN, 1979, p. 113).

Se por um lado os assuntos mais teóricos ou epistemológicos da física e, de modo geral, das ciências não eram parte importante da formação dos politécnicos, por outro lado, o domínio da ciência era parte da estratégia de afirmação profissional do engenheiro no início do século XX, como podemos perceber a partir da fala do representante do Grêmio, Pinheiro Lima, por ocasião da comemoração décimo do segundo aniversário da Escola Politécnica de São Paulo, em 1906:

Subordinada á Sciencia, que única entre todas, possui o glorioso titulo de exacta, presa directamente á Logica e á Philosophia, nas suas mais elevadas conclusões e concepções, a Engenharia, analysando profundamente o meio e os factores que nelle entram, investigando sem cessar sobre as causas e os efeitos dos phenomenos, é positivamente a mais útil escola de educação política (GREMIO POLYTECHNICO, 1906, P. 293)

Elemento identitário importante e fiadora da competência técnica dos engenheiros, a ciência, e a física em particular ("ciência exata"), ainda que relativamente marginalizada, encontrou na tradição politécnica um lugar para existir mesmo antes da fundação das universidades. Não é à toa que é na Revista Polytechnica que são publicados em 1934 os primeiros artigos de autoria dos professores italianos que vieram para a fundação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, de viés exclusivamente científico. Além dos artigos de Schenberg e do já mencionado artigo de Cintra do Prado, nas edições seguintes da revista, encontramos o artigo de Luigi Fantappiè, *La funzione filosofica della matematica nell'attuale momento scientifico* (nº 115), que trata das mudanças da relação entre a matemática e física, especialmente a partir do desenvolvimento da mecânica quântica. No mesmo número 115, encontramos o artigo de Ettore Onorato, *La struttura della materia cristalina ed i Raggi X*, que discute a natureza, se corpuscular ou ondulatória, do raio X. E, no número seguinte, o artigo de Gleb Wataghin, *Sobre a teoria quântica dos metais*, que trata dos avanços que a teoria quântica proporcionou à compreensão do

comportamento dos elétrons nos metais. Aliás, nas publicações da Revista Polytechnica do ano de 1934 encontramos uma incidência pontual relativamente grande de artigos que discutiam temas da física, efeito provavelmente da movimentação devida à fundação da nova universidade.

Iremos, nas seções seguintes, reconstituir alguns aspectos de uma certa tradição de engenheiros com identidade científica – ainda que numericamente pequena e relativamente marginal – que foi se constituindo nas escolas de engenharia no início do século XX e que teve papel importante na formação das universidades brasileiras nos anos 1930 e, certamente, papel importante também na formação inicial de Schenberg. Nossa hipótese é que o artigo de Schenberg pode ser lido como uma expressão de um processo que ocorreu ao longo das primeiras décadas do século XX em que a ciência passa, com a profissionalização crescente dos professores das disciplinas mais teóricas das escolas de engenharia, a se tornar o elemento central da identidade profissional desses professores, um processo de constituição de uma *identidade científica* que, ao longo do tempo, vai se autonomizando e se contrapondo à *identidade politécnica*.

3.2 A influência de Luiz Freire na formação inicial de Mário Schenberg

Antes de vir para São Paulo em 1933, Schenberg conheceu, em Recife, o professor Luiz de Barros Freire (1896-1963). Freire e Schenberg se conheceram quando Schenberg tinha quinze anos, idade provável com a qual ingressou na escola da Engenharia de Recife. Segundo Freire:

Tivemos a imensa honra de haver iniciado Mário Schoenberg no trato científico da matemática e da física, não nos escapando, desde o primeiro contato que com ele tivemos – foi em 1932, quando então era ele menino de 15 anos –, acharmo-nos em face dessas organizações privilegiadas de homem de ciência, raramente encontradas. As suas concepções, que não será ousadia de nossa parte classificá-las de geniais, certamente encontrarão, na renomada Cambridge e junto ao grande Dirac, campo propício à sua completa expansão (FREIRE apud VIEIRA; VIEIRA, 2013, p. 5)⁵²

Segundo Oliveira (2011, p. 31-32), a admiração era recíproca:

⁵² Freire escreve sobre Schenberg no contexto de uma matéria para o Diário do Pernambuco, em 1938, sobre as experiências que Giuseppe Occhialini, Mario Schenberg e Marcelo Damy estavam fazendo para determinar a influência da latitude sobre os raios cósmicos. Em seguida, Schenberg iria à Europa estudar com Paul Dirac, mas acabou estudando com Enrico Fermi.

Luiz Freire era considerado por Schenberg um professor brilhante; costumava frequentar sua casa aos domingos e escutar sua preleções e comentários, em que discorria desde a teoria dos conjuntos e os números transfinitos à mecânica quântica e à filosofia da ciência. As discussões com Freire, em parte, serviram de incentivo na compra de livros franceses sobre análise matemática e, em especial, sobre a teoria integral e a teoria dos conjuntos – assuntos preferenciais do prof. Freire e que entusiasmaram Mario Schenberg. Entre ambos, a admiração era recíproca, pois em 1939 chegava à cidade de São Paulo - recomendado por Luiz Freire - José Leite Lopes, atestando que Freire recomendara-lhe Mario Schenberg como uma promessa na física contemporânea.

Schenberg assim se refere à influência de Freire no início de sua atividade como estudante:

Em 1931, eu voltei [do Rio de Janeiro] para Recife e, então, entrei para a Escola de Engenharia de Pernambuco. Fiz vestibular e entrei. Na Escola de Engenharia, fiquei conhecendo – se bem que, diretamente, nunca fui, aluno dele – o professor Luiz Augusto Freire [sic], que foi realmente uma pessoa que me entusiasmou muito. Era uma personalidade extraordinária e, dos professores de Recife, foi o que mais me influenciou". (SCHENBERG, 2010 [1978], p. 2)

E, em outro depoimento, Schenberg afirma que Freire o incentivou à pesquisa:

E esse professor Luiz Freire era uma personalidade muito marcante e ele se interessava por matemática e por física, mais por matemática do que por física, mas se interessava um pouco por física também e realmente o contato com ele me incentivou muito e eu já comecei a fazer algumas pequenas pesquisas em matemática nesse tempo que eu estava lá e depois eu vim para São Paulo (SCHENBERG, 2009 [1983], p. 9)

Luiz Freire formou-se engenheiro civil pela Escola de Engenharia de Recife em 1918, e começou a lecionar na mesma escola em 1921, exercendo forte influência sobre inúmeros estudantes que mais tarde se tornariam pesquisadores destacados⁵³. Videira e Vieira (2013) o chamam de "semeador de vocações". Entre os assuntos de interesses de Freire se encontravam, além da matemática, a física e a filosofia da ciência. Da mesma forma que em São Paulo algumas publicações de física encontravam algum lugar na Revista Polytechnica, é no Boletim de Engenharia – órgão de divulgação dos engenheiros de Recife que funcionou de 1923 a 1937 – que Freire publica, além de artigos sobre matemática, esclarecimentos sobre a teoria da relatividade (*Um interessante aspecto da teoria da*

⁵³ Segundo Albuquerque e Hamburger (1996, p. 211), entre os alunos de Freire, destacam-se: "Mario Schenberg (Universidade de São Paulo), José Leite Lopes (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF, do Rio de Janeiro), Ricardo Palmeira (Universidade da Califórnia, Estado Unidos), Ricardo Ferreira (CBPF-RJ e Universidade Federal de Pernambuco), Fernando Souza Barros (Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ), Maria Laura Mouzinho (UFRJ), Hervásio de Carvalho (Comissão Nacional de Energia Nuclear), Samuel Mac Dowell (Pontifícia Universidade Católica, do Rio de Janeiro, hoje na Yale University, Estados Unidos) e Leopoldo Nachbin (UFRJ e Instituto de Matemática Pura e Aplicada, do Rio de Janeiro)".

relatividade, de 1924; *A questão prévia contra a teoria de Einstein - contradita ao trabalho do físico H. Bouasse, de Toulouse - França, subordinado ao mesmo título*, de 1926; *A experiência de Michelson*, de 1926), sobre filosofia de ciência (*A filosofia de Henri Poincaré e seus incompreendores*, de 1924) e sobre raios cósmicos (*A maior barragem do mundo/ a nanografia / Novos raios de origem cósmica*, de 1927). Esses artigos mostram o interesse de Freire em se manter informado acerca das teorias e dos debates científicos da época.

A relação de Freire com a física e com a filosofia da ciência tem a marca do autodidatismo. Segundo Videira e Vieira (2013, p. 3), "sua produção científica espelha o seu autodidatismo: escrever artigos – muitos deles publicados em revistas pernambucanas – sobre diferentes temas". Segundo Albuquerque e Hamburger:

Nos diversos depoimentos, Luiz Freire é apontado como um autodidata nas modernas teorias da matemática e da física, um filósofo da ciência e um lógico-matemático. É por alguns visto como físico teórico. Certamente não é considerado como um filósofo pelos filósofos ou um físico pelos físicos. (ALBUQUERQUE; HAMBURGER, 1996, p. 212)

É de se esperar que o artigo que Schenberg escreve para a Revista Polytechnica tenha sido bastante influenciado pelo contato marcante e recente com Freire. Em carta escrita a Freire em 16 de dezembro de 1933, Schenberg afirma: "tinha escrito [a Freire] uma longa carta em que expunha os resultados das investigações que realizei acerca dos Princípios da Mecânica"⁵⁴. Isso mostra que Schenberg considera Freire um interlocutor privilegiado, mesmo estando geograficamente distante. Além disso, o artigo de Schenberg também carrega a marca do autodidata:

Eu ainda nem tinha me formado na Politécnica, quando comecei a fazer a primeira pesquisa sobre Física Teórica. Quando eu era estudante, fiz espontaneamente, sozinho e sem orientação, um trabalho em duas partes sobre os princípios da Mecânica. Uma parte, que era assim introdutória, eu publiquei na revista do Grêmio Politécnico. (SCHENBERG, 2010 [1978], p. 3)

O depoimento de José Leite Lopes nos dá uma imagem da forma como o professor Luís Freire ia favorecendo, em seus estudantes, a formação de uma identidade científica que contrasta com a formação da identidade do engenheiro politécnico tal como caracterizamos na seção anterior:

⁵⁴ Cf. Anexo D.

À casa de Luiz Freire ia aos domingos, para conhecer livros de sua biblioteca (sem biblioteca particular não se podia estudar), para ouvir seus comentários e sábias digressões sobre questões e homens de ciência. De Luiz Freire ouvi suas impressões sobre o gênio de nosso Mario Schenberg, [...] sobre as figuras dos grandes matemáticos brasileiros, Joaquim Gomes de Souza, Otto de Alencar, Theodoro Ramos, Lélío Gama [...]. Por Luiz Freire aprendi a importância da teoria dos conjuntos, a polêmica sobre os números transfinitos. Preciosos eram seus comentários sobre as origens e a consolidação da mecânica quântica (LOPES apud ALBUQUERQUE; HAMBURGER; 1996, p. 211)

Schenberg teve um contato importante com esse ambiente: "O contato que eu tive com ele não foi dele ter sido meu professor em aula. Vamos dizer assim, foi um contato extracurricular. Eu conversava muito com ele" (SCHENBERG, 2010 [1978], p. 43). Assim, é plausível supor que as conversas sobre os desenvolvimentos atuais da ciência e sobre as questões filosóficas a respeito da ciência que circulavam no círculo de Freire tenham tido um papel importante na formação inicial de Schenberg, orientando seus valores científicos e escolhas no início de sua carreira.

3.3 Gomes de Souza e Otto de Alencar: marcos simbólicos da formação da identidade científica

Aparecem no depoimento de José Leite Lopes citado acima outros autodidatas brasileiros com os quais Freire parece ter se identificado e nutrido admiração: Joaquim Gomes de Souza, Otto de Alencar, Theodoro Ramos e Lélío Gama. Nas seções seguintes iremos fazer uma breve caracterização de algumas dessas figuras que se tornaram símbolos importantes na constituição de uma identidade científica na primeira metade do século XX brasileiro, identidade que, segundo cremos, teve influência importante na formação inicial de Mário Schenberg, como nos mostra sua primeira carta a Luiz Freire após sua chegada a São Paulo, escrita em 6 de maio de 1933, quando diz que conseguiu apreciar alguns trabalhos de Otto de Alencar:

Tive hoje a oportunidade de adquirir a coleção dos V annos iniciaes da Revista dos Cursos da Polytechnica, contendo as seguintes memórias de Otto de Alencar:
 Aplicações geom. Da que. De Riccati.
 Suplemento à memória: Aplicações etc.
 Lições sobre a theoria das fun. Symétricas.
 Estudo da Lua
 Uma lição sobre a theoria dos parâmentros differenciaes

A memória sobre os parâmetros differenciaes parece-me a mais interessante contendo interessantes propriedades dos symbolos de Christoffel e do

tensor de Riemman-Christoffel, seria interessante averiguar qual a parte devida a Alencar pois, parece-me, desconhecia os trabalhos de Ricci e Levi-Civita⁵⁵.

Segundo Paty (1996, 168-9), por influência de uma certa tradição francesa, havia no "Brasil, desde o início do século, uma corrente de física matemática, pela qual a física teórica se impôs pouco a pouco. Essa corrente era muito influenciada pela tradição da física matemática francesa, de Poincaré a Painlevé, Picard e Borel". Para Paty, essa corrente de física matemática no Brasil espelha – guardadas as devidas proporções entre a ciência brasileira e a ciência francesa – uma tradição física francesa que, em linha gerais, privilegia o enfoque analítico, importando a formalização matemática mais que a formulação de enunciados de natureza física propriamente dita (PATY, 1992, p. 7). O primeiro representante dessa tradição de física matemática no Brasil, segundo Paty, seria Joaquim Gomes de Souza (PATY, 1992, p. 10).

A sugestão de que Joaquim Gomes de Souza tenha sido o primeiro físico-matemático Brasileiro foi tomada de empréstimo por Paty de um trabalho que o físico Joaquim da Costa Ribeiro escreveu em 1955, no qual tentava dar conta da história da física no Brasil até o momento, e que se tornou referência para inúmeros trabalhos acerca da história da física no Brasil. Neste trabalho, Costa Ribeiro afirma que:

Apesar disso [da ausência de condições institucionais de se fazer "pesquisa desinteressada" no Brasil antes da fundação das universidades na década de 1930], porém, podemos assinalar em meados do século XIX, uma figura singular: o jovem professor da antiga Academia Militar do Rio de Janeiro, *Joaquim Gomes de Sousa* (1829-1856) que morreu muito moço, deixando, no entanto, numerosos trabalhos e comunicações originais, apresentados a instituições científicas da França e da Inglaterra sobre Física e Matemática e que pode ser na verdade considerado como o primeiro físico-matemático brasileiro. [...] Mais inclinado, pelo feitio do seu espírito, à especulação matemática do que ao trabalho experimental, a contribuição de Gomes de Sousa aos domínios da Física foi principalmente de caráter teórico. Cabe-lhe, porém, sem contestação o título de "primeiro físico-matemático brasileiro", pois foi aos problemas de física que ele aplicou o seu vasto e profundo domínio do instrumento matemático (RIBEIRO, 1955, 167)

Joaquim Gomes de Souza (1829-1864) ingressou com 16 anos na Faculdade de Medicina do Rio de Janeiro e passou a se interessar por Física e Química, estudando sozinho cálculo diferencial e integral, mecânica e astronomia (ARAÚJO, 2012, p.17). Em 1848, abandonou o curso de Medicina e conseguiu autorização para realização de exames que lhe concederam o grau de bacharel em Ciências Matemáticas e Físicas. Em seguida, com 19

⁵⁵ Cf. Anexo C

anos, solicitou a defesa pública de uma tese inédita de astronomia, *Dissertação sobre o modo de indagar novos astros sem auxílio das observações diretas*, assunto fresco, já que havia apenas 2 anos da previsão teórica de Netuno. A defesa da tese lhe concedeu o grau de doutor, e permitiu que se tornasse, no mesmo ano, professor substituto da cadeira de *Trigonometria esférica, Astronomia e Geodésia* da Escola Militar⁵⁶ do Rio de Janeiro.

Além de ser considerado, pela parte da historiografia que segue Costa Ribeiro, o fundador da física-matemática no Brasil, construiu-se ao redor da figura de "Souzinha", como foi apelidado, a fama de gênio⁵⁷. Boa parte da historiografia mais recente, no entanto, relativiza a genialidade e a qualidade da obra de Gomes de Souza (ARAÚJO, 2012) e minimiza a possibilidade de ele ser uma espécie de fundador da física matemática no Brasil:

a vida de Joaquim Gomes de Souza, seus infortúnios e sua vida agitada e intensa, tornaram "Souzinha" o símbolo da emergência da matemática brasileira. Sua contribuição à formação de uma tradição matemática no Brasil foi nenhuma. Seus trabalhos tiveram nenhuma repercussão na matemática, que em meados do século XIX estava atingindo seu apogeu. (D'AMBROSIO, 2004, p. 459)

Videira e Vieira afirmam que boa parte da historiografia a respeito de Gomes de Souza é laudatória e procuram no contexto acadêmico dos primeiros anos do século XX a origem de um certo ufanismo ao redor de seu nome:

Essa condição exemplar dada a Gomes de Souza pode ser explicada pelo fato de que seus trabalhos (publicados postumamente) são qualificados como ciência pura. Esta última foi (e é) vista em muitos círculos acadêmicos [...] como mais 'relevante' que a vertente aplicada. Essa visão, no Brasil, pode ser remetida ainda nos primórdios do movimento em prol da ciência pura, que concretizou parte de seus anseios com a fundação da Sociedade Brasileira de Ciências, em 1916 (cinco anos depois, Academia Brasileira de Ciências). (VIDEIRA; VIEIRA, 2010, p. 9).

Iremos, mais à frente, discutir alguns aspectos do movimento pela ciência pura no contexto politécnico no início do século XX. Por ora, destacamos a sugestão de Videira e Vieira de que é possível ver na *imagem* que se construiu a respeito de Gomes de Souza muito do que seria valorizado e serviria de inspiração para esse movimento. A importância simbólica manifesta-se no fato de que a figura de Gomes de Souza mereceu láureas de Otto

⁵⁶ A Escola Politécnica do Rio de Janeiro surgiu dez anos após a morte de Gomes de Sousa, em 1874, a partir da Escola Militar.

⁵⁷ Como exemplo, selecionamos o comentário de José Leite Lopes, em 1941: "Pertence á classe dos Abel e dos Galois, o seu organismo era por demais fraco para supportar um tal cerebro, que queria conter os systemas do Mundo, para supportar um tal coração, que queria sentir o rythmo das emoções intellectuaes" (LOPES, [1941] 1989, p. 8)

de Alencar, Amoroso Costa e Luís Freire, alguns dos poucos professores das escolas de engenharia que deixaram também alguns trabalhos com aparência de "ciência pura" no período anterior à fundação das universidades. A importância é simbólica, pois nenhum destes professores foi de fato aluno de Gomes de Souza, e nenhum desses professores tentou, de fato, continuar uma pesquisa originada por ele⁵⁸. Esses professores foram impactados pelo poder simbólico que encontraram na figura de Gomes de Souza e, ao mesmo tempo, reforçaram esse poder simbólico por meio de textos de exaltação⁵⁹.

Otto de Alencar Silva (1874-1912), citado por Leite Lopes como outra figura das conversas de domingo à casa de Luiz Freire, é tido por Paty (1992) – novamente seguindo a indicação de Costa Ribeiro (1955) – como o segundo nome da tradição de físicos-matemáticos brasileiros. Em 1893, Otto de Alencar, com 19 anos, graduou-se engenheiro civil pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro. Concluído o curso, estuda, de forma autodidata e sem orientação, matemática, física-matemática e mecânica celeste (SILVA, 1998, p. 17-8). A partir de 1895 passa a ensinar geometria analítica, cálculo diferencial e integral e mecânica celeste na Escola Politécnica do Rio de Janeiro.

Os trabalhos de Otto de Alencar versam majoritariamente sobre matemática, embora os temas da física não estejam totalmente ausentes. Paty, para apoiar sua colocação de que Otto de Alencar seria um expoente da física-matemática brasileira, cita os trabalhos *Lições sobre a teoria da Lua*, a apresentação e análise do texto *La théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes*, de Poincaré, e uma coleção de notas e memórias intitulada *Física e Eletrotécnica*, de 1906. Os artigos sobre física de Otto de Alencar, segundo Paty, embora não contenham ideias inéditas, são trabalhos didáticos com forte senso crítico e esforço de reflexão. Segundo Amoroso Costa, "como em todos os trabalhos de Otto de Alencar sobre Física, evidencia-se aqui [na coleção de memórias *Física e eletrotécnica*] sobretudo o seu talento de analista; a parte experimental de ciência [...] merece-lhe apenas ligeiras referências" (COSTA, 1971 [1918], p. 79)

Segundo Silva, (1998, p. 24), é possível perceber nos trabalhos de Alencar o quanto estava ele a par da matemática de vanguarda de sua época, o que foi possível devido à troca

⁵⁸ Há talvez uma exceção. Segundo Amoroso Costa, o trabalho *De l'action d'une force accélératrice sur la propagation du son*, de Otto de Alencar, "se utiliza constantemente de métodos e resultados propostos por Gomes de Souza" (COSTA, 1971 [1918], p. 75).

⁵⁹ O poder simbólico de Gomes de Souza é algo relativamente persistente. Recentemente, no início de 2018, o jornal eletrônico Nexo, publicou uma lista com "10 pesquisadores notáveis da história nacional". Nessa lista aparece Gomes de Souza, ao lado de Oswaldo Cruz, Carlos Chagas e César Lattes. A lista pode ser encontrada no seguinte endereço eletrônico: <<https://www.nexojornal.com.br/interativo/2018/02/06/Voc%C3%AA-conhece-estes-cientistas-brasileiros-Fa%C3%A7a-o-teste>> Acesso em 26 de fevereiro de 2018.

de correspondências com Francisco Gomes Teixeira, matemático português que lhe enviava artigos e livros (SILVA, 1993), e que, por sua vez, recebeu de Otto de Alencar a obra *Mélanges de calcul integral*, de Gomes de Souza. Apesar de bem informado, no entanto:

Se pensarmos no quadro global das Matemáticas de sua época, então concluiremos que Otto de Alencar não deu contribuições valiosas para o seu desenvolvimento. Por exemplo, não criou alguma nova teoria nem demonstrou algum teorema de peso ou de importância central para um dos ramos da Matemática [...]. Contudo, no contexto da ciência de sua época, uma ciência chamada periférica, sua participação foi importantíssima pelos seguintes fatores: a) rebelando-se contra o ensino de uma Matemática arcaica [...] b) sua visão de futuro [...] para a ciência brasileira, definindo sob muitos aspectos, os traços que assinalaram o advento, bem como a consolidação da formação da ciência em nosso país. (SILVA, 1992, p. 37)

Ou seja, apesar de não ter deixado trabalhos de primeira expressão, alguns de seus escritos, cujos temas também podem ser qualificados de temas da "ciência pura", fizeram com que Otto de Alencar, junto com Gomes de Souza, assumisse também uma importância simbólica para um grupo de cientistas que no início do século XX militava pela ciência pura. Um dos expoentes dessa militância, Amoroso Costa, assim relaciona a figura de Otto de Alencar à ciência pura:

Difícilmente achareis entre nós quem tanto se tenha ocupado com as cousas abstratas e distantes das aplicações, como êsse nome raro, cuja vida se concentrou no pensamento desinteressado.

A admiração de seus discípulos dedicou-lhe o pequeno monumento que orna o pátio da Escola; é ainda um discípulo agradecido, a quem êle ensinou o valor da ciência pura, que vem hoje aqui evocar a sua pessoa e obra. (COSTA, 1971 [1918], p. 67)

Após associar Otto de Alencar a si mesmo, ao final de sua comunicação Amoroso Costa associa Otto de Alencar a Gomes de Souza:

Meus senhores, os nomes de Otto de Alencar e de Gomes de Souza, que uma circunstância feliz reuniu nesta conferência, mostram que o cultivo da matemática é tradicional na nossa velha Escola. Nenhum de vós ignora o que a técnica deve a essa ciência admirável, mas é sobretudo o seu valor educativo que justifica um estudo, como fazia o Mestre, estendido um pouco além dos limites que seriam estritamente suficientes para as aplicações.

Nenhuma outra construção humana tem a unidade e a harmonia da construção matemática; nenhuma iguala na solidez e no equilíbrio perfeito da estrutura, na delicadeza dos detalhes. (COSTA, 1971 [1918], p. 86)

Percebe-se que Amoroso Costa procura inscrever na Escola Politécnica as marcas de uma antiga tradição que, olhando friamente, limitava-se a dois autodidatas relativamente isolados (Otto de Alencar nasceu 10 anos depois da morte de Gomes de Souza). Aliás, pode-

se intuir o grau de isolamento de Otto de Alencar a partir de uma carta escrita ao amigo Guilherme Studart, em que Alencar, com alguma autopiedade, se refere ao artigo sobre a fórmula de Stokes que havia publicado na Revista da Escola Politécnica (do Rio de Janeiro) em 1898:

Infelizmente trabalhos desta natureza são acolhidos, em nosso meio, com um indifferentismo desanimador.
Só tenho recebido até hoje reclamação por causa da dificuldade, e neste ponto me está cabendo a sorte de Gomes de Souxa, que ficou incompreendido até hoje" (ALENCAR apud SILVA, 1998, p. 18)

Ao contrário de Gomes de Souza, no entanto, Otto de Alencar deixou um legado mais duradouro, seja por ter inaugurado uma luta contra as limitações do ensino de inspiração positivista, que então imperava na Escola Politécnica do Rio de Janeiro⁶⁰, seja por ter sido professor de Amoroso Costa, uma espécie de discípulo que iria cumprir papel importante na defesa do ideal da "ciência pura" no início do século XX e que participou ativamente na fundação da Sociedade Brasileira de Ciências (1916).

3.4 A Sociedade Brasileira de Ciências e a identidade científica no contexto politécnico do início do século XX.

Mais de 10 anos após a morte de Otto de Alencar, Amoroso Costa escreve para *O Jornal*, em 1923, uma espécie de manifesto, sob o título *Pela ciência pura*. Neste texto, Costa defende a criação de "cursos de ciências puras" na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, menciona a resistência da congregação da Escola à criação destes cursos, e se refere, ainda, à moção enviada ao presidente da república em que a Academia Brasileira de Ciências propunha algo mais radical, a criação de uma Faculdade Superior de Ciências (COSTA, 1971 [1923], p. 150). Esse texto de Costa, a um tempo irônico⁶¹ e ressentido⁶², defende o "cultivo dessa suprema flor do espírito, que é a ciência pura, contemplativa e desinteressada" (COSTA, 1971 [1923], p.151) e a necessidade de "salvar a cultura de um

⁶⁰Cf. (SILVA, 1992), (SILVA, 1998), (SILVA, 1993) e (CASTRO, 1955).

⁶¹ "[...] a ciência pela ciência, inocente passatempo de meia dúzia de maníacos, perdidos em mundo imaginários, à cata de geometrias extravagantes ou de fenômenos cujo conhecimento aproveitará os homens do século quarenta, é a coisa supérflua por excelência. Consagre-se a ela quem tiver para isso gôsto, recursos, tempo" (COSTA, 1971 [1923], p.151)

⁶² "Aqueles que ingerem a ciência penosamente, como um remédio amargo mas inevitável, tratam de 'discharge it upwards' na primeira oportunidade – e são a imensa maioria. Restam os poucos que a amam por sua beleza. Eles existem espalhados pelos quatro cantos do Brasil. Sem auxílio de govêrno, sem escola, sem professores, sem alunos, eles constroem pacientemente o inabalável alicerce" (COSTA, 1971 [1923], p.152).

pragmatismo que vai se tornando ameaçador" (COSTA, 1971 [1923], p.151). Segundo cremos, este texto pode ser entendido como um dos episódios mais significativos da autonomização da *identidade científica* em relação à *identidade politécnica*, não só pelo ideal que defende (a "ciência desinteressada"), mas principalmente com relação a quem o texto se contrapõe (a congregação da Escola Politécnica do Rio de Janeiro), e pelos objetivos que persegue (criação de uma faculdade de ciências independente).

Manoel Amoroso Costa (1885 - 1928) foi uma das figuras mais expressivas na constituição de uma identidade científica no contexto politécnico do século XX. Amoroso Costa completou o curso de engenharia civil na Escola Politécnica do Rio de Janeiro em 1905 e no ano seguinte colou grau de Bacharel de Ciências Físicas Matemáticas⁶³. Começa a lecionar na Escola Politécnica em 1912 – ano da morte de Otto de Alencar –, como preparador da Cadeira de Aplicações Industriais da Eletrotécnica. No ano seguinte, apresenta a tese *Sobre a formação das estrelas duplas* para o concurso de livre docência⁶⁴. Aprovado, assume a seção de Topografia e Astronomia. Em 1924 é nomeado professor catedrático de *Trigonometria Esférica, Astronomia Teórica e Prática de Geodésia*.

Amoroso Costa se interessou por temas da filosofia da matemática e da física, tendo escrito artigos como *A filosofia matemática de Poincaré* (1919), *Bergson e a relatividade* (1922) e *O problema da ciência* (1922). Entre 1920 e 1925, passa três anos em Paris, divididos em dois períodos distintos, tendo frequentado os cursos *Introdução à filosofia da ciência*, ministrado por Abel Rey⁶⁵, e *Teoria do conhecimento*, de Leon Brunschvicg⁶⁶ (SCHWARTZMAN, 1979, p. 111). Em 1928, Costa apresenta, no Collège de France, uma comunicação intitulada *L'univers infini. Quelques aspects du problème cosmologique*, e ministra, na Universidade de Paris, o curso *Geometrias não-arquimedeanas*, o que dá uma dimensão da profissionalização de Costa ao redor das disciplinas mais teóricas (SANTOS, 1971, p. 23-4).

Ao se referir à forma como Amoroso Costa expõe a teoria da relatividade em *Introdução à teoria da relatividade*, publicado em 1922, Paty (1996) insere Amoroso Costa na mesma linhagem de físicos matemáticos da tradição francesa a que nos referimos

⁶³ A trajetória profissional de Amoroso Costa na Escola Politécnica do Rio de Janeiro foi reconstituída a partir de (SANTOS, 1971).

⁶⁴ Para uma apresentação deste trabalho, Cf. GAMA, 1971 [1928], p. 30-1.

⁶⁵ Abel Rey (1973-1940) foi um professor de história e filosofia da ciência da Sorbonne. Fundou, em 1932, Institut d'Histoire des Sciences et Techniques, sendo sucedido em sua diretoria do instituto por Gaston Bachelard, em 1940 (cf. CHIMISSO, 2003, p. 301).

⁶⁶ Leon Brunschvicg (1869-1944) foi um filósofo francês, professor de filosofia da Sorbonne de 1909 até a ocupação da França pelos nazistas. Par uma exposição da filosofia de Brunschvicg, cf. BRITO, 1997, p. 37-55.

anteriormente. Segundo Paty, Amoroso Costa entendia a teoria da relatividade como "um edifício de natureza matemática, e interessavam-se [Amoroso Costa e outros expoentes dessa tradição] essencialmente pelas particularidades de sua forma matemática" (PATY, 1996, p. 170), em contraposição a uma outra tradição, que Paty associa à da física teórica, que se debruçava mais sobre a interpretação física dos conceitos:

Mesmo sendo um partidário da teoria, Amoroso Costa a apresentou segundo os cânones da física matemática – insistindo na exposição do formalismo, depois desenvolvendo as ideias segundo a via dedutiva – em detrimento daqueles privilegiados, por exemplo, por Langevin [exceção, segundo Paty, na tradição da física matemática francesa], que desenvolveu sobretudo o sentido físico dos conceitos empregados. O aspecto conceitual é evocado sobretudo no essencial por Amoroso Costa na apresentação histórica, o que é, de certa forma, sua maneira de conciliar as duas exigências (PATY, 1996, p. 170).

Segundo Alves (1999), Amoroso Costa faz parte de um conjunto de engenheiros que denominou *engenheiros-cientistas*, engenheiros do início do século XX que procuravam acompanhar o que se produzia em ciência no mundo, que tinham uma postura militante a favor da "ciência pura" e que se interessavam por filosofia da ciência. Esses engenheiros tinham uma inserção periférica nas escolas de engenharia, como se pode depreender a partir da inserção de suas publicações nas revistas de engenharia:

Alguns artigos sem qualquer pretensão de contribuir para a engenharia ou outra aplicação de autoria desses engenheiros apareciam em algumas revistas de escolas de engenharia, inclusive sobre assuntos tão recentes como a Teoria da Relatividade. Artigos assinados sobretudo pelos que ensinavam as disciplinas mais científicas dessas escolas. Entretanto, esses artigos sobre as "ciências puras" permanecem minoria em relação àqueles mais compatíveis com os interesses da engenharia. Para que essas ciências tivessem lugar hegemônico em uma instituição, foram obrigados a criá-las. (ALVES, 1999, p. 338)

Em 1916 esses "engenheiros-cientistas", embora em número reduzido, já tinham alguma expressividade e tiveram protagonismo na formação da Sociedade Brasileira de Ciências (SBC, futura Academia Brasileira de Ciências, a partir de 1922)⁶⁷.

Schwartzman destaca, para além da marginalidade destes engenheiros com identidade científica congregados em torno da SBC, o conflito que representavam no interior da Escola Politécnica do Rio de Janeiro:

⁶⁷ Entre os membros do Sociedade Brasileira de Ciências encontravam-se, além dos "engenheiros cientistas", membros do Museu Nacional, membros do Observatório Astronômico, Instituto Manguinhos e geólogos da Escola de Minas de Ouro Preto, distribuídos em três seções: matemática, ciências físico-químicas e ciências biológicas (cf. CARVALHO, 2016).

O papel da Academia Brasileira de Ciências foi muito mais cultural e intelectual, muito mais 'pela' ciência do que, propriamente 'de' ciências. Ela não tinha programas próprios de pesquisa e funcionava, em boa parte como uma espécie de 'anti-congregação' da Escola Politécnica, onde uma visão mais moderna de ciência ainda não havia penetrado. (SCHWARTZMAN, 1979, p. 164)

E, ao se referir às disputas que este grupo travou, ao redor da questão do positivismo, contra a corrente hegemônica dos engenheiros politécnicos nos anos 1916 e 1917, afirma que havia, para além das disputas ideológicas, uma disputa por mercado:

Esse clima de animosidade perduraria entre os dois grupos e expressava não apenas a disputa intelectual, no campo das ideias, mas também a luta pelo mercado acadêmico de trabalho, quase inteiramente monopolizado pelo grupo de professores que viam na pesquisa uma ameaça a sua situação profissional (SCHWARTZMAN, 1979, p. 112)

Amoroso Costa participou da fundação da SBC e foi segundo secretário nas duas primeiras diretorias, entre 1917 e 1920 e entre 1920 e 1923. A partir de 1923, dirigiu a Seção de Ciências Matemáticas (MOREIRA, 1995a, p. xviii). Henrique Morize⁶⁸, primeiro presidente da Sociedade Brasileira de Ciências, e também professor da Escola Politécnica do Rio de Janeiro, em discurso proferido em uma seção de 1917, indica que o objetivo central da SBC é congregar aqueles que lutam pela ciência pura:

[...] era indispensável que se fundasse um grêmio, onde aqueles que estudam as questões da ciência pura pudessem encontrar fraternal agasalho e no qual se promovesse a formação de um ambiente intelectual capaz de transformar a indiferença, ou mesmo hostilidade, com que a maioria habitualmente acolhe a publicação de tudo quanto não tem cunho de utilidade material, embora devam saber todos que receberam educação liberal corrente que muitas artes e indústrias têm como base pesquisas científicas e princípios abstratos (MORIZE⁶⁹ apud VIDEIRA, 2003, p. 70)

A concepção de ciência pura que circulava à época entre os fundadores da SBC, e à qual viemos nos referindo, diz respeito, segundo Alves (1999, p.339), a uma ideia de ciência que não se subordina aos interesses industriais e comerciais, ou seja, uma visão de ciência

⁶⁸ Henrique Morize (1860-1930) foi presidente da Academia Brasileira de Ciências de 1916 a 1926. Morize se formou na Escola Politécnica do Rio de Janeiro em 1890. Antes de se formar, havia ingressado, em 1884, no Imperial Observatório do Rio de Janeiro (depois Observatório Nacional), como aluno astrônomo, lugar onde trabalhou até o fim da vida, tornando-se seu diretor em 1908. Em 1898 é nomeado professor catedrático de física experimental e meteorologia na Escola Politécnica do Rio de Janeiro, defendendo a tese de cátedra *Raios cathodicos e de Roentgen – estudo theorico e experimental da descarga de gazes rarefeitos* (uma parte deste trabalho gerou de uma nota publicada nos *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*). Cf. (VIDEIRA, 2003).

⁶⁹ MORIZE, Henrique. Sociedade Brasileira de Sciencias: discurso porferido na seção de 15 de junho de 1917. Revista da Sociedade Brasileira de Sciencias, v. 1, n.1, p. 3-10, jan. 1917.

em contraponto à visão utilitarista, hegemônica nas escolas politécnicas. Segundo Videira, a tese de Henrique Morize a respeito da ciência pura era a seguinte:

ciência pura, aquela que produz conhecimentos teóricos, ou seja, o que é perseguido e desenvolvido sem que haja por parte do cientista, que o cria, um compromisso com utilidades materiais e/ou práticas, é o mais alto e importante valor a que podem aspirar as nações. (VIDEIRA, 2013, p. 66)

A fundação da Sociedade Brasileira de Ciências e a articulação dos professores com identidade científica deve ser entendida dentro do contexto da política para a ciência que vigorava na República Velha. Segundo Videira:

[...] Morize viveu em um tempo em que a ciência no Brasil lutava para se consolidar. Os discursos oficiais da época quase nunca faziam referência à ciência. Quando lembrada, essa atividade era aquela capaz de contribuir para o avanço econômico e civilizatório do país. Morize e seus companheiros [...] tentaram, com todos os meios que dispunham, mostrar que apenas a ciência aplicada não seria importante para o desenvolvimento do Brasil ou de qualquer outro país. Eles, remando contra a maré, defendiam a necessidade de implementação e valorização da ciência pura. Segundo eles, esta era fundamental, não apenas por proporcionar novos conhecimentos sobre a natureza, mas também por ter-se transformado na base sem a qual a ciência aplicada não poderia existir e se desenvolver. (VIDEIRA, 2003, p. 21)

Havia já, pelo menos desde a vinda da família real para o Brasil e durante o Período Imperial, instituições nas quais se fazia, de alguma forma, pesquisa científica, como o Jardim Botânico⁷⁰, o Museu Nacional⁷¹, o Imperial Observatório⁷², e Escola de Minas de Ouro Preto⁷³. Segundo Schwartzman⁷⁴, no entanto, com a passagem do período imperial

⁷⁰ Segundo Dantes (1979, p. 349), "O Jardim Botânico do Rio de Janeiro, inicialmente Real Horto, criado por D. João VI em 1808 como jardim de aclimação destinado à cultura de especiarias, teve papel pioneiro no século XIX, recebendo naturalistas estrangeiros e desenvolvendo estudos sobre a fauna brasileira". Cf. também (SCHWARTZMAN, 1979, p. 56)

⁷¹ O Museu Nacional foi fundado em 1818 por D. João VI, e existe até hoje, integrado à Universidade Federal do Rio de Janeiro. Inicialmente dedicado a coleções de ciências naturais, em 1824, com a criação do Laboratório Químico, começam algumas investigações sobre combustíveis e propriedades do pau-brasil. A partir de 1876, passa a ser constituído de 3 seções: I - Antropologia, Zoologia Geral e Aplicada, Anatomia Comparada e Paleontologia Animal; II - Botânica Geral e Aplicada e Paleontologia Vegetal; III - Ciências Físicas: Mineralogia, Geologia e Paleontologia Geral. Segundo Dantes (1979, p. 346-7), apesar de, antes do período republicano, ser "um dos mais importantes centros de atividade científica no Brasil", com pesquisas sobre a flora, geologia, fisiologia, farmacologia e ofiologia, o Museu Nacional sempre sofreu com baixas condições materiais e de pessoal para realizar o seu trabalho. Cf. também (SCHWARTZMAN, 1979, p. 59-62)

⁷² Segundo Videira (2003, p. 36), o Imperial Observatório, que começa a funcionar efetivamente em meados da década de 1840, se dedicava a oferecer uma gama de serviços, tais como "a determinação da hora certa, aquisição e publicação de dados meteorológicos, treinamento de engenheiros militares, determinação das posições geográficas das cidades por onde passavam os trens da Estrada de Ferro Central do Brasil, determinação de fronteiras, entre outros". Com a proclamação da república, o Imperial Observatório passa a se denominar Observatório Nacional.

⁷³ A Escola de Minas de Ouro Preto foi fundada em 1876, segundo CARVALHO (1978), mais por um ato de vontade de D. Pedro II do que por necessidade econômica, já que a engenharia de minas e de metalurgia

para a república, o pouco de pesquisa mais acadêmica que se praticava nas instituições fundadas no período imperial perde força para a pesquisa mais aplicada realizada nas instituições fundadas pela República, mais ligadas à solução de problemas como os da saúde pública. É neste período que se estabelecem, por exemplo, o Instituto Soroterápico de Manguinhos⁷⁵, o Instituto Bacteriológico⁷⁶ e o Instituto Butantan⁷⁷, institutos que se tornaram centros de pesquisa de alto nível.

Chama atenção que em um período de relativa pujança da ciência no Brasil (algo, até onde sabemos, inédito para a ciência brasileira), professores como Amoroso Costa vejam mais sentido em se identificar cientificamente com figuras simbólicas e longínquas como Joaquim Gomes de Souza do que com instituições atuantes e presentes como o Instituto Manguinhos. Certamente as diferenças entre as áreas de pesquisa (*grosso modo*, "ciências biológicas" e "ciências exatas") têm uma importância razoável na eleição desses elementos identitários. No entanto, nos parece haver mais fatores em jogo.

passava muito à margem das necessidades da economia da época, dominada pela produção cafeeira. Ainda assim, segundo Carvalho (1978, p. 75), a orientação dada por Claude Henri Gorceix, diretor da Escola de Minas desde a sua fundação até 1891, se distinguiu pela defesa do desenvolvimento econômico: a "preocupação, especialmente com a realidade mineira, foi outra constante na atuação de Gorceix. A tarefa fundamental da Escola deveria ser o levantamento das riquezas de Minas e do país [...] e a dinamização de seu aproveitamento através da mineração e da siderurgia. Tentou atrair capitais franceses para a mineração e alimentava o plano de envolver a Escola na implantação de uma usina siderúrgica utilizando altos-fornos a carvão vegetal". Ainda segundo Carvalho (1978, p. 94-5), a Escola de Minas formou quadros de pesquisadores que começaram a trabalhar em órgãos do governo: "a maior produção de pesquisa dos ex-alunos foi feita fora da Escola, após a criação do SGMB [Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil]. Neste órgão, no DNPM [Departamento Nacional de Produção Mineral], no ITI [Instituto de Tecnologia Industrial] de Minas Gerais e em outros órgãos do governo, parece terem-se refugiado os melhores pesquisadores para exercer seu trabalho".

⁷⁴ "O que mais chama atenção na passagem do período imperial para o período republicano é a grande mudança de ênfase da pesquisa mais acadêmica para pesquisa mais aplicada. Como foi visto no capítulo anterior, as instituições imperiais foram criadas dentro de uma perspectiva extremamente pragmática, tanto no que se refere às escolas superiores quanto a instituições como o Museu Nacional ou o Jardim Botânico, ou mais tarde, a Escola de Minas. Com o tempo, no entanto, muitas destas instituições foram se academicizando, para o que contribuiu a influência pessoal D Pedro II e a presença de cientistas identificados com o ambiente intelectual europeu. A República surge com novas prioridades, novos polos de crescimento – São Paulo, principalmente – e novas preocupações – agricultura, a saúde pública, os recursos minerais" (SCHWARTZMAN, 1979, p. 137).

⁷⁵ Criado no Rio de Janeiro em 1899, o Instituto Soroterápico de Manguinhos (futuro Instituto Oswaldo Cruz) se destacou pela campanha bem sucedida de combate à febre amarela, iniciada em 1904, transformando-se, a partir de então em um importante centro de pesquisa em medicina e biologia. Segundo Schwartzman (1979, p. 136), a longa e rígida formação a que estavam submetidos aqueles que desejavam ingressar no instituto fez com que fosse "então considerado o único lugar onde se fazia ciência no Brasil" (cf. DANTES, 1979 e SCHWARTZMAN, 1979, p. 127-136).

⁷⁶ Fundado em 1893 pelo governo do Estado de São Paulo, o Instituto Bacteriológico (Instituto Adolfo Lutz, a partir de 1940) teve por atribuição o estudo microbiológico e bacteriológico relacionado às epidemias, à realização de exames e diagnósticos e à preparação de produtos para vacina e medicamentos. Dirigido por Adolfo Lutz até 1908, tornou-se um dos mais importantes centros de pesquisa na área da saúde (Cf. DANTES, 1979 e SCHWARTZMAN, 1979, p. 121-8).

⁷⁷ Criado em São Paulo em 1899 com o objetivo inicial de preparar soros e vacinas, o instituto se notabilizou pelas pesquisas em ofidismo, higiene, bacteriologia, imunologia, escorpionismo e aracnismo (cf. DANTES, 1979 e SCHWARTZMAN, 1979, p. 125-6).

Segundo Sá (2006, p. 22), na dinâmica dos setores intelectuais na República Velha, a silenciosa atividade profissional de cientistas como Osvaldo Cruz passa a obscurecer o prestígio da pomposa oratória de enciclopédicos como Rui Barbosa. A utilidade prática do conhecimento vai se impondo frente ao deleite de salão do beletrista. Com a crescente especialização dos setores intelectuais, vai se consolidando a ideia de que a modernização do país depende bastante da ciência. No entanto, segundo cremos, a urgência de modernização que se sentia quando o assunto era luz elétrica, bondes e vacinas era ausente quando o assunto era muito teórico e, em boa medida, inútil para fins práticos imediatos, como por exemplo a teoria de relatividade. É plausível que a resistência encontrada pelos defensores da "ciência desinteressada" carregue uma reverberação da luta contra a pompa intelectual estéril, que, ao invés de serem vistos como agentes da modernização da pesquisa científica, nesse contexto, alguns defensores da ciência pura, como Amoroso Costa, fossem encarados como "beletristas da matemática".

De todo modo, nos parece central o fato de que, se no contexto mais geral a identidade científica que ia se constituindo nas instituições científicas criadas pela República (Manguinhos, etc) tinha como contraponto enciclopedismo "inútil" prestigiado na cena intelectual anterior, no contexto politécnico mais restrito a identidade científica vai se autonomizando da disputa entre politécnicos e bacharéis e passa a se constituir como uma diferenciação interna aos politécnicos, em boa medida pela contraposição entre ciência pura e ciência aplicada, e, nesse sentido, os novos institutos em que se fazia pesquisa científica aplicada não puderam ser vistos como símbolos expressivos de suas lutas.

Não que houvesse, por parte dos partidários da ciência pura, uma luta *contra* a ciência aplicada. Segundo Videira, Henrique Morize, por exemplo, apesar de ter na mais alta conta os trabalhos teóricos, não tinha por objetivo excluir a técnica ou ciência aplicada. Concedia *primazia* "à ciência pura, aos trabalhos puramente teóricos que buscavam apenas a verdade. Primazia não significa exclusão da técnica e da ciência aplicada, mas, sim, que, sem a ciência pura, a ciência aplicada não tinha como se desenvolver" (VIDEIRA, 2003, p 63)⁷⁸. Ou seja, trata-se de uma luta pela *subversão da hierarquia de valores científicos* tal como se apresentava no contexto científico da República Velha, uma luta contra a *hegemonia* da ciência aplicada. Assim, a formação da identidade científica no contexto

⁷⁸ Segundo Alves (1999, p. 339), a intenção de promover a ciência que não se subordina a fins econômicos não impede que a Academia publique pesquisas a respeito de objetos que podem ter interesse econômico, como, por exemplo, os artigos *Indícios de pólvora em São Paulo* (1920), *A propósito do ensaio de Angeli (pesquisa da acidez nas pólvoras sem fumaça)* (1920) e *Gênese dos diamantes* (1929). O ponto importante, segundo Alves, é que os resultados da pesquisa tenham fins científicos, determinados pela "comunidade científica".

politécnico do início do século XX, embora não tenha se estabelecido *contra* a ciência aplicada e suas conquistas durante a República Velha, se estabeleceu como que *em contraponto* a ela.

Na década de 1920, momento em que Amoroso Costa escreve *Pela ciência pura*, pode-se dizer que, apesar da animosidade e da ausência de pesquisas sistemáticas, a situação de isolamento por que passavam os que militavam pela ciência pura já era um pouco diferente da enfrentada por Otto de Alencar, devido à atividade da Academia Brasileira de Ciências. Comparado ao contexto anterior, verificamos que já há um conjunto um pouco mais articulado de pessoas, como nos mostra o próprio Amoroso Costa:

A academia da qual talvez nunca tenha o leitor ouvido falar, foi fundada há sete anos por alguns amigos da Ciência, que uma vez por mês se reúnem, trocam idéias, expõem os seus próprios estudos e pesquisas. Nesse curto período de tempo, mais de duzentas notas e memórias têm sido apresentadas nessas reuniões, e em não poucas se encontram resultados novos e interessantes. Lutando contra toda sorte de dificuldades materiais, e também contra a indiferença geral, a Academia publica esses trabalhos em uma revista, que evidentemente não é de leitura amena, mas que tem recebido elogios de sociedades estrangeiras as quais é remetida. (COSTA, 1971 [1923], p. 150)

Com o passar do tempo, Academia Brasileira de Ciências passa a congregar, inclusive, professores de outros estados. Luís Freire, em 1933, passa a ser membro correspondente da ABC, frequentando suas reuniões durante as férias universitárias (VIDEIRA; VIEIRA, 2013, p. 3), o que mostra que Freire era uma referência importante na constituição de uma identidade científica no contexto politécnico de Recife.

3.5 O conflito entre identidade científica e identidade politécnica como expressão do conflito entre o regime disciplinar e o regime utilitário de produção de ciência.

Terry Shinn, em seu artigo *Regimes de produção e difusão de ciência*⁷⁹, talvez nos dê uma chave de análise para compreender um pouco mais profundamente o sentido do conflito entre uma identidade científica e uma identidade politécnica no contexto das escolas de engenharia do início do século XX no Brasil. Shinn propõe que a ciência é constituída de *múltiplos regimes*, que:

⁷⁹ Já na primeira linha o autor declara sua filiação à sociologia da ciência de Bourdieu: "Este artigo é uma contribuição à perspectiva crítica da sociologia da ciência, introduzida e desenvolvida por Pierre Bourdieu" (SHINN, 2008, p. 11)

demarcam as especificidades das formas particulares de treinamento e certificação, de designação de tarefas, de modos de trabalho, de critérios de validação, de sistemas de premiação, de trajetórias de carreira, de modalidades de produtos, da forma e da extensão dos mercados, e do vínculo entre a produção e a distribuição. (SHINN, 2008, p. 13).

E mais:

A gênese de cada regime corresponde ao ambiente cognitivo, político e econômico de uma época histórica, às dimensões culturais de um dado tempo. Cada regime possui também sua divisão específica de trabalho, sistema organizacional, regras e hierarquia internas, universo de emprego, formas de produzir resultados, clientela e seu sistema particular de circulação entre produção e mercado. É esse conjunto complexo de fatores que estabelece as diferenças entre os regimes e sobre o qual suas respectivas fronteiras são baseadas. Mistura pode ocorrer e ocorre, obviamente. Contudo, isso não viola a persistência e a estabilidade dos regimes (SHINN, 2008, p. 13-4).

Para nossa análise, o *regime disciplinar* e o *regime utilitário* são os mais importantes, pois são os que estão em antagonismo no contexto científico do início do século XX brasileiro.

Em sua proposta de tipologia para os múltiplos regimes científicos, Shinn defende que as escolas de engenharia, com sua forma específica de produção de conhecimento e mercado para essas produções, seriam a base institucional do *regime utilitário* (SHINN, 2008, p. 21). Segundo Shinn, a produção de conhecimento dos praticantes do regime utilitário não tem como mercado os demais produtores de conhecimento pertencentes ao próprio regime:

[...] os praticantes do regime utilitário não estão dirigidos para si próprios – esta não é uma comunidade auto-referente. Seus membros não constituem o mercado do regime. Ao contrário, o escopo profissional do regime utilitário é vasto. Em geral, eles trabalham como técnicos e engenheiros. Entretanto, eles podem também frequentemente localizar-se em posições administrativas. Eles ocupam uma multiplicidade de nichos profissionais. O regime utilitário serve à indústria, ao setor de serviços da economia: está frequentemente associado com o trabalho técnico no serviço público. Aqui os praticantes empreendem tarefas estritamente técnicas, coordenam os esforços dos outros, ou administram. São típicos o envolvimento em hospitais e outras esferas do serviço de saúde e nas agências de monitoramento ambiental. O regime utilitário está igualmente presente na atividade militar. (SHINN, 2008, p. 23)

O mercado do regime utilitário acaba por determinar a forma específica de produção de conhecimento e sua epistemologia:

A epistemologia do regime utilitário de produção e difusão de ciência e tecnologia mostra-se específica. [...] O objetivo é a produção de um artefato tecnicamente válido, útil, prático e vendável. As considerações giram, assim, em torno de

sistemas técnicos que exibem uma solidez técnico-física. Os artefatos exibem, portanto, um caráter fenomenológico/físico. A realização pode requerer experimentação; entretanto, esta não é necessariamente a experimentação do regime disciplinar. O trabalho experimental do praticante utilitário é guiado pela capacidade performativa de seu artefato em realizar precisamente e sem erro a tarefa pretendida. A simulação figura de modo crescente nessa atividade. Entretanto, novamente, a orientação não é a aquisição do modo como um sistema funciona, mas antes a designação dos componentes apropriados e de sua combinação apropriada para assegurar a performance. Além disso, a performance não é atingida com referência à precisão. O guia é, mais uma vez, o cliente e o mercado potenciais.

Cliente e mercado são da maior importância na epistemologia do regime utilitário. A própria seleção do objeto de trabalho não é uma entidade auto-referente, mas, ao contrário, um artefato para o qual existe um suposto cliente e onde as condições de mercado permitirão ao cliente adquirir o produto. (SHINN, 2008, p. 24)

Trabalhos como *Dissertação sobre o modo de indagar novos astros sem auxílio das observações diretas*, de Gomes de Souza, *Lições sobre a teoria da Lua*, de Otto de Alencar e *Sobre a formação das estrelas duplas*, de Amoroso Costa certamente não têm o mesmo "cliente e mercado" que estão presentes para as produções científicas do regime utilitário. Não se propõem a servir aos interesses da indústria ou do setor de serviços e não se propõem à construção de nenhum artefato útil. São trabalhos cujo sentido pleno só se atinge dentro de um *regime disciplinar*, que, segundo Shinn, surge no século XIX (na Europa), com as seguintes características:

O regime disciplinar de produção e difusão da ciência está assim baseado em departamentos disciplinares de universidades, cujo objetivo é: (1) reproduzir o conhecimento disciplinar-padrão para os estudantes e (2) conduzir pesquisa original no interior da disciplina. O regime disciplinar é fortemente definido por sua orientação auto-referente. Com relação aos tópicos de pesquisa, eles são retirados do interior da disciplina e relacionam-se tanto com a história e a inércia disciplinares, como com a direção para a qual o futuro da disciplina aponta, segundo a percepção dos praticantes disciplinares. A disciplina também estabelece seus critérios internos para a avaliação de seus resultados de pesquisa. Segundo as mesmas linhas, ela decide o que deve ser aprendido pelos estudantes, e em que extensão, para o estabelecimento da certificação da realização, na forma de diplomas. O regime disciplinar constitui seu próprio mercado. Os praticantes são os consumidores de suas próprias produções. O resultado da pesquisa está dirigido aos pares disciplinares, que avaliam, portanto, a qualidade do resultado e consomem os produtos cognitivos gerados por outros colegas disciplinares. O regime é, em muitos aspectos, circular na lógica. Ele se retroalimenta – tanto gerando quanto absorvendo suas produções. A distribuição da produção e a eventual assimilação subsequente da produção são realizadas por meio de revistas, cujo conteúdo é controlado pela disciplina. Desse modo, a circulação do conhecimento também ocorre no interior dos confins da disciplina. A passagem da função de produção para a função de consumo é direta, sem qualquer mediação de forças exógenas (SHINN, 2008, p. 17)

Em contraposição ao regime utilitário, um dos aspectos mais notáveis do regime disciplinar é ser auto-referente, ou seja, os tópicos da pesquisa surgem a partir de dentro das

disciplinas, os critérios de avaliação da pesquisa também são constituídos internamente à disciplina e o mercado da produção disciplinar são os próprios praticantes das disciplinas⁸⁰. Ora, é este regime de produção científica que não existe no início do século XX brasileiro. De certo modo, as reuniões e revistas da SBC e da ABC, em que os membros apresentavam uns para os outros seus trabalhos, procura simular a orientação da produção científica e o mercado do regime disciplinar.

Os professores das disciplinas mais teóricas das escolas de engenharia – mais preocupados em "reproduzir o conhecimento disciplinar-padrão para o estudantes", mais desvinculados dos objetivos de formação do futuro profissional de engenharia e, ao mesmo tempo, sem condições de "conduzir pesquisa original no interior da disciplina" – são, deste modo, os criadores de uma demanda pela formação de um regime disciplinar, demanda esta que se materializa nas lutas da SBC e da ABC pela criação das universidades no Brasil⁸¹.

O conflito entre a identidade politécnica e a identidade científica pode ser compreendido, portanto, como expressão de um conflito entre um regime utilitário já estabelecido e legitimado socialmente e um regime disciplinar quase inexistente e à procura de legitimação. Na República Velha, a política para a ciência estava muito mais vinculada à solução de problemas práticos, como a necessidade de urbanização das cidades, o combate a epidemias, à infraestrutura e aos conhecimentos necessários à produção e comercialização do café (SANCHEZ JÚNIOR, 2012). Sua legitimidade estava atrelada a um certo ideal de modernização. Dada a escassez de recursos para investimento no ensino superior, é possível compreender que, na luta pela subversão da hierarquia de valores científicos na República Velha, os discursos dos engenheiros com identidade científica tentem legitimar a luta pela ciência pura defendendo a ideia de que ela é a *base* da ciência aplicada e da técnica, e, adicionalmente, defenderem que ela tem um valor educativo superior ao da ciência aplicada. Ou seja, a defesa da ciência pura passa, de algum modo, pela utilidade da ciência pura para a modernização do país, ainda que essa utilidade não seja imediatista.

⁸⁰ Acreditamos ser possível dizer que a auto-referência de um regime disciplinar faz com que este regime tenha as propriedades de um campo científico, tal como entendido por Bourdieu, enquanto um regime utilitário, por ter seu agentes orientados para uma clientela externa, diz respeito a uma forma de produção de conhecimento científico diferente da forma como se produz conhecimento em um campo científico.

⁸¹ Aliás, segundo Shinn, a lógica de funcionamento do regime disciplinar depende de uma relação de autonomia e dependência em relação ao estado que é típica das universidades: "Cada disciplina, com seu departamento intendente, insiste em sua porção de autonomia. O ponto aqui é que o regime disciplinar de produção e difusão científica está sólida e historicamente baseado na universidade. Isso começa por volta do início do século XIX, quando os Estados nacionais orientaram a produção e reprodução do conhecimento para uma nova forma de organização, ao mesmo tempo unida ao Estado e lutando por independência da intervenção política e estatal, e lutando sistematicamente para evitar a vinculação às demandas práticas de curto prazo economicamente orientadas". (SHINN, 2008, p. 17)

Como o conhecimento da engenharia é cada vez mais formalizado e matematizado – características do aprendizado e da prática disciplinar –, é possível compreender por que foi no interior de uma escola politécnica que as tensões entre regime disciplinar e regime utilitário tenham aparecido de forma clara e se traduzido em duas identidades conflitantes. Nesse contexto de luta, nos parece compreensível que os politécnicos com identidade científica procurassem "uma certa tradição", já no século XIX, que pudesse se colocar no lugar da existência efetiva de um regime disciplinar. Apesar das grandes diferenças de contexto e da ausência de relação mais consistente entre os trabalhos de Gomes de Souza, Otto de Alencar e Amoroso Costa, é compreensível, pela natureza de seus trabalhos, o esforço em se fazer dessas figuras os precursores de uma certa tradição de físicos matemáticos brasileiros, é compreensível que tenham sido vistos como representantes disciplinares dentro de um regime utilitário. Em suma, parece compreensível a tentativa de uma parte da historiografia de encontrar em "indivíduos excepcionais", que ultrapassavam as instituições às quais pertenciam, propondo simulacro de funcionamento de um regime disciplinar praticamente inexistente no Brasil.

3.6 A identidade científica e o artigo *Os princípios da mecânica*, de 1934

No capítulo anterior, procuramos analisar o artigo *Os princípios da mecânica* de 1934 e fazer uma caracterização da postura epistemológica de Schenberg à ocasião. Um aspecto importante dessa postura epistemológica, em particular para entendermos as diferenças nessa postura 10 anos depois, quando formos analisar sua tese de cátedra de 1944, diz respeito à inclinação de Schenberg às teorias indutivas, ou seja, uma inclinação às teorias formuladas a partir de uma espécie de ascensão dos fenômenos às leis e das leis à teoria. Para além de uma inclinação ao indutivismo, podemos dizer, em linhas gerais, que a concepção de teoria física de Schenberg nesse artigo se baseia na ideia de *teoria representativa* de Pierre Duhem, uma concepção que, se lançarmos mão de uma classificação redutora, podemos afirmar como assemelhada à uma concepção instrumentalista de teoria física e carregada de crítica antirrealista. Essa concepção instrumentalista e antirrealista de teoria física foi bastante importante na primeira metade do século XX, sendo mesmo fundamental nos debates a respeito da interpretação dos

fenômenos quânticos, em particular para o grupo de físicos reunidos ao redor a figura de Bohr, como afirmamos no capítulo anterior⁸².

Após a análise e caracterização da postura epistemológica de Schenberg em 1934, procuramos neste capítulo reconstituir as principais tensões a que estavam submetidos aqueles indivíduos que se sentiam inclinados à atividade científica no contexto politécnico nas primeiras décadas do século XX, período que antecede a criação das universidades brasileiras. Ou seja, procuramos os elementos mais significativos do contexto científico para a compreensão do artigo de Schenberg. Acreditamos que os dois principais polos de tensão para compreensão do contexto do artigo se constituem ao redor, de um lado, da *identidade politécnica*, expressão de um regime de produção e difusão utilitário de ciência – polo dominante que se caracterizava, *grosso modo*, por uma formação voltada para a capacitação técnica do engenheiro, sendo a ciência entendida como tendo uma função predominantemente utilitária –, e, de outro lado, o polo dominado, que se constitui ao redor de uma *identidade científica*, expressão de uma luta pela constituição de um regime de produção e difusão disciplinar de ciência, que pouco a pouco vai se autonomizando da identidade politécnica, e que se caracteriza pela competência matemática, pela abertura para as inovações científicas, pela defesa da criação de instituições de pesquisa científica "desinteressada", pela defesa da "ciência pura", entendendo que o desenvolvimento científico nacional não poderia estar subordinado exclusivamente às utilizações práticas.

A tentativa de reconstrução dos elementos do contexto politécnico mais significativos para a compreensão do artigo de Schenberg, e que acreditamos explicar as escolhas historiográficas que fizemos, pode levar a crer que procuramos, tal como a linha historiográfica que tem como inspiração maior o trabalho de Costa Ribeiro de 1955 (e que repercutiu por muito tempo, como pudemos perceber com o trabalho de Paty, no anos 1990), destacar o papel do "precursores" da física no Brasil, indivíduos dotados de qualidades excepcionais que conseguiram romper com as limitações de seu meio⁸³. É verdade que, em linhas gerais, passamos pelos mesmos personagens (Gomes de Souza, Otto de Alencar, Amoroso Costa, Luiz Freire, etc), mas não no mesmo espírito. A utilização desses personagens se justifica pelo poder simbólico que tiveram para a constituição de um campo de forças, no início do século XX, que vai agir na formação inicial de Mário Schenberg. Em

⁸² Cf. nota número 28.

⁸³ "Nestas condições, todo trabalho realizado no país, antes de serem criadas as Faculdades de Filosofia, é o fruto de puro autodidatismo. A escassa produção científica que vai, uma vez ou outra, aparecendo é resultado do esforço pessoal de indivíduos excepcionais, cujo pendor pela pesquisa matemática conduziu a um nível de conhecimento muito superior ao que seria estritamente necessário para o simples desempenho da profissão de engenheiro." (CASTRO, 1955, p.63)

outras palavras, não nos importa tanto, por exemplo, determinar se, ou em que medida, Gomes de Souza é de fato "o primeiro físico-matemático brasileiro". Importa compreender que, à medida que se constrói a *imagem* de que Gomes de Souza é o primeiro físico matemático brasileiro, sua figura começa a ter uma força simbólica efetiva, já que interfere na construção de valores científicos. Nos importa compreender como esse personagem simbólico passa a ser importante para a produção intelectual de Otto de Alencar, como os dois passam a ser personagens simbólicos importantes para a produção intelectual de Amoroso Costa, como a força simbólica desses personagens foi constituindo uma identidade científica que se materializou na fundação da Sociedade Brasileira de Ciências e se fez presente nas conversas de domingo à casa de Luiz Freire, talvez as situações formativas mais importantes pelas quais passou Schenberg enquanto estudava na Escola de Engenharia de Pernambuco. Segundo cremos, são essas as forças que agem quando Mário Schenberg decide escrever sobre a epistemologia da física, quando decide se mudar de Recife para São Paulo com o objetivo de cursar uma universidade que ainda nem passou a existir e quando, em São Paulo, procura os trabalhos de Otto de Alencar para discutir com Luiz Freire⁸⁴.

O artigo de Schenberg, nos parece, é herdeiro dessa formação de uma identidade científica que foi se constituindo a partir de dentro da tradição politécnica, e, em boa medida, em contraponto à identidade politécnica. Temos alguns indicativos dessa herança, por exemplo, pela forma autodidata como escreve seu artigo, pelo tipo de bibliografia utilizada e pela inclinação à filosofia da ciência. Ainda que a postura epistemológica de Schenberg não possa ser entendida como uma compreensão epistemológica inédita, é possível perceber que Schenberg procura dialogar com o debate epistemológico de sua época, e também é possível perceber uma forte carga autoral e crítica na forma como apresenta o seu artigo, características também presentes nos textos escritos pelos engenheiros com identidade científica da geração anterior. Se considerarmos o que o artigo afirma e o que o artigo omite, há, implícita, uma defesa da "ciência pura", já que procura discutir o significado da ciência, seus objetivos, a forma como se desenvolve, a partir de critérios internos à ciência, sem nenhuma menção a necessidades utilitárias.

3.7 Efeitos do artigo de 1934

⁸⁴ Cf. Anexo C.

Procuramos mostrar como o discurso epistemológico de Schenberg em 1934 se relaciona com o contexto científico da época, em particular com as tensões entre a identidade politécnica e a identidade científica. Mostramos como alguns agentes que atuavam profissionalmente dentro de um regime utilitário tomaram uma posição de defesa de um regime disciplinar, o que envolveu a mobilização de elementos simbólicos, a criação de uma agremiação como a SBC e a militância pela criação de universidades. Luiz Freire é o elo entre os engenheiros com identidade científica das primeiras décadas do século XX brasileiro e Schenberg; é a partir das conversas com Freire que Schenberg vai se a deparando com os temas e problemas daquele contexto científico particular.

Se o contexto científico age sobre o artigo, por sua vez o artigo é uma ação em contexto. Um primeiro aspecto importante para a compreensão do artigo enquanto ação em um contexto diz respeito ao fato de que o discurso epistemológico tem em geral um certo prestígio social, e seu manejo pode trazer um lucro simbólico ⁸⁵.

Em 1934, no seu primeiro lance como intelectual, Schenberg trata da epistemologia da física em uma revista de uma instituição que, embora fosse a única instituição paulista para a qual a Física tivesse algum interesse, tal interesse reduzia-se à mera aplicação de uma física de manual, não havendo pesquisa física ou uma relação mais reflexiva com o conhecimento físico.

Ainda que o tema do artigo de Schenberg destoe do conjunto de artigos da Revista Politécnica, sua temática deslocada do contexto politécnico, no entanto, vai lhe dar visibilidade no futuro contexto da FFCL. A importância da visibilidade na construção de uma reputação não deve ser menosprezada, como aponta Bourdieu em *O campo científico*:

⁸⁵ O sociólogo Norbert Elias, em *Scientific Establishments*, destaca o prestígio e a estima social – a seu ver injustificados – dos filósofos que se dedicam à epistemologia, a quem chama de "filósofos transcendentais" (já que se dedicariam à revelação de formas de conhecer que transcendem a história): "É uma velha tradição que entre os grupos que se especializam no gerenciamento e produção dos meios de orientação, aqueles que atendem a esse desejo são os que recebem mais honrarias e que desfrutam do maior prestígio. Filósofos transcendentais pertencem a esse grupo. Eles visam proporcionar uma orientação que possa fornecer a certeza de algo imperecível e eterno. Assim como os físicos revelam leis eternas por trás do fluxo observável dos eventos naturais, também os metafísicos tentam mostrar as condições imutáveis por trás das experiências mutáveis das pessoas, as formas eternas do pensamento por trás dos pensamentos variáveis, e as regras universais do conhecimento e da ciência por trás do avanço do conhecimento científico. Seja qual for o valor cognitivo que esta inclinação para o eterno possa ter, ao apelar, como faz, para os desejos por símbolos de eternidade, ela recebe uma alta estima social" (ELIAS, 1982, p. 12-3, tradução nossa). Em *O mercado dos bens simbólicos*, Bourdieu chama atenção para o fato de que na "conversação mundana", a cultura científica tem em geral pouco prestígio, e "é quase sempre pouco lucrativa em conversas de salão a menos que se converta em reflexão acerca da filosofia da ciências ou em meditação teológico-metafísica sobre o destino da humanidade" (BOURDIEU, 2013b, p. 149). Ou seja, fora do campo científico (e não podemos dizer que em 1934 a pesquisa física constituía propriamente um campo científico no sentido dado do Bourdieu à expressão) a filosofia da ciência pode trazer um lucro simbólico.

O conceito de *visibility* que os autores americanos empregam frequentemente [...] exprime bem o valor diferencial, distintivo, dessa espécie particular de capital social: acumular capital é fazer um nome, um nome próprio, um nome conhecido e reconhecido, marca que distingue imediatamente seu portador, arrancando-o como forma visível do mundo indiferenciado, despercebido, obscuro, no qual se perde o homem comum. (BOURDIEU, 1983, p. 132).

E, ainda com Bourdieu, em *Campo Intelectual e Projeto Criador*:

Existir, nesse sistema de relações simbólicas que constituem o campo intelectual, é ser conhecido e reconhecido por *sinais de distinção* (uma maneira, um estilo, uma especialidade, etc.), afastamentos diferenciais que podem ser expressamente procurados e que tiram do anonimato e da insignificância (BOURDIEU, 1968, p. 122)

O domínio do discurso epistemológico tem por efeito a demonstração de domínio do que aparenta ser fundamental na produção de conhecimento científico, fazendo com que Schenberg marque posição como alguém habilitado para participar do projeto de formação de cientistas que começaria no segundo semestre de 1934, com a criação da FFCL. Há, cremos, uma dinâmica em que o prestígio do discurso epistemológico é apropriado pela pessoa que o enunciou, como nos faz perceber o professor Normando Fernandes, muitas décadas depois, no prefácio de uma edição comemorativa da tese de cátedra de 1944, lançada pelo Cefisma⁸⁶, em que aparece uma reprodução do artigo de 1934 e o seguinte comentário: "Não podemos negar que a semente para a tese de 1944 já estava plantada e em solo fértil, dada a cultura mostrada por Schenberg aos 18 anos (ver a bibliografia do artigo de 1934)" (FERNANDES, 1996, p. 7, grifos nossos). Ou seja, ainda que o elogio seja retrospectivo, é possível perceber que a demonstração de domínio do discurso epistemológico e mobilização de uma bibliografia de alguma monta são sinais de distinção, de "cultura", que fazem com que se reconheça em Schenberg "um solo fértil". Como sugere Bourdieu, o "homem culto" atrai para si um efeito carismático:

Creio que, nas nossas sociedades, a cultura é um dos lugares do sagrado: para determinadas categorias sociais – entre elas, os intelectuais –, a religião cultural tornou-se o lugar das convicções mais profundas, dos compromissos mais profundos. Por exemplo, a vergonha da gafe cultural tornou-se o equivalente do pecado. Penso que a analogia com a religião pode ser levada muito longe. E, desse modo, enquanto hoje uma análise de sociologia religiosa [...] não suscita o mínimo interesse, [...] a sociologia da cultura esbarra em resistências fantásticas. Basta pensar no trabalho de objetivação elaborado sobre a religião: hoje, todo mundo sabe [...] que há certa correlação entre a religião adquirida por alguém na própria família e a religião professada por essa pessoa. [...] Mas ao ouvir tal

⁸⁶ Cefisma é o nome do centro acadêmico dos estudantes do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

afirmação sobre a cultura, o homem culto acaba perdendo um dos alicerces do encanto da cultura, a saber, a ilusão do inatismo, a ilusão carismática: eis o que eu havia adquirido por mim mesmo, pelo nascimento, é como uma espécie de milagre." (BOURDIEU, CHARTIER, 2011, p. 34)

Contribui para multiplicar o efeito de visibilidade, para além das amostras de cultura, a *precocidade* da cultura, já que a precocidade potencializa a "ilusão de inatismo", como nos sugere Bourdieu, em *A excelência e os valores do sistema de ensino francês*:

[...] parece existir um consenso em reconhecer na precocidade uma duplicação do mérito ou do dom, e em exaltar, como fazem os jornais por ocasião dos exames, o bacharel de quinze anos, 'o mais jovem docente' ou 'o mais jovem politécnico de França', porque ao invés de aparecer como acréscimo de privilégio, a precocidade é considerada como uma manifestação mais indiscutível das virtudes inatas, das qualidades congênitas e dos dons da natureza. (BOURDIEU, 2013a, p. 240).

Apesar das diferenças com o contexto francês, o papel da valorização da precocidade nos parece também pertinente ao contexto brasileiro⁸⁷.

O sinal de cultura veiculado pela mobilização do conhecimento epistemológico, o fato de que Schenberg publicou seu artigo enquanto ainda era estudante, e o fato de que a Revista Polytechnica não costumava publicar artigos de alunos, muito menos artigos autorais de alunos, não são pontos de menor importância. Certamente o artigo não propõe uma visão original de epistemologia da Física, mas, no contexto politécnico, é possível que o artigo tenha sido lido como um trabalho original. A originalidade de um trabalho, além de ser talvez a característica mais valorizada de um trabalho científico⁸⁸, é também um importante elemento na construção de uma reputação⁸⁹.

⁸⁷ Bourdieu tem uma visão bastante crítica da valorização da precocidade, que não é entendida apenas como mero mal-entendido, mas sim como um mal-entendido que carrega efeitos de justificação das diferenças sociais. A valorização da precocidade seria, para Bourdieu, "tão-somente um dos mecanismos ideológicos pelos quais o sistema de ensino tende a transformar os privilégios sociais em privilégios naturais". (BOURDIEU, 2013a, p. 240)

⁸⁸ "Aquele que chega a uma descoberta algumas semanas ou meses depois de outro despendeu seus esforços em pura perda, seus trabalhos se reduzindo ao estatuto de duplicação sem interesse de um trabalho já conhecido. Isso explica a precipitação que certos autores demonstram em publicar seus trabalhos, a fim de evitar que sejam ultrapassados" (BOURDIEU, 1983 [1976], p. 131-2)

⁸⁹ No artigo *What is Originality in the Humanities and the Social Sciences*, Guetzkow, Lamont e Mallard investigam a forma como os avaliadores de projetos de pesquisa, em ciências humanas e no contexto americano, entendem o que seria a originalidade. Um dos resultados da pesquisa, que serve de sugestão para outras áreas da ciência e para outros países, é que a avaliação de um trabalho como original repercute em uma avaliação a respeito da personalidade de seu autor: aqueles que propõem uma pesquisa tida como original são considerados pelos avaliadores como corajosos, independentes, curiosos, honestos intelectualmente e capazes de assumir riscos (GUETZKOW, LAMONT, MALLARD, 2004, p. 203). Essa avaliação não substantiva, que vaza do texto para a pessoa, segundo os autores, fazem parte integral da decisão dos avaliadores. Se a extrapolação dos resultados da pesquisa para o contexto paulista de 1934 for possível, como cremos que é, então a originalidade do trabalho de Schenberg também resultou em uma série de avaliações positivas a respeito de sua personalidade, o que certamente contribuiu para o êxito de sua trajetória.

O próprio Schenberg deixa transparecer em três ocasiões diferentes, muitas décadas depois, a importância desse primeiro trabalho no início de sua trajetória científica. Em entrevista dada em 1978 para o Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil (CPDOC)⁹⁰ e em entrevista a Maria Cecília Loschiavo, em 1983:

[...] logo que vim para São Paulo eu comecei a fazer uma pesquisa sobre os Princípios da Mecânica e publiquei um artigo sobre isso, era para ser a 1ª parte depois dividi uma parte mais introdutória e uma 2ª parte que eu não cheguei a publicar e que saiu na Revista do Grêmio Politécnico, minha primeira publicação científica foi essa. (SCHENBERG, 2009 [1983], p. 11)

E, em 1985, em entrevista a Lourdes Cedran, Ana Maria Alfonso Goldfarb, Valter Ponte e José Goldfarb: "Eu havia feito sozinho um trabalho de pesquisa sobre os princípios da mecânica racional; este assunto me interessou bastante e foi mais tarde o tema da minha tese." (SCHENBERG apud CEDRAN, 1985, p. 25)

⁹⁰ Já citamos o trecho: "Eu ainda nem tinha me formado na Politécnica, quando comecei a fazer a primeira pesquisa sobre Física Teórica. Quando eu era estudante, fiz espontaneamente, sozinho e sem orientação, um trabalho em duas partes sobre os princípios da Mecânica. Uma parte, que era assim introdutória, eu publiquei na revista do Grêmio Politécnico." (SCHENBERG, 2010 [1978], p. 3)

4 A EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA NA TESE *PRINCÍPIOS DA MECÂNICA* (1944)

Em 1944, dez anos após ter escrito o artigo para a Revista Polytechnica analisado nos capítulos anteriores, Mario Schenberg defendeu sua tese de concurso para a cadeira de Mecânica Racional e Celeste da Universidade de São Paulo. A tese, tal como o artigo anteriormente analisado, também se denomina *Princípios da mecânica* e, segundo o próprio Schenberg, o artigo de 1934 foi o embrião da tese.

A proposta da tese é a seguinte:

Nessa dissertação estudaremos os princípios fundamentais da Mecânica, isto é, as leis básicas das quais decorrem todas as demais. Procuraremos salientar os pontos que devem ser modificados, para levar em conta o desenvolvimento das ideias físicas. (SCHENBERG, 1986 [1944], página de introdução – não numerada)

A tese tem uma estrutura similar à que foi planejada, dez anos antes, para o artigo de 1934, com uma introdução epistemológica que precede o trabalho teórico *stricto sensu*. A tese é dividida em 4 partes. Iremos, neste capítulo, nos debruçar sobre o início da primeira parte da tese, intitulada *O objeto da mecânica teórica*, por concentrar os elementos metateóricos que nos interessam para estabelecer uma comparação entre a postura epistemológica de Schenberg em 1934 e em 1944. Para isso, tal como procedemos no capítulo anterior, procuraremos estabelecer os pontos de aproximação e de afastamento em relação aos físicos e epistemólogos com os quais Schenberg dialoga. Uma panorama do restante da tese será oferecido no capítulo seguinte.

4.1 Finalidades da teoria na tese de 1944: descrição e explicação

A tese se inicia apresentando quais seriam as *finalidades* da teoria física: explicação ou descrição de fenômenos. A ideia de que uma teoria física *explica fenômenos* remeteria, segundo Schenberg, “aos primórdios da ciência moderna”, enquanto a ideia de *descrição de fenômenos* remeteria ao final do dezenove, quando foi prevalecendo outra concepção da teoria física, “que parece ter sido formulada explicitamente por Kirchhoff e Mach: as teorias físicas são descrições de classes de fenômenos correlatos”⁹¹ (SCHENBERG, 1986 [1944],

⁹¹ A definição de Kirchhoff na introdução de seu livro didático de mecânica publicado em 1876 (*Vorlesungen über mathematische Physik – Mechanik*) é a seguinte: “A mecânica é a ciência do movimento; nós lhe atribuímos o seguinte objetivo: descrever, *completamente e da maneira a mais simples possível*, os movimentos produzidos na natureza” (KIRCHHOFF apud VIDEIRA, 2011, p. 617). Videira afirma que a

p.1). A diferença entre estes dois tipos de finalidades da teoria é posta a partir de exemplos, já no segundo parágrafo da tese:

Em que diferem uma explicação e uma descrição de um fenômeno? Para fixar as ideias consideremos o caso particular do movimento de um sistema mecânico. Atribuir o movimento a ação de certas forças, ou às trocas de energia e movimento entre os corpúsculos são explicações. Dar simplesmente as equações de movimento sob a forma finita, diferencial ou integral é uma descrição (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 1)

No trecho acima reaparecem questões epistemológicas centrais para muitos físicos do século XIX, referentes à proposição de entidades físicas inacessíveis à experiência, entidades que existiriam "por trás dos fenômenos", e que poderiam "explicar os fenômenos", ideias que remetem às críticas antirrealistas às quais já nos referimos no segundo capítulo. No artigo de 1934, para expressar uma ideia semelhante, Schenberg usava a terminologia de Duhem: teorias explicativas e teorias representativas. No artigo da Revista Polytechnica, como vimos, Schenberg não chega a definir ou dar exemplos de teorias explicativas, apenas afirma que tais teorias estão rejeitadas e se vinculam a ideias teológicas ou metafísicas. Podemos perceber, dez anos depois, uma modificação importante de postura, já que em 1944 as teorias explicativas não são rejeitadas:

Objetivamente o que importa numa teoria é a descrição dos fenômenos que ela contém. Subjetivamente as explicações, além de seu imenso valor heurístico, são indispensáveis. Cada teoria contém necessariamente uma explicação, ou como diz Hertz, uma imagem do fenômeno físico. (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 1)

Ao contrário do artigo de 1934, no qual a teoria explicativa é categoricamente rejeitada como mera metafísica, no artigo de 1944 as explicações aparecem como uma dimensão subjetiva indispensável da teoria, ainda que, do ponto de vista objetivo, tenham um lugar diferente da dimensão descritiva de uma teoria. Se no artigo de 1934 Schenberg parece trabalhar com classificações de teoria (teoria explicativa *ou* representativa), em 1944, ao afirmar que *toda* teoria contém *necessariamente* uma explicação, e mais, que uma "teoria explicativa dá ao mesmo tempo uma descrição dos fenômenos" (SCHENBERG, 1986 [1944], p.1), é possível interpretar que a explicação e descrição, em 1944, são mais

mecânica, na época da publicação do livro de Kirchhoff, ainda não tinha uma definição consensual (VIDEIRA, 2011, p. 611) e que, após a publicação do livro, "suas ideias foram imediatamente aceitas e espalharam-se, fazendo do seu livro uma referência obrigatória para todos aqueles que estudavam ou ensinavam essa disciplina. Aparentemente, o seu prestígio como físico contribuiu em muito para que a sua definição do objetivo da mecânica fosse disseminada, tornando-se uma fonte de inspiração" (VIDEIRA, 2011, p. 622).

dimensões das teorias do que *classes* de teorias, ou seja, as dimensões explicativas e descritivas coexistem em uma mesma teoria, enquanto em 1934 Schenberg classificava as teorias segundo um ou outro tipo de finalidade.

A forma como Schenberg equaciona a relação entre descrição e explicação na tese de 1944 nos faz crer que o afastamento de Schenberg em relação à epistemologia de Duhem significa ao mesmo tempo uma aproximação em relação à epistemologia de Hertz, em particular em relação à ideia de teoria física como *imagem*, tal como indicado por Schenberg no trecho citado anteriormente ("cada teoria contém necessariamente uma explicação, ou como diz Hertz, uma imagem do fenômeno físico"). O termo *imagem*, aliás, é utilizado de maneira recorrente por Schenberg ao longo da tese.

Na seção seguinte iremos apresentar brevemente a ideia de Hertz de teoria física enquanto imagem, tal como se apresenta na introdução à obra *Princípios da mecânica expostos em nova conexão*, com o objetivo de tornar mais clara a aproximação de Schenberg em relação à epistemologia de Hertz.

4.2 Parênteses: teoria física como *imagem* na obra de Hertz

O texto *Princípios da mecânica expostos em nova conexão*, de Heinrich Hertz (1857-1894), apareceu em 1894, logo após a morte do autor. Ao longo do século XIX, vários físicos procuraram reformar a mecânica, em busca de uma fundamentação mais sólida⁹², e o texto de Hertz compartilha do mesmo objetivo.

A conceito de *imagem*, central na epistemologia de Hertz, é amplamente discutido ao longo da introdução, que se inicia desta forma:

A mais imediata e, em certo sentido, mais importante tarefa do nosso consciente conhecimento da natureza é nos capacitar a prever as experiências futuras, de modo que possamos, conforme essa previsão, orientar nossa ação no presente. [...] Contudo, o procedimento que nos servimos para derivar acontecimentos futuros a partir dos passados, alcançando, dessa forma, a almejada previsão, é sempre a formação de imagens mentais ou símbolos dos objetos, e fazemos isso de modo tal que as consequências logicamente necessárias das imagens sejam sempre, por sua vez, imagens das consequências naturalmente necessárias dos objetos retratados. (HERTZ, 2012 [1894], p. 73)

Estão presentes na citação acima a ideia de que a imagem é uma *representação*, e que esta representação é um instrumento que torna possível a realização de previsões. Como

⁹² Para um panorama dessas tentativas de reforma, cf. COELHO, 2012, p. 18-21.

aponta Coelho (2012, p. 22), na concepção de imagem de Hertz, há um *plano lógico*, a partir do qual se pode deduzir as "consequências lógicas" das imagens, e um *plano natural*, cujo desenvolvimento implica em "consequências naturais", e a exigência fundamental a que uma imagem deve satisfazer é que as *consequências das imagens* que construímos concordem com as *imagens das consequências* do desenvolvimento que ocorre no plano natural, ou seja, que haja conformidade entre os resultados da dedução com a experiência. Como alerta Coelho (2007, p. 241), "conformidade não significa que nossas imagens traduzam o real", ou seja, essa concordância é estabelecida, por Hertz, de modo antirrealista:

[As imagens] possuem com as coisas aquela concordância essencial que se encontra na realização da exigência mencionada, mas para que cumpram seu propósito, não é necessário que possuam com as coisas nenhuma outra concordância. Na verdade, nós também não sabemos nem temos meios de descobrir se nossas representações das coisas chegam a concordar com elas em qualquer outro aspecto, salvo precisamente essa relação essencial. (HERTZ, 2012 [1894], p. 73)

Em seguida Hertz desdobra a exigência fundamental – de que as consequências das imagens devem ser as imagens das consequências dos fenômenos naturais – em dois aspectos: que as imagens sejam *admissíveis* e *corretas*. A *admissibilidade* de uma imagem refere-se à exigência de que uma imagem satisfaça "as leis de nosso pensamento", ou seja, que as imagens sejam logicamente admissíveis, livres de contradições lógicas; já a *correção* de uma imagem refere-se à exigência de que as relações essenciais da imagem não contrariem "as relações das coisas exteriores", ou seja, sejam corretas experimentalmente.

Para Hertz, no entanto, essas duas exigências principais, sozinhas, não bastam para a obtenção unívoca de uma imagem para um certo objeto exterior. Assim, entre duas imagens admissíveis, corretas e diferentes referentes a um mesmo objeto exterior, é possível compará-las segundo uma terceira exigência, a sua *conveniência*. A imagem mais conveniente será aquela que, em primeiro lugar, "refletir o maior número de relações essenciais desse objeto" (HERTZ, 2012 [1894], p. 75), e em segundo lugar, "trouxer o menor número possível de relações supérfluas ou vazias, isto é, aquela que for a mais simples" (HERTZ, 2012 [1894], p. 75). O primeiro aspecto da conveniência – refletir mais relações essenciais – é ilustrado por Hertz quando critica o fato de que a imagem newtoniana da mecânica permite deduzir movimentos que contrariam a conservação da energia, e o segundo aspecto da conveniência, a simplicidade, ou, se quiser, a parcimônia na utilização

de relações vazias, diz respeito à proposição de entidades que não podem ser medidas diretamente, como o caso da força gravitacional⁹³.

Na introdução que Hertz escreve para sua obra de exposição dos princípios da mecânica estão presentes ideias caras a vários físicos com inclinação filosófica no século XIX⁹⁴. É possível, por exemplo, ver semelhança com a ideia de Duhem de teoria representativa, que abordamos no capítulo anterior, inclusive ideias que dialogam com uma concepção instrumentalista de teoria física. No entanto o antirrealismo de Hertz não se traduz em uma postura de guerra total à metafísica:

Não será possível evitar por completo a presença dessas relações vazias, pois elas chegam às imagens justamente por serem imagens, e imagens formadas pela especificidade de nosso espírito, sendo, portanto, necessariamente codeterminadas pelas propriedades de seu modo de figuração. (HERTZ, 2012 [1894], p. 87)

Percebe-se que Hertz é mais amigável com a metafísica, com as "relações vazias", com as entidades que não podem ser verificadas diretamente, chegando a afirmar que é um resultado inevitável da própria atividade de construção da imagem. É preciso ter parcimônia, "só poderíamos exigir a maior restrição possível dessas relações, uma sábia reflexão em sua aplicação" (HERTZ, 2012 [1984], p. 88), mas é preciso saber conviver com alguma metafísica, aceitá-la como os "ossos do ofício" da construção de imagens, ainda que seja uma metafísica que renuncia suas pretensões à verdade:

Se tentarmos compreender os movimentos dos corpos que nos rodeiam e reconduzi-los a regras simples e transparentes, levando em consideração apenas o que podemos ter imediatamente diante dos olhos, nossa tentativa falhará. Rapidamente nos tornamos conscientes do fato de que a totalidade das coisas visíveis e tangíveis não forma um mundo afim a leis, em que condições iguais têm

⁹³ "Não se pode negar que, em muitos casos, as forças que nossa mecânica introduz no tratamento de questões da física apenas acompanham como rodas secundárias vazias e ficam de fora quando se trata de apresentar os fatos reais. Esse não é o caso das relações simples às quais a mecânica originalmente se ligava. O peso de uma pedra e a força do braço parecem tão reais e tão imediata e diretamente perceptíveis quanto o movimento que elas produzem. Todavia, basta passarmos ao caso do movimento dos astros para estarmos diante de outras relações. Aqui as forças não são jamais objeto da experiência imediata, todas as nossas experiências anteriores se ligam apenas ao posicionamento dos astros. [...] As forças de gravitação entram como auxiliares transitórios apenas na dedução das experiências futuras a partir das passadas, para, em seguida, deixarem de ser objeto de nossa consideração." (HERTZ, 2012 [1984], p. 87)

⁹⁴ Segundo Abrantes (1992, p. 351), "Há várias convergências entre a filosofia da ciência de Hertz e as de Poincaré e Duhem. No caso de Duhem, uma influência filosófica direta é improvável, já que seus primeiros trabalhos filosóficos datam do período 1892-94". Segundo Videira, junto Helmholtz e Boltzmann, Hertz defendia uma concepção representacionista de teoria física, ou seja, "uma teoria física não é capaz de determinar quais são os verdadeiros, ou últimos, constituintes da realidade física. Cabe à teoria física elaborar um quadro conceitual suficientemente rico para explicar como se dão os fenômenos naturais. Para que uma teoria física possa explicar os fenômenos naturais ela deve, necessariamente, lançar mão de hipóteses, sem as quais nada pode ser feito em ciência. (VIDEIRA, 1995, p. 12)

sempre as mesmas consequências. Nós nos convenceremos de que a variedade do mundo real precisa ser muito maior que a variedade do mundo que se revela imediatamente aos nossos sentidos. Se queremos conquistar uma imagem do mundo redonda, fechada em si e afim a leis, então precisamos pressupor, detrás das coisas que vemos, outras coisas invisíveis; precisamos procurar, por trás das barreiras de nossos sentidos, elementos coadjuvantes que estejam ocultos. (HERTZ, 2012 [1894], p. 104)

A própria proposta de imagem de Hertz dos princípios da mecânica faz uso de entidades não observáveis, de "massas ocultas". O ponto central de Hertz não é tanto o fato de utilizar entidades não observáveis – como força, energia, etc – na construção das imagens, e sim entender essas entidades como construções, não como algo real. Segundo D'Agostino, Hertz, ao admitir "a existência, entre as quantidades visíveis, de quantidades ocultas (entidades), tem o efeito de mudar o status da teoria, de uma descrição da natureza para uma representação mental (*Bild*), um modelo dos fenômenos". (D'AGOSTINO, 2000, p. 195, tradução nossa).

Coelho (2012, p.22) assim sintetiza o que considera a "tese fulcral de Hertz": "uma teoria física é uma imagem construída por nós". Além de enfatizar os elementos subjetivos da construção das imagens, esse aspecto construtivo da teoria tem por consequência o abandono das pretensões de desvelamento do funcionamento último da natureza, ao mesmo tempo que leva a uma postura teórica mais pluralista: "enquanto a física tradicional se assumia como única, porque assumia ter atingido o funcionamento da natureza, a ideia duma teoria física ser uma imagem leva à pluralidade teórica. Diferentes teorias podem existir" (COELHO, 2012, p. 25). O pluralismo de Hertz e a conexão com os aspectos construtivos da teoria também são destacados por Abrantes:

A experiência subdetermina [...] as teorias. Para Hertz esta subdeterminação é a contrapartida necessária do fato de que há uma participação nossa, do pensamento, na construção teórica. Ele afirma, por exemplo, que imagens (ou representações) sendo produtos de nossas mentes, não podemos evitar, de todo, a introdução de "relações vazias". (ABRANTES, 1992, p. 358-9)

Segundo cremos, e tentaremos demonstrar a seguir, a postura epistemológica de Schenberg em 1944 segue de perto a proposta epistemológica de Hertz.

4.3 Condições da teoria na tese de 1944: coerência lógica e veracidade experimental

Fizemos este breve parêntese sobre a ideia de teoria física como imagem em Hertz com o objetivo de dimensionar em que medida a postura epistemológica de Schenberg em 1944 se aproxima da postura epistemológica de Hertz. Voltemos à tese.

Após a discussão sobre as finalidades da teoria e sobre suas dimensões descritiva e explicativa, Schenberg enuncia duas exigências a que as teorias devem satisfazer: "qualquer teoria de um fenômeno deve satisfazer a duas condições: (a) coerência lógica e (b) veracidade experimental" (SCHENBERG, 1986 [1944], p.2). Como se vê, as duas exigências que Schenberg impõe às teorias são similares às exigências de admissibilidade e correção que Hertz impõe às imagens⁹⁵.

Em seguida, Schenberg afirma que "[...] constata-se que a condição (b) [veracidade experimental] sempre acarreta a condição (a) [coerência lógica]" (SCHENBERG, 1986 [1944], p.2). Se a ideia de teoria de Schenberg segue a ideia de imagem de Hertz, tal como propomos, é possível interpretar que Schenberg supõe, aqui, que é preciso haver coerência lógica para que alguma consequência necessária seja deduzida da teoria e, em seguida, avaliada em sua veracidade experimental. Ou seja, a imagem que é resultado lógico da teoria deve ser comparada à imagem dos fenômenos que a teoria representa.

Ainda a respeito da veracidade experimental, Schenberg enfatiza seu aspecto histórico:

Estritamente nenhuma teoria satisfaz a condição (b) [veracidade experimental]. Cada teoria corresponde a uma determinada fase histórica do conhecimento e cedo ou tarde entra em conflito com os dados experimentais, devendo ser substituída por outra mais aperfeiçoada. Assim, a mecânica newtoniana teve de ser substituída pela relativista quando sua oposição com a realidade se tornou manifesta ao serem estudados fenômenos em que intervêm grandes velocidades. A mecânica clássica relativista também sofreu revisões drásticas para se adaptar aos processos atômicos. As teorias sucessivas devem ser consideradas como aproximações cada vez melhores no progresso dos conhecimentos. (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 2)

Como já havia feito em 1934, ao utilizar a ideia de teoria representativa de Duhem, Schenberg dissocia teoria e real, ou seja, a teoria não revela a verdade última por trás dos fenômenos. Aqui, no entanto, aparece um elemento novo, a impossibilidade, ao longo do tempo, de que os resultados da teoria possam representar adequadamente os dados

⁹⁵ Em Hertz: "Devemos, em primeiro lugar, designar como inadmissíveis as imagens que já trazem em si uma contradição com as leis do nosso pensamento e, em seguida, exigirmos que todas as imagens sejam logicamente admissíveis, ou numa palavra, admissíveis. Chamamos então de incorretas as imagens admissíveis quando suas relações essenciais contrariam as relações das coisas exteriores [...]. Em segundo lugar, devemos exigir, portanto, que nossas imagens sejam corretas" (HERTZ, 2012 [1894], p. 74)

experimentais: “cedo ou tarde” o dado experimental há de apontar a insuficiência da teoria. Ao dizer que “estritamente falando nenhuma teoria satisfaz a condição” de veracidade experimental, ao que parece, Schenberg não credita a dificuldades técnicas a impossibilidade da teoria satisfazer a condição de veracidade experimental. Caso fosse isso, seria natural esperar que o avanço da técnica faria o fenômeno, o resultado experimental, se aproximar da descrição proposta pela teoria, ou seja, a teoria estaria carregada de verdade e poderia ver o fenômeno se aproximando sucessivamente dela à medida que se pudesse avançar no controle sobre as variáveis que compõem o fenômeno. Schenberg parece acreditar no contrário disso, ou seja, parece acreditar que seria intrínseco à teoria a impossibilidade de representar perfeitamente o dado experimental. Por isso várias teorias podem implicar em diferentes aproximações, admitindo que as sucessivas aproximações são infinitas, nunca chegam a uma representação perfeita. Há, portanto, implicitamente, uma ideia de progresso na ciência, embora não haja a ideia de teoria final.

Em alguns aspectos, a dimensão histórica da veracidade experimental em Schenberg e em Hertz são semelhantes. Em Schenberg:

A condição (b) [veracidade experimental] significa que a teoria em consideração descreve corretamente os fenômenos ou simplesmente descreve os fenômenos de que trata. Naturalmente a correção da explicação depende da precisão da experiência comprobatória. Uma teoria pode explicar corretamente o resultado de uma experiência grosseira e discordar do que é obtido por outra mais aperfeiçoada. Vemos portanto que de fato a condição (b) deve ser formulada da seguinte maneira:

“Uma teoria satisfatória deve estar de acordo com os resultados das experiências mais precisas feitas até o momento de sua formulação.” (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 2)

Em Hertz:

Se uma imagem é [logicamente] admissível ou não, isso é algo que podemos decidir inequivocamente com um sim ou com um não de modo válido para todos os tempos. Se ela é [experimentalmente] correta ou não, é algo que pode ser igualmente decidido de modo inequívoco com um sim ou um não, mas apenas no nível de nossa experiência e sob a admissão de um futuro apelo a uma experiência mais madura (HERTZ, 2012 [1894], p. 75-6)

É possível perceber que tanto em Hertz quanto na tese de Schenberg as ideias de "veracidade experimental", e, portanto, de "descrição correta", não são tomadas de modo absoluto, dependem da história, da precisão da experiência. Ou seja, avaliar uma teoria como satisfatória ou insatisfatória é um ato que depende do contexto. No entanto, é possível perceber que esse caráter é menos marcado em Hertz do que em Schenberg, pois enquanto

Hertz afirma que as teorias (imagens) *podem* entrar em contradição com os experimentos, Schenberg afirma que "cedo ou tarde" as teorias *irão* entrar em contradição com os experimentos (aí, a própria história da física é capaz de iluminar as diferentes posturas com relação à provisoriedade das teorias: o texto de Hertz é anterior à relatividade e à quântica, e o texto de Schenberg é posterior). Isso faz com que pareça haver uma contradição na ideia de Schenberg a respeito da teoria: toda teoria deve satisfazer à condição da veracidade experimental e, ao mesmo tempo, nenhuma teoria é capaz de satisfazer à condição da veracidade experimental. Essa contradição não aparece em Hertz, já que existiria a possibilidade da teoria nunca entrar em conflito com o mundo empírico. Ao enfatizar o destino trágico da teoria, parece que Schenberg chega a uma contradição quase insuportável do ponto de vista da lógica formal. Segundo cremos, porém, essa contradição é uma contradição produtiva, é a radicalização da historicidade da teoria⁹⁶.

4.4 Valorações da teoria na tese de 1944: comodidade e valor heurístico.

Após apresentar as dimensões descritiva e explicativa da teoria e as condições de coerência lógica e veracidade experimental, Schenberg destaca outros critérios a partir dos quais se poderia avaliar o valor das teorias: a *comodidade* e o *valor heurístico*.

Sobre a comodidade, Schenberg a define da seguinte forma:

A comodidade de uma teoria depende do grau de esforço mental necessário para deduzir as consequências das premissas fundamentais. Esse grau de esforço depende da mentalidade dos cientistas de cada época histórica e na mesma época pode variar de um indivíduo a outro. (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 2-3)

Assim, a comodidade é um valor subjetivo, ainda que a subjetividade seja entendida historicamente: varia de acordo com cada cientista individualmente, ao mesmo tempo que cada época favorece mais ou menos a formação de cientistas que possam lidar de maneira cômoda com determinada teoria. Schenberg ainda desdobra o conceito de comodidade em comodidade teórica e comodidade experimental: "Há uma comodidade teórica e outra

⁹⁶ Talvez essa contradição possa ser entendida como uma contradição dialética. Mesmo que Schenberg não explicita, na tese, a ideia de uma contradição dialética como motor do processo histórico, nossa inferência não é gratuita, pois Schenberg, desde que chegou a São Paulo, integrou-se ao primeiro núcleo do PCB (Partido Comunista do Brasil) na USP (KINOSHITA, 2014, p. 29), e a ideia de contradição dialética é bastante cara à concepção marxista da história. Além disso, no mesmo ano da tese de cátedra, Schenberg (1944 apud KINOSHITA, 2014, p. 41) pronunciou um discurso de paraninfo em que a dialética aparece como motor da história: "Só as abstrações podem existir fora do fluxo da história. Todas as coisas concretas aparecem sempre como realidades históricas e possuem uma dialética implacável que condiciona sua evolução".

experimental. Uma imagem de um fenômeno pode ser de uma grande simplicidade teórica mas os seus conceitos podem ser dificilmente interpretáveis experimentalmente" (SCHENBERG, 1896 [1944]. p. 3). E dá como exemplos de falta de comodidade *experimental* a mecânica de Hertz e a mecânica matricial de Heisenberg, Born e Jordan.

A exemplo da coerência lógica e da veracidade experimental, a *comodidade* é também um aspecto que dialoga com as considerações de Hertz a respeito da teoria. Na tradução que estamos utilizando (HERTZ, 2012 [1894]), o termo correspondente seria *conveniência*, que, como vimos, também carrega o sentido simplicidade e clareza⁹⁷, além do aspecto subjetivo⁹⁸.

Já o outro critério a partir do qual se poderia avaliar o valor de uma teoria, o *valor heurístico*, é definido por Schenberg como "a facilidade com que sugere novos desenvolvimentos" (SCHENBERG, 1986 [1944], p.3), como o tratamento hamiltoniano da dinâmica, que "além de ter conduzido ao desenvolvimento da teoria das transformações da dinâmica e à descoberta da equação às derivadas parciais de Hamilton-Jacobi levou Schrödinger à elaboração da mecânica ondulatória" (SCHENBERG, 1986 [1944], p.3).

Para Schenberg, as teorias poderiam também ter um valor heurístico *experimental*, quando levam à "realização de experiências que confirmarão ou desmentirão a sua descrição dos fenômenos. Nada mais útil ao progresso da ciência que uma teoria que sugere uma experiência que a desminta" (SCHENBERG, 1986 [1944], p.3).

A maneira como Schenberg formula o valor heurístico experimental de uma teoria poderia recordar a importância do falseamento de uma teoria na obra de Popper, já que segundo Popper, o falseamento de uma teoria é a oportunidade para a formulação de teorias melhores, como se pode inferir a partir do trecho abaixo:

[...] A teoria domina o trabalho experimental desde a sua planificação inicial até os últimos retoques no laboratório.

Isto torna-se perfeitamente patente nos casos em que o teórico tem sucesso em predizer um efeito observável que posteriormente foi produzido

⁹⁷ Em Hertz: "Dadas duas imagens de um mesmo objeto, a mais conveniente será aquela que refletir o maior número de relações essenciais desse objeto; aquela, enfim, que for a mais **distinta**. Diante de um mesmo grau de distinções entre duas dadas imagens será a mais conveniente aquela que juntamente com os traços essenciais trazer o menor número possível de relações superfluas ou vazias, isto é, aquela que for a mais **simples**." (HERTZ, 2012, p. 75, grifos nossos) Na tradução do texto de Hertz para o inglês a que tivemos acesso, o termo associado ao terceiro aspecto da imagem é "appropriateness", que pode ser traduzido mais uma vez para o português como "adequação". MOREIRA (1995b, p. 36) também associa o termo a *comodidade*, que é precisamente o termo utilizado por Schenberg: "Não deve haver contradição lógica na teoria; a correção (*Richtigkeit*), ou seja, o acordo com os resultados experimentais, e a adequação ou **comodidade** da teoria (*Zweckmassigkeit*), ou seja a 'simplicidade' que as teorias devem possuir" (grifo nosso).

⁹⁸ Em Hertz: "Entretanto, a decisão sobre se uma imagem é ou não conveniente não é de modo algum inequívoca, podendo, antes, consistir apenas em uma divergência de opiniões." (HERTZ, 2012 [1894], p. 76)

experimentalmente; talvez o mais belo exemplo seja a predição de De Broglie do caráter ondulatório da matéria, confirmado pela primeira vez por Davisson e Gerner. Talvez seja exemplificado ainda melhor nos casos em que os experimentos tiveram uma influência conspícua no progresso da teoria. O que compele o teórico a procurar uma teoria melhor, nesses casos, é quase sempre o falseamento experimental de uma teoria, até o momento aceita e corroborada: é, novamente, o resultado dos testes guiados pela teoria. (POPPER, 1975 [1934], p. 328-9)

Apesar da semelhança, parece muito improvável que Schenberg tenha se inspirado diretamente pela obra de Popper. Além de não haver nenhuma citação à obra na tese de cátedra, a obra de Popper era relativamente recente (foi publicada em 1934 em alemão, e traduzida para o inglês apenas em 1959), e, por ser sua primeira obra, Popper era relativamente desconhecido. Além disso, em Schenberg, embora o teste dedutivo da teoria tenha sua importância, não é de modo nenhum elevado à categoria de prescrição metodológica, tal como aparece em Popper.

O critério do valor heurístico da teoria e sua importância para o avanço da ciência não faz parte, explicitamente, dos "critérios metodológicos", para usar a expressão de Abrantes (1992, p. 359), de Hertz, que se reduzem à tríade admissibilidade, correção e conveniência, nesta ordem de importância. No prefácio ao *Princípios de mecânica...*, Hertz afirma que sua própria obra não deve ser avaliada pelo que traz de novo:

No que diz respeito às particularidades, não trago nada que seja realmente novo que não possa ser apanhado em diversos livros. O que é novo em meu trabalho, assim o espero, é a ordenação e a compilação do todo, o aspecto lógico ou, caso se queira assim chama-lo, filosófico do objeto, e é sobre esse ponto que creio repousar seu valor. Meu trabalho terá atingido seus objetivos ou fracassado conforme tiver ou não sido bem sucedido nessa direção (HERTZ, 2012 [1894], p. 71)

No entanto, nas últimas páginas da introdução afirma que sua imagem da mecânica vai além da mera reordenação da mecânica, e que o avanço das técnicas de observação poderia indicar qual deveria ser o caminho que a mecânica teórica deveria seguir, o que mostra que o valor heurístico de sua própria teoria, embora não seja elevado explicitamente a um critério metodológico, não estaria fora de seu radar:

Aqui é importante observar que apenas uma ou outra das duas imagens pode ser correta, visto que as duas não podem estar corretas simultaneamente. Se tentarmos expressar tão brevemente quanto possível as relações essenciais das duas representações, chegaremos a isto: a primeira imagem assume como derradeiros elementos constantes da natureza as acelerações relativas das massas com referências umas às outras. A partir disso, ela incidentalmente deduz relações fixas aproximadas, mas apenas aproximadas, entre suas posições. Mas a terceira imagem assume como relações fixas entre posições os elementos estritamente

invariáveis da natureza. A partir disso, deduz quando os fenômenos exigem aproximadamente, mas apenas aproximadamente, invariáveis acelerações relativas entre as massas. Se pudéssemos perceber movimentos naturais de modo suficientemente preciso, saberíamos de uma vez se neles a aceleração relativa ou as relativas relações de posição, ou ambas, são apenas aproximadamente invariáveis. Deveríamos saber, então, qual de suas suposições é falsa, ou se ambas são falsas, pois elas não podem ser simultaneamente corretas. (HERTZ, 2012 [1894], p. 124).

Apesar de ser possível afirmar que o valor heurístico experimental de uma teoria, tal como formulado por Schenberg, é um critério metodológico presente marginalmente em Hertz, isto não nos parece suficiente para afirmar que, neste ponto Schenberg segue Hertz, tal como faz com o conceito de imagem e com os critérios de coerência lógica, veracidade experimental e comodidade. No mais, é possível encontrar ideias semelhantes em autores que Schenberg seguramente já conhecia, como, por exemplo, Pierre Duhem e Henri Poincaré, que haviam sido citados no artigo de 1934. Em Duhem a ideia aparece da seguinte forma:

[...] Essa circunstância se apresenta quando solicitamos à teoria que anuncie os resultados de uma experiência antes que tal experiência tenha sido realizada, quando damos aquela ordem audaciosa: 'Profetize-nos'.

Um conjunto considerável de leis experimentais havia sido estabelecido pelos observadores. O teórico se propôs a condensá-las em um número bem reduzido de hipóteses. Cada uma das leis experimentais está corretamente representada por uma consequência de suas hipóteses.

Contudo, as consequências que podem ser derivadas dessas hipóteses são numericamente ilimitadas. É possível deduzir que não correspondem a nenhuma das leis experimentais conhecidas previamente e que representam simplesmente leis experimentais possíveis.

Entre as consequências, há aquelas que se referem a circunstâncias realizáveis praticamente. Elas são particularmente interessantes, pois poderão ser submetidas ao controle dos fatos. Se elas representam exatamente as leis experimentais que regem esses fatos, o valor da teoria terá aumentado. O domínio sobre o qual ela reina será enriquecido de leis novas. Se, ao contrário, entre as consequências houver uma que esteja claramente em desacordo com os fatos dos quais ela deveria representar a lei, a teoria proposta deverá ser modificada em maior ou menor grau, talvez até inteiramente rejeitada. (DUHEM, 2014 [1906], p. 55)

Para Duhem, da teoria pode-se derivar consequências capazes de serem comparadas com o experimento, e, se houver desacordo, deve ser modificada ou rejeitada. A diferença em relação à formulação de Popper é que, em Duhem, o ponto de partida são as leis experimentais que "o teórico se propôs a condensá-las em um número bem reduzido de hipóteses". Ou seja, em Duhem, de alguma forma, a indução alimenta a formulação da teoria.

Já em Poincaré, o que Schenberg chama de valor heurístico experimental aparece da seguinte forma:

Toda generalização é um hipótese; a hipótese tem, então, um papel necessário que nunca ninguém contestou. Mas ela deve ser, o mais cedo possível e o mais frequentemente possível, submetida à verificação. É evidente que, se ela não passa nessa prova, deve ser abandonada. É o que é feito em geral, mas, algumas vezes, a contragosto.

Pois bem, essa contrariedade não se justifica. O físico que renuncia, assim, a uma de suas hipóteses deveria, ao contrário, ficar bem contente, pois acaba de topar com uma ocasião inesperada de descoberta. Sua hipótese, creio, não fora adotada precipitadamente; ela levava em conta todos os fatores conhecidos que pareciam poder interferir no fenômeno. Se tal não se verificou, é porque se vai encontrar o desconhecido, o novo. (POINCARÉ, 1984, [1902] p. 121).

Assim, dada tamanha circulação de ideias similares no que se refere, nos termos de Schenberg, ao valor heurístico experimental de uma teoria, é possível supor que Schenberg dialoga com toda uma tradição de epistemólogos do final do século XIX e início do XX, e não diretamente apenas com Hertz. É de se notar ainda que, apesar de terem formulações similares, Duhem e Poincaré colocam em diferentes termos a gênese de uma teoria física: em Duhem a teoria é uma *condensação de leis experimentais*, em Poincaré, uma *generalização*.

4.5 O objetivo da teoria na tese de 1944: previsão

Tal como aconteceu no artigo de 1934, a previsão dos fenômenos segue, na tese de 1944, sendo o objetivo da teoria: "A mecânica teórica tem por finalidade descrever o movimento dos corpos, em particular descrever o movimento futuro dos corpos" (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 4). No entanto, em 1934, como vimos, a previsão deve se guiar pelo princípio da economia⁹⁹. No artigo de 1944 não há nenhuma menção ao princípio da economia, o que é um indicador de um afastamento em relação à epistemologia de Mach.

Como afirmamos no segundo capítulo, a relação entre teoria e previsão aparece em pensadores de campos tão distintos quanto Painlevé e Weber (o sociólogo). Essa relação é pressuposta, como se pode depreender a partir da discussão da seção anterior, também em Duhem, Poincaré e Popper. Aparece também em Hertz, no parágrafo inicial da introdução à obra *Princípios da mecânica*: "A mais imediata e, em certo sentido, mais importante tarefa do nosso conhecimento consciente da natureza é nos capacitar a prever experiências futuras" (HERTZ, 2012 [1984], p. 73).

⁹⁹ "A SCIENTIA tem por fim a previsão dos fenômenos futuros conhecidos os phenomenos passados, do modo mais economico possível" (SCHENBERG, 1934, p. 195)

Essa relação estreita entre a teoria e previsão, a ponto de colocar a previsão como o objetivo da teoria, é herança de uma confiança relativamente ampla no determinismo da teoria mecânica clássica, ramo da física tido por muito tempo como o exemplo de sucesso na realização desse objetivo¹⁰⁰. O aparecimento da mecânica quântica, na primeira metade do século XX, embora não tenha como resultado o abandono do ideal de previsão dos fenômenos – ainda que seja uma previsão por via probabilista –, abalou a fé em uma teoria absolutamente determinista, e Schenberg evoca a problematização do determinismo imposta pelo aparecimento da mecânica quântica:

Para que seja possível a previsão do movimento futuro é necessário que a experiência demonstre que o movimento se processa de tal modo que o conhecimento do movimento anterior a um instante qualquer e das condições ambientais posteriores, determinam inteiramente o movimento futuro, isto é, do movimento em tempos posteriores ao instante considerado. No campo em que os efeitos quânticos são ignoráveis a experiência mostra que há de fato este determinismo: o conhecimento de um estado de movimento de um sistema mecânico em um instante t e das condições ambientais posteriores ao instante t , determinam o movimento do sistema nos instantes posteriores a t . (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 4, grifo nosso)

Há ainda, na tese, uma problematização da questão da previsão que está para além da delimitação entre mecânica clássica e mecânica quântica, e que diz respeito à possibilidade de *efeitos hereditários*:

Atualmente, já parece provável que haja casos de efeitos hereditários. Mais precisamente que em alguns casos não basta conhecer o movimento num instante t mas que seja necessário conhecê-lo igualmente durante todo ou parte do passado. Justifica-se portanto dizer que o objetivo da mecânica consiste em descrever o movimento futuro, dados o passado e as condições ambientais enquanto puderem ser ignorados os efeitos quânticos. (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 4)

Não é claro, a partir do texto da tese, quais são os fenômenos sobre os quais Schenberg supõe haver a possibilidade de incidência de efeitos hereditários, mas nossa interpretação deste trecho é que Schenberg não se refere aos fenômenos quânticos, já que Schenberg se refere à possível necessidade de conhecer o passado mesmo quando os efeitos

¹⁰⁰ Sobre a relação entre física clássica, previsibilidade e determinismo, Videira (213, p. 184-5) afirma que "a Física clássica marcou o Oitocentos a ponto de ser considerada modelo para toda e qualquer outra candidata à teoria científica. Sua capacidade de ser modelo devia-se menos aos seus efeitos descritivos e explicativos e mais a algumas características entendidas como centrais. Entre essas características podemos citar a quantificação, a precisão, a universalidade, a repetibilidades e a previsibilidade. [...] Para ser efetiva, a previsibilidade, expressa por meio do uso de equações diferenciais, pressupunha o determinismo – chegando mesmo a se confundir com ele. O determinismo, visto como critério a ser obrigatoriamente respeitado, era com frequência associado à inteligibilidade da natureza. A importância do determinismo era tamanha que, caso ele não existisse, a própria ciência seria uma quimera [...]."

quânticos puderem ser ignorados. Ou seja, supomos que se trata de uma classe de fenômenos no interior da mecânica clássica¹⁰¹, fenômenos nos quais, para realizar uma previsão, não bastaria saber apenas os valores de uma variável em um determinado instante, e sim os valores das variáveis em instantes anteriores. De todo modo, a menção aos "efeitos quânticos" e aos "efeitos hereditários" nos mostra uma mudança, entre 1934 e 1944, na forma como Schenberg problematiza a questão da previsão; enquanto em 1944 a relação entre teoria e previsão é problematizada a partir de considerações físicas, em 1934, como vimos no capítulo anterior, o único senão à questão da previsão vem de questões não diretamente ligadas à física, mas sim à questão filosófica mais geral da indução, do "ato de fé" que é fazer uma afirmação a respeito do futuro.

4.6 Elementos da teoria: conceitos e postulados.

Depois de discutir as finalidades (ou dimensões, como propusemos) de uma teoria, as condições a que devem satisfazer, as formas como podemos valorar uma teoria, e problematizar a ideia de previsão, Schenberg vai discutir os elementos principais que compõem uma teoria física: os conceitos e os postulados.

Na tese de 1944, as teorias físicas são imagens compostas por *idealizações*:

Para efetuar a descrição dos fenômenos são introduzidos conceitos. Estes conceitos são idealizações das condições físicas observadas. Por meio de postulados

¹⁰¹ É possível encontrar em Poincaré uma menção à questão dos efeitos hereditários: "Em vez de abarcar o desenvolvimento progressivo de um fenômeno em seu conjunto, procura-se, simplesmente, ligar cada instante ao instante imediatamente anterior; admite-se que o estado atual do mundo só depende do passado mais próximo, sem ser diretamente influenciado, por assim dizer, pela lembrança de um passado longínquo. Graças a esse postulado, em vez de enunciar diretamente toda sucessão dos fenômenos, podemos nos limitar a dar sua 'equação diferencial' (POINCARÉ, 1984 [1902], p 123). Em Poincaré, o determinismo, portanto, não é consequência de uma teoria. Ele é admitido como verdadeiro, e postulado na teoria. Mais à frente, Poincaré volta à questão: "pois se não acreditamos no éter, o estado do universo material dependeria não só do estado imediatamente anterior, mas também de estados muito mais antigos [...] Foi para escapar à revogação das leis gerais da Mecânica que inventamos o éter" (POINCARÉ, 1984 [1902], p 132). Émile Picard (1856-1941), no artigo *La mécanique classique et ses approximations successives*, publicado em 1907, também problematiza a questão dos efeitos hereditários: "Em todo esse estudo [mecânica clássica] as leis que expressam nossas ideias de movimento foram condensadas em equações diferenciais, ou seja, relações entre variáveis e suas derivadas. Não devemos esquecer que, de fato, nós formulamos um princípio de não hereditariedade quando supusemos que o futuro de um sistema depende, em um determinado momento, apenas de seu estado atual, ou, de modo mais geral, se considerarmos as forças como dependentes também das velocidades, que o futuro depende do estado atual e do estado imediatamente anterior ao que o precede. Esta é uma hipótese restritiva e que, pelo menos em aparência, se contrapõe aos fatos. Há numerosos exemplos nos quais o futuro de um sistema parece depender de estados anteriores. Aqui temos hereditariedade. Em alguns casos complexos, vê-se que é necessário, talvez, abandonar as equações *diferenciais* e considerar equações funcionais, na quais aparecem integrais tomadas de um tempo distante até o presente, integrais que serão essa parte hereditária. O defensores da mecânica clássica, no entanto, propõe que essa hereditariedade é apenas aparente, e se deve ao fato de que nós fixamos nossa atenção a um número muito pequeno de variáveis." (PICARD, 1907, p. 15, tradução nossa).

atribuem-se aos conceitos certas propriedades. Os postulados são generalizações e idealizações das leis físicas. Idealizações porque se referem aos conceitos que também o são e generalizações porque sempre são aplicados em casos que escapam de todo ou em parte ao conhecimento experimental (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 4-5)

Ao destacar a *idealização* contida no estabelecimento dos conceitos e na *atribuição de propriedades* a esses conceitos por meio dos postulados – que Schenberg define como a "relação entre os conceitos" (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 5) –, cremos que Schenberg dá destaque ao aspecto ativo, imaginativo, da formulação das teorias. Além disso, percebe-se que Schenberg entende o postulado como uma generalização que não tem, necessariamente, como ponto de partida o conhecimento experimental. Teríamos aqui, então, um aspecto de mudança na postura epistemológica de Schenberg se compararmos com a forma predominantemente indutiva que Schenberg pensava a formulação de uma teoria 10 anos antes (simplicadamente: tabelamento de dados, leis obtidas a partir dos experimentos e agrupamento com propósitos "econômicos" das leis em uma teoria)¹⁰².

Em 1944, as teorias são compostas de elementos que são resultados de idealizações e generalizações. Esse processo, como seria de se supor, não é unívoco, sendo permitidas várias idealizações alternativas, possibilitando a formação de várias teorias, ou imagens, diferentes:

As diversas teorias explicativas de um fenômeno usam idealizações diferentes dos dados experimentais e por isso dão imagens diferentes dos fenômenos. A imagem contida numa teoria é caracterizada pela escolha dos seus conceitos e postulados, isto é, pelo que se chama axiomática da teoria (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 5).

Isso faz com que o teórico tenha bastante liberdade na escolha dos postulados:

O propósito de uma disciplina objetiva consiste em achar as proposições que decorrem logicamente dos postulados. Daí resulta que o corpo dos postulados pode ser substituído por qualquer outro equivalente, isto é, qualquer sistema de proposições que possa ser deduzido dos postulados e do qual seja possível deduzi-los. (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 5)

Assim, segundo cremos, a forma como Schenberg emprega o conceito de idealização – e, portanto, as noções de conceito e de postulado – e a forma relativamente livre de se estabelecer a axiomática da teoria, nos parece, mais uma vez, bastante coerente com o

¹⁰² Neste ponto, Schenberg parece se aproximar da concepção de Poincaré, que afirmava que as hipóteses da teoria são generalizações, como vimos anteriormente.

aspecto construtivo da epistemologia de Hertz¹⁰³, com a ideia de que a teoria física é uma *imagem construída por nós*¹⁰⁴. Para além de proporem novas axiomáticas para a mecânica clássica, o programa teórico de Schenberg, como um todo, carrega semelhanças muito profundas com o programa teórico estabelecido por Hertz em seu *Princípios da mecânica*. Os aspectos construtivos da teoria são limitados, como já se afirmou mais acima, pela coerência lógica e pela veracidade experimental; satisfeitas essas condições, da mesma forma como faz Hertz, Schenberg dá destaque à liberdade da atividade teórica.

4.7 Movimentação epistemológica entre o artigo de 1934 e a tese de 1944

Tanto o artigo de 1934 quanto a tese de 1944 estão fortemente influenciadas pelas reflexões epistemológicas da passagem do fim do século XIX para o século XX. Como aponta Videira, neste período:

A tarefa da qual eles [os cientistas] não podiam escapar dizia respeito à determinação do estatuto das teorias científicas: O que é uma teoria científica? Qual é, ou deve ser, o seu objetivo? É ela uma explicação ou uma mera descrição de fatos? De que meios ela dispõe para alcançar a contento seus objetivos? Que papel deve ser atribuído às hipóteses? E à experimentação? Comprovada a inevitabilidade da necessidade de se redefinir a teoria física, como traçar a linha divisória entre ciência e metafísica? Essas foram as principais questões que os cientistas-filósofos de então se impuseram. E as respostas que deram foram muitas e diferentes entre si. (VIDEIRA, 2013, p. 20)

Os trabalhos de Schenberg de 1934 e de 1944 também se propuseram a responder a essas questões. Mas, em uma década, a forma como Schenberg se apropria e organiza a tradição epistemológica da passagem do século XIX ao XX é muito diferente, como pretendemos destacar a seguir.

O primeiro elemento de distinção entre os trabalhos é a relação entre física e a metafísica. É bastante sabido que na segunda metade do século XIX a luta contra a

¹⁰³ Há, ainda, bastante semelhança entre a ideia de que o conceito é uma idealização que permite a construção de uma teoria física e, deste modo, a realização de previsões com a ideia Hertz de que a previsão só é possível por meio da formação de imagens mentais dos objetos. Em Hertz, a ideia que supomos semelhante à expressa por Schenberg aparece da seguinte forma: "o procedimento de que nos servimos para derivar acontecimentos futuros a partir dos passados [...] é sempre a formação de imagens mentais ou símbolos dos objetos" (HERTZ, 2012 [1894], p. 73), e, em seguida, "as imagens de que aqui falamos são as nossas representações das coisas" (HERTZ, 2012 [1894], p.74). Nos parece que, tanto em Hertz quanto em Schenberg, a ideia de imagem, e o aspecto construtivo que essa ideia implica, se refere tanto à teoria como um todo como aos elementos utilizados para a construção dessa teoria. A ênfase no aspecto construtivo da teoria na tese de 1944 faz com que a teoria, além de ser composta por imagens (ou idealizações), devolva uma imagem de conjunto que é condicionada por escolhas.

¹⁰⁴ Seguimos, mais uma vez aqui, a indicação de Coelho (2012, p. 22).

metafísica estava na ordem do dia da epistemologia, seja epistemologia dos físicos¹⁰⁵, seja a epistemologia do filósofos¹⁰⁶. No artigo de 1934, como vimos, Schenberg descarta categoricamente a ideia de uma teoria explicativa por relacionar esse tipo de teoria à metafísica, e neste ponto segue a mesma postura de Duhem. No artigo de 1944, por outro lado, não há nenhuma menção à metafísica, e o aspecto explicativo da teoria, como mostramos, tem o seu lugar, aproximando-o de Hertz. Além disso, na tese de 1944, ao contrário do artigo de 1934, a presença de Duhem é muito distante, apenas perceptível implicitamente e em poucos momentos, como nos momentos em que discute as dimensões explicativa e descritiva da teoria.

Algo semelhante acontece com a utilização das ideias de Mach. Em 1934 a ideia machiana de economia de pensamento aparece com bastante força. Na tese de 1944 Schenberg descreve Mach como um defensor de uma ideia de teoria descritiva, mas não há sequer menção à ideia de economia de pensamento, não nos sendo possível perceber uma referência muito forte a outras ideias metateóricas de Mach, e nem os ecos de sua postura antimetafísica.

Podemos conjecturar que esse afastamento em relação a Duhem e Mach deva-se à associação entre esses pensadores e o positivismo¹⁰⁷, e ao crescente descrédito dos positivistas entre o final do século XIX e início do XX. Não estamos dispostos a endossar essa avaliação de que Duhem e Mach eram positivistas, já que o termo "positivismo", hoje mais ainda, está por demais carregado de uma significação pejorativa. Buscamos apenas destacar que essa associação existe e, em algum momento, foi feita pelo próprio Schenberg, que, muitas décadas mais tarde, em 1980, afirma o seguinte sobre Mach:

Ele [Einstein] não era um positivista, pelo contrário. Tivera simpatia por certos aspectos do pensamento de Mach, é verdade, mas não pelo aspecto positivista. Porque Mach, além de ser um filósofo positivista, foi um grande físico, o que é outra coisa. Einstein gostava de Mach grande físico, não do Mach positivista [...] (SCHENBERG, 2011, p. 141).

¹⁰⁵ Cf. VIDEIRA, 2009.

¹⁰⁶ Fora da física, o marxismo pode ser entendido como uma das maiores expressões da luta contra a metafísica na segunda metade do século XIX.

¹⁰⁷ "Esta posição que se pode classificar como positivista procurou 'limpar' a ciência daquilo que os seus prosélitos apelidavam de pontos de vista "metafísicos", alicerçando toda a construção científica numa base que tivesse em conta exclusivamente a descrição "pura" dos fenómenos naturais. A matemática representava em toda esta cena o papel decisivo de uma linguagem específica, sobretudo muito econômica, cuja função era expressar as relações entre as várias grandezas envolvidas na descrição da natureza. Na Física, Ernst Mach é um dos grande representantes desta corrente" (FITAS, 1998, p. 120).

Sobre Duhem, temos o seguinte: "Acho que o Duhem tem coisas interessantes, e eu gostava muito do que Poincaré escreveu. Agora, eu não gosto de nenhuma das tendências positivistas; sou antipositivista." (SCHENBERG, 2011 [1980], p. 163). Assim, se fizemos vistas grossas para a redução classificadora, podemos dizer que o afastamento em relação a Mach e Duhem e a aproximação em relação a Hertz significa um afastamento em relação ao positivismo¹⁰⁸, dentro de uma tradição epistemológica que se esforçou seriamente em separar o conhecimento científico da metafísica. Ou seja, entre 1934 e 1944, a epistemologia de Schenberg se afastou da temática antimetafísica da epistemologia do final do século XIX, embora não tenha se afastado das questões levantadas por essas epistemologias.

Nesse movimento, a ênfase no aspecto construtivo da teoria é muito maior e mais sofisticada em 1944. É certo que existe, em 1934, uma postura antirrealista, instrumentalista, quando Schenberg compara os físicos mais antigos – que afirmavam que as hipóteses da teoria eram *verdadeiras* se suas previsões fossem corretas –, com os físicos mais atuais – que afirmam que as hipóteses são *aceitáveis* se suas previsões forem corretas. Mas não há, em 1934, nenhum trabalho forte com a ideia de que várias teorias podem ser construídas a partir de escolhas diferentes e serem igualmente aceitáveis. Pelo contrário, no artigo de 1934, ao propor a formulação de uma teoria como um agrupamento de leis gerais obtidas de modo pouco problemático a partir dos dados experimentais (caso da lei de Ohm, que mostramos no primeiro capítulo), parece acreditar mais em uma ascensão unívoca dos fenômenos à teoria do que conceber a teoria como uma construção humana afetada por escolhas. Na carta a Luiz Freire, escrita em 16 de dezembro de 1934, Schenberg explicita claramente esse ponto de vista. Schenberg conta que discutiu seu trabalho com Theodoro Ramos, havendo discordância entre os dois sobre como enxergavam a forma como uma teoria física é construída:

Sobre alguns pontos de vista não pude aceitar suas [de Theodoro Ramos] ideias, vou citar dois exemplos:

a) Emiti a ideia de que o único processo aconselhável numa elaboração aprimorada duma teoria física consistia em tomar princípios que resumissem grande número de experiências e aplicar-lhes o aparelho logico-mathematico. Theodoro objetou alegando que um estudo aprofundado dos quanta conduzia a uma nova (?) concepção da teoria física.

[Segundo Ramos,] Os postulados não podem ser verificáveis directamente, é apenas necessário e suficiente que suas consequências o sejam, tornando-se mesmo indispensável adoptar este ponto de vista. Preliminarmente não me parece ser novo este [de Ramos] ponto de vista que afinal coincide com o de Hertz, de

¹⁰⁸ "Helmholtz, Kirchoff e Mach perfilharam o ideário positivista; Hertz e Boltzmann afastaram-se deste ideário defendendo o pluralismo teórico na construção científica". (FITAS, 1998, p. 121)."

que duas theorias que conduzem às mesmas equações são equivalentes. (cf. Anexo D)

Interessante notar que, em 1934, Schenberg assume o ponto de vista indutivo *explicitamente contra o ponto de vista de Hertz* (e de Ramos), que é exatamente o ponto de vista que será adotado na tese de 1944. Em 1944, o pluralismo condenado em 1934 aparece com força. Também em 1944 os aspectos subjetivos da construção teórica têm um lugar mais confortável que em 1934. É preciso destacar, no entanto, que a ênfase no aspecto construtivo da teoria na tese de 1944, ainda que possa ser associado a "um certo construtivismo", nem sequer resvala no aspecto social da construção teórica, tema caro a boa parte das epistemologias do século XX¹⁰⁹.

Além de dar mais destaque ao aspecto construtivo das teorias e ter uma postura mais pluralista em relação às formulações teóricas, em 1944 o afastamento em relação a uma postura indutivista faz com que a historicidade das teorias da Física apareça com muito mais força. No artigo de 1934, Schenberg entende que as teorias indutivas, por sua "perfeição estética e superior segurança" devem substituir as leis dedutivas, que são mais úteis em ramos novos da ciência, onde "predomina o interesse de descobrir novos fenômenos", ponto de vista que também é explicitado na carta a Luiz Freire que nos referimos mais acima:

Em seguida, creio que a física divide-se em dois campos, um de consolidação e outro de avanço, havendo uma diferença essencial de métodos, visto que no campo de avanço poderem ser adoptados quaisquer métodos contanto que conduzam a consequências certas, mas no campo da consolidação o único ponto de vista admissível é o que expus acima e que emprestei a Robin [que adota o ponto de vista indutivista]. (cf. Anexo D)

¹⁰⁹ Em sua obra *The social construction of what?*, Ian Hacking nos dá uma sugestão de uma utilização do conceito de construtivismo que pode ser associada à postura epistemológica de Schenberg. Segundo Hacking, a ênfase no aspecto *social* de uma postura construtivista se inicia na segunda metade dos anos 1960: "Kuhn não mencionou o termo construção social na sua obra prima de 1962, *A estrutura das revoluções científicas*. Esse termo não era linguagem comum antes da obra *A construção social da realidade*, de Luckman e Berger, aparecer, em 1966." (HACKING, 1999, p. 97). Para essa tradição de trabalhos que destacam o aspecto de construção *social*, Hacking reserva o termo *construcionism*. Hacking utiliza o termo *constructionalism* para aqueles autores que "pretendem mostrar como, ou provar que, várias importantes entidades, conceitos, palavras, ou seja lá o que for, são construídos a partir de outros materiais. Construcionistas sustentam que as construções são feitas por pessoas, juntas, mas eles não estudam processos ou eventos sociais ou históricos" (HACKING, 1999, p. 47). Segundo o autor, apesar das diferenças, alguns temas e atitudes que caracterizam os diferentes "ismos" associados à ideia de construção não são tão diferentes, podendo ser associados a um questionamento do que aparenta ser a realidade, e envolvem o questionamento iconoclástico da realidade envernizada, que em geral as pessoas tomam como real" (HACKING, 1999, p. 49). O trabalho de Hacking chama atenção para o fato de que a metáfora construtivista, utilizada de muitas maneiras diferentes, até se tornar gasta principalmente a partir dos anos 1960 com a utilização em larga escala do termo "construção social", pode se manter como uma boa metáfora se retornarmos ao seu sentido original, de construção ou montagem a partir de partes (HACKING, 1999, p. 49).

Em 1934 a Física avançaria, portanto, aumentando a segurança das leis que compõe a teoria e alargando o número de fenômenos descritos pelas leis, aumento que é uma concepção bem diferente da que aparece na tese de 1944, em que o devir das teorias se deve ao conflito inescapável entre a previsão teórica e o dado experimental, como mostramos anteriormente. Se em 1934 a física avança alargando a quantidade de fenômenos que descreve com segurança, em 1944 a física se reconstrói se aproximando infinitamente dos fenômenos que quer descrever.

Segundo Videira, entre o final do século XIX e início do século XX, a Física assistiu ao

enfraquecimento do método indutivo, peça-chave na perspectiva positivista e o fortalecimento do método dedutivo. Esse último, que tinha sido objeto de desconfiança forte até então justamente por possibilitar à razão uma atuação mais livre dos entraves estabelecidos pela necessidade de observar antes de representar, passou a ser visto como essencial para a formulação de teorias. Com a valorização do método dedutivo, as hipóteses [...] também sofreram mudanças nos seus estatutos epistemológicos, tal como estabelecido pelos próprios cientistas. A prática científica não poderia prescindir do uso de hipótese [...]. As hipóteses, que eram percebidas como frutos do uso necessário da razão, permitiam que a metafísica passasse a ser vista como uma presença inevitável [...] (VIDEIRA, 2013, p. 196-7)

Creemos ser possível dizer que a movimentação epistemológica de Schenberg entre 1934 e 1944 – se afastando de posturas de luta contra a metafísica, se afastando de posturas mais positivistas e mais indutivistas – acompanha, portanto, a própria movimentação epistemológica da transição do XIX para o XX.

5 A PROPOSTA TEÓRICA DA TESE DE 1944 E SUA RELAÇÃO COM A MUDANÇA DE POSTURA EPISTEMOLÓGICA

Nesta seção procuraremos dar um panorama do restante da tese de cátedra defendida por Schenberg em 1944. Como já mencionamos, a tese é dividida em 4 partes. A primeira parte, *O objeto da mecânica teórica*, se inicia com as considerações epistemológicas mais gerais – relacionadas à axiomatização das teorias científicas que analisamos no capítulo anterior –, e termina expondo e criticando a axiomática newtoniana e machiana da mecânica clássica, como procuraremos descrever. Na segunda parte, *Os princípios de conservação*, Schenberg discute os princípios de conservação da quantidade de movimento e da conservação da energia utilizando conceitos canônicos da mecânica clássica, mas introduzindo, também o conceito de *spin*. Na terceira parte da tese, *O princípio de relatividade*, Schenberg discute o princípio generalizado de relatividade *galileana*, investigando sob quais condições as leis de movimento seriam invariantes. Na quarta e última parte, *Novas formulações da axiomática*, Schenberg propõe 3 axiomáticas diferentes para a mecânica, uma axiomática newtoniana, construída utilizando a noção de força, e 2 axiomáticas energéticas, uma usando como conceito primitivo a energia e outra substituindo-o pela lagrangeana.

Seguiremos, neste capítulo, um viés mais descritivo, já que o nosso objetivo será permitir o estabelecimento de relações entre as ideias epistemológicas e a proposta teórica de Schenberg em 1944, ou seja, a compreensão da relação entre a teoria e a metateoria.

5.1 Crítica da axiomática newtoniana (continuação da primeira parte da tese)

Após discutir questões mais gerais da axiomática das teorias físicas, que abordamos no capítulo anterior, Schenberg se propõe a fazer, ainda na primeira parte da tese, um breve exame da axiomática da imagem newtoniana e das modificações propostas por Mach.

Sobre a formulação dos *Principia*, Schenberg enumera e, em seguida, comenta as 8 definições de Newton, as 3 leis de movimento, e os 6 corolários deduzidos por Newton; indica quais definições são definições lógicas e quais definições são experimentais, e minimiza a crítica de Arthur Eddington ao princípio da inércia, que, com ironia, o interpreta da seguinte maneira: "toda partícula continua em seu estado de repouso ou movimento retilíneo uniforme, exceto quando não o faz". Segundo Schenberg,

Newton indubitavelmente conhecia outros métodos de medida de força que não o da definição IV ["uma força impressa é uma ação exercida sobre um corpo, para mudar seu estado de repouso ou movimento uniforme em linha reta"]. Supondo conhecida a força impressa, a lei da inércia adquire um sentido bem claro. (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 13)

Ao criticar a axiomática newtoniana, Schenberg destaca que Newton parte do pressuposto da existência de um espaço absoluto mas não indica nenhuma forma de distinguir um sistema em repouso absoluto de um sistema em movimento retilíneo e uniforme. Destaca, ainda, que Euler, d'Alembert, Mach e Kirchhoff já haviam percebido a superabundância dos conceitos primitivos newtonianos já que é possível definir o conceito de força a partir das massas e acelerações dos corpos exclusivamente.

Em seguida Schenberg expõe a formulação de Mach¹¹⁰, destacando que os conceitos primitivos da imagem machiana são o de corpo e presença, e os conceitos de massa e força são derivados. Isso traz inconvenientes, segundo Schenberg, na descrição de cargas elétricas que estão sujeitas a ação de campos eletromagnéticos, já que, neste caso, é mais conveniente lidar diretamente com a ideia de campo, sem se preocupar com a origem do campo, já que não se poderia excluir que existam ondas eletromagnéticas que não foram emitidas por corpúsculos. Outra crítica de Schenberg à formulação de Mach (e de Newton) é que as acelerações são dirigidas segundo a linha de junção dos corpos, sendo que

é sabido que as forças entre dipolos elétricos ou magnéticos não são dirigidas segundo a linha de junção. Antes da descoberta do momento magnético do elétron, ainda se poderia admitir que pontos materiais não possuem de fato momentos magnéticos ou elétricos, que seriam atributos de sistemas de pontos, de modo que sempre se poderia excluir a possibilidade de forças destas origens entre corpúsculos puntiformes. Outro tipo de forças entre os corpúsculos que não são centrais é o das ações magnéticas entre cargas em movimento; a direção da força depende da velocidade dos dois corpúsculos. Este caso ainda é mais delicado que o dos dipolos porque as duas forças mútuas sequer são iguais. (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 22-3)

Schenberg diz que essas dificuldades podem ser superadas examinando os princípios de conservação, assunto da segunda parte da tese.

¹¹⁰ Resumidamente: a) Proposição experimental: corpos em presença induzem a acelerações opostas dirigidas segundo sua linha de junção, (b) a razão das massas dos corpos podem ser definidas pelas acelerações, (c) as acelerações induzidas por vários corpos são independentes entre si, (d) as massas dos corpos são independentes do tipo de ação física (elétrica, magnética, etc) que condicionam as acelerações, (e) força motriz é o produto da massa pela aceleração. (Cf. SCHENBERG, 1986, [1944], p. 20-1)

5.2 Os princípios de conservação (segunda parte da tese)

Schenberg inicia a parte da tese dedicada ao estudo dos princípios de conservação pelo estudo da conservação da quantidade de movimento. Schenberg parte da equação fundamental da dinâmica, estende a noção de quantidade de movimento do ponto ao sistema, e chega à conservação da quantidade de movimento linear de um sistema isolado como consequência da lei ação e reação (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 23-6).

Em seguida, Schenberg vai discutir a conservação no momento angular, mostrando como a conservação do momento angular de um corpúsculo livre é corolário da lei de inércia (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 27). Estende, em seguida, a análise ao sistema isolado, e deduz que, se as forças forem centrais o momento angular do sistema livre será nulo e afirma:

Ora, em geral as forças entre corpúsculos não são centrais, como admite Mach, e o momento angular $\vec{K}_o$ não é constante. *Nós admitiremos o princípio da conservação do momento angular de um sistema isolado.* $\vec{K}_o$ não sendo constante temos que introduzir um momento angular $\vec{S}$ de outra natureza de modo a ter:

$$\vec{K}_o + \vec{S} = \text{constante} \quad (19)$$

[...] Nós admitiremos que $\vec{S}$ é a soma dos n vetores $\vec{S}_i$, ligados aos corpúsculos do sistema [...]

Os $\vec{S}_i$ são os spins dos corpúsculos e $\vec{S}$ é o spin total do sistema, ou momento angular de spin do sistema. Chamaremos de momento angular total do sistema a soma $\vec{M}_o$ de $\vec{K}_o$ com $\vec{S}$:

$$\vec{M}_o = \vec{K}_o + \vec{S} \quad (22)$$

Os spins não dependem da escolha do ponto O [um ponto fixo qualquer], são características do estado cinemático do corpúsculo como a posição e a velocidade. (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 28-9, *itálico do autor*)

Assim Schenberg introduz o conceito de *spin* na mecânica clássica, como uma solução para compatibilizar o princípio da conservação do momento angular com a existência de forças não centrais.

Em seguida mostra que é possível ir por um caminho inverso ao que foi trilhado no início desta parte da tese, ou seja, que a equação fundamental da dinâmica e a conservação do momento linear podem ser deduzidas da conservação do momento angular de um sistema isolado, que passa a ser assumido como postulado. Ao final da demonstração, afirma que:

é digno de nota que a conservação do momento angular de um sistema isolado não decorre da conservação do momento linear. Aplicando a proposição precedente aos sistemas isolados de dois corpúsculos concluímos que: 'a lei de ação e reação é uma consequência do princípio de conservação do momento angular dos sistemas isolados'. (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 31).

Schenberg quer dar destaque ao fato de que a dedução da conservação do momento angular de um sistema isolado não se deu apenas a partir da conservação do momento linear, sendo necessário, também, usar a da lei de ação e reação, enquanto que, a partir apenas da conservação do momento angular de um sistema isolado foi possível deduzir a conservação do momento linear e a lei de ação e reação, sendo, portanto, a lei de conservação do momento angular mais geral e mais interessante para construir uma axiomática da mecânica. Esse modo de proceder, segundo o qual o que era inicialmente um teorema passa a ser assumido com um postulado e analisado em suas consequências, é corriqueiro ao longo da tese, é o procedimento utilizado por Schenberg para escolher os postulados mais preñhes de deduções. De fato, na quarta parte da tese, a formulação de Schenberg da axiomática "newtoniana" tem como postulado a conservação do momento angular do sistema isolado, a partir do qual se deriva a conservação da quantidade de movimento, se define a noção de força e se deduz a lei de ação e reação.

Ao final da discussão sobre a conservação do momento angular, Schenberg demonstra que, se além da conservação da quantidade do momento angular se supor também as massas constantes, chega-se à lei da inércia (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 32-3).

O próximo ponto é uma discussão do princípio da conservação da energia. Trata-se de uma investigação relativamente longa, envolvendo quase cem equações, a respeito da função potencial que seja compatível com a conservação do momento angular e da energia, e chega à conclusão que esse potencial:

O princípio da conservação do momento angular de um sistema isolado exige que o potencial seja da forma (114)¹¹¹, isto é, invariante por rotações ou deslocamentos quaisquer.

Com efeito, a equação (114) é a expressão geral dos invariantes por deslocamentos da figura formada pelos ponto P e seus spins, como veremos adiante" (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 54).

Essa investigação, posteriormente, deu origem a dois artigos, *Condições para a existência do potencial (I)* e *Condições para a existência do potencial (II)*, publicados em

¹¹¹ A equação 114 é $W = W(r_{ij}, S_i, \vec{S}_i \times \vec{S}_j, \varepsilon \vec{S}_j \times \vec{r}_{ij}, t)$, na qual r é a diferença entre as posições das partículas. Além disso o símbolo $\times$ denota, em toda a tese, o produto *escalar*.

1945 nos Anais da Academia Brasileira de Ciências, e que tem como segundo autor Walter Schutzer (cf. os artigos 32 e 33 do Apêndice B)

5.3 O princípio de relatividade (terceira parte da tese)

Na terceira parte da tese Schenberg vai investigar as virtudes de se estabelecer o princípio da relatividade de Galileu como postulado da mecânica utilizando uma estratégia semelhante à usada na discussão sobre a conservação do momento angular, ou seja, considerando a relatividade galileana como um teorema que pode ser demonstrado mediante certas hipóteses e, em seguida, considerando-o como princípio fundamental, e verificando quais as consequências desse princípio.

Inicialmente, Schenberg demonstra que para estabelecer o princípio de Galileu é preciso assumir o princípio da constância das massas, e inversamente, que o princípio da constância da massa é uma consequência do princípio de relatividade de Galileu (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 58). Em seguida mostra que, para além da conservação da massa, para se estabelecer o princípio de relatividade de Galileu é preciso que haja um potencial e que haja conservação do momento linear (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 63-6). E, por outro lado, mostra que o princípio de conservação da quantidade de movimento e da relatividade galileana bastam para deduzir a lei do movimento retilíneo uniforme do baricentro dos sistemas isolados (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 67-8).

Em seguida, Schenberg examina a relação entre as leis de conservação, à luz do princípio *generalizado* de Galileu, ou seja, examinando sob quais condições as leis de movimento seriam invariantes por translações, rotações e reflexões em torno da origem de um sistema de coordenadas e por translações no tempo, e enuncia duas formulações para o princípio de relatividade de Galileu generalizado:

Vamos agora enunciar o princípio de relatividade de Galileu de modo mais amplo:
'As equações de movimento de um sistema isolado são invariantes pelo grupo generalizado de Galileu'.
Este princípio pode ser enunciado de um modo mais expressivo.
'Nenhuma experiência mecânica realizada no interior de um sistema isolado permite determinar o tempo absoluto, a posição absoluta no espaço, o sentido de rotação e o movimento retilíneo e uniforme de um triedro inercial ligado ao sistema' (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 70).

O exame do princípio generalizado de Galileu segue, novamente, a estratégia de se procurar as condições necessárias e suficientes para validade do princípio e, em seguida,

invertendo postulados e teoremas, considerá-lo como um princípio fundamental e verificar que restrições ele impõe.

Inicialmente, Schenberg demonstra que

admitindo a existência de um potencial – hipótese equivalente ao princípio de Hamilton – e as leis de conservação do momento angular e da energia, se pode estabelecer o princípio generalizado de Galileu, se V for invariante pela simetria em relação a um ponto fixo e as massas constantes." (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 79).

Indo pelo caminho inverso, ou seja, verificando o que o princípio generalizado de Galileu acarreta, Schenberg demonstra dois teoremas. Um deles diz que a "invariância generalizada assegura a existência de um potencial para os sistemas isolados, admitindo as leis de conservação do momento angular e da energia, assim como a constância dos módulos dos spins" (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 92). Esse teorema serve de suporte às duas primeiras formulações das imagens da mecânica clássica que Schenberg propõe na quarta parte da tese, axiomáticas em que a invariância generalizada, junto com as outras condições, asseguram a existência do potencial. O outro teorema diz que "quando existe um potencial, o princípio de Galileu acarreta a conservação do momento linear e do angular, a conservação da energia e das massas e a lei de movimento retilíneo e uniforme do baricentro" (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 80). Esse teorema serve de suporte à terceira formulação da imagem da mecânica clássica que Schenberg propõe na quarta parte da tese, em que a lagrangeana e o princípio de galileu são os postulados que asseguram as conservações de momento, energia, massa e a lei da inércia.

5.4 Novas formulações da axiomática (quarta parte da tese)

Schenberg, nesta última parte, vai propor três formulações diferentes dos conceitos e postulados da axiomática da mecânica, todas as três tendo como um de seus conceitos primitivos o ponto material, "entendido como corpúsculo rigorosamente puntiforme e não como corpo de pequenas dimensões" (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 94). Em todas as três imagens também será postulado que as equações de movimento são invariantes pelo grupo generalizado de Galileu.

Abaixo iremos expor os conceitos e postulados de cada uma das imagens propostas por Schenberg. Por uma questão de concisão, omitiremos as definições, já que a maioria delas expressa o sentido canônico dos termos.

5.4.1 Primeira imagem: axiomática da imagem newtoniana¹¹²

Conceitos:

- a) Ponto material
- b) Interação entre pontos materiais,
- c) Quantidade de movimento de um ponto material
- d) Spin de um ponto material.

Postulados:

- 1) "Os pontos materiais gozam das propriedades dos pontos geométricos e cinemáticos".
- 2) "A quantidade de movimento de um ponto material é um vetor polar que só depende da velocidade, considerada como figura geométrica".
- 3) "A massa de um ponto material é sempre positiva".
- 4) "O spin de um ponto material é um vetor axial que não depende dos seus elementos geométricos e cinemáticos".
- 5) "O momento angular total [soma vetorial dos spins e dos momentos angulares orbitais] em relação a um ponto qualquer não varia com o tempo". [Deste princípio, como vimos anteriormente, decorre a conservação da quantidade de movimento e permite a Schenberg definir a noção de força e deduzir a lei de ação e reação].
- 6) "Quando um ponto material P_o está em interação com vários P_i e só com estes a derivada em relação ao tempo de sua quantidade de movimento é a soma das forças que os P_i exerceriam sobre P_o , se os pares (P_i, P_o) estivessem isolados, nas mesmas com as mesmas velocidades e spins idênticos".
- 7) "Quando um ponto P_o está em interação com vários pontos P_i , e só com estes, a derivada $\dot{\vec{S}}_o$ [usamos, aqui, o negrito para denotar vetor] é a soma dos momentos $\vec{M}_{oi}$ que os pontos P_i exerceriam sobre P_o se os pares (P_o, P_i) estivesse isolados, nas mesmas posições, com velocidades e spins idênticos".
- 8) "As equações de movimento dos pontos de um sistema isolado são invariantes pelo grupo de Galileu". [Como vimos, deste postulado resulta que as massas são constantes, e da constância das massas, junto com a lei de conservação da quantidade de movimento, que é

¹¹² Os trechos entre aspas foram retirados de (SCHENBERG, 1986 [1944] , p. 96-101)

corolário do postulado 5, decorre a lei de movimento retilíneo e uniforme do baricentro de um sistema isolado].

9) "O momento $\vec{M}_{ij}$ exercido por P_j sobre P_i é normal ao spin $\vec{S}_i$." [o que resulta na constância do módulo do spin].

10) "É nulo o trabalho das forças condutoras num movimento qualquer em que o sistema material volta à posição inicial com as mesmas velocidades e as mesmas orientações dos spins."

10a) [Formulação alternativa aos postulados 9 e 10] "O trabalho das forças e momentos interiores de um sistema isolado é nulo em qualquer movimento em que o sistema volta à posição inicial com as mesmas velocidades e orientações dos spins". [Deste postulado resulta na constância dos módulos dos spins e a conservação de energia]

Schenberg destaca o fato de que o conceito primitivo de quantidade de movimento poderia ser omitido da imagem newtoniana, já que a invariância das massas é obtida do postulado 8, e a razão das massas pode ser definida como a razão inversa entre as acelerações. Mas Schenberg julga interessante mantê-la entre os conceitos primitivos em particular por sugerir como se pode passar de mecânica newtoniana à relatividade. Isto nos indica que sua preocupação em estabelecer uma axiomática consistente não o impede de optar pelo valor heurístico da teoria em detrimento de um perfeito acabamento lógico.

5.4.2 Segunda imagem: imagem energética¹¹³

Conceitos:

- a) Ponto material
- b) Interação entre pontos materiais
- c) Spin de um ponto material
- d) Energia de um sistema isolado

Em comparação com a imagem newtoniana, há substituição do conceito primitivo de quantidade de movimento do ponto material pelo conceito primitivo de energia do sistema isolado.

¹¹³ Os trechos entre aspas foram retirados de (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 101-5)

Postulados:

- 1) "Os pontos materiais gozam das propriedades dos pontos geométricos e cinemáticos".
- 2) "O spin de um ponto material é um vetor axial que não depende dos seus elementos geométricos e cinemáticos".
- 3) "A energia de um sistema material isolado é uma função da figura formada pelos seus pontos, velocidades e spins". [Introduz as definições de energia cinética, potencial, quantidade de movimento, massa, força e momento]
- 4) [Não existe postulado 4, deve ter havido um erro na numeração]
- 5) "As massas dos pontos materiais são positivas."
- 6) "O trabalho elementar das forças e momentos interiores é a diferencial correspondente da energia potencial."
- 7) Quando um ponto material P_o está em interação com vários outros P_i , e só com estes, a força $\vec{f}_o$ a que está submetido é a soma das forças $\vec{f}_{oi}$ que atuariam sobre ele se os pares (P_o, P_i) estivessem isolados, nas mesmas posições e com velocidades e spins idênticos.
- 8) Quando um ponto material P_o está em interação com vários pontos P_i , e só com estes, o momento aplicado $\vec{M}_o$ é a soma dos momentos aplicados que atuariam sobre os pares (P_o, P_i) , como se estivessem isolados nas mesmas posições e com velocidades e spins idênticos. [Explicita as equações de movimento referentes aos postulados 7 e 8]
- 9) "As equações de movimento dos pontos de um sistema isolado são invariantes pelo grupo de Galileu generalizado".
- 10) "A soma dos spins e dos momentos das quantidades de movimento em relação a um ponto fixo qualquer não varia com o tempo".

Como afirmamos na seção anterior, esta imagem tem por base o teorema de que a invariância generalizada de Galileu junto com a conservação do movimento angular e da energia e dos módulos dos spins asseguram a existência do potencial.

5.4.3 Terceira imagem: imagem energética usando a lagrangeana¹¹⁴

¹¹⁴ Os trechos entre aspas foram retirados de (SCHENBERG, 1986 [1944] , p. 105-8)

A terceira axiomática proposta por Schenberg substitui o conceito primitivo de energia pelo de lagrangiana.

Conceitos primitivos:

- a) Ponto material.
- b) Interação de pontos materiais
- c) Spin de um ponto material
- d) Lagrangiana de um sistema isolado.

Postulados:

- 1) "Os pontos materiais gozam das propriedades dos pontos geométricos e cinemáticos".
- 2) "O spin de um ponto material é um vetor axial que não depende dos seus elementos geométricos e cinemáticos".
- 3) "A lagrangiana L de um sistema material isolado é uma função da figura formada pelos pontos do sistema, suas velocidade e seus spins."
- 4) "A lagrangiana L de um sistema de pontos P_i é a soma das lagrangianas L_{ij} que teriam os pares (P_i, P_j) se estivessem isolados nas mesmas posições e com velocidades e spins idênticos". [Introduz as definições de momento linear, massa, energia cinética, energia potencial]
- 5) "As massas dos pontos materiais são positivas".
- 6) "A derivada em relação ao tempo do momento linear $\vec{P}_i$ é igual a $-\vec{\nabla}_i H(\vec{P}_i, P_i)$ ".
- 7) "A derivada em relação ao tempo do spin $\vec{S}_i$ é igual a $\vec{S}_i \wedge \vec{\nabla}_{S_i} H(\vec{P}_i, P_i)$ ".
- 8) "As equações de movimento dos pontos de um sistema isolado são invariantes pelo grupo de Galileu generalizado". [Mostra, em seguida, como se chega à constância das massas e como está garantida a existência do potencial]

Como afirmamos anteriormente, essa imagem tem por base o teorema segundo o qual que a existência do potencial e o princípio de Galileu acarretam a conservação do momento linear e do angular, a conservação da energia e das massas e a lei de movimento retilíneo e uniforme do baricentro. Assim, a vantagem desta última formulação está em não ser preciso postular os princípios de conservação e nem introduzir o conceito de força.

5.5 A epistemologia no contexto do texto

O fato dos trabalhos de 1934 e 1944 terem o mesmo título e o fato de Schenberg afirmar que o artigo é a origem da tese, oculta uma diferença nos planos de trabalho das duas obras. Uma mais geral, como já apontamos, diz respeito à passagem de um ponto de vista predominantemente indutivo para um ponto de vista dedutivo. Com efeito, na última frase do artigo de 1934, Schenberg afirma que na "exposição dos princípios da Mecânica adoptaremos o ponto de vista indutivo" (SCHENBERG, 1934, p. 197), enquanto o ponto de vista adotado na tese de 1944, como vimos, é totalmente dedutivo¹¹⁵. A cátedra disputada era de Mecânica Racional e Celeste, área da física estritamente dedutiva¹¹⁶, o que torna compreensível essa mudança.

Há uma mudança no que se refere também aos conceitos físicos primitivos da teoria. Em 1944, ao longo da tese, Schenberg trabalha com o conceito de ponto material e na quarta parte da tese, *Novas formulações da axiomática*, Schenberg propõe 3 diferentes axiomáticas para a mecânica e afirma que em todas elas figura o conceito primitivo de "ponto material, entendido como corpúsculo **rigorosamente puntiforme** e não como corpo de pequenas dimensões" (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 94, grifos nossos). Em 1934, Schenberg ia por um caminho diferente, já que, segundo o depoimento do próprio Schenberg, a reformulação de 1934 se daria, "em termos de corpo sólido, e não em termos de ponto material"¹¹⁷. Na tese de 1944, ao contrário, há uma crítica explícita à construção de uma axiomática que parta da noção de sólidos finitos:

G. Hamel, na sua estereomecânica, substitui os pontos materiais por sólidos de dimensões finitas. Este modo de agir correspondia ao pensamento dominante em princípios deste século, que repudiava a possibilidade de existirem corpúsculos rigorosamente puntiformes. Mas hoje a concepção de corpúsculos elementares sem dimensões, torna a prevalecer e não nos deteremos longamente sobre as imagens do tipo estereomecânico. (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 8)

¹¹⁵ Em 1944: "Na construção de qualquer sistema dedutivo parte-se de um sistema de noções bem definidas – os conceitos fundamentais – e de um corpo de postulados. Os postulados são relações entre conceitos. O propósito de uma disciplina objetiva consiste em achar as proposições que decorrem logicamente dos postulados. Daí resulta que o corpo de postulados pode ser substituído por qualquer outro equivalente, isto é, qualquer sistema de proposições que possa ser deduzido dos postulados e do qual seja possível deduzi-los." (SCHENBERG, 1986 [1944], p. 5)

¹¹⁶ Sobre o significado de "Mecânica racional", nos conta o próprio Newton em seu prefácio à primeira edição dos *Princípios*: "Os antigos consideravam a mecânica sob dois aspectos: como racional – a qual decorre rigorosamente de demonstração – e prática. (NEWTON, 1990 [1686], p. I)

¹¹⁷ "Depois, eu ia publicar uma segunda parte tentando dar uma formulação dos princípios da Mecânica em termos de corpo sólido e não em termos de pontos materiais, mas não cheguei a publicar." (SCHENBERG, 2010 [1978], p. 3)

Essa mudança é da maior importância, pois permite a Schenberg utilizar também o conceito primitivo de *spin*, que é introduzido já no início da tese e que aparece em todas as três propostas de axiomática que apresenta na parte final de sua tese. O conceito de *spin*, além de não ser associável à rotação de um corpo extenso, é em geral considerado como um conceito para o qual não se encontra nenhuma representação clássica¹¹⁸.

A introdução do *spin*, conceito quântico, entre os axiomas da mecânica clássica, além de surpreendente, é uma solução para um problema bastante prático: segundo o decreto 13.426 de 1943, era exigência do concurso de cátedra que a tese fosse uma produção de algo original e pertinente à área – mecânica clássica "racional"¹¹⁹. Uma proposta original precisaria trazer algum elemento novo, algum desenvolvimento, em uma área da física que já havia recebido atenção especial de inúmeros físicos de primeira linha, em particular ao longo do século XIX, como Hertz, Boltzmann e Mach. Propor uma nova axiomática em uma área mexida e remexida, introduzindo um conceito quântico na física clássica é algo bastante engenhoso.

Como não podia deixar de ser, o feito não passou despercebido como atestam Abrahão de Moraes e Saraiva de Toledo em um artigo para o Estado de São Paulo, dez anos depois da defesa da tese:

Em seus estudos sobre os princípios da mecânica, que constituíram o tema de sua tese para o brilhante concurso que prestou na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, apresentou Mario Schenberg um considerável número de considerações originais, introduzindo já na mecânica clássica conceitos ligados à teoria dos quanta, e mostrando a interdependência de

¹¹⁸ O *spin* do elétron, proposto inicialmente por Samuel Goudsmit e George Uhlenbeck em 1925, representava o elétrons como um pequeno corpo rígido girando ao redor de um eixo: "Nós estávamos tão familiarizados com a proposta de que todo número quântico corresponde a um grau de liberdade e, por outro lado, com a ideia do elétron puntiforme, que obviamente tem apenas três graus de liberdade, que nós não podíamos dar lugar ao quarto número quântico. Nós poderíamos entendê-lo apenas se se assumisse que o elétron fosse assumido como uma pequena esfera que pudesse girar. [...] nosso entusiasmo foi consideravelmente reduzido quando vimos que a velocidade de rotação na superfície do elétron tinha que ser muitas vezes a velocidade da luz" (cf. VAN DER WAERDEN, 1960, p. 213, tradução nossa). A ideia do *spin* como resultado de uma rotação, deste modo, foi abandonada, fazendo com que o *spin* ficasse sem nenhuma representação clássica: "De acordo com a crença prevalecente, o *spin* do elétron ou de algumas outras partículas é um misterioso momento angular interno, para o qual não está disponível nenhuma representação física concreta, e para a qual não há nenhum análogo clássico" (OHANIAN, 1986, p. 500, tradução nossa). Richard Feynman, em seu livro-texto *The Feynman lectures on physics*, introduz a ideia de *spin* da seguinte maneira: "neste capítulo nós começamos propriamente a mecânica quântica – no sentido de que iremos descrever um fenômeno quântico de modo totalmente quântico. Nós não nos desculparemos e não faremos nenhuma tentativa de encontrar conexões com a mecânica clássica. Nós queremos falar sobre algo novo em uma nova linguagem. A situação particular que iremos descrever é o comportamento da assim chamada quantização do momento angular, para uma partícula de *spin* 1." (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 1977, p. 5-1)

¹¹⁹ Cf. o Artigo 14 do decreto sobre o regimento do concurso de professor catedrático e livre-docente da FFCL (SÃO PAULO (Estado). Decreto n. 13426, de Junho de 1943).

certos princípios da mecânica admitidos tácita ou explicitamente. (MORAIS; TOLEDO, 1954, p. 107)

A introdução do conceito de *spin* na axiomática da mecânica clássica, para além de trazer elementos originais a uma área da física bastante investigada e acomodar as exigências do concurso, ilumina a passagem de um certo indutivismo, em 1934, para um certo construtivismo, em 1944. O deslocamento no plano metateórico é coerente com o deslocamento no plano teórico. A defesa do ponto de vista indutivo não se adequaria à proposta teórica 1944, já que para um indutivista os axiomas de um sistema dedutivo precisam ser sentenças respaldadas experimentalmente. No entanto, a própria ideia de corpúsculos rigorosamente puntiformes é já uma idealização, e não o resultado seguro de uma série de experimentos. Normando Fernandez, prefaciador da edição póstuma da tese, ressalta o caráter especulativo da tese: "Mas teria sentido em falar em *spin* em mecânica clássica? Não teria origem relativística essa variável bizarra? Não teria origem quântica? Vários autores insistiam nas hipóteses acerca da natureza do *spin*" (FERNANDES, 1996, p. 8).

Na verdade, a pergunta que norteia a proposta teórica de Schenberg é outra: *seria possível construir uma axiomática clássica compatível com alguns novos conceitos da física, uma axiomática compatível com a ideia de que partículas rigorosamente puntiformes têm spin?* Não é uma pergunta indutivista. Em nenhum momento Schenberg procura construir uma axiomática baseada em leis experimentais, que não são sequer mencionadas. Pelo contrário, nota-se muita liberdade na forma como, com frequência, investiga quais seriam as consequências lógicas caso se tomasse os teoremas como postulados. E na parte final da tese, numa postura pluralista, propõe três formas diferentes de construir essas axiomáticas, com conceitos e postulados diferentes, sem em nenhum momento defender uma axiomática "verdadeira".

Assim, nos parece evidente que uma postura epistemológica de viés mais construtivista, à maneira da epistemologia de Hertz, funciona como suporte epistemológico à especulação e ao pluralismo da tese, já que apoia uma escolha mais livre dos conceitos e postulados. Ou seja, o manejo do discurso epistemológico de viés mais construtivista, tem, na arquitetura da tese, uma função retórica importante¹²⁰, já que enfraquecem de sentido as

¹²⁰ Na parte 1 de seu livro *Ciência em Ação*, Bruno Latour procura explicitar o papel da retórica na construção de fatos científicos antes que eles sejam universalmente aceitos como verdades, ou, nos termos de próprio Latour, antes que se tornem "caixas-pretas". Segundo Latour, nesses casos em que uma sentença ainda não é nem fato e nem ficção, a força da sentença, a crença que se tem de que a sentença é de fato um fato, depende da relação que estabelece com outras sentenças: "Uma sentença pode ser tornada mais fato ou mais ficção,

objeções indutivistas, valorizando a liberdade e o exercício especulativo do teórico no momento que constrói suas propostas de teorias físicas.

dependendo da maneira como está inserida em outras. Por si mesma, uma sentença não é nem fato nem ficção; torna-se um ou outra mais tarde graças a outras sentenças. Ela será tornada mais fato se for inserida numa premissa fechada, óbvia, consistente e amarrada, que leve a alguma outra consequência menos óbvia, menos consistente e menos unificada." (LATOUR, 2000, p. 45)

6 O DISCURSO EPISTEMOLÓGICO DA TESE DE 1944 NO NOVO CONTEXTO CIENTÍFICO

Neste capítulo iremos localizar a tese de cátedra de Mario Schenberg no contexto científico brasileiro entre a segunda metade dos anos 1930 e a primeira metade dos anos 1940, período em que se fundaram algumas universidades no Brasil, e que assistiu a uma reviravolta na hierarquia dos valores científicos hegemônicos durante a República Velha. Procuraremos mostrar, num primeiro momento, como Schenberg se localizava no contexto intelectual mais geral da sociedade paulista, e, em seguida, como Schenberg foi se localizando em relação à produção brasileira de conhecimento físico, com especial destaque à acumulação de capital científico que Schenberg conquistou nesses primeiros dez anos de sua vida de estudante e pesquisador, sob a orientação do físico italiano Gleb Wataghin. Procuraremos destacar, ainda, como as diferentes posições que Schenberg ocupa em 1934 e em 1944 – e as diferentes situações discursivas – afetam o sentido dos discursos epistemológicos nos dois períodos.

6.1 Diferentes efeitos do discurso epistemológico no meio intelectual mais geral e no meio científico.

Afirmamos, no final do capítulo 3, que o manejo do discurso epistemológico no artigo de 1934 teve como resultado um certo lucro simbólico no contexto científico da época. O artigo deve ter sido lido como um artigo carregado de originalidade, conferindo a Schenberg sinais de distinção potencializados pela valorização de sua precocidade, o que fez com que Schenberg começasse a ser reconhecido como um jovem culto e bastante bem cotado para participar do projeto científico da FFCL.

A imagem de jovem culto pela qual Schenberg conseguiu ser reconhecido continuou agindo ao longo dos dez anos que separam o artigo de 1934 e a tese de 1944, como nos sugere sua circulação no meio intelectual mais amplo que o meio científico. Entre o final da década de 1930 e começo da década de 1940, Schenberg começa a se aproximar de artistas, escritores e críticos de arte, como Alfredo Volpi¹²¹, Di Cavalcanti¹²², Bruno Giorgi¹²³, Paulo

¹²¹ Alfredo Volpi viria a ser um dos maiores pintores brasileiros. Recebeu, junto com Di Cavalcanti, o prêmio de melhor pintor brasileiro, na Bienal de São Paulo de 1953.

¹²² Di Cavalcanti foi um dos maiores pintores brasileiros, sendo um dos idealizadores e organizadores da Semana de Arte Moderna de 1922.

Emílio Sales Gomes¹²⁴, Oswald de Andrade¹²⁵ (OLIVEIRA, 2011, p. 53-5), Sérgio Milliet¹²⁶ e Mário de Andrade (OLIVEIRA, 2011, p. 79). Em 1942 escreve sua primeira crítica de arte, a respeito da obra de Bruno Giorgi, na *Revista Acadêmica* e em 1944 produziu o catálogo da primeira exposição individual de Alfredo Volpi¹²⁷. Também em 1944, é escolhido como paraninfo dos formandos da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras¹²⁸, o centro da intelectualidade paulistana nos anos 1940.

Em 1943, a convite de Paulo Emílio Sales Gomes, publica, na revista *Clima*¹²⁹, o longo artigo *O destino das Nações Unidas*, "ensaio político-filosófico, que obteve grande repercussão nos meios intelectuais brasileiros" (NEME, 1945, p. 111), e no qual discorre sobre as origens do fascismo, Nietzsche, Tao¹³⁰ etc. Também na mesma época, é chamado, junto com outros 28 jovens "que representam a geração dos moços intelectuais do Brasil"

¹²³ Bruno Giorgi foi um escultor brasileiro. Entre suas principais obras estão *Os candangos*, na Praça do Três Poderes, em Brasília e *Meteoro*, no lago do Ministério das Relações Exteriores.

¹²⁴ Paulo Emílio Sales Gomes foi crítico de cinema. Criou o primeiro curso superior de cinema, em 1965, na Universidade de Brasília e foi professor de História do Cinema Brasileiro na Escola de Comunicação e Artes da USP.

¹²⁵ Em artigo publicado em *O Estado de S. Paulo*, em agosto de 1943, Oswald de Andrade, em um período em que seu prestígio intelectual estava sendo desafiado pelo prestígio dos jovens intelectuais da década de 1940 oriundos da FFCL (Cf. PONTES, 1998, pp. 52-95), nos dá uma boa amostra do prestígio intelectual de Schenberg, que é utilizado, junto com outros jovens intelectuais, para diminuir a figura de Antônio Candido: "Porque a vigilante construção de minha crítica revisora nunca usou a maquiagem da sisudez nem o guarda-roupa da profundidade. O sr. Antonio Candido e com ele muita gente simples confundem sério com cacete. [...] O caso do sr. Antonio Candido é típico. Estão aí, da sua idade, com valor tão ou mais autêntico do que o seu, o sr. Luís Washington, o sr. Rui Coelho, o sr. Mário Schenberg [...] e outros, mas o 'crítico' ficou sendo ele." (ANDRADE apud PONTES, 1998, p. 80).

¹²⁶ Sergio Milliet foi crítico de arte, "considerado por muitos autores como um dos verdadeiros herdeiros e discípulos do pensamento e da crítica de Mario de Andrade, como crítico de artes plásticas" (OLIVEIRA, 2011, p. 76).

¹²⁷ "A exposição individual de Volpi marcou sua entrada, em definitivo, na atividade de crítico e divulgador da arte no cenário nacional. Antes da produção desse evento, Mario Schenberg, como crítico, possuía somente o texto sobre a obra de Bruno Giorgi e alguns poucos escritos sobre temas correlatos em jornais e revistas. O encontro entre Volpi e Schenberg demonstrou que a associação entre artista e crítico iria gerar bons resultados para ambos. O artista conseguiu a consolidação de seu nome no panorama das artes plásticas e o crítico iniciou, efetivamente, suas atividades como incentivador de novos artistas [...]". (OLIVEIRA, 2011, p. 146)

¹²⁸ Em realidade, o primeiro escolhido fora Monteiro Lobato, mas Lobato não pode atender ao convite dos bacharelados, e a segunda escolha recaiu sobre Schenberg.

¹²⁹ O Grupo Clima foi formado no início de 1939, por jovens estudantes da recém criada Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, como Antonio Candido, Décio de Almeida Prado, Paulo Emilio Sales Gomes, Gilda de Mello e Souza, entre outros. Segundo Heloísa Pontes, em seu estudo sobre o grupo, "Como produtos do novo sistema de produção intelectual implantado na Faculdade de Filosofia da Universidade de São Paulo, [...] Antonio Candido e seus amigos mais próximos do Grupo Clima renovaram a tradição ensaística brasileira" (PONTES, 1998, p. 13-4).

¹³⁰ A seguir, um exemplo dos sinais de erudição emitidos Schenberg ao longo do artigo: "Granet encontra a essência da China em sua integração do homem dentro da natureza: 'O triunfo da civilização chinesa no Extremo Oriente não se baseou em superioridade técnica ou política. O Extremo Oriente recebeu da China uma certa harmonia de vida e sabedoria que deseja conservar [...]. Os chineses não podiam conceber o homem isolado da sociedade, nem isolar a sociedade da Natureza. A Natureza só tem um único reino'. O sentido do Tao é precisamente o reconhecimento dum caminho, dum modo de ser inerente a todo o natural, lei cósmica que o homem chinês procura seguir." (SCHENBERG, sem data [1943] p. 30).

(NEME, 1945, p. 7), a fazer uma análise a respeito da vida social brasileira¹³¹. Essa enquête ficou conhecida como *Plataforma da nova geração*, e foi publicada no jornal o Estado de São Paulo entre meados de 1943 e início de 1944 (PONTES, 1998, p. 52), e, posteriormente, em livro¹³². Neste depoimento, a certa altura, Schenberg se refere ao estado da epistemologia da época:

Em nosso meio a epistemologia praticamente não existe. Isso se aplica em parte pelo estado rudimentar do desenvolvimento científico. Outra razão é a tolerância e a falta de rigor do senso crítico. Qualquer doutrina mística ainda encontra aceitação entusiástica se contiver algum elemento emocional ou poético. Não somos 'blasés' ao ponto de exigir uma análise ontológica-epistemológica prévia que demonstre a incognoscibilidade do real e a necessidade do abandono à intuição místico-poética. Nem sequer atingimos o nível kantiano, aceitamos qualquer sistema de 'razão prática' sem nos darmos ao trabalho de uma crítica da razão pura e muito menos da experiência pura. (SCHENBERG, 1945, p. 119)

Nesse trecho de um depoimento para um jornal, uma situação mais relaxada que o contexto universitário, Schenberg utiliza com intensidade o jargão filosófico (ao contrário da introdução epistemológica da tese, muito mais sóbria), e isso, não se pode negar, tem um efeito sobre o público leitor¹³³, sendo mais um indício do tipo de lucro simbólico que o discurso epistemológico pode trazer ainda em 1944.

Apesar disso, não consideramos que o efeito principal do preâmbulo epistemológico da tese de 1944 se reduza à dinâmica de transferência de prestígio do discurso epistemológico para a pessoa, a que aludimos para o caso do artigo de 1934, já que à medida que o contexto científico vai assumindo as características de um campo científico, com instâncias e critérios de consagração mais autônomos, o efeito de distinção do discurso epistemológico tem sua eficácia reduzida, e não age independentemente da reputação científica já construída pelo agente e do conhecimento da posição por ele ocupada no campo¹³⁴. À época, no meio propriamente científico brasileiro, mais restrito que o meio

¹³¹ Segundo o historiador Carlos Guilherme Mota, os "depoimentos de Edgar de Godói da Mata-Machado, Paulo Emílio Sales Gomes, Antônio Cândido e Mario Schenberg trazem consigo alguns elementos teóricos novos para se estabelecer parâmetros diferenciados dos anteriores na história da cultura no Brasil: tais participações, sem serem propriamente revolucionárias, inscrevem-se na vertente radical das ideologias do período da Segunda Guerra Mundial" (MOTA, 1977, p. 111)

¹³² Cf. (NEME, 1945)

¹³³ Para além de causar um certo impacto sobre o leitor, Schenberg situa a epistemologia como consequência do desenvolvimento científico, ou seja, sugere que à medida que a ciência se desenvolver "em nosso meio", a epistemologia também se desenvolverá. Ao afirmar que a ciência domina o discurso epistemológico, afirma, implicitamente, que são os cientistas os seus legítimos portadores, ou que, no limite, são os cientistas os agentes capazes de cancelar a legitimidade de um discurso epistemológico.

¹³⁴ Como aponta Bourdieu, nenhuma ação é interpretada independente do conhecimento da posição do agente no campo: "os julgamentos sobre a capacidade científica de um estudante ou de um pesquisador estão *sempre*

intelectual geral, Schenberg já havia acumulado bastante prestígio como físico, como pretendemos demonstrar mais à frente, e não seria plausível supor que o tipo de efeito do discurso epistemológico seja o mesmo em 1934 e em 1944, já que os contextos científicos e a posição de Schenberg em cada contexto eram muito diferentes, o que afeta todo o sentido do discurso.

Além de ter se alterado o contexto científico e o lugar que Schenberg passou a ocupar nesse contexto, o tipo de situação comunicativa é bastante diferente em 1934 e 1944. O tipo de circulação e consumo do conhecimento produzido em uma tese de cátedra é distinto do tipo de circulação e consumo de conhecimento que ocorre em uma publicação como a da Revista Politécnica, dedicada a um público muito mais amplo, ainda que seja um recorte do meio intelectual mais geral¹³⁵.

Assim, segundo cremos, para além da compreensão do contexto científico da época e da posição de Schenberg nesse contexto, a própria *situação do concurso*, com sua finalidade específica de certificação e destinatários bem mais definidos, tem, aqui, um papel importante, e, ilumina não só a *utilização* do discurso epistemológico, ilumina a *mudança* na postura epistemológica. Nas próximas seções pretendemos descrever os aspectos mais

contaminados, no transcurso de sua carreira, pelo conhecimento da posição que ele ocupa nas hierarquias instituídas" (BOURDIEU, 1983, p. 124)

¹³⁵ A situação comunicativa, ou "o mercado" consumidor de uma produção simbólica, orienta a forma como o agente concebe sua obra, mesmo uma obra científica, como aponta Bourdieu: "[...] o discurso científico está sujeito à lei geral da produção de discursos, produção que é orientada pela antecipação (inconsciente, na base de disposições) de ganhos, positivos ou negativos, propostos por um certo mercado, em que cada locutor se defronta num certo estado do mercado, ou seja, da censura social que ele antecipa." (BOURDIEU, 2004, p. 101). Para se avaliar o impacto da situação comunicativa sobre o discurso, basta recorrer ao caso mais extremo, ao caso em este impacto se torna mais evidente, como as obras didáticas e escolares. À mesma época em que Schenberg escreve sua tese de cátedra, por exigência do concurso, também precisou escrever uma obra didática. Em seu *Física para o primeiro ano do curso colegial*, Schenberg escreve um preâmbulo epistemológico escolar, cujos pontos principais destacamos a seguir: "Uma lei natural é uma regularidade peculiar a um tipo de fenômenos" (SCHENBERG, 1945, p. 10), "Dum modo geral uma lei natural pode ser definida como uma *relação constante entre os elementos variáveis dos fenômenos*. [...] A finalidade da ciência consiste em *descobrir as leis que regem os fenômenos naturais*. (SCHENBERG, 1945, p. 11), "A finalidade da ciência é a descoberta das leis; quais os métodos empregados para este fim? O método da ciência é principalmente a experiência, por isto eles é também chamado método experimental" (SCHENBERG, 1945, p. 13), "Tendo-se descoberto várias leis relativas a um grupo de fenômenos aparentados procura-se estabelecer uma relação entre elas e construir uma *teoria*" (SCHENBERG, 1945, p. 14). Aqui, reproduz-se, em linhas gerais, aspectos da epistemologia presentes no artigo de 1934: obtenção de leis experimentais e ascensão à teoria. Evidentemente que não se pretende, com isso, flagrar Schenberg em contradição. Pelo contrário, o que se pretende é mostrar, em uma situação limite, como o discurso procura se fazer coerente com a situação comunicativa: um discurso para estudantes do ensino básico – para os quais serão apresentados conhecimentos científicos bem estabelecidos, retirados do seu contexto de produção e atenuados em sua complexidade – é bem diferente de um discurso dirigido a uma banca que irá avaliar a qualidade da produção de um novo conhecimento. Isso afeta não só a forma de exposição do discurso, mas o discurso ele mesmo, como atestam todas as discussões sobre ação transformadora do conhecimento envolvida na ideia de *transposição didática*, em que "a designação de um elemento do saber sábio como objeto de ensino modifica-lhe muito fortemente a natureza, na medida em que se encontram deslocadas as questões que ele permite resolver, bem como a rede relacional que mantém com os outros conceitos" (ASTOLFI; DEVALAY, 2006, p. 48)

importantes da situação de concurso de cátedra, a acumulação de capital científico de Schenberg e o novo contexto científico da física em São Paulo.

6.2 A situação do concurso de cátedra e a composição da banca avaliadora

Helena Chamlian, em sua caracterização das cátedras nas universidades brasileiras¹³⁶, nos conta que a categoria de professor catedrático era o "coroamento natural da vida acadêmica" (CHAMLIAN, 1984, p. 57), "representava o mais alto escalão da hierarquia universitária e que, para o provimento desse cargo, um complexo concurso de títulos e provas estava previsto" (CHAMLIAN, 1984, p. 56). Uma vez efetivado no cargo, este seria vitalício, e o catedrático gozaria da liberdade de cátedra, além de participar da estrutura de poder da universidade (Conselhos Universitários, Conselho Técnico-Administrativo etc.) em condições privilegiadas. Para satisfazer às exigências do ensino, o professor catedrático poderia escolher a colaboração de professores auxiliares (CHAMLIAN, 1984, p. 57), professores de livre escolha do catedrático com poucos direitos de efetivação e estabilidade, dependendo, portanto, da confiança do catedrático. Chamlian nos conta, ainda, que à medida que o ensino superior foi ficando mais complexo, a cátedra foi se transformando, de um cargo ocupado por um único indivíduo e vinculada a uma única área do conhecimento, a uma quase repartição escolar, à qual se vinculavam inúmeros docentes, chefiados pelo professor catedrático, que contém todos os poderes decisórios, sendo uma espécie de ancestral dos atuais departamentos:

[...] o catedrático passou a exercer tarefas de caráter administrativo, pois a responsabilidade pelo pessoal vinculado à cadeira, bem como a gerência da verba a ela destinada, passaram a ser do catedrático. Finalmente, passou a ser competência do catedrático o desenvolvimento de pesquisas em assuntos de sua especialização, bem como a orientação dos trabalhos dos alunos ou de investigações originais. (CHAMLIAN, 1984, p. 54)

É possível imaginar que a situação de concurso para catedrático não era das situações mais cômodas, em particular pela presença, na banca avaliadora, de professores do Conselho Universitário e também de professores externos à Universidade de São Paulo, como era exigência do concurso. Em uma carta a Eurípedes Simões de Paula (historiador que se tornaria catedrático da FFCL em 1946), em 1945, Cruz Costa (filósofo que se tornaria

¹³⁶ Cf. (CHAMLIAN, 1984, p. 44-59)

catedrático da FFLC em 1951) deixa transparecer um pouco de sua apreensão em relação à perspectiva de participar de um concurso para professor catedrático:

[...] Esse negócio de concurso com o Conselho Universitário também é outra encrenca. Se na banca nós tivéssemos gente da Faculdade era bem melhor. Não ali um espírito novo, diferente e isso é importante para a exata compreensão do sentido do nosso trabalho. Enfim, o que for, será. (COSTA¹³⁷ apud OLIVEIRA, 2012, p. 101)

Cruz Costa parece se preocupar com os critérios de avaliação da banca, parece não confiar que os avaliadores, com um "espírito" diferente, sejam capazes de avaliar o seu trabalho segundo os critérios compartilhados pelos participantes do seu campo. Havia inclusive um histórico que justificava a apreensão: na década anterior, em 1933, houve uma disputa acirrada entre Omar Catunda e Monteiro de Camargo no concurso de cátedra para *Complementos de Geometria Analítica; Elementos de Nomografia; Cálculo Diferencial e Integral* da Escola Politécnica de São Paulo, com divergências sérias nos critérios da avaliação feita pela banca examinadora, que resultou em um processo de grande repercussão, envolvendo inclusive instâncias externas à Escola Politécnica, como a Secretaria da Educação e Saúde Pública e o próprio Interventor Federal¹³⁸.

A proposta um tanto especulativa de Schenberg em sua tese, que postula, como mostramos, um *spin* para uma partícula rigorosamente puntiforme, colocando entre os axiomas da mecânica clássica uma propriedade quântica por excelência é bastante surpreendente, e uma banca com um "espírito" diferente, externo ao campo, talvez mais dogmática, poderia estranhar esse hibridismo.

Assim, uma introdução epistemológica fundamentada no viés mais construtivista de Hertz, um físico de primeira importância, pode ter sido um reforço importante frente às possíveis críticas de um componente da banca de perfil mais indutivista, por exemplo. Não seria pouco provável encontrar na banca um avaliador mais inclinado ao indutivismo, pois, apesar de ser frequentemente associado a uma ingenuidade epistemológica, trata-se de uma postura particularmente persistente¹³⁹. Aliás, como já vimos o próprio Schenberg tinha uma postura predominantemente indutivista 10 anos antes.

¹³⁷ Carta de João Cruz Costa a Eurípedes Simões de Paula, datada de 28/08/1944. (CAPH, arquivo / correspondência de ESP, no1757, cx.23)

¹³⁸ Cf. (MARAFON, 2001)

¹³⁹ A representação empirista-indutivista do fazer científico segue tendo bastante circulação ainda hoje, ainda que diversas epistemologias propostas no século XX (Bachelard, Kuhn, Popper, Feyerabend, etc) tenham tido inequívoco sucesso em suas objeções a esse tipo de postura epistemológica. Sabemos, por exemplo, que

Como aponta Bourdieu, o julgamento que se faz da validade de um trabalho científico não tem autonomia completa em relação à própria concepção de ciência tida como válida:

Na luta em que cada um dos agentes deve engajar-se para impor o valor de seus produtos e de sua própria autoridade de produtor legítimo, está sempre em jogo o poder de impor uma definição de ciência [...] que mais esteja de acordo com seus interesses específicos. A definição mais apropriada será a que lhe permita ocupar legitimamente a posição dominante e a que assegure, aos talentos científicos de que é detentor a título pessoal ou institucional, a mais alta posição na hierarquia dos valores científicos". (BOURDIEU, 1983 [1976], p. 128)

Defender um trabalho é, explícita ou implicitamente, defender também as condições de validação desse trabalho, defender uma concepção de ciência. Daí a insuficiência de se tentar compreender o significado dos discursos epistemológicos em si, sem reconstruir os vínculos existentes entre metateoria, teoria e contexto de produção e circulação do conhecimento científico. Para além de tornar coerentes a teoria e a metateoria, como mostramos anteriormente, a nova postura epistemológica em 1944 tem um papel ligado à recepção que a banca avaliadora poderia fazer da parte mais esotérica da tese. Segundo cremos, a afirmação de uma concepção de ciência mais construtivista, no sentido apontado no capítulo 4¹⁴⁰, é um importante reforço na luta por estabelecer em que termos o seu trabalho científico deve ser avaliado, dando um suporte epistemológico à ousadia da tese em um contexto de avaliação incerto.

O efeito deste discurso epistemológico, evidentemente, não cumpre um papel independente do reconhecimento científico de Schenberg. O discurso epistemológico no interior da tese e no contexto de avaliação age em conjunto com o prestígio de que Schenberg já desfrutava, o que favorece a legitimação da tese como um todo frente a uma banca com muito menos capital científico, como iremos detalhar em seguida.

A comissão examinadora da tese de Schenberg foi composta pelos professores Paulo Menezes Mendes da Rocha e Telêmaco van Langendonck, indicados pelo Conselho Universitário, e Carlo Tagliacozzo, Achille Bassi e Francisco Mendes de Oliveira Castro, indicados pelo Conselho Técnico Administrativo¹⁴¹.

Paulo Menezes Mendes da Rocha era engenheiro, professor da Escola Politécnica de São Paulo, especialista em recursos hídricos e foi diretor da Escola Politécnica de 1943 a

grandes projetos de ensino de física foram norteados por essa concepção ainda na segunda metade do século XX. Cf. HODSON, 1988.

¹⁴⁰ Cf. nota número 109.

¹⁴¹ Cf. ANUÁRIO DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS – USP, 1939/49, p. 383.

1947. Telêmaco van Langendonck também era engenheiro, e viria a se tornar professor catedrático da cadeira de Resistência dos Materiais e Estabilidade das Construções da Escola Politécnica em 1946.

Carlo Tagliacozzo era professor de mecânica aplicada na Itália (ORLANDO, 1998, p. 170). Em um documento da Câmara Municipal de São Paulo, encontra-se que Tagliacozzo teria ministrado o curso de Cálculo de Concreto Armado em 1942, na Escola Politécnica¹⁴². Segundo Lucia Wataghin, Tagliacozzo era judeu foragido no Brasil e "professor 'contratado', para dar o curso de Teoria Matemática da Eletricidade" (WATAGHIN, 1992, p. 157) em 1944¹⁴³. Pires (2006, p. 238) afirma que a contratação de Tagliacozzo, em 1944, pela FFCL, se deu por indicação do presidente Getúlio Vargas, o que talvez explique as aspas utilizadas por Lucia Wataghin.

Achille Bassi era um matemático italiano que chegou ao Brasil em 1939 para trabalhar na Faculdade de Filosofia do Rio de Janeiro (WATAGHIN, 1992, p. 164), e havia ministrando um curso de Topologia Algébrica, em São Paulo no ano de 1942. Ficou muitos anos no Brasil, tendo papel fundamental entre os anos 1950 e 1970, no Departamento de Matemática da Faculdade de Engenharia de São Carlos.

Francisco Mendes de Oliveira Castro era engenheiro formado pela Escola Politécnica do Rio de Janeiro, tendo se tornado professor catedrático da cadeira Estações Geradoras, Medidas Elétricas e Linhas de Transmissão (SILVA, 2006, p. 900). Foi assistente de Lélío Gama¹⁴⁴ e em 1939 passou a lecionar no Instituto Nacional de Tecnologia do Rio de Janeiro, trabalhando com Bernhard Gross¹⁴⁵, na Divisão de Metrologia (GROSS, 2010 [1976], p. 25).

Nenhum dos cinco componentes da comissão examinadora da tese de Schenberg pode ser considerado propriamente um representante de um regime disciplinar da física. Os dois indicados pelo Conselho Universitário, Paulo Mendes da Rocha e Telêmaco van

¹⁴² <http://www2.camara.sp.gov.br/projetos/1965/00/00/08/G5/000008G5A.PDF> (Consultado em 10/12/2014)

¹⁴³ Wataghin (1992) se refere a duas datas para a contratação de Tagliacozzo: 1942 (p. 164) e 1944 (p. 157). Não nos foi possível saber se houve um engano de sua parte ou se se trata do mesmo curso ministrado em duas ocasiões diferentes. O Anuário da FFCL de 1939/1949 só menciona sua contratação ao longo do ano de 1944. Segundo o Jornal de Notícias de 25 de abril de 1946, o mesmo curso de Teoria Matemática da Eletricidade seria ministrado no mesmo ano. http://memoria.bn.br/pdf/583138/per583138_1946_00011.pdf (consultado em 16/08/2015)

¹⁴⁴ Lélío Itapuambira Gama (1892-1981) ingressou na Escola Politécnica do Rio de Janeiro em 1912 e formou-se em 1916. Entre 1925 e 1949 foi professor da Escola Politécnica de São Paulo. Entre 1935 e 1938 foi professor de matemática na Universidade do Distrito Federal, e depois, com a Universidade do Brasil, professor de matemática até 1939. Foi diretor do Observatório Nacional entre 1951 e 1967, e diretor do Instituto de Matemática Pura e Aplicada entre 1952 e 1965.

¹⁴⁵ Bernhard Gross (1905-2002) nasceu na Alemanha e chegou ao Brasil em 1933. Em 1934 foi contratado pelo Instituto Nacional de Tecnologia, e, em 1937, pela Universidade do Distrito Federal. Teve como assistentes Costa Ribeiro e Oliveira Castro. Foi um dos fundadores do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, em 1948.

Langendonck podem ser considerados típicos expoentes da tradição politécnica. Entre os indicados pelo Conselho Técnico Administrativo, Tagliacozzo, ao que parece sua área de atuação era muito mais próxima da engenharia que da física, como nos atesta o seu livro *Concreto armado* escrito em 1943. Lucia Wataghin o coloca como um *matemático* italiano, e não como físico, embora o endereço eletrônico do IFUSP o reivindique¹⁴⁶. Achille Bassi era matemático *stricto sensu*. Oliveira Castro parece ser, entre os membros da comissão examinadora, o que teria mais parentesco com um físico, seja por seu trabalho com Gross, seja pela participação que teria no futuro Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF). Ainda assim, seria exagero afirmar que Castro era um representante típico de um regime disciplinar da física. Ele mesmo assim não se enxergava: "Eu sou um autodidata. Sou um engenheiro metido a besta" (CASTRO, 1988, p. 12). Segundo Marques (1997, p. 3) "Castro era um físico do século passado ('natural philosopher'). Conhecia física e matemática. [...] A matemática de Castro foi de auxílio à conversão de Bernardo Gross, (no INT)". Bernhard Gross, sem a intenção de diminuir a competência do amigo e colaborador – competência, aliás, que é em geral reconhecida pelos que com ele trabalharam –, afirma que Oliveira Castro era um "curioso da Física" (GROSS, 2000, p. 266), o que, se não é suficiente para o desmerecer, é suficiente para suspeitarmos que, do ponto de vista identitário, a transição de Oliveira Castro da engenharia para a física não foi completa.

Sabe-se que os membros da comissão examinadora indicados pelo Conselho Técnico Administrativo, segundo artigo 25 do decreto 13.426 de 1943, deveriam ser "professores universitários especializados na matéria ou especialista de indiscutível valor, estranhos à Faculdade"¹⁴⁷. Semanas depois da defesa da tese de Schenberg, a *mesma* composição da banca examinadora foi utilizada para avaliar a tese de cátedra de Omar Catunda¹⁴⁸, *Sobre os fundamentos da teoria dos funcionais analíticos*, para a cadeira de Análise Matemática. Assim, dados os perfis dos professores examinadores e dado o fato de que foram convocados para avaliar teses que hoje entendemos como não pertinentes à mesma especialidade, é possível inferir, de um lado, que a ideia de *especialista*, à época, era bem mais elástica do que a compreensão atual, e, de outro, que ainda em 1944 havia

¹⁴⁶ "Carlo Tagliacozzo, Antônio Monteiro e David Bohm estão entre muitos que, nessa situação [perseguição em seus países de origem], tiveram oportunidade de exercer destacada atuação científica, contribuindo tanto para o ensino como para a pesquisa em nosso País." <http://portal.if.usp.br/diretoria/pt-br/hist%C3%B3rico-0> (acesso em 15/08/2015)

¹⁴⁷ Cf. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 24 jun. 1943. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/diarios/4013793/pg-1-poder-executivo-diario-oficial-do-estado-de-sao-paulo-dosp-de-24-06-1943/pdfView>>. Acesso em 16/12/2015.

¹⁴⁸ Cf. ANUÁRIO DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS – USP, 1939/49, p. 383-4.

pouquíssimos físicos propriamente ditos fora da FFCL. A dificuldade de se encontrar especialista em física fora da FFCL deveria ser tão incontornável que Carlos Tagliacozzo, contratado pela FFCL em 1944, foi considerado um professor "estranho à faculdade" e especialista em física.

Nossa caracterização da banca avaliadora não tem por objetivo colocar em questão a capacidade técnica, a capacidade de compreensão do conteúdo da tese, mas deixar claro que se tratava de uma situação de avaliação em que não estava absolutamente garantido que os critérios de avaliação fossem pertinentes ao campo da física, que os componentes da banca tivessem o sentido do jogo propriamente científico da física, critérios que são entendidos como naturais para os nativos, para aqueles que "jogam o jogo". Neste contexto, o preâmbulo epistemológico que antecede a tese dá força à concepção de ciência que Schenberg tem interesse em fazer prevalecer na avaliação de seu trabalho, concepção de ciência esta que só é capaz de se fazer prevalecer porque age em conjunto com a assimetria entre o capital científico dos componentes da banca e o capital científico de Schenberg, cujo incremento nestes 10 anos pretendemos descrever a seguir.

6.3 A acumulação do capital científico de Schenberg entre 1934 a 1944

Como vimos anteriormente, em 1933, com 17 anos, Schenberg transfere seus estudos da Escola de Engenharia de Pernambuco para a Escola Politécnica de São Paulo, e em 1934, com a fundação da USP, ingressa na primeira turma da Seção de Matemática da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras. Também em 1934 publica seu primeiro artigo, *Os princípios de Mecânica*. Vimos também que a principal influência na formação inicial de Schenberg vem daqueles engenheiros com identidade científica, principalmente de Luís Freire.

Já em 1944, Schenberg não era mais apenas um jovem estudante recém chegado do Recife. Apesar da pouca idade, 28 anos, os dez anos que separam sua tese de cátedra do artigo publicado na Revista Polytechnica foram suficientes para que pudesse ter contato com inúmeros físicos do primeiro time da física internacional, e cujos trabalhos tiveram centralidade no século XX:

Em 1940-41 trabalhei com o prof. Gamow em Washington quando fizemos o trabalho sobre o processo URCA. Já havia trabalhado antes em Roma com Fermi, em 1938. Todo aquele ambiente de Roma foi muito estimulante. Tinha trabalhado também em Zurique com Pauli. Pauli foi uma pessoa que me marcou muito, e com quem eu tive vários contatos, em várias épocas. [...] Outra pessoa que também teve uma influência grande sobre mim foi o prof. Wheeler, de Princeton. Fora do Brasil

também conheci bastante o prof. Joliot em Paris, no tempo em que eu estudava lá, estagiando no Colégio de França em 1938 e começo de 1939. Foi aí que eu comecei a me interessar pelos problemas de Física Nuclear e de energia atômica, justamente quando trabalhava com o prof. Joliot. Era assistente dele o prof. Pontecorvo, que depois foi para a URSS. Tive depois muitos outros encontros que foram estimulantes, como o de Heisenberg. Outro físico que conheci foi Dirac, depois de ter sido muito influenciado pela leitura de seus livros e trabalhos. Fora para a Europa em 1938 para procurá-lo, mas acabei ficando em Roma com Fermi, para ter mais contato com a Física Experimental. (SCHENBERG, 2011 [1980], p. 118-119)

Trata-se de uma gama de influências e convivências muito diferente da que agia no contexto politécnico 10 anos antes. Nesse intervalo de tempo, Schenberg vai construindo uma reputação científica e se consolidando em uma excelente posição no novo projeto de produção de conhecimento científico que começava a se constituir na Universidade de São Paulo.

Já na primeira carta a Luiz Freire, escrita em 6 de maio de 1933, Schenberg mostra que estava atento ao ambiente científico paulista: "O ambiente na Polythecnica é fraco cientificamente falando. Ao que parece o homem mais notável é o Camargo [provavelmente Monteiro de Camargo], assistente do Theodoro. O Theodoro anda bastante decahído em sua cultura científica, devido a politicagem" (cf. Anexo C). A primeira avaliação que Schenberg faz a respeito de Theodoro Ramos¹⁴⁹ não o impede de procurá-lo, mesmo sem ter sido seu aluno: "[...] eu conheci o Theodoro quando era ainda estudante na Politécnica, eu fui assim espontaneamente na casa dele, não podia visitá-lo, mas **ele gostou da conversa** e tal, volta e meia eu aparecia por lá e conversava com ele, eu gostava muito dele" (SCHENBERG, 2009 [1983], p. 25, grifo nosso). Engenheiro de boa reputação na Escola Politécnica de São Paulo e bom trânsito na esfera pública (SILVA, 2006, p. 134-5), Ramos faz parte daquele grupo de engenheiros com forte identidade científica¹⁵⁰, apresentando

¹⁴⁹ Theodoro Augusto Ramos (1895-1935) ingressou na Escola Politécnica do Rio de Janeiro em 1912, formando-se em 1916. Doutorou-se em Ciências Físicas e Matemáticas no ano de 1918, com a tese *Sobre as funções de variáveis reais*. No ano seguinte, 1919, ingressa no quadro docente da Escola Politécnica de São Paulo (CASTRO, 1955, p. 68-9), onde lecionou a disciplina de Mecânica Racional e foi professor catedrático da cadeira de Vetores, Geometria Analítica, Geometria Projetiva e Aplicação à Nomografia. Ingressa na SBC em 1918 (SILVA, 1997, p. 12). Engajou-se nas discussões sobre a reforma na educação a partir da segunda metade dos anos 1920, tendo sido o presidente da III Conferência Nacional da Educação, em 1929 (SCHWARTZMAN, 1979, p. 167), e nomeado para membro do Conselho Nacional da Educação em 1931 (SILVA, 2006, p. 134). Chegou a ser, temporariamente, por 3 meses, prefeito de São Paulo em 1933. Em 1934, participa do projeto de estruturação da Universidade de São Paulo, indo à Europa para recrutar os professores da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, da qual foi o primeiro diretor.

¹⁵⁰ A identidade científica de Teodoro Ramos, ao contrário, da identidade dos professores politécnicos do Rio de Janeiro, não nos parece ter sido construída em contraposição à identidade politécnica. Segundo Silva (1997, p. 12) Ramos chegou a ser "nomeado vice-diretor da instituição [Escola Politécnica de São Paulo], cargo que não assumiu por desistir da nomeação", o que nos parece um sinal de ausência – ou, pelo menos, baixa intensidade – de conflito entre identidades. Schwartzman (1979, p. 114), no entanto, o coloca sem cerimônia como um continuador daquela "certa tradição" de "precursores", afirmando que Ramos seja "talvez o mais

alguns trabalhos com contribuições originais tanto na física¹⁵¹ quanto na matemática¹⁵², além de também ter sido membro da SBC. Esse perfil de Theodoro Ramos – bem como sua boa relação com o Júlio de Mesquita Filho, como veremos mais adiante –, explica o fato de ser ele o escolhido para procurar na Europa os professores estrangeiros da área de ciências que iriam fundar uma nova tradição de ensino e pesquisa das ciências no Brasil, e escolhido também para o cargo de diretor da FFCL, mesmo antes da faculdade existir de fato¹⁵³. O contato com Theodoro Ramos se estabeleceu antes mesmo da "missão italiana"¹⁵⁴:

[...] ele me deu uma certa orientação, porque eu estava querendo estudar Física e sobre o tipo de matemática que eu devia estudar mais, etc., conversei com ele sobre coisas de Física, etc. e eu não tive muito maior oportunidade de vê-lo, porque ele depois foi para a Europa contratar esses professores e ele tinha várias funções oficiais. Mas, durante algum tempo eu tive bom contato com ele, quando ainda era estudante de engenharia. (SCHENBERG, 2009 [1983], p. 25)

O contato com Ramos foi importante para o início da trajetória científica de Schenberg. Em dezembro do mesmo ano, já haviam discutido as ideias a respeito do artigo

expressivo discípulo de Amoroso Costa", além de fazer parte do "grupo que havia dado continuidade à tradição de Otto de Alencar". A conferência sobre Joaquim Gomes de Souza, feita em 1929 na ABC (SILVA, 1997, p.12) e o texto *Um grande luto: Manoel Amoroso Costa* publicado na Revista Brasileira de Engenharia em 1928 (BONFIM, 2013, p. 62) sugerem, de fato, esse vínculo identitário. Alves (1999, p. 339) também o considera um "engenheiro-cientista". Segundo Videira e Vieira, em parte criticando a historiografia dos "precursores", afirmam que "Ramos também é, normalmente, considerado 'pioneiro' não só do ponto de vista da física, mas também da matemática. Observe-se a preocupação dos autores escolhidos por Fernando de Azevedo [referem-se a Ribeiro (1955) e Castro 1955], que serviram de referência a uma série de trabalhos sobre história da ciência no Brasil], bem como daqueles que se seguiram, em constituir historicamente uma geração de professores e engenheiros com competência suficiente para 'lutar' pelos ideais em que acreditavam" (2010, p. 13).

¹⁵¹ Em 1923 Ramos publica na Revista *technica* o artigo *A theoria da relatividade e as raias espectrais do hydrogênio*, artigo republicado em 1929 pelos Annaes da Academia Brasileira de Sciencias (VIDEIRA, VIEIRA, 2010, p. 11). Segundo Studart, Costa e Moreira (2004, p. 35) "Em linhas gerais [...], Theodoro Ramos usou a regra da quantização de Sommerfeld para um sistema formado por um elétron em órbita em torno do núcleo, ligado à ele pela força de Coulomb, e verificou a influência da curvatura do espaço-tempo sobre o sistema. Ele reproduziu o resultado anterior de Sommerfeld para as frequências das transições eletrônicas e encontrou as contribuições, muito pequenas, provenientes da Relatividade Geral." Segundo Paty (1996, p. 165), "esse trabalho é geralmente considerado como a primeira pesquisa verdadeiramente original feita no Brasil sobre a teoria da relatividade; sem dúvida, pode-se igualmente considerá-lo como a primeira publicação, no Brasil, de um artigo de física teórica propriamente dita". Studart, Costa e Moreira (2004, p. 35) parecem fazer uma avaliação parecida a respeito desse trabalho: "Acreditamos que, se o trabalho de Theodoro Ramos tivesse sido submetido a uma revista com maior penetração internacional, ele seria citado hoje nos textos que tratam da história da Física Moderna".

¹⁵² Segundo Bonfim sua tese *Sobre as funções de variáveis reais*, apresentada em 1918, contém propostas originais em uma área da matemática recente para a época: "Destarte, em contato com o que havia de mais recente na produção matemática mundial, Theodoro em sua tese de doutoramento desenvolveu de maneira singular o teorema demonstrado por Weierstrass, contribuindo com uma demonstração distinta da apresentada por Lebesgue, principalmente no tocante ao desenvolvimento da noção de convergência simples utilizando conjunto de medida nula, independentemente, da teoria geral da medida." (BONFIM, 2013, p. 107).

¹⁵³ Cf. PETITJEAN, 1996, p. 263.

¹⁵⁴ Expressão utilizada por Schenberg para se referir à viagem à Europa, com início em Roma, feita por Theodoro Ramos para recrutar os professores da FFCL. Cf. SCHENBERG, 2009 [1983], p. 27

que seria publicado na Revista Polytechnica, como nos mostra a carta de Schenberg a Luiz Freire, escrita em 16 de dezembro de 1933:

Tinha escrito uma longa carta em expunha os resultados das investigações que realizei acerca dos Princípios da Mecânica, mas tendo conversado com Theodoro Ramos e tendo este desejado ver uma exposição por escrito do sistema a que chegara mostrei-lhe a carta e ficou de devolver-me por estes dias, logo que puder remeter-lha-hei.

Domingo tive longa palestra com o Theodoro, o que permitiu-me formar uma ideia de sua personalidade actual. O Theodoro é notabilíssimo por sua vasta cultura no campo da Mecânica e da Física Moderna, aliás tive a impressão de estar um pouco alheiado à mecânica pura e dedicar-se especialmente à física dos quanta. (cf. Anexo D)

Como se vê, em poucos meses a avaliação que Schenberg faz das qualidades de Theodoro Ramos se altera perceptivelmente.

A menção que Schenberg faz, cinquenta anos depois, ao fato de que Theodoro Ramos "gostou da conversa" não é um sinal de importância menor, já que nos ajuda a compreender as ações de um agente, quais sinais o agente leva em conta quando toma decisões e faz escolhas importantes para sua trajetória, como como nos sugere Bourdieu:

O que é percebido como importante e interessante é o que tem chances de ser reconhecido como importante e interessante pelos outros; portanto, aquilo que tem a possibilidade de fazer aparecer aquele que o produz como interessante e interessante aos olhos dos outros.

Para não correr o risco de voltar à filosofia idealista, que confere à ciência o poder de se desenvolver segundo sua lógica imanente, é preciso supor que os investimentos se organizam com referencia a uma antecipação – consciente ou inconsciente – das chances médias de lucro em função do capital acumulado. (BOURDIEU, 1983 [1976], p. 125)

A transferência para São Paulo, as conversas com Theodoro Ramos – a figura mais bem posicionada na dinâmica social do novo projeto acadêmico paulista – e a publicação na Revista Politécnica – que só em raríssimas ocasiões publica artigos de alunos –, nos parece, são sinais de que Schenberg rapidamente estava se colocando em uma boa posição, e que seu projeto científico começa a se objetivar.

Schenberg ingressa na primeira turma da FFCL em 1934, no curso de matemática, frequentando simultaneamente o curso da Escola Politécnica até 1935, quando se forma engenheiro. Em 1936 publica o artigo *Sull' interazione degli elettroni* na revista italiana *Nuovo Cimento*, periódico bastante prestigiado à época, revista oficial da Sociedade Italiana

de Física, e na qual Enrico Fermi¹⁵⁵ publicava com regularidade¹⁵⁶. O artigo feito sob a orientação de Gleb Wataghin, físico italiano trazido por Theodoro Ramos e responsável por dar início à pesquisa em Física na Universidade de São Paulo. Ucrâniano radicado na Itália, Wataghin foi formado no contexto das discussões sobre a física quântica, nos anos 1920¹⁵⁷, e, se antes de chegar ao Brasil ainda não estava no primeiro time da Física da época, é certo que já era uma figura de destaque¹⁵⁸. Veio para São Paulo em 1934, temendo o fascismo e seduzido pelo salário generoso, já que passava por dificuldades financeiras. A indicação partiu de Fermi¹⁵⁹, que havia negado o convite de Theodoro Ramos. Wataghin regressaria à Itália apenas em 1949, quando assume a direção do Instituto de Física da Universidade de Turim, até 1971 (WATAGHIN, 1992, p. 163).

Ainda em 1936, já engenheiro, mas ainda não matemático¹⁶⁰, Schenberg é contratado como preparador do curso de Física ministrado pelo professor por Wataghin na Escola

¹⁵⁵ Enrico Fermi (1901-1954) foi um dos físicos mais importantes do século XX, trabalhando no desenvolvimento da teoria quântica, física nuclear e de partículas e mecânica estatística. Ganhou, em 1938, o prêmio Nobel de física.

¹⁵⁶ Em uma publicação comemorativa do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, Gil da Costa Marques celebra esta publicação de Schenberg: "Em que pese o risco de estar equivocado, o primeiro trabalho teórico de um pesquisador brasileiro a ser publicado em uma revista de impacto, em revista internacional indexada, foi o de Mario Schenberg em 1936. Esse trabalho foi publicado na revista *Il Nuovo Cimento*, que naquela época era uma revista de muito prestígio. Mario Schenberg publicou um trabalho como único autor, numa área denominada hoje de Eletrodinâmica Quântica. A equação de Dirac era pouco conhecida. Nesse trabalho ele considera o acoplamento do campo de Dirac a um campo eletromagnético clássico. Esse foi, sem dúvida, um grande feito do ponto de vista da pesquisa brasileira. Tínhamos, enfim, um físico teórico brasileiro publicando de maneira independente e com regularidade." (MARQUES, 2005, p. 25). Há provavelmente um pouco de exagero aqui. Sabemos, por exemplo, que Henrique Morize, já em 1898, publicou um estudo sobre Raios X no *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*.

¹⁵⁷ Cf. WATAGHIN, 2010 [1975].

¹⁵⁸ "Wataghin nasceu em Odessa, União Soviética [Ucrânia], em 1899, tendo completado seu curso secundário em 1918. Filho de engenheiro e oficial do exército czarista, saiu da União Soviética para a Itália, com a família, em 1919. [...] Em 1922 tornou-se doutor em física pela Universidade de Turim, sendo contratado como assistente da Escola Politécnica dessa Universidade em 1924, depois de ter demonstrado sua capacidade de trabalho na área de mecânica estatística. Em 1927 assistiu à Conferência Internacional de Como, onde entrou em contato com a elite da física da época: Niels Bohr, Heisenberg, Puli, Dirac, Fermi, Schrödinger, Oscar Klein, Rasetti. Em 1930, publicou artigo no *Zeitschrift für Physik*, onde sugeria a existência de um comprimento de onda mínimo fundamental nos choques entre partículas no qual deveriam agir outros tipos de forças nucleares, ideia que foi discutida no Congresso Solvay daquele ano, e sobre a qual manteve correspondência com Enrico Fermi. A partir de 1931, iniciou estudos sobre raios cósmicos, linha de trabalho iniciada em 1921 por Millikan, nos Estados Unidos, e continuada por Arthur Compton, como parte das pesquisas relativas a partículas subatômicas e de altas energias. Em 1933, Wataghin viajou pela Europa, passando alguns meses com Lord Rutherford em Cambridge e algumas semana em Copenhague, com Bohr, experiências que marcariam fortemente sua vida de cientista." (SCHWARTZMAN, 1979, p. 252)

¹⁵⁹ "E o Fermi disse: 'Olha, em Turim, existe Wataghin. Experimente perguntar se ele vem'. E me fez saber dessa indicação indiretamente. Me escreveram; eu disse não. 'Não conheço o Brasil, começo agora a trabalhar...' Já começava a trabalhar cientificamente. 'Não vou mudar'. Depois chegaram insistências, até que o Teodoro Ramos me convidou para Roma. Fomos a um célebre restaurante de Roma – em via de la Scrofa, o porco fêmea – onde o macarrão se dava com colher e garfo de ouro puro. Parecia que devia resultar melhor, mas não era melhor, era só para enfeitar (WATAGHIN, 2010 [1975], p. 25).

¹⁶⁰ A importância de Wataghin no início da carreira de Schenberg foi o fator que o fez migrar da órbita da Matemática para a da Física. Essa influencia é resultado de um acaso: Fantappiè, o professor italiano

Politécnica, cargo que abandonou no ano seguinte, quando Getúlio Vargas proibiu a acumulação de cargos públicos¹⁶¹. Ainda em 1936, Schenberg participa, ao lado dos professores da FFCL, dos Seminários e Matemáticos e Científicos, apresentando 3 trabalhos¹⁶²: *Interpretação Física das Características das Equações de Derivadas Parciais*, *Nova Teoria do Campo Electromagnético e Interação entre Elétrons*. Esses trabalhos demonstram que, muito cedo, antes mesmo de formado matemático, Schenberg já tinha bastante trânsito entre os professores, e, principalmente, começa a conquistar a confiança do professor Gleb Wataghin.

Já em 1937 Schenberg é nomeado por Wataghin assistente científico de "primeira categoria" da Cadeira de Física Matemática¹⁶³, junto com Giuseppe Occhialinni¹⁶⁴, que chega no início de 1938. Se considerarmos que os professores assistentes são os que têm por missão substituir os professores estrangeiros quando eles regressassem¹⁶⁵, é possível ver que o capital científico de Schenberg já tinha um certo volume nessa data.

Em 1938, Wataghin faz com que Schenberg vá à Europa aperfeiçoar seus estudos. Schenberg partiu para Roma com Occhialini, e lá se encontrou com Wataghin, que passava um curto período na Itália, e que tratou de apresentar Schenberg a Fermi. O plano inicial era trabalhar com Paul Dirac¹⁶⁶, mas, ao que parece, Fermi ficou bastante entusiasmado com Schenberg, e o convenceu a ficar na Itália. Wataghin nos conta que:

Naquela época voltou Mário Schenberg, que em 36 [Wataghin deve ter se equivocado nesta data] foi para a Europa e ficou com Fermi. Schenberg fez o primeiro trabalho sobre a representação das funções... quase funções delta de Dirac, por meio de integrais *stieltjes*. Mande este trabalho a Dirac, e Dirac disse:

responsável pela matemática da FFCL era fascista. Schenberg era descendente de judeus e comunista. Incompatibilidade absoluta: "No primeiro momento ele se inscreveu para Engenharia, porque diz que Engenharia garantia um futuro. Mas tendo frequentado nossas aulas, disse: 'Não, tenho que fazer ciência'. Ele veio falar comigo e eu disse: 'O senhor tem muito talento para Matemática. Experimente falar com Fantappié'. Ele era mais moço do que eu, mas era o melhor matemático dos moços da Itália. Muito bem, tinha um grande defeito: era fascista. Ele soube que Mário era israelita e comunista, e disse: 'Não. Vai com Wataghin'" (WATAGHIN, 2010 [1975], p. 28)

¹⁶¹ Em 1937 baixou-se o decreto da "desacumulação", segundo o qual ninguém poderia ter mais de um emprego público. Essa norma visava a racionalização do serviço público em geral, evitando o "cabide de empregos", mas no contexto de pouca profissionalização científica, impediu que os cientistas pudessem transitar com mais liberdade entre as instituições de pesquisa e as instituições de ensino, em particular no que se refere às ciências aplicadas. cf. (SCHWARTZMAN, 1979, p. 181-8). Como Schenberg, em 1937, estava como preparador na Escola Politécnica e assistente na FFCL, foi obrigado a fazer uma opção.

¹⁶² Cf. ANUÁRIO DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS – USP, 1936, p. 92.

¹⁶³ Cf. ANUÁRIO DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS – USP, 1937-1938, p. 116.

¹⁶⁴ Giuseppe Occhialini (1907-1993) chega ao Brasil em 1937, fugindo da Itália fascista, a convite de Wataghin. Figura importante nos anos iniciais da pesquisa física no Brasil, fez parte do grupo que veio a descobrir o *méson pi*, junto com César Lattes.

¹⁶⁵ Cf. ANUÁRIO DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS – USP, 1937-1938, p. 153.

¹⁶⁶ Físico teórico inglês, Paul Dirac (1902-1984) trouxe contribuições fundamentais na formulação da mecânica quântica. Em 1933 divide o prêmio Nobel de física com Erwin Schrödinger.

“Me mande este senhor, eu o convido para Cambridge”. Fomos juntos. Paramos em Roma; eu apresentei Mário Schenberg ao Enrico Fermi. Enrico Fermi disse: “Eu não o deixo sair”. Insistiu muito, Fermi, que mudasse de opinião; em vez de Dirac, ficasse com Fermi. E Schenberg fez isso. Passou um ano lá e outro ano com Pauli, penso em Genebra. Depois, em 38, voltou, fez mais um magnífico trabalho sobre raios cósmicos, teóricos. (WATAGHIN, 2010 [1975], p. 14)

Após sua estadia na Itália, Schenberg vai a Zurique, onde estagia com Wolfgang Pauli¹⁶⁷, Em seguida vai a Paris e trabalha com Bruno Pontecorvo¹⁶⁸, Frederic Joliot-Curie¹⁶⁹, Paul Langevin¹⁷⁰ (HAMBURGER, 1984, p.67).

Ao que parece, a admiração que seus pares europeus tiveram por Schenberg fez crescer também a confiança nutrida por Wataghin:

E Mário ficou um ano em Roma e mais um ano com Pauli, antes em Berne. Não. Em Genebra, e depois em Paris. Aí foi visitar Dirac, naturalmente. Conversou, mas esteve com os melhores professores da época, salvo Heisenberg: Fermi, Pauli e um pouco com Dirac. Voltou para o Brasil transformado. Recebeu do ambiente, porque tinha muito ambiente, muito intercâmbio, o que eu não podia dar a ele sozinho. E aí começamos a trabalhar juntos. Aí eu recebi um colaborador sério. (WATAGHIN, 2010 [1975], p. 29)

As viagens de Schenberg, além de significarem um aporte em seu capital científico, inauguram um novo período na formação dos físicos de primeira linha em São Paulo, já que Wataghin começa a se esforçar para mandar os novos físicos para trabalhar em centros de física fora do país.

Na mesma época, decidi que a melhor coisa para o Brasil era formar aquele pouco que eu podia dar e depois mandar logo embora. Então eu estava em boas relações com representantes do chamado *British Council*, que se ocupava de bolsas de estudo. E pedi ao *British Council* para dar uma bolsa a Marcello Damy, para Cambridge. Ele foi lá, perguntaram a ele com quem queria trabalhar. Com Dirac não podia, porque não era teórico. Ele escolheu um dos melhores experimentais da época, um certo Carmichel. (WATAGHIN, 2010 [1975], p. 29)

Schenberg volta ao Brasil em 1939, mesmo ano em que conhece George Gamow, astrofísico que cumpriria um papel fundamental na formulação da teoria do Bing Bang e que

¹⁶⁷ Wolfgang Pauli (1900-1953) foi um físico austríaco, que trabalhou também no desenvolvimento da mecânica quântica, recebendo o prêmio Nobel em 1945 pelo seu "Princípio da Exclusão.

¹⁶⁸ Físico italiano, assistente de Fermi, Pontecorvo foi autor de vários estudos a respeito dos neutrinos.

¹⁶⁹ Frederic Joliot-Curie, foi um físico francês. Junto com sua esposa Irene Joliot-Curie, ganham o prêmio Nobel de química em 1935, pela demonstração da existência do nêutron e pela descoberta a radioatividade artificial.

¹⁷⁰ Paul Langevin (1872-1946) foi um físico francês, professor de física do Collège de France a partir de 1904 e, a partir de 1926, diretor da École de Physique et Chimie. Foi presidente de duas edições do Congresso de Solvay, em 1930 e 1933.

estava no Brasil à ocasião, a convite de Wataghin. No ano seguinte, Schenberg recebe uma bolsa da Fundação Guggenheim (SCHENBERG, 2010[1978], p. 10), e vai a Washington trabalhar com Gamow. Publicam juntos, na *Physical Review*, dois trabalhos sobre evolução estelar: a nota *The possible role of neutrinos in stellar evolution* (1940) e o artigo *Neutrino theory of stellar collapse* (1941).

Esses trabalhos procuram mostrar como se dá o processo de explosão de supernovas. Sob determinadas condições, um núcleo de número atômico Z captura um elétron, se transformando em um núcleo de número atômico $Z-1$, ou seja, um próton deste núcleo, ao capturar o elétron, é transformado em um nêutron, emitindo um neutrino. Em seguida o núcleo $Z-1$ formado na reação anterior sofre decaimento beta, retornando ao seu número atômico original, com um nêutron se transformando em um próton, liberando um elétron e um antineutrino. Assim, devido à liberação de neutrino e antineutrino, retira-se energia do meio sem alteração na composição química do núcleo. Como o neutrino praticamente não interage, ele rouba a energia das estrelas. Com o núcleo das estrelas perdendo energia, ele esfria e tem sua pressão diminuída, não sendo capaz de se contrapor à atração gravitacional das camadas superiores da estrela, que colapsam e, em seguida, ricocheteiam e escapam na explosão da supernova.

Segundo alguns depoimentos, foi Schenberg que chamou atenção para o fato de que os trabalhos anteriores não levavam em consideração a existência do neutrino, partícula recém proposta à época. Essa teoria, que foi considerada como comprovada experimentalmente em 1987, na explosão da supernova 1987A, é hoje a base de todas as investigações sobre supernovas¹⁷¹.

Sobre esses trabalhos com Gamow, Schenberg nos conta que:

Dos trabalhos que eu fiz provavelmente o que teve maior repercussão foi o do processo URCA. Eu havia conhecido o prof. Gamow aqui no Brasil, e ele então me convidara para ir aos Estados Unidos. [...] Ele já estava interessado no problema das Supernovas. [...] Quando cheguei em Washington, Gamow queria ver se conseguia elucidar o problema das Supernovas. Já se tinha uma certa ideia de que era um processo de colapso. Mas o que produziria esse colapso? Então ele pediu que eu lesse uns estudos de Mecânica Estatística relacionados com processos em altas temperaturas que haviam sido feito alguns anos antes. Ideias sobre Supernovas, sobre possibilidade de colapso, etc., estavam no ar, mas ninguém tinha ligado essas coisas com o neutrino. [...] Então, quando cheguei aos Estados Unidos e fui estudar aqueles cálculos de Mecânica Estatística, vi que eles não levavam em conta a existência dos neutrinos. Isso ocorrera poucos dias depois de ter chegado a Washington. Eu li logo o trabalho e disse ao Gamow: “Olha Gamow, as conclusões desse trabalho do alemão não se justificam, porque ele não leva em conta a existência do neutrino”. Quando eu falei isso, o Gamow até pôs a mão na

¹⁷¹ Cf. (GRIB; NOVELLO, 2000)

cabeça. “Pronto, tá o X da questão”, disse. O que estava faltando e que podia dar o colapso, era exatamente o neutrino. (SCHENBERG, 2011 [1980], p. 119)

Em 1942, Schenberg vai trabalhar com Subrahmanyan Chandrasekhar, que posteriormente receberia o Nobel de Física. Publicam juntos o artigo *On the evolution of the main sequence stars*, no *Astrophysical Journal*. Neste artigo, em que Schenberg aparece como primeiro autor, chegam à conclusão de que uma estrela que está na sequência principal – ou seja, uma estrela que está transformando hidrogênio e em hélio por meio de reações nucleares –, sai da sequência principal quando algo em torno de 10% da massa de hidrogênio for transformada em hélio. Quando se atinge esse limite, conhecido como limite Schönberg¹⁷²-Chandrasekhar, a pressão gerada pela queima do hidrogênio não será mais capaz de se contrapor ao colapso gravitacional das camadas externas ao núcleo¹⁷³, levando a outros estágios fora da sequência principal.

Sobre este trabalho, Schenberg comenta:

Um outro trabalho meu que teve uma importância e um reconhecimento muito grande, foi um trabalho que eu fiz, também nos Estados Unidos, junto com Chandrasekhar em que foi introduzido o “limite de Schönberg-Chandrasekhar”. Ele tem a ver com o seguinte problema: o que aconteceria com o Sol quando fosse queimado todo o hidrogênio em seu centro pela reação nuclear? Iria se formando um núcleo isotérmico, e a surpresa foi que esse núcleo isotérmico não poderia exceder de 10% do Sol. Esse é o chamado limite de Schönberg-Chandrasekhar, que ficou uma coisa muito importante na astrofísica. Realmente eu fui muito afortunado em astrofísica. (SCHENBERG, 2011 [1980], p.123)

Segundo Chandrasekhar, a participação de Schenberg nesse trabalho foi determinante:

[Mario Schenberg] veio a Chicago e começou a trabalhar comigo [...]. Fez o trabalho muito bem, trabalho que, mais tarde, tornou-se bastante conhecido. Ele tinha trabalhado com Gamow, em evolução estelar, já tinham feito o trabalho sobre o processo Urca, pelo qual os neutrinos carregam energia para fora das estrelas. [...] Mas meu tempo estava dividido em consequência do trabalho no esforço de guerra... Mario ficou em Chicago por seis meses, em que eu estava apenas parcialmente em Yerkes e não pude vê-lo muito. Mesmo assim ele continuou e terminou o trabalho... o último trabalho que fiz nessa área. [...] De fato, esse trabalho veio a se tornar ponto de partida de todos os trabalhos

¹⁷² Schenberg assinava seus artigos científicos, mesmo os publicados no Brasil, como Mario Schönberg. Não conhecemos nenhum comentário de Schenberg a respeito do propósito dessa escolha, mas supomos que Schenberg acreditava que um ar estrangeirado ao sobrenome pudesse aumentar sua visibilidade no exterior, uma dificuldade muitas vezes apontada por cientistas de países periféricos. De todo modo, a escolha de Schenberg é um indício de que estava mais ou menos atento à importância de alguns sinais pessoais na construção de sua carreira científica.

¹⁷³ Cf. (MORAIS, 1955, p. 152-3)

posteriores em evolução estelar (CHANDRASEKHAR¹⁷⁴ apud HAMBURGER, 2009, p. xxv)

Após a publicação desses três artigos em astrofísica, Schenberg retorna ao Brasil, em 1942, para participar do concurso para professor catedrático na Universidade de São Paulo. (CARVALHO; COSTA, 1998, p. 97). O concurso, em realidade, só ocorreria em 1944¹⁷⁵. Assim, em 1942, após o retorno, torna-se Professor Assistente de Física Superior da FFCL, e só em 1944 vira o primeiro professor catedrático formado pela FFCL¹⁷⁶. Como já afirmamos, o professor catedrático era o mais alto cargo de um professor na hierarquia universitária¹⁷⁷, o que mostra que, em 10 anos, Mario Schenberg conseguiu uma posição acadêmica de bastante destaque e um trabalho científico próprio bem razoável, com publicações em periódicos internacionais como *Physical Review*, *The Astronomical Journal*, *Comptes Rendus*, *Physica*, *Nuovo Cimento*, etc. Na tabela abaixo, mostramos a quantidade de artigos publicados por Schenberg entre 1936 e 1946. No Apêndice B, ao final desta dissertação sintetizamos alguns dados (título, anos de publicação, parágrafo de abertura, tema do artigo e autores citados) de cada um dos artigos.

Tabela 1: Número de artigos publicados entre 1936 e 1946

ANO	Artigos internacionais	Artigos nacionais	Total de artigos
1936	1	0	1
1937	3	1	4
1938	3	0	3
1939	2	4	6
1940	2	4	6
1941	4	2	6
1942	1	0	1
1943	0	1	1
1944	0	3	3
1945	3	4	7
1946	1	4	5
Total	20	23	43

¹⁷⁴ Entrevista gravada concedida a Rogério Rosenfeld, 1989, então doutorando brasileiro na Universidade de Chicago. Cf. (HAMBURGER, 2009, p. xli)

¹⁷⁵ "Em 1942, se ficasse nos Estados Unidos teria que me alistar. Fui convidado para ficar trabalhando na Universidade de Chicago. Acho que foi um erro voltar para o Brasil naquele momento. Voltei para fazer o concurso e, como demorou até 1944, fui ficando no Brasil" (SCHENBERG apud CARVALHO; COSTA, 1998, p. 97)

¹⁷⁶ A FFCL só fez um regimento de concurso de cátedra em 1943.

¹⁷⁷ Gil da Costa Marques afirma que ser catedrático era mais importante do que ser chefe de departamento, por exemplo: "Até 1969 a estrutura de poder na Universidade era centrada na figura do todo poderoso Catedrático. A Cátedra era a base da estrutura de poder da Universidade nos seus primórdios. Sua criação era a conta-gotas [...] Na estrutura de Cátedra, ser chefe de Departamento não implicava muito poder, a começar pelo fato de o Departamento não ter orçamento. Não dispunha, portanto, de qualquer autonomia. De acordo com Shiguo Watanabe, ocupar uma chefia não era objeto de disputas" (MARQUES, 2005, p. 45)

Apesar da repercussão dos artigos de Astrofísica, não se pode dizer que foi nessa área que Schenberg concentrou sua atenção durante esta década. Na tabela abaixo, mostramos quais temas foram explorados por Schenberg entre 1936 e 1946.

Tabela 3: Distribuição dos temas tratados por Schenberg entre 1936 e 1946¹⁷⁸

ANO	MQ	MAT	RC	AST	MC	TEP
1936	1					
1937	2	2				
1938	2		1			
1939	4		1		1	
1940	1		3	1	1	
1941	2	2		1		
1942				1		
1943		1				
1944					2	1
1945					3	4
1946						5

Legenda:

MQ - temas cuja problemática se associa predominantemente a questões gerais da *mecânica quântica*.

MAT - temas cuja discussão é mais ligada à *matemática*, não se associando imediatamente a questões físicas.

RC - Temas associados a investigação sobre *raios cósmicos*.

AST - Temas associados a investigação sobre *astrofísica*.

MC - Temas ou tratamento matemáticos predominantemente associados à *mecânica clássica*.

TEP - Investigação sobre a *teoria do elétron puntiforme*.

Entre 1936 a 1941 há um predomínio de artigos relacionados aos aspectos matemáticos mais gerais da mecânica quântica, com bastante diálogo com a obra de Paul Dirac. Entre 1938 e 1940 Schenberg publica 4 trabalhos sobre raios cósmicos, sendo que dois deles têm como primeiro autor Giuseppe Occhialini. Os artigos ligados à astrofísica, apesar de terem tido bastante repercussão, são relativamente marginais em relação à produção teórica de Schenberg neste período, e se reduzem aos que foram escritos com Gamow e Chandrasekhar.

É interessante notar que há uma relativa facilidade com que Schenberg alterna os temas pesquisa, o que indica uma situação de fraca concorrência. De fato, à época, havia um número bastante pequeno de físicos formados pelas novas universidades. Para se ter uma ideia, no ano de 1937 a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) da Universidade de São Paulo oferecia 9 cursos (Filosofia, Ciências Matemáticas, Ciências Físicas, Ciências Químicas, Ciências Naturais, Geografia e História, Letras Clássicas e Português, e Línguas

¹⁷⁸ Não é possível estabelecer fronteiras absolutamente claras nos temas dos trabalhos. É evidente, por exemplo, que separar os temas ligados à mecânica quântica (MQ) dos temas ligados à matemática (MAT), é algo bastante artificial e questionável. No entanto procuramos classificar os temas de modo tentar entender o sentido dos investimentos científicos de Schenberg ao longo de pouco mais de uma década.

Estrangeiras), e tinha 286 alunos matriculados, mas apenas 6 alunos matriculados no curso de Ciências Físicas¹⁷⁹. Muitos alunos vieram após serem convencidos a largar a Escola Politécnica. A Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, por exemplo, até o concurso de cátedra de Schenberg, havia formado, segundo Marques (2005, p. 178), apenas 25 físicos em quase 10 anos. Destes, a maioria era ainda iniciante. Se tal é o quadro na FFCL, relativamente resguardada das peripécias do ensino superior no governo Vargas, é de se esperar algo ainda mais incipiente no resto do país¹⁸⁰. Tal quadro ilumina a dificuldade de se encontrar "professores universitários especializados na matéria ou especialista de indiscutível valor, estranhos à Faculdade", como impunha o decreto que normatizava o concurso de cátedra, e, de passagem, explica a assimetria entre o capital científico de Schenberg e o capital científico do componentes da banca.

Outro ponto interessante a respeito dos temas pesquisados por Schenberg reside no fato de que entre 1944 e 1946 predominam os artigos vinculados a alguns aspectos matemáticos da mecânica clássica e à investigação sobre a teoria do elétron puntiforme. Ao que parece, portanto, a exigência de que a tese de cátedra versasse sobre mecânica clássica e contivesse algum aspecto original fez com que a produção teórica de Schenberg tomasse um novo rumo. Em alguns artigos dessa época, inclusive, Schenberg desenvolve explicitamente temas de sua tese¹⁸¹.

As tabelas acima nos mostram, para além do volume de produção, temas de pesquisa típicos de um regime disciplinar de produção e circulação do conhecimento científico, algo impensável dez anos antes, quando a física não passava de um anexo de pouca importância das escolas de engenharia. Outro ponto interessante a se notar é que dos 23 artigos publicados no Brasil, 21 foram publicados pelos anais da Academia Brasileira de Ciências, o que nos mostra a importância dessa agremiação mesmo depois da fundação das universidades.

¹⁷⁹ Cf. ANUÁRIO DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS – USP, 1937-1938, p. 150.

¹⁸⁰ A única universidade com uma proposta similar à da Universidade de São Paulo era a Universidade do Distrito Federal, criada em 1935, no Rio de Janeiro, onde trabalharam Lélío Gama, Oliveira Castro, Bernhard Gross e Costa Ribeiro. No entanto, já no ano de sua fundação, as tensões políticas no plano nacional se faziam refletir no interior da vida universitária. Segundo Simon Schwartzman "na reação conservadora à Intentona Comunista de 1935, o governo decretou intervenção do Distrito Federal, e Anísio Teixeira, idealizador da Universidade e seu reitor interino até a nomeação de Júlio Afrânio Peixoto, foi afastado da secretaria de Educação, o que levou vários professores da Universidade a desacreditarem na possibilidade de que o projeto fosse adiante, abandonando-a" (SCHWARTZMAN, 1979, p. 178). Em 1939 a UDF é fechada, e o trabalho é continuado pela Faculdade Nacional de Filosofia que, no entanto, "não herdou o clima de pioneirismo da UDF, ainda que continuasse a dar lugar ao trabalho de alguns pesquisadores mais notáveis, como Costa Ribeiro, na área de Física." (SCHWARTZMAN, 1979, p. 180).

¹⁸¹ Artigos *Sobre um princípio variacional da dinâmica* I e II e *Condições para a existência de um potencial* I e II (estes últimos tendo como segundo autor Walter Schutzer). cf. artigos 30 a 33 do Apêndice B.

Se não resta dúvida que, em 10 anos, Schenberg já tinha construído uma obra científica bem expressiva para o contexto brasileiro, por outro lado não foi Schenberg que construiu as condições que permitiram a construção de sua obra e de seu capital científico. Na seção seguinte vamos mostrar a importância da figura de Gleb Wataghin para o início do processo de constituição do campo da física em São Paulo.

6.4 Wataghin na FFCL e a subversão da hierarquia dos valores científicos

O capital científico de Schenberg deve bastante ao capital científico de Wataghin. De 1934 a 1944 a legitimação da produção de conhecimento físico disciplinar em São Paulo foi paulatinamente ganhando autonomia em relação à Escola Politécnica, sob a chancela do professor estrangeiro Gleb Wataghin, que poderia voltar para o seu país a qualquer momento.

A fundação da Faculdade de Filosofia Ciência e Letras e a vinda dos professores estrangeiros de ciências acarretou uma subversão da hierarquia dos valores científicos dominantes na República Velha, realizando alguns ideais pelos quais lutavam aqueles que se congregavam na Academia Brasileira de Ciências.

A FFCL foi idealizada para ser o lugar dos "altos estudos e [d]a cultura livre e desinteressada, expressando a função superior, a da formação capaz de ver a sociedade sob o prisma do 'interesse geral'" (CARDODO, 1982, p. 123), concebida para ser a "*celula mater*"¹⁸² da Universidade de São Paulo, universidade criada sob a ditadura de Vargas, que havia nomeado Armando de Salles Oliveira a interventor federal em São Paulo no segundo semestre de 1933. Armando Salles de Oliveira era desde 1914 acionista do jornal *O Estado de S. Paulo*, jornal com participação de primeiro plano na política paulista da época, e que reunia ideologicamente ao seu redor um conjunto de intelectuais e políticos, que se denominavam como o "grupo do *Estado*" (CARDODO, 1982, p. 27).

Desde 1925, Júlio de Mesquita Filho, herdeiro do jornal e seu diretor a partir de 1927, defende a criação de uma universidade em São Paulo (CARDODO, 1982, p. 22). Em 1926 o jornal realiza o *Inquérito sobre a Instrução Pública em São Paulo*, sob a orientação de Fernando de Azevedo (CARDODO, 1982, p. 27), que participou da redação do jornal

¹⁸² Segundo Schwartzman (1979, p. 197), a Universidade de São Paulo foi planejada como "uma universidade que não seria simplesmente uma agregação de escolas profissionais superiores; cujo eixo central ou *celula mater* seria uma Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, onde seria promovida a pesquisa em tempo integral, contribuindo para um conhecimento universal, puro e desinteressado, ficando a aplicação da ciência para as escolas profissionais".

entre 1923 e 1926. O inquérito é norteado pela preocupação em se formular uma política de educação capaz de formar as massas e, principalmente, uma "elite orientadora" da vida pública (CARDODO, 1982, p. 28-9). Azevedo defende que a universidade seria o instrumento para a realização de tal tarefa, produzindo e transmitindo conhecimentos científicos e formando professores (CARDODO, 1982, p. 31).

Para o "grupo do *Estado*", São Paulo tinha uma verdadeira missão em relação ao país, que remete aos bandeirantes¹⁸³, e a criação de uma universidade seria o meio de possibilitaria o "imperialismo benéfico de São Paulo", nos termos de Júlio de Mesquita Filho (CARDODO, 1982, p. 39)

Segundo Cardoso,

o 'grupo de *Estado*' tinha um projeto de hegemonia cultural e política, contido no projeto de Universidade e do sistema educacional como um todo [...]. Neste projeto a Universidade aparece como o núcleo fundamental, na medida em que, sendo o centro de formação e reprodução das elites dirigentes, o seu controle permitiria, em termos de concepção de mundo, a formação daquelas elites. Nesta medida, o controle da Universidade aparece, para o 'grupo do Estado', como condição do exercício da hegemonia cultural e política (CARDOSO, 1982, p. 52).

Dado o afastamento do "grupo do *Estado*" em relação ao aparelho do Estado nos anos 1920 e início dos anos 1930 (o "grupo do *Estado*" se opunha a Washington Luís e ao Partido Republicano Paulista, e, depois de um apoio inicial, rompe com Vargas, só conseguindo se entender de maneira um pouco mais duradoura governo central após o fracasso do movimento armado que ficou conhecido como a *Revolução constitucionalista de 1932*), a fundação da "sua" universidade teve de esperar até a nomeação de Armando de Salles Oliveira, à ocasião diretor d'*O Estado de São Paulo*.

Neste novo contexto, com o "grupo do *Estado*" à frente do governo de São Paulo, Júlio de Mesquita Filho toma a dianteira da estruturação da USP, e pede a Fernando de Azevedo que escreva o decreto de sua criação (SCHWARTZMAN, 1979, p. 202), publicado em janeiro de 1934. Segundo Azevedo, Júlio de Mesquita Filho e ele propuseram a Armando de Salles de Oliveira o recrutamento de professores estrangeiros para a FFCL, dada a escassez de professores "capazes, por seu espírito e suas técnicas de pesquisa, de

¹⁸³ No discurso de paraninfo proferido em 1937 aos primeiros formandos da FFCL, Júlio de Mesquita Filho afirma: "[...] vereis que ao paulista de hoje o destino cometeu uma única tarefa: a de completar a obra iniciada pelo paulista do ciclo da penetração. Porque, senhores, o Brasil nada mais é do que um problema posto pelas Bandeiras; e, ou nós paulistas de hoje e de amanhã o resolvemos, ou teremos irremediavelmente falido na missão que nos legaram os nossos antepassados (MESQUITA FILHO apud SCHWARTZMAN, 1979, p. 196). Em MESQUITA FILHO, Julio de. *Política e cultura*. São Paulo: Livraria Martins Editora, 1969.

concorrer para o progresso das ciências" (AZEVEDO¹⁸⁴ apud SCHWARTZMAN, 1979, p. 202). A "missão" para o recrutamento dos professores seria levada a cabo por Júlio de Mesquita Filho, mas uma campanha eleitoral o retém no país (PETITJEAN, 1993, p. 263), e Theodoro Ramos, já nomeado diretor da futura FFCL o substitui.

Ramos chega a Roma em março de 1934, onde "visita os laboratórios, encontra os universitários, é recebido por Mussolini e pelo ministro dos Assuntos Estrangeiros" (PETITJEAN, 1993, p. 263), e obtém como resultado a vinda de Gleb Wataghin, Luigi Fantappiè (matemática) e Ettore Onorato (mineralogia e geologia), além de um professor para língua e literatura italiana. Em abril, Theodoro Ramos chega a Paris, onde consegue os professores de geografia, sociologia, história, literatura francesa, literatura greco-latina, filosofia e psicologia. Em seguida Ramos parte para a Alemanha, onde recruta os professores de química, botânica e zoologia.

A vinda dos professores italianos de física (Wataghin) e matemática (Luigi Fantappiè) em 1934 altera o jogo de forças do contexto científico brasileiro. Esses professores chegam a São Paulo com muito prestígio e, já ao chegarem, tomam o lugar dos politécnicos nas cadeiras de física e matemática da Escola Politécnica, gerando forte animosidade entre a escola de engenharia e a FFCL¹⁸⁵. A autoridade científica dos politécnicos é fortemente abalada, e os novos professores começam a disputar alunos: "Na escola Politécnica, onde dei aula, tratei de dizer aos alunos que não era possível fazer várias coisas ao mesmo tempo. Foi então que vários deles largaram os cursos de engenharia e se dedicaram à física" (WATAGHIN, 2010 [1975], p. 39). Como se pode depreender da fala de Wataghin muitos anos depois, é de se imaginar o quanto os professores italianos deslegitimaram a autoridade dos professores de Física da Escola Politécnica:

¹⁸⁴ AZEVEDO, Fernando de. *História da minha vida*. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora, 1971.

¹⁸⁵ Após a criação da USP, o diretor da Escola Politécnica, Francisco Emídio da Fonseca Telles, que havia sido escolhido pelo Conselho Universitário, e não pela Congregação da Escola Politécnica, coloca Luigi Fantappiè, da FFCL, no lugar de Monteiro de Camargo (recém catedrático), despertando a ira a Congregação da Escola Politécnica. Theodoro Ramos, então membro do Conselho Universitário, apoia Fonseca Telles. (cf. MARAFON, 2009, p. 303-6). Em depoimento, Schenberg também destaca a especificidade do momento: "Bom aí havia uma situação anômala nesse tempo né. É que tinha havido o concurso de matemática, de análises matemáticas [...]. Foi exatamente o concurso que ganhou o Professor Camargo e do curso de Física geral e experimental e o Cintra do Prado ganhou o concurso, mas na realidade, não sei porque, eles tinham direito de tomar posse, mas não sei porque não foram nomeados [...]. Eu não me lembro exatamente, qual foi o problema, de modo que os cursos de Matemática e de Física, mesmo na Escola de Engenharia, ficaram sendo dados pelos professores italianos que tinham vindo de fora." (SCHENBERG, 2009 [1983], p. 13). Segundo Damy, Wataghin não substituiu Cintra do Prado: "Em 1934, quando foi criada a Faculdade de Filosofia, havia o problema de se dar alunos aos professores estrangeiros que haviam sido contratados. O que se fez? Os professores brasileiros da Politécnica foram dispensados. Wataghin, substituiu o professor Gayotto e Fantappiè, o professor Monteiro de Camargo. (DAMY, 1994, p. 80)

Estava interessado em um problema, o de Radiações Cósmicas, de energias muito elevadas de milhões e milhões de volts. Pedi aos colegas da Politécnica que me emprestassem técnicos para construir a parte mecânica. Eram pessoas não muito instruídas, que não sabiam a diferença entre um aparelho de rádio e um aparelho de mensuração."(WATAGHIN, 2010 [1975], p. 40)

E ainda: "[...] eu não podia falar com ninguém, porque não tinha uma pessoa que soubesse Física como deveria saber para fazer pesquisa. Mas logo na primeira turma encontrei duas pessoas que prometiam muito: eram Mário Schenberg e Marcello Damy de Souza Santos". (WATAGHIN, 2010 [1975], p. 28)

Wataghin prefere investir no trabalho com alguns alunos a investir numa parceria com os professores da Escola Politécnica, muito mais experientes. É possível perceber que eram interesses inconciliáveis. A física ensinada por Wataghin é uma ruptura com a do estilo politécnico. Para se ter uma ideia da diferença na formação do corpo docente da seção de física da FFCL de 1934/1935, além de Wataghin, constam os professores Theodoro Ramos, Cintra do Prado e Antonio Soares Romeo. Enquanto Wataghin já contava com 60 trabalhos publicados, os demais, vindos da tradição politécnica, tinham quase nenhuma publicação¹⁸⁶, e, à exceção de Theodoro Ramos, que viria a falecer precocemente em 1935, os demais seguiram suas carreiras na Escola Politécnica, saindo rapidamente da FFCL.

Marcello Damy nos dá uma dimensão do choque cultural que representou a vinda de um legítimo representante de um regime disciplinar da física no contexto científico brasileiro:

Ao chegar da Itália - onde lecionava em Turim - Wataghin balançou as estruturas do ensino convencional, principalmente no estilo das aulas. A tradição, de fato, mandava que se transmitisse aos estudantes unicamente os conhecimentos inscritos nos livros. Por isso sua primeira aula foi um impacto. [...] Nossos seminários de Física, porém, eram reuniões onde esses professores apresentavam resultados de suas pesquisas, que eram discutidas com a maior liberdade. Aprendemos, então, que havia uma física viva, que estava sendo criada e desenvolvida. (DAMY apud WATAGHIN, 1992, p. 159)

Se Wataghin nem cogita um trabalho conjunto com os politécnicos, é de se intuir que aos politécnicos certamente não interessava o trabalho conjunto com alguém que inevitavelmente concentraria os lucros da nova modalidade de produção científica. Damy nos dá dimensão dos conflitos entre os politécnicos e os físicos:

¹⁸⁶ Cf. ANUÁRIO DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS – USP, 1934-1935, p. 316.

Há uma série de fatos interessantes que presenciei, como aluno e como assistente do professor Wataghin. Durante o período em que fui seu aluno havia um clima de revolta entre os antigos professores, tanto da Escola Politécnica quanto da Faculdade de Medicina, que haviam sido afastados, bem como dos alunos que achavam que o curso não era próprio para engenheiro e sim para formar *filósofos*. Havia muita efervescência, e como acontece nos meios universitários, por trás de movimentos estudantis sempre há um professor que os instiga. Isso aconteceu naquela época na Faculdade de Medicina e na Escola Politécnica. Os alunos de Ciências Naturais foram expulsos da Medicina. E nós, da Politécnica, fomos confinados a uma pequena sala no sótão. O professor Wataghin tinha um laboratório montado e conseguiu do governo, com a influência de Júlio de Mesquita Filho, verbas para importar equipamento moderno. Um dia, quando chegamos em companhia de Wataguin à Politécnica, Mário Schenberg, eu e outro assistente, Fernando Jorge Larraboure, encontramos a sua mesa no corredor, os livros e os equipamentos no chão. Um servente da escola disse: "o senhor me desculpe, mas tivemos ordem de colocar seu equipamento e seus livros no corredor. E o senhor não pode entrar no laboratório. Agora está com o professor fulano de tal". Wataghin dirigiu-se ao diretor da Escola Politécnica. Este disse que os cursos tinham sido separados e que ele continuaria a ensinar na Faculdade de Filosofia. A Politécnica continuaria a dar os cursos com os seus professores e, desse modo, ofereceu a Wataghin uma sala no sótão do prédio principal. Nessa havia um quadro negro, um armário, cuja tampa estava no nível do batente das janelas, e seis cadeiras para os alunos. Wataghin tinha mesa, cadeira e dois armários para guardar os aparelhos; nós, seus assistentes, usávamos parte do balcão e as banquetas do laboratório. (DAMY, 1994, p. 82)

Inicialmente mal acomodada nas dependências da Escola Politécnica, a seção de física seria, após alguns anos, despejada.

Wataghin, especialista em raios cósmicos e mecânica quântica instituiu em São Paulo pesquisas teóricas e práticas, baseado no sistema orientador-orientando (VIDEIRA; VIEIRA, 2010, p. 15). No Brasil, Wataghin segue trabalhando nos problemas de pesquisa nos quais já trabalhava na Europa, problemas de fronteira compartilhados por muitos físicos de expressão: "[...] Wataghin, no Brasil, se situou dentro de uma linha de trabalho daqueles que, como Heisenberg, Dirac e Pauli, na Europa, consideravam que a explicação dos fenômenos que envolvem a matéria e a radiação passaria por uma nova revolução da física." (VIDEIRA, BUSTAMANTE, 1993, p. 273, tradução nossa). Ainda com Videira e Bustamante (1993, p. 282), "Os estudos que Wataghin realiza em raios cósmicos e teoria quântica de campos dentro do marco do programa iniciado na Universidade de São Paulo fazem dele o iniciador da investigação em física moderna e de altas energias no Brasil". O fato de ter trabalhado sobre problemas compartilhados por inúmeros físicos fora do Brasil fez com que seus orientandos tivessem uma circulação internacional facilitada¹⁸⁷.

¹⁸⁷ Para além das piores condições de trabalho, a escola de física do Rio de Janeiro que se formou nos anos 1930 não teve uma circulação internacional tão favorecida quanto a de São Paulo. Em retrospectiva, é possível ver que a linha de trabalho adotada Bernhard Gross teve alguma importância para que isso ocorresse. Segundo Videira e Bustamante (1993, p. 292), à mesma época, Gross também realizou estudo pioneiros em raios cósmicos, mas seguindo uma "linha de trabalho que não levava em conta os aspectos quânticos da interação entre a radiação e a matéria, e não conduzia, portanto, à especificação dos mecanismos físicos mais internos

Mesmo sendo essencialmente um físico teórico, Wataghin conseguiu estabelecer as bases para uma física experimental:

A decisão de Wataghin de efetuar estudos experimentais sobre os raios cósmicos obedece à concepção que se havia adquirido na época sobre este tipo de radiação, assim como a possibilidade que havia de observá-los com técnicas de detecção acessíveis. Tanto na Europa quanto nos Estados Unidos os físicos haviam compreendido que de seu estudo experimental se poderiam obter informações consideráveis sobre a interação entre a radiação e a matéria a altas energias. Pouco a pouco, em particular desde o início dos anos 30, os raios cósmicos se haviam convertido em centro de interesse privilegiado por teóricos e experimentadores. (VIDEIRA; BUSTAMANTE, 1993, p. 275, tradução nossa)

Uma série de experimentos com raios cósmicos foram realizados entre 1938 e 1939, nos quais descobriram os "chuveiros penetrantes"¹⁸⁸. Em 1941, a Academia Brasileira de Ciências realiza um simpósio sobre raios cósmicos no Rio de Janeiro, com a participação de Arthur Compton¹⁸⁹ e sua equipe da Universidade de Chicago, ocasião em que o grupo de Wataghin pode apresentar seus resultados (VIDEIRA; BUSTAMANTE, 1993, p. 277-9).

O grupo experimental de Wataghin teve como primeiro colaborador Marcelo Damy, e, em seguida, o apoio do professor Occhialini¹⁹⁰ (DAMY, 1994, p. 84-5), seguido dos estudantes Yolande Monteux¹⁹¹, Paulus Aulus Pompéia¹⁹², e Oscar Sala¹⁹³. Na física teórica, teve como primeiro colaborador Mario Schenberg, e, em seguida, Abraão de Moraes¹⁹⁴ e

nos fenômenos. [Trabalhos nessa perspectiva] foram cedendo terreno pouco a pouco a linhas de investigação que apareceram com a elaboração da teorias quânticas e com a utilização de novos métodos experimentais".

¹⁸⁸ "Este fenômeno era concebido como a criação simultânea de muitas partículas através de interações nucleares entre os raios cósmicos e a matéria. Os chuveiros que haviam sido observados à época na componente não penetrante dos raios cósmicos, 'as cascatas fotoelétricas, ao contrário, se formavam por atos sucessivos de emissão de fótons e produção de pares de elétrons através de interações eletromagnéticas" (VIDEIRA; BUSTAMANTE, 1993, p. 276)

¹⁸⁹ Arthur Holly Compton (1892-1962) foi um físico estadunidense. Ganhou, junto com Charles Wilson, o Prêmio Nobel de Física em 1927, pela descoberta do *efeito Compton*.

¹⁹⁰ "Nessa época (em 1938), o professor Occhialini integrava o melhor grupo experimental que existia na Inglaterra – o do professor Blackett, da Universidade de Cambridge. Nós, então, passamos a trabalhar com a melhor técnica do mundo" (DAMY, 1994, p. 85)

¹⁹¹ Yolande Monteux (1910-1998) foi a primeira mulher a se formar em física no Brasil, em 1937 (MARQUES, 2005, p. 178). Tornou-se assistente de Física Geral e Experimental da USP em 1941. Em seguida foi trabalhar no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

¹⁹² Paulus Aulus Pompéia (1911-1993) formou-se em engenharia em pela Escola Politécnica de São Paulo em 1935 e em física, pela USP, em 1939 (MARQUES, 2005, p. 178). Depois de trabalhar nas pesquisas com raios cósmicos com Wataghin, ajudou na fundação do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), ao qual se dedicou até meados dos anos 1960.

¹⁹³ Oscar Sala (1922-2010) formou-se em física pela USP em 1944 (MARQUES, 2005, p. 178). Foi assistente de Marcelo Damy na cadeira de Física Geral e Experimental. Faz viagens de estudo para os EUA na segunda metade dos anos 1940, e, em seguida se engaja na construção do acelerador de Van der Graaf e do pêleton da USP.

¹⁹⁴ Abraão de Moraes (1917-1970) formou-se em física pela USP em 1938 (MARQUES, 2005, p. 178). Com volta de Wataghin em 1949 para a Itália, assume a chefia do Departamento de Física em 1949. Em 1955 assume a direção do Observatório de São Paulo (Instituto Astronômico e Geofísico da USP). De 1965 a 1970 presidiu o Grupo de Organização da Comissão Nacional de Atividades Espaciais, atual INPE.

Walter Schützer¹⁹⁵. A formação dessa geração de pesquisadores foi favorecida pelas condições de trabalho da FFCL, que se diferenciava das demais faculdades brasileiras, pois, além do salário mais alto, garantia o regime de dedicação integral.

Após Schenberg e Damy terem ido para Europa em 1938, Paulus Aulus Pompéia, que então trabalhava com Fonseca Telles no Instituto de Eletrotécnica da USP, começa a trabalhar com Wataghin e Occhialini. Pompeia vai, em 1940, estudar em Chicago. Pouco depois, César Lattes, que se formou em física pela FFCL em 1943, vai para Bristol, em 1946, convidado por Occhialini, onde trabalhou junto com Cecil Powell e Patrick Blackett¹⁹⁶. O trabalho deste grupo resultou na detecção do méson-pi, que rendeu o Prêmio Nobel a Cecil Powell, e é considerado em geral ponto mais alto dessa linha de pesquisa inaugurada por Wataghin (VIDEIRA, VIEIRA, 2010, p. 23).

A partir de 1942, quando o Brasil entra na Segunda Guerra Mundial, Damy e Pompéia começam a trabalhar com a Marinha brasileira na detecção de submarinos. Como Wataghin era italiano, e o Brasil estava em guerra com a Itália, Wataghin deixa a direção do Departamento de Física para Marcelo Damy, e continua seu trabalho com Oscar Sala e Elza Gomide¹⁹⁷. Com o término da guerra, Damy e Wataghin vão aos Estados Unidos, onde pesquisam a compra e instalação de um acelerador de partículas betatron, financiado pelo governo de São Paulo e pela Fundação Rockefeller. Oscar Sala se torna assistente de Damy e junto com Paulo Bittencourt¹⁹⁸ vão para os Estados Unidos trabalhar com física dos nêutrons. Em 1948, Oscar Sala é encarregado da instalação do acelerador de Van der Graaf. Essas novas aparelhagens de pesquisa e a volta de Wataghin para a Itália em 1949 iriam inaugurar uma nova etapa da física brasileira nos anos 1950.

6.5 Um físico brasileiro na estrutura do poder universitário

¹⁹⁵ Walter Schützer (1922-1963) formou-se em física pela USP em 1942 (MARQUES, 2005, p. 178). Estudou com Eugene Wigner, na Universidade de Princeton e colaborou com David Bohm, quando este esteve no Brasil, entre 1951 e 1955. Em 1957 defendeu tese de livre-docência sobre a teoria quântica do plasma (MARQUES, 2005, p. 40).

¹⁹⁶ Patrick Maynard Stuart Blackett (1897-1974) foi um físico britânico, ganhador do Prêmio Nobel de Física em 1948 pelo desenvolvimento da câmara de nuvens e descobertas em raios cósmicos e física nuclear.

¹⁹⁷ Elza Furtado Gomide (1925-2013) formou-se em física pela USP em 1944 (MARQUES, 2005, p. 178) e em seguida em matemática, onde concentrou suas pesquisas. Foi a primeira mulher a se doutorar em matemática, em 1950. Em 1968 se torna chefe do Departamento de Matemática da USP.

¹⁹⁸ Paulo Taques Bittencourt formou-se em física pela USP em 1939, após ter cursado engenharia na Escola Politécnica de São Paulo. Sua tese de doutoramento e a tese defendida por Paulus Aulus Pompéia, em 1949, são consideradas as primeiras teses de doutorado em física da USP (MARQUES, 2005, p. 9).

O prestígio científico que Wataghin já desfrutava na Europa foi um elemento importante para a autonomização da pesquisa científica na área de física em relação à Escola Politécnica, já que, em São Paulo, a legitimação da produção de conhecimento físico passava necessariamente pelo seu aval. A situação política particular do estado de São Paulo, com seu projeto de hegemonia política, e da Itália, com a ascensão do fascismo e a entrada na Segunda Guerra Mundial, fizeram com que Wataghin ficasse por muitos anos de São Paulo, dando origem a uma geração de físicos formada dentro de um regime disciplinar de produção e circulação de conhecimento, e que rapidamente passou a trabalhar nos temas e problemas do campo da física mundial, seja no campo teórico, seja no campo experimental. Essas condições particulares permitiram a subversão dos valores científicos que imperavam na República Velha, subversão com a qual sonhavam os militantes da Academia Brasileira de Ciências.

É esse novo contexto científico que dá condições para que Schenberg possa conceber suas novas ideias teóricas e epistemológicas defendidas na tese. E, mais que isso, é o seu bom posicionamento nesse novo contexto, o seu capital científico, que dá as condições para que suas ideias epistemológicas possam agir como uma defesa da concepção de ciência que tem interesse em fazer prevalecer na situação do concurso, situação particular em que os ecos da antiga hegemonia politécnica ainda se faziam sentir.

O posto de professor catedrático conquistado por Schenberg, o primeiro aluno da FFCL a se tornar catedrático, além de ser em parte uma herança do capital científico de Wataghin, inscreve um físico brasileiro na estrutura de poder universitária, completando, do ponto de vista institucional, um processo de autonomização do regime disciplinar da física em relação ao regime utilitário politécnico.

7 CONCLUSÕES

A análise que fizemos do artigo do *Os princípios da mecânica* de 1934, nos mostrou que Schenberg, enquanto ainda era estudante de engenharia, tem uma postura epistemológica predominantemente indutivista, defendendo uma ideia de ascensão dos dados experimentais às leis físicas e das leis físicas à teoria. As teorias dedutivas não são condenadas, são valorizadas do ponto de vista heurístico, mas são, para Schenberg, inferiores em relação às teorias indutivas. Isso implica em uma visão de desenvolvimento da física segundo a qual as teorias dedutivas, mais especulativas, deveriam ser substituídas pelas teorias indutivas, mais seguras. A ênfase é posta, aqui, na estabilidade dos conhecimentos físicos. Há também em 1934 uma aversão ao que, usando os termos de Duhem, Schenberg chama de teorias explicativas, teorias que se utilizam de entidades físicas não observáveis diretamente, teorias associadas a uma ilegítima extrapolação metafísica.

Em 1944, por outro lado, a postura epistemológica de Schenberg tem uma boa relação com o aspecto explicativo de uma teoria, que passa a ser entendido como uma dimensão essencial do ponto de vista subjetivo. Neste momento, a demarcação entre a física e a metafísica deixa de ser uma preocupação central. Há também, dez anos depois do primeiro artigo, um abandono da postura indutivista. As teorias passam a ser entendidas como imagens construídas, como representações possíveis do mundo físico, unicamente limitadas pelo respeito à lógica e por uma boa compatibilidade em relação aos dados experimentais, ponto em que se aproxima da epistemologia de Hertz. A defesa do pluralismo teórico e da liberdade da atividade teórica na proposição das teorias, faz com que a ênfase agora recaia mais fortemente no surgimento de novos conhecimentos físicos do que, para usar os termos do próprio Schenberg, na "consolidação" da física (cf. Anexo D).

É de se notar que a mudança na postura epistemológica de Mario Schenberg entre o artigo publicado na Revista Polytechnica em 1934 e a tese para concurso de professor catedrático da FFCL em 1944 – de afastamento em relação ao indutivismo e aproximação em relação a uma postura que denominamos construtivista, devido ao destaque que dá à ideia de que a teoria é uma *imagem construída* –, acompanha de longe um movimento mais geral da epistemologia da primeira metade do século XX, período que testemunhou a tentativa mais sistemática de construção de uma metateoria rigorosamente indutiva, com o Círculo de Viena, a implacável crítica popperiana ao empirismo lógico, e, correndo por fora, com Ludwik Fleck, a primeira tentativa de sistematizar uma epistemologia radicalmente

construtivista¹⁹⁹. Schenberg não se refere explicitamente a nenhuma dessas tendências epistemológicas, fica circunscrito, tanto em 1934 e 1944, a propostas epistemológicas do final do século XIX e início do XX. O contexto mais geral das disputas epistemológicas do momento pode ter afetado em maior ou menor medida a postura epistemológica de Schenberg, mas é bem provável que Schenberg nem estivesse a par das novidades epistemológicas do século XX, que eram ainda muito recentes, e seria surpreendente que um jovem físico teórico em fase de intensa produção intelectual, por mais informado que fosse, estivesse atualizado sobre o estado da arte em um domínio um tanto distante de sua atividade profissional cotidiana.

Nossa análise procurou mostrar como a mudança na proposta metateórica entre 1934 e 1944 se relaciona com a mudança na proposta teórica. Em 1934, em carta enviada a Luiz Freire, Schenberg explicita o seu desconforto em relação à ideia de Teodoro Ramos de que não seria necessário que os postulados de uma teoria fossem verificáveis diretamente, sendo apenas necessário que as consequências que se seguem dos postulados pudessem ser verificadas. Dez anos depois, por outro lado, Schenberg utiliza com inteira liberdade o procedimento segundo o qual teoremas são tomados como postulados para em seguida investigar quais consequências o novo conjunto de postulados acarreta, sem nenhuma consideração em relação à verificação experimental dos postulados. Essa mudança na forma como concebe a construção de uma teoria é coerente com a mudança na forma como Schenberg pretendia discutir os princípios da mecânica em 1934 e em 1944, a primeira a partir da noção de corpo sólido e a segunda a partir de corpúsculos rigorosamente puntiformes, mudança que permite a introdução do conceito de *spin* na teoria clássica. Uma postura indutivista como a de 1934 impediria a proposta de 1944, já que seria preciso que os postulados fossem verificáveis. Ou seja, uma postura indutivista ficaria estrangida, já nos pressupostos, diante da necessidade de provar experimentalmente que os corpúsculos aos quais sua teoria se refere são de fato rigorosamente puntiformes. A postura epistemológica mais construtivista verificada em 1944 coloca a teoria em outros termos, ou seja, assume os postulados como resultados de escolhas, norteadas em boa medida pela conveniência, e compara o que se segue dos postulados com o que se sabe sobre a natureza, sem se preocupar em estabelecer a verdade dos postulados. Isso possibilita o surgimento, na última parte da tese, de uma pluralidade de propostas teóricas.

¹⁹⁹ Cf. FLECK, 1986 [1936].

A caracterização das diferentes posturas epistemológicas de Schenberg nos trabalhos de 1934 e 1944, o estabelecimento das relações entre a obra de Schenberg e as obras de outros físicos, e, ainda, o estabelecimento de relações entre a postura epistemológica e a proposta teórica podem ser considerados procedimentos de uma análise mais internalista, mais circunscrita ao que pode ser compreendido a partir da própria obra. Nosso trabalho, no entanto, procurou também estabelecer em que medida alguns dos significados das obras se encontram também fora da obra, ou seja, procuramos estabelecer o que alguns significados da obra devem ao contexto em que a obra e o autor se inserem.

É precisamente a relação com o contexto científico nacional que justifica a escolha dos materiais sobre os quais nos debruçamos. A década que vai de 1934 a 1944 marca a consagração científica de Schenberg, que, como apontamos, já contava com 30 publicações científicas, metade delas em periódicos internacionais, algumas em coautoria com físicos de expressão. Poderia parecer estranho, então, a escolha do artigo de 1934 e a tese de 1944, já que são os *artigos científicos* de Schenberg, em particular os artigos publicados em periódicos científicos internacionais, os elementos mais expressivos dessa consagração. É claro que o artigo de 1934 e a tese de 1944, por tratarem ambos do mesmo tema e possuírem partes homólogas, são materiais com evidente interesse comparativo, mesmo estando longe de pertencerem ao gênero *artigo científico*. O motivo mais importante para a escolha desses materiais, no entanto, é outro. Segundo cremos, esses materiais nos permitem compreender algo para além de um "desenvolvimento intelectual" de Mario Schenberg, entendido como um amadurecimento resultado de uma mera reflexão introspectiva. Uma vez que são textos voltados para o contexto universitário nacional – politécnicos em 1934, professores da universitários em 1944 –, são materiais que nos permitem compreender as diferentes posições, disposições e estratégias profissionais de um agente no interior das instituições nas quais construiu sua trajetória profissional. As introduções epistemológicas dos textos de 1934 e 1944, em geral ausentes nos artigos científicos, cumprem uma função "extracientífica", quase ritual, mas (ou por isso mesmo) nos permitem situar Schenberg nos contextos científicos em que atuou, permitindo, ainda, iluminar algo da respeito da autonomização da física em relação às escolas politécnicas.

A obra de 1934 está afetada pelo contexto de formação de Schenberg, em particular pela influência do professor Luis Freire. O autodidatismo, a inclinação à filosofia da ciência, a carga autoral do artigo, a valorização da teoria e a defesa (implícita) da "ciência pura" são elementos comuns à produção dos professores das escolas de engenharia que foram construindo, no início do século XX, uma identidade científica que passou a se contrapor à

identidade politécnica. Essa tradição foi frequentemente sobrevalorizada pela historiografia, mas, segundo cremos, foi se constituindo em uma verdadeira força simbólica, que nos ajuda a compreender o que motiva Schenberg a escrever o seu artigo de 1934, o que o motiva a vir estudar ciências em São Paulo antes mesmo da fundação da USP, o que motiva suas conversas sobre as ideias de seu artigo de 1934 com Luiz Freire e Teodoro Ramos, enfim, iluminam o sentido da ação científica de Schenberg no início de sua vida como estudante e pesquisador.

Além de procurar estabelecer o quanto o contexto afeta o artigo, procuramos compreender, também, como o artigo age no contexto, quais efeitos se seguem do artigo e que impactam a trajetória profissional de Schenberg. Procuramos mostrar que o manejo do discurso epistemológico no primeiro artigo de Schenberg veicula sinais de distinção que, agindo junto com sua precocidade, acabam por trazer a Schenberg alguns lucros simbólicos importantes na construção inicial de sua reputação, colocando Schenberg em uma posição favorável no contexto da fundação da USP, contexto em que uma nova tradição de investigação científica iria começar a se constituir. Nessa tentativa de entender como a obra age no contexto, utilizamos algumas ideias da sociologia da ciência de Pierre Bourdieu, em particular a ideia de que por meio de uma obra um agente se comunica com seus pares, que a obra tem por objetivo – em boa medida inconsciente, resultado das "disposições", nos termos de Bourdieu, adquiridas ao longo da história da formação do agente –, fazer com que os pares reconheçam o valor científico do autor. Aqui, ao afirmarmos que os efeitos da obra estão sempre no radar de um autor, não temos em mente afirmar que o autor age de modo cínico, apenas orientado pelo efeito da obra, sem ter uma convicção pessoal a respeito da própria obra, mas sim que, mesmo que orientando inconscientemente, tais efeitos devem ser levados em conta quando pretendemos compreender o significado de uma obra e a trajetória de um agente.

Com a fundação da USP e a vinda de Gleb Wataghin, Schenberg começa uma trajetória científica impossível de ser pensada no contexto científico anterior, quando o regime utilitário das escolas de engenharia hegemonzava, no caso da física, a produção de conhecimento científico que tivesse as características de um regime disciplinar. O capital científico de Wataghin possibilitou a subversão da hierarquia dos valores científicos estabelecida nas primeiras décadas do século XX, e, em conjunto com as condições de trabalho da USP, permitiu que Wataghin conseguisse estabelecer uma escola inédita de pesquisadores no Brasil na área de física. Com a mudança no contexto científico, a produção científica de Schenberg passa a se orientar por um regime disciplinar de uma forma que não

seria possível dez anos antes: os artigos sobre mecânica quântica, raios cósmicos e astrofísica são artigos típicos da produção de conhecimento que se dá dentro desse tipo de regime de produção, circulação e consumo de produção científica. Para além dos temas dos artigos, os locais de publicação, e os físicos com os quais Schenberg dialoga nesses 10 anos também são um indício de uma produção científica orientada por um regime disciplinar. Assim, Schenberg, um dos pioneiros no trabalho de pesquisa em colaboração com Wataghin, se favorece desse novo contexto e constrói uma obra científica bastante razoável entre 1934 e 1944.

Quando participa do concurso de cátedra, Schenberg tem um montante de capital científico maior que o de seus avaliadores. Nossa investigação a respeito de como a obra de 1944 age no contexto precisou levar em conta a mudança no contexto científico, a mudança na posição do autor em cada contexto (iniciante em 1934, consagrado em 1944) e a mudança na situação comunicativa (artigo de uma revista de engenheiros em 1934, concurso de cátedra de uma universidade em 1944). Nesta nova situação não faz sentido esperar que o principal efeito do discurso epistemológico seja norteador pelo lucro simbólico que o manejo desse tipo de discurso possa trazer ao agente. Além de Schenberg já ter construído uma reputação científica de alguma expressão (o que diminui o lucro simbólico marginal do discurso epistemológico), o efeito desse tipo de discurso tem uma eficácia cada vez mais reduzida à medida que um campo científico se autonomiza, ao ponto de serem quase inexistentes em revistas científicas especializadas. Embora seja objeto de discussão em que medida é possível afirmar que o concurso de cátedra pode ser entendido como uma instância de consagração *no interior de um campo científico autônomo*, é certo que a avaliação da banca deveria considerar como mais importante para sua avaliação a produção teórica de Schenberg sobre mecânica clássica do que as considerações metateóricas que antecedem o trabalho propriamente dito. A proposta de inscrever o *spin* entre os conceitos primitivos da mecânica clássica, se por um lado traz originalidade ao trabalho, por outro lado está longe de ser um procedimento ordinário nesta subdisciplina. O conceito de *spin* é em geral entendido como uma propriedade quântica, e a mecânica quântica é em geral entendida como uma espécie de negação da mecânica clássica. Mesmo tendo mais capital científico que sua banca de avaliadores, é inegável que Schenberg assume um certo risco com o seu trabalho, pois não é autoevidente qual o sentido de se propor o *spin* como um conceito primitivo da mecânica clássica, risco potencializado pelo fato de que os membros da banca tinham uma formação segundo a qual a compreensão do sentido dos temas e problemas do campo da física não estava garantida. A defesa de uma postura epistemológica mais construtivista faz

com que Schenberg possa explicitar qual o sentido de sua proposta e, ao mesmo tempo, em que termos considera que seu trabalho deva ser avaliado, algo cuja eficácia está atrelada ao seu capital científico. Aqui nos baseamos novamente na ideia de Bourdieu de que a avaliação de um trabalho de um cientista é afetada pelo conhecimento da posição que esse cientista ocupa em seu campo, e de que existe uma relação direta entre quantidade de capital científico e a capacidade de imposição da definição da forma legítima de se fazer ciência.

É interessante notar o quanto fatores internos ao campo e externos ao campo são capazes de afetar uma obra científica. A fundação da USP se relaciona com uma particularidade política das relações do estado de São Paulo com o resto da federação, e com um projeto de hegemonia de um grupo político paulista particular. A permanência de Wataghin por vários anos no Brasil se deve também a fatores externos: ascensão do fascismo da Itália, Segunda Guerra Mundial, etc. Esses fatores externos são a condição de existência da obra científica de Schenberg. Seria evidentemente temerário estabelecer uma relação direta entre esse contexto externo e a proposta teórica de Schenberg. O contexto que afeta mais fortemente a obra, evidentemente, é o contexto científico, os temas e problemas que dão sentido à investigação dentro de um campo científico. A proposta de introdução do conceito de *spin* entre os axiomas da mecânica clássica pode ser entendida como efeito de fatores internos ao campo: o *spin* foi (e é) um tema quente, algo que suscitou inúmeros debates e problematizações no interior do campo da física. Como vimos, entre 1936 e 1941, na produção científica de Schenberg predominaram os temas ligados aos aspectos matemáticos da mecânica quântica, em bastante diálogo com a obra de Dirac, que propôs uma equação que descreve o *spin* de partículas como o elétron, por exemplo.

A mudança na postura epistemológica de Schenberg entre 1934 e 1944, segundo cremos, está relacionada à mudança no contexto científico brasileiro e com a mudança na forma como Schenberg se relaciona com o contexto em cada período. Como vimos, entre o final do século XIX e XX, com o crescente reconhecimento da matemática para a produção de conhecimento físico, uma postura indutivista foi perdendo espaço, sendo cada vez mais valorizada uma postura dedutivista e sua maior liberdade na proposição de hipóteses. Enquanto Schenberg era estudante de engenharia, via com desconforto esse tipo de utilização de hipóteses na construção teórica. Dez anos depois, após uma completa transição para o campo da física e o contato internacional intenso com vários físicos, uma postura epistemológica oposta passa a fazer todo sentido para Schenberg. Essa mudança de postura se deve a outra forma de fazer e experienciar a atividade científica. Deste modo, a mudança na postura epistemológica de Schenberg também reflete uma produção científica que se

emancipa do contexto politécnico e passa a se voltar para o regime disciplinar da física. Ao se tornar professor catedrático da FFCL da USP, Schenberg se torna o primeiro físico brasileiro a ter uma posição importante no interior da estrutura de poder universitária, completando um ciclo de autonomização da física em relação às escolas de engenharia. Quando, alguns anos depois, Wataghin volta à Itália, a física brasileira já tinha competência científica, capacidade técnica e legitimidade institucional para se desenvolver de acordo com uma lógica interna ao campo.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, Paulo Cesar C. A filosofia da ciência de H. Hertz (1857-94). In: ÉVORA, Fátima R. R. (ed). **Século XIX: O nascimento da ciência contemporânea**. Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1992.
- ALBUQUERQUE, Ivone F. M.; HAMBURGUER, Amélia I. Registros de Interações de Luiz Freire (Recife, 1896 – 1963) com o Contexto Francês de Idéias. In: HAMBURGUER, Amélia. I. et al. (Org.). **A ciência nas relações Brasil-França (1850 – 1950)**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; Fapesp, 1996. p. 205-228.
- ALVES, Elias H. Aspectos da lógica matemática no Brasil. In: FERRI, Mário. G.; MOTOYAMA, Shozo. (Coord) **História das Ciências no Brasil - Volume III**. São Paulo: Edusp, 1979.
- ALVES, Isidoro. M. S. Modelo Politécnico, Produção de Saberes e Formação do Campo Científico. In: HAMBURGUER, Amélia. I. et al. (Org.). **A ciência nas relações Brasil-França (1850 – 1950)**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; Fapesp, 1996. p. 65-75.
- ALVES, José J. A. Novos paradigmas da Ciência e os Engenheiros-Cientistas no Brasil de início do século XX. **Quipu: Revista da Sociedade Latino-americana de História das Ciências e da Tecnologia**, México, v. 12, n. 13, p. 333-341, 1999.
- ALVES, José J. A. Teoria da Relatividade no Brasil: Recepção e Contexto. In: HAMBURGUER, Amélia. I. et al. (Org.). **A ciência nas relações Brasil-França (1850 – 1950)**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; Fapesp, 1996. p. 121-142.
- ANUÁRIO DA FACULDADE DE FILOSOFIA, CIÊNCIAS E LETRAS – USP, 1939/49.
- APROBATO FILHO, Nelson. Passa(n)do em Revista Polytechnica: na trilha das mulas... os (des)caminhos da modernidade paulista. **Tempos Históricos**, Paraná, v. 13, p. 139-168, 2009.
- ARAUJO, Irene C. **Joaquim Gomes de Souza (1829 - 1864): A construção de uma imagem de Souzinha**. 2012. 155f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2012.
- ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVALAY, Michel. **A didática das ciências**. Campinas: Papirus Editora, 2006.
- BAGDONAS, Alexandre; SILVA, Cibelle C. Costrovérsias sobre a natureza da ciência na educação científica. In: SILVA, Cibelle C.; PRESTES, Maria Elice B. (Orgs.) **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. São Carlos: Tipografia Editora Expressa, 2013. p. 213-23.
- BARROS, Alberto L. de R. (Org.) **Perspectivas em física teórica**. São Paulo: Edição Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 1987.
- BARROS, Diogo D.. Núcleos Atômicos Múltiplos. **Revista Polytechnica**, São Paulo, n. 97,

p. 23-33, 1930.

BERKELEY, George [1721]. *De motu* – sobre o movimento ou sobre o princípio, a natureza e a causa da comunicação dos movimentos. (Trad. da versão inglesa de Marcos Rodrigues da Silva). **Scientiae studia**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 115-37, 2006.

BOHR, Niels. On the notions of causality and complementarity. **Dialéctica**, v. 2, p. 312-9, 1948

BONFIM, Sabrina H. **Theodoro Augusto Ramos: um estudo comentado de sua tese de doutorado**. 124f, Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

BOURDIEU, Pierre. A Excelência e os Valores do Sistema de Ensino Francês [1970]. In: MICELI, Sérgio (org.) **A Economia das trocas simbólicas**. São Paulo: Perspectiva, 2013a. p. 231-267.

BOURDIEU, Pierre. Campo intelectual e projeto criador [1966]. In: POUILLON et alli. **Problemas do estruturalismo**. Rio de Janeiro: Ed. Zahar, 1968, pp. 105-145.

BOURDIEU, Pierre. O campo científico [1976]. In: ORTIZ, Renato (org) **Pierre Bourdieu: Sociologia**. São Paulo: Ática, 1983. p. 122-155.

BOURDIEU, Pierre. O mercado dos bens simbólicos [1970]. In: MICELI, Sérgio (org.) **A Economia das trocas simbólicas**. São Paulo: Perspectiva, 2013b. p. 99-191.

BOURDIEU, Pierre. **Os usos sociais da ciência: por uma sociologia clínica do campo científico**. São Paulo: editora UNESP, 2004.

BOURDIEU, Pierre. **Para uma sociologia da ciência**. Lisboa: Edições 70, 2008.

BOURDIEU, Pierre; CHARTIER, Roger. **O sociólogo e o historiador**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. Brasília: MEC, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio)**. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2002.

BRITO, Rosa M. de. **O neokantismo no Brasil**. Manaus: Editora Universidade do Amazonas, 1997.

CARDOSO, Irene de A. R. **A universidade da comunhão paulista**. São Paulo: Editora Cortez, 1982.

CARVALHO, José Murilo. **A escola de minas de Ouro Preto: o peso da glória**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1978.

CARVALHO, José Murilo. Em prol da ciência e do país. **Ciência Hoje**, n. 338, 2016. Disponível em: <http://www.cienciahoje.org.br/revista/materia/id/1061/n/em_prol_da_ciencia_e_do_pais>. Acesso em: 13 fev. 2017.

CARVALHO, Vera M.; COSTA, Vera R. (Coord). **Cientistas do Brasil: Depoimentos**. São Paulo: SBPC, 1998.

CASTRO, Francisco M. O. A matemática no Brasil. In: Azevedo, F. (org). **As ciências no Brasil**. São Paulo: Melhoramentos, 1955.

CASTRO, Francisco M. O. **Entrevista com professor Francisco Mendes de Oliveira Castro**. História da Ciência (Depoimentos orais realizados pelos Arquivos Históricos do CLE/Unicamp). 1988. Disponível em: <https://www.cle.unicamp.br/arquivoshistoricos/Audiovisual/Depoimentos_Historal/efrancisco.pdf> Acesso em 17/08/2015

CEDRAN, Lourdes. (Coord.). **Diálogos com Mario Schenberg**. São Paulo: Nova Stella, 1985. 120 p.

CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. **Percepção pública da ciência e tecnologia 2015**: Ciência e tecnologia no olhar dos brasileiros. Sumário executivo. Brasília, DF: CGEE, 2015. Disponível em: <<http://percepcaocti.cgee.org.br/wp-content/themes/cgee/files/sumario.pdf>>. Acesso em 14 ago. 2017.

CHAMLIAN, Helena C. Estudo da organização departamental na unidades mantidas pelo governo do Estado de São Paulo. (Relatório de pesquisa). **Revista da Faculdade de Educação**, São Paulo, n. 10, p. 41-124, 1984.

CHIMISSO, Cristina. The tribunal of philosophy and its norms: history and philosophy in Georges Canguilhem's historical epistemology. **Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences**, Milton Keynes, n. 34, p. 297-327, 2003.

COELHO, Ricardo L. A filosofia da ciência de Hertz. **Revista Portuguesa de Filosofia**, [Braga]. T. 63, fasc. 1/3: p.239 – 274, 2007.

COELHO, Ricardo L. Sobre os *Princípios de mecânica de Hertz*: problemas, solução e interpretações. In: VIDEIRA, Antônio A. P.; COELHO, Ricardo. L. (Org.). **Física, mecânica e filosofia: o legado de Hertz**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012. p. 17-46.

COHEN, I. Bernard; WESTFALL, Richard S (orgs). **Newton: textos, antecedentes, comentários**. Rio de Janeiro: Contraponto/ EdUERJ, 2002.

COSTA, Manoel Amoroso [1918]. Conferência sobre Otto de Alencar. In. COSTA, Manoel A. **As idéias fundamentais da matemática e outros ensaios**. São Paulo: Editora Grijalbo, 1971.

COSTA, Manoel Amoroso [1923]. Pela ciência pura. In. COSTA, Manoel A. **As idéias fundamentais da matemática e outros ensaios**. São Paulo: Editora Grijalbo, 1971.

D'AGOSTINO, Salvo. **A history of the ideas of theoretical physics: essays on the nineteenth and twentieth century physics**. Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers, 2000.

D'AMBROSIO, Ubiratan. Joaquim Gomes de Souza, o "Souzinha" (1829 - 1863). In: MARTINS, R.A et al. (Ed). **Filosofia e história da ciência no cone sul: 3º Encontro**. Campinas: AFHIC, 2004, p. 453 - 460.

DAMY, Marcelo. Marcelo Damy: Revolução no Ensino da Física. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 8, n. 22 (1994) , p. 79-95.

DANON, Jacques. A. **Jacques Danon (depoimento, 1977)**. Rio de Janeiro: CPDOC, 2010. 96 p.

DANTES, Maria A. M. Institutos de pesquisa científica no Brasil. In: FERRI, Mário. G.; MOTOYAMA, Shozo. (Coord) **História das Ciências no Brasil - Volume II**. São Paulo: Edusp, 1979.

DUARTE, Aparecida Rodrigues Silva. **Matemática e educação matemática: a dinâmica de suas relações ao tempo do Movimento da Matemática Moderna em São Paulo**. Tese (Doutorado em Educação Matemática). PUC, São Paulo, 2007.

DUHEM, Pierre [1906]. **A teoria física: seu objeto e sua estrutura**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2014.

ELIAS, Norbert. **Mozart, sociologia de um gênio**. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 1995.

ELIAS, Norbert. Scientific Establishments. In: ELIAS, Norbert; MARTINS, Erminio; WHITLEY, Richard D. (orgs) **Scientific Establishments and Hierarquies**. Dordrecht: D. Reidel, 1982, p. 3-69.

FERNANDES, Normando. Os princípios da mecânica: tese de cátedra de Mário Schenberg – SP – 1944. In: SCHENBERG, Mário. **Princípios da Mecânica** [1944]. [São Paulo]: Cefisma, 1996.

FEYNMAN, Richard P.; LEIGHTON, Robert B.; SANDS, M. **The Feynman lectures on physics**. Reading (Massachusetts): Addison-Wesley Publishing Company, 1977.

FITAS, Augusto J. S. **Mach: o positivismo e as reformulações da mecânica no séc. XIX**. In: Atas do 3º Encontro de Évora sobre História e Filosofia da Ciência, Évora, Universidade de Évora, 1998 , pp 115-134. Disponível em: <<http://home.uevora.pt/~afitas/AJSFitas-1998a-Mach.pdf>>. Acesso em 08 fev. 2016.

FLECK, Ludwik. **La Génesis y el Desarrollo de un Hecho Científico** - Introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento [1935]. Madrid: Alianza Editorial, 1986.

FORQUIN, Jean-Claude. Saberes escolares, imperativos didáticos e dinâmicas sociais. **Teoria & Educação**, Porto Alegre, n. 5, p. 28-49, 1992.

GAMA, Lélío. A obra de Amoroso Costa. In. COSTA, Manoel A. **As idéias fundamentais da matemática e outros ensaios**. São Paulo: Editora Grijalbo, 1971.

GREMIO POLYTECHNICO, O XII aniversário da Escola Polytechnica. **Revista Polytechnica**, São Paulo, n. 11, p. 284 - 295, 1906.

GRIB, Andrey; NOVELLO, Mario. Gamow in Rio and the discovery of the URCA process. **Astronomical and Astrophysical Transactions**. Singapura: V. 19, p. 669-673, 2000

GROSS, Bernhard. **Bernhard Gross (depoimento, 1976)**. Rio de Janeiro, CPDOC, 2010. 92p.

GROSS, Bernhard. Lembranças de um Físico no Rio de Janeiro (1933 - 1947). **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo: v.22, n.2, 2000.

GUETZKOW, Joshua; LAMONT, Michèle; MALLARD, Grégoire. What is Originality in the Humanities and Social Sciences? **American Sociological Review**, 2004, V. 69, p. 190-212

GUINSBURG, Gita K.; GOLDFARB, José L (Org). **Mario Schenberg: entre-vistas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1984.

GURGEL, Ivã; PIETROCOLA, Maurício; WATANABE, Graciella. The role of cultural identity as a learning factor in physics: a discussion through the role of science in Brazil. **Cultural Studies of Science Education**, Vol. 11, p.349-370, 2016

HACKING, Ian. **The social construction of what?** Cambridge (Massachusetts)/London: Harvard University Press, 1999.

HERTZ, Heinrich. **The Principles of mechanics**. New York: Macmillan, 1899.

HERTZ, Heinrich [1894]. Introdução (aos Princípios de mecânica). In: VIDEIRA, Antônio A. P.; COELHO, Ricardo. L. (Org.). **Física, mecânica e filosofia: o legado de Hertz**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012. p. 17-46.

HAMBURGER, Amélia I. **Obra científica de Mario Schönberg**: Professor Emérito do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. São Paulo: Edusp, 2009. V 1.

HAMBURGER, Ernest W. Mário Schenberg. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo: v.6 , n.1, 1984.

HODSON, D. Experiments in science and science teaching. **Educational Philosophy and Theory**, n.20, 53 -66, 1988.

HUME, David [1748]. **Investigação sobre o entendimento humano**. São Paulo: Ed. Abril Cultural, 1973. (Coleção Os Pensadores)

KINOSHITA, Dina Lida. **Mario Schenberg: o cientista e o político**. Brasília: Ed. Fundação Astrojildo Pereira, 2014.

LATOUR, Bruno. **A ciência em ação - Como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora**. São Paulo: Ed. Unesp, 2000.

LEDERMAN, Norman G.; LEDERMAN, Judith S. Research on teaching and learning of nature of science. In: LEDERMAN, Norman G.; ABELL, Sandra K. (Eds.), **Handbook of research on science education (Vol. II)**. New York: Routledge, 2014. p 600-20.

LOPES, José L [1941]. Joaquim Gomes de Souza. **CBPF - Ciência e Sociedade**, Rio de Janeiro, n. 5, 1989. p. 1 -10.

MACH, Ernst. **The Science of mechanics: a critical and historical account of its development [1883]**. Chicago/ London: The Open Court London Publishing, 1919.

MARAFON, Adriana C. de M. **Vocação matemática como reconhecimento acadêmico**. Tese (Doutorado em Educação). UNICAMP, Campinas, 2001.

MARQUES, Alfredo; MEDEIROS, Luiz. A. Relembrando Oliveira Castro. **CBPF - Ciência e Sociedade**. Rio de Janeiro, n. 10, 1997.

MARQUES, Gil. C (Org.). **IFUSP: Passado, Presente e Futuro**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005. 225 p.

MORAIS, Abraão de. A astronomia no Brasil. In: Azevedo, F. (org). **As ciências no Brasil**. São Paulo: Melhoramentos, 1955.

MORAIS, Abrahão; TOLEDO, Paulo. S. O desenvolvimento da Física em São Paulo. **O Estado de São de Paulo**, São Paulo, 25 jan. 1954. p. 107.

MOREIRA, Ildeu de C. Amoroso Costa e a introdução da relatividade no Brasil. In: AMOROSO COSTA, Manoel. **Introdução à teoria da relatividade**. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, p. xv-xliii, 1995a

MOREIRA, Ildeu de C. As visões física e epistemológica de Hertz e sua repercussões. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro, n. 13, p. 33-44, 1995b.

MOTA, Carlos G. Ideologia da cultura brasileira (1933 - 1974). São Paulo, Ed. Ática, 1977.

NEME, Mário. (Org). **Plataforma da nova geração**. Porto Alegre: Editora da Livraria do Globo, 1945.

NEWTON, Isaac [1686]. **Principia: princípios matemáticos de filosofia natural**. São Paulo: Nova Stella / Edusp, 1990. 292 p. (v.1).

OHANIAN, Hans C. What is spin? **American Journal of Physics**, n. 54 (6), 1986. p 500-505.

OLIVEIRA, José T. O famoso Dr. Souza. **CBPF - Ciência e Sociedade**, Rio de Janeiro, n. 4, 1989. p. 1 -11.

OLIVEIRA, Alecsandra M. **Schenberg**: crítica e criação. São Paulo: Edusp, 2011. 191 p.

OLIVEIRA, Francini. V. O. **Fantasma da tradição: João Cruz Costa e a cultura filosófica uspiana em formação**. 224f. Tese (Doutorado em Sociologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ORLANDO, Lúcia. Physics in the 1930s: Jewish Physicists' Contribution to the Realization of the "New Tasks" of Physics in Italy. **Historical Studies in the Physical and Biological Sciences**. Califórnia, Vol. 29, No. 1 (1998), pp. 141-181

PAINLEVÉ, Paul. **Les Axiomes de la Mécanique**. Paris: GAUTHIER-VILLARS ET CIE ÉDITEURS, 1922.

PATY, Michel. A recepção da relatividade no Brasil. In: HAMBURGUER, Amélia. I. et al. (Org.). **A ciência nas relações Brasil-França (1850 – 1950)**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; Fapesp, 1996. p. 143-181.

PATY, Michel. Les débuts de la physique mathématique et théorique au Brésil et l'influence de la tradition française. In: PETITJEAN, Patrick; JAMI, Catherine and MOULIN, Anne-Marie (eds.). **Science and Empire, historical studies about scientific development and european expansion**., Dordrecht: Kluwer, 1992, p. 173-191. Disponível em: http://www.scientiaestudia.org.br/associac/paty/pdf/Paty,M_1992a-DebPhysMatBr.pdf. Acesso em 18 jan 2017. (A numeração das páginas nas citações segue a numeração do documento acessado online, cuja numeração vai de 1 a 19)

PESSOA JR., Osvaldo. **Conceitos de física quântica** (Vol. 1). São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

PETITJEAN, Patrick. As missões universitárias francesas na criação da USP. In: HAMBURGUER, Amélia. I. et al. (Org.). **A ciência nas relações Brasil-França (1850 – 1950)**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; Fapesp, 1996. p. 259-330.

PICARD, Émile. La mécanique classique et ses approximations successives. **Rivista di Scienza**, Bologna, Vol 1, 1907, p 4 -15.

PIRES, Rute da C. **A presença de Nicolas Bourbaki na Universidade de São Paulo**. Tese (Doutorado em Educação Matemática) - Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2006.

POINCARÉ, Henri [1902]. **A ciência e a hipótese**. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1984.

PONTES, Heloisa. **Destinos mistos – os críticos do grupo clima em São Paulo (1940 – 68)**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998. 297 p.

POPPER, Karl R. [1934]. **A lógica da Investigação Científica**. São Paulo: Ed. Abril Cultural, 1975. (Coleção Os Pensadores)

POPPER, Karl R. [1954]. **Três concepções acerca do conhecimento humano**. São Paulo: Ed. Abril Cultural, 1975. (Coleção Os Pensadores)

PRADO, Luiz Cintra do. A synthese dos phenomentos physicos. **Revista Polytechnica**, São Paulo, n. 113, p. 1 - 18, 1934.

RESENDE, Nelson de. Prefeito tecnico ou prefeito político? Uma lição da guerra constitucionalista. **Revista Polytechnica**, São Paulo, n. 107, p. 453-73, 1933.

RIBEIRO, Joaquim Costa. A física no Brasil. In: Azevedo, F. (org). **As ciências no Brasil**. São Paulo: Melhoramentos, 1955.

ROUXINOL, Estevan; PIETROCOLA, Maurício. **A ciência tem nacionalidade?** Uma análise nos livros textos de física. in: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, Jaboticatubas -MG, 26-30 de Out 2004. Disponível em: <http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/40294/mod_resource/content/4/Textos_para_Resenha/Texto_03_-_A_ciencia_tem_nacionalidade.pdf>. Acesso em 04 nov. 2015.

SÁ, Diminichi Miranda de. **A ciência como Profissão: médicos, bacharéis e cientistas no Brasil (1895-1935)**. Rio de Janeiro: Editora Fio Cruz, 2006.

SANCHES JÚNIOR, Jefferson de Lara. O desenvolvimento da política científica e tecnológica na Primeira República (1889-1930): uma análise a partir dos institutos de pesquisa paulistas e federais. **Cadernos de História da Ciência**, São Paulo, Vol. 8, n.1, p. 107-124, 2012. Disponível em: <http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-76342012000100006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 20 mar. 2017.

SANTOS, Arthur G. Apontamentos para a biografia de Amoroso Costa. In. COSTA, Manoel A. **As idéias fundamentais da matemática e outros ensaios**. São Paulo: Editora Grijalbo, 1971.

SÃO PAULO (Estado). Decreto n. 13426, de Junho de 1943. Aprova o Regimento de concurso para provimento dos cargos de professor catedrático e livredocente da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, da Universidade de São Paulo. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, SP, 24 jun. 1943. Disponível em <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1943/decreto-13426-23.06.1943.html>>. Acesso em: 17/08/2015

SCHENBERG, Mário. Da Evolução do Curso de Engenheiros Mecânicos-Eletricistas à Crítica da Política Tecnológica Brasileira [1983]. In: LOSCHIAVO, Maria Cecília (org). **Curso de Engenheiros Mecânicos-Eletricistas e Engenharia Mecânica na Escola Politécnica de São Paulo**. São Paulo: EPUSP, 2009, p. 2-69.

SCHENBERG, Mário. Entrevista com Mário Schenberg [1980]. **Trans/Form/Ação**, Marília, v. 34, 117 -165. n.spe, 2011.

SCHENBERG, Mario. **Física para o primeiro ano do curso colegial**. São Paulo: Nacional, 1945

SCHENBERG, Mário [1978]. **Mário Schenberg (depoimento, 1978)**. Rio de Janeiro:

CPDOC, 2010.

SCHENBERG, Mario. **O destino das Nações Unidas** [1943]. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, sem data. Disponível em <<http://www.iea.usp.br/publicacoes/textos/schenbergnacoesunidas.pdf>> Acesso em 22 jul. 2016.

SCHENBERG, Mário. Os princípios da mecânica. **Revista Polytechnica**, São Paulo, n. 114, p. 195 - 197, 1934.

SCHENBERG, Mário. **Pensando a física**. São Paulo: Landy Editora, 2001.

SCHENBERG, Mário. [Ponto de vista de Mário Schenberg sobre a vida social brasileira nos anos 1940]. In: NEME, Mário. (Org). **Plataforma da nova geração**. Porto Alegre: Editora da Livraria do Globo, 1945.

SCHENBERG, Mário [1944]. **Princípios da Mecânica**. Rio de Janeiro: CBPF, 1986. (Coleção Galileo: Textos de Física – Documentos históricos -CBPF – DH – 001/86). 138 p. Disponível em <http://cbpfindex.cbpf.br/publication_pdfs/dh00186.2011_08_16_15_20_32.pdf>. Acesso em: 12/12/2015

SCHENBERG, Mário. **Princípios da Mecânica** [1944]. [São Paulo]: Cefisma, 1996.

SCHWARTZMAN, Simon. **Formação da comunidade científica no Brasil**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1979.

SEGRÈ, Emilio. **Dos Raios X aos Quarks** – Físicos modernos e suas descobertas. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1987.

SHINN, Terry. Regimes de produção e difusão de ciência: rumo a uma organização transversal do conhecimento. **Scientiae Studia**. São Paulo, v. 6, n.1 p. 11-39, 2008.

SILVA, Circe. M. Cartas inéditas de Otto de Alencar Silva (1872 - 1912) a para Francisco Gomes Teixeira. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro, n.10, p. 95-103, 1993.

SILVA, Circe. M. Politécnicos ou matemáticos? **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 4, p. 891-908, 2006.

SILVA, Clóvis. P. A contribuição de Otto Alencar Silva para o desenvolvimento da ciência no Brasil. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro, n.19, p. 13-30, 1998.

SILVA, Clóvis. P. Otto Alencar Silva: um pioneiro da pesquisa matemática no Brasil. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro, n.7, p. 31-40, 1992.

SILVA, Clóvis. P. Theodoro A. Ramos: sua correspondência para Lélío Gama. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro, n.17, p. 11-20, 1997.

SILVA, Luiz Roberto Rosa. **Prof. J. O. Monteiro de Camargo e o Ensino de Cálculo Diferencial e Integral e de Análise na Universidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática). UNESP, Rio Claro, 2006.

SOUZA, Ana Cláudia Ribeiro de. **Escola Politécnica e suas múltiplas relações com a cidade de São Paulo 1893-1933**. Tese (Doutorado em História). PUC, São Paulo, 2006.

STUDART, Nelson; COSTA, Rogério C. T. da; MOREIRA, Ildeu de C. Theodoro Ramos e os primórdios da Física Moderna no Brasil. **Física na Escola**, São Paulo, v.5, n.2, p. 34-6, 2004.

TOLMASQUIN, Alfredo. T.; BARBOZA, Christina H. M. Ciência e tradição: O Observatório Nacional e as Resistências à Implantação da Astrofísica. In: HAMBURGUER, Amélia. I. et al. (Org.). **A ciência nas relações Brasil-França (1850 – 1950)**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo; Fapesp, 1996. p. 77-87.

VAN DER WAERDEN, Bartel L. Exclusion principle and spin. In: FIERZ, Markus; WEISSKOPF, Victor F. (Ed.) **Theoretical physics in the twentieth century**. New York: Interscience Publishers Inc., 1960. p. 199 - 244.

VIDEIRA, Antonio A. P. A física entre a mecânica clássica e a filosofia: os exemplos de Helmholtz, Boltzmann e Hertz. **Revista da SBHC**, Rio de Janeiro, n.13, p. 11-14, 1995.

VIDEIRA, Antonio A. P. **A inevitabilidade da filosofia na ciência natural do século 19: o caso da física teórica**. Rio Grande do Sul: Editora Unijuí, 2013.

VIDEIRA, Antonio A. P. **Henrique Morize e o ideal da ciência pura na república velha**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003.

VIDEIRA, Antonio A. P. Kirchhoff e os fundamentos da mecânica. **Scientiae Studia**. São Paulo, v. 9, n.3 p. 611-24, 2011.

VIDEIRA, Antonio A. P. O naturalismo como atitude: Mach em disputa com a metafísica. **Principia**, Florianópolis V. 13, n. 3, p. 371-384, 2009.

VIDEIRA, Antonio A. P.; VIEIRA, Cássio.L.. Luiz Freire: semeador de vocações. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 1-7, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n2/29.pdf>>. Acesso em 17 jan. 2017.

VIDEIRA, Antonio A. P.; VIEIRA, Cássio.L.. **Reflexões sobre a historiografia e história da física no Brasil**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010.

WATAGHIN, Lúcia. Fundação da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo: a contribuição dos professores italianos. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**. São Paulo, n. 34, p. 151 - 173, 1992.

WATAGHIN, Gleb. **Gleb Wataghin (depoimento, 1975)**. Rio de Janeiro, CPDOC, 2010. 45 p.

WEBER, Max [1919]. **Ciência e política: duas vocações**. São Paulo: Cultrix, 1967.

ANEXO A – Capa e índice do número 114 da Revista Polytechnica.

Escola Politécnica de São Paulo
BIBLIOTÉCA

REVISTA POLYTECHNICA

ORGÃO DO "GREMIO POLYTECHNICO"

SUMMARIO

A Synthese dos Phenomenos Physicos (continuação)
pelo eng.º Luiz Cintra do Prado

Area de uma Superficie Curva
pelo eng.º Omar Catunda

Excursão aos Saltos das 7 Quedas e do Iguassú
pelos engdos. G. L. Lara Campos e Odair Grillo

Paginas Illustradas

Instituto de Pesquisas Technologicas

Séde do Escritorio Central da Cia. Paulista E. F.
pelo eng.º Dacio A. de Moraes

Novo abastecimento de Agua
aos depositos de Locomotivas da Cia. Mogyana
em Ribeirão Preto, por meio de um poço arteziano
pelo eng.º Luiz Alberto da Rocha

O Predio São Francisco

Emprego das Madeiras Nacionais em Aviação
pelo eng.º Frederico A. Brotero

A "Voz de São Paulo" em Villa Helena

Os Principios da Mecanica
por Mario Schenberg

Noticiario

Bibliographia

NUM. 114

MARÇO
ABRIL
1.9.3.4

ANNO XXXI
SÉRIE 14.ª

COMISSÃO REDACTORA

Director: MARIO LOPES LEÃO

Redactores: Augusto de Lima Pontes
Alberto Badra
Antenor Sampaio de Freitas
Affonso Iervolino
Oscar Bergström Lourenço
Ulysses Paes de Barros

REDACÇÃO: ESCOLA POLYTECHNICA DE SÃO PAULO
Rua Tres Rios

ANEXO B - O artigo *Os princípios da mecânica*, de 1934.

OS PRINCIPIOS DA MECANICA

MARIO SCHENBERG
4.º anno do curso de
engenheiros electricistas

I

A noção de Theoria Physica

A SCIENCIA tem por fim a previsão dos phenomenos futuros conhecidos os phenomenos passados, do modo mais economico possivel. A idéia de economia, defendida por Mach⁽¹⁾, é hoje universalmente acceita. A economia é realisada substituindo experiencias sensiveis por experiencias mentaes ou raciocinios, consistindo qualquer raciocinio na substituição de uma experiencia complexa, de resultado desconhecido, por uma série de experiencias elementares de resultados conhecidos.

Para conseguir a maxima economia surgem primeiramente as leis. Leis são relações entre elementos abstractos, que fazemos corresponder aos phenomenos⁽²⁾, por intermedio de nossos instrumentos de medida⁽³⁾.

A noção de lei sendo capital, procuraremos esclarecel-a por meio de exemplos: —

Si tomarmos uma pilha Daniell e a ligarmos a diversos circuitos, constataremos em cada caso uma corrente differente. Si em vez de tabellarmos simplesmente os resultados, procurassemos descobrir uma lei, chegaríamos a lei de Ohm. Obtida a lei de Ohm poderíamos prever qual a corrente em cada caso sem ter necessidade de effectuar a experiencia, houve portanto uma economia.

Os phenomenos observados no campo electrostatico consistem em atrações e movimentos, mas as leis da electrostatica tratam de cargas, potenciaes, etc., que são elementos abstractos.

* * *

Obtido um conjuncto de leis procuramos logo economia grupando-as em theorias. Trataremos apenas das theorias physicas.

Não reina perfeito accôrdo entre os scientistas quanto á forma da theoria physica.

Dum modo geral ha dois modelos de theorias: — explicativas e representativas.

A theoria explicativa está rejeitada actualmente, representa um resto das idéias theologicas e metaphysicas.

A theoria representativa pode ser inductiva ou deductiva.

A theoria inductiva foi preconizada por Newton, mas rejeitada pelos chamados newtonianos que seguiram as idéias de Boscovich⁽⁴⁾. No inicio do seculo XIX, Ampere retomou o methodo inductivo em suas celebres pesquisas sobre o electromagnetismo⁽⁵⁾, si bem que não o tenha applicado com a devida correção como o mostrou Poincarè⁽⁶⁾. No fim do mesmo seculo Gustave Robin deu a forma definitiva á theoria inductiva, tendo-nos legado um admiravel exemplo de sua applicação na immortal «Thermodynamique Generale». Vejamos ligeiramente algumas passagens desta obra: —

«Indicando como fim da Sciencia a previsão do futuro, entendemos que ella deve prever nossas sensações futuras segundo nossas sensações passadas» (Introdução, pag. IX).

«Mas este fim que attribuimos á Sciencia, só podemos attingil-o por um meio, pela indução. A indução é um acto de fé. Só estamos certos da sensação presente, afirmar o futuro é praticar um acto de fé. Tal é effectivamente, o principio da indução: sendo dada uma sensação já sentida, affirma-se que ella se reproduzirá em certas condições». (Introdução pag. X).

Este acto de fé é um dos pontos capitaes da Sciencia, é o chamado Principio da Causalidade. Vejamos como o define Painlevé⁽⁷⁾: —

«O Principio de Causalidade é a base de toda a Sciencia. Está indissoluvelmente ligado á nossa affirmação da existencia objectiva do mundo exterior. Esse principio, homens e animaes o possuem e o empregam instinctivamente em todos os actos quotidianos de sua vida. Um proverbio vulgar: «chat echaudé craint l'eau même froide», mostra que o gato é capaz de uma applicação, talvez excessiva do principio da Causalidade.»

O enunciado mais preciso do principio é o seguinte: —

Quando as mesmas condicções se realisam em dois instantes differentes, em dois lugares distinctos do espaço, os mesmos phenomenos se reproduzem, apenas deslocados no espaço e no tempo.

* * *

As theorias deductivas são antiquissimas, tendo suas raizes nos systemas dos philosophos gregos⁽⁸⁾, contudo seu grande desenvolvimento data de Boscovich. Ha porém, grande scisão entre os antigos e os modernos deductivistas. Os primitivos consideravam suas hypotheses como certas, desde que as consequencias dellas deduzidas logicamente fossem verificadas experimentalmente. Os modernos tendem a considerar suas hypotheses como «acceitaveis» e não verdadeiras contanto que suas consequencias estejam de accôrdo com os factos.

A analyse das theorias deductivas foi feita com grande brilhantismo por Pierre Duhem⁽⁹⁾.

Os deductivitas taxam de infecundo o methodo inductivo, embora reconheçam as vezes sua superior elegancia. Não nos parece justificacada essa opinião, que é annullada pelos trabalhos de Vaschy⁽¹⁰⁾, Pomey⁽¹¹⁾, Robin⁽¹²⁾, e entre os modernos notam-se tambem essa tendencia em Schrödinger Bohr, Heisenberg, não falando na admiravel exposição do electromagnetismo devida a Poincaré⁽¹³⁾.

Julgámos indispensaveis ao desenvolvimento das Sciencias tanto as theorias inductivas como as deductivas. Às theorias deductivas, mais comodas cabem os campos novos da Sciencia, onde predomina o interesse de descobrir novos phenomenos, embora com algum sacrificio da esthetica.

Às theorias inductivas cabe substituir as deductivas nos terrenos já consolidados, tendo em vista sua perfeição esthetica e superior segurança de seus methodos e resultados.

Na exposição dos principios da Mecanica adoptaremos o ponto de vista inductivo.

- (1) E. Mach — "La Mecanique", pags. 449 e seguintes, edição Hermann — 1925.
- (2) P. Duhem — "La Theorie Physique", pgs. 24 e seguintes, edição Riviere — 1914.
- (3) G. Robin — "Thermonamique Generale", pg. 1, edição Gauthiers Villars — 1901.
- (4) Navier — "Resumé des Leçons", pgs. CXLIII e CXLIV, edição Dunod - 1864. Ver tambem Duhem, op. cit.
- (5) Ampère — "Theorie Mathematique des Phenomenes, etc.", edição Hermann.
- (6) Poincaré — "Electricité et Otique", pgs. 231 e seguintes, edição Villars — 1901.
- (7) Painlevé — "Les axiomes de la Mecanique", pg. 9, edição G. Villars — 1902.
- (8) Berthoud — "Nouvelles Conceptions sur la Matiere et l' Atome", edição Doin — 1922.
- (9) Duhem, op. cit.
- (10) Vaschy — "Theorie de L' electricité", edição Beranger — 1896.
- (11) Pomey — "Cours de l' Electricité", edição G. Villars — 1914.
- (12) G. Robin — "Oeuvres Scientifiques", edição G. Villars — 1901.
- (13) Poincaré op. cit.

ANEXO C – Reprodução de carta de Mario Schenberg a Luiz Freire, de 6 de maio de 1933

S. Paulo, 6/5/933

Caro mestre:

Apresso-me a excusar-me de não ter lhe escripto. Tenho estado preocupado com estudos em mecânica e physica mathematica. Tive hoje a oportunidade de adquirir a colleção dos V annos iniciaes da Revista dos Cursos da Polytechnica, contendo as seguintes memórias de Otto de Alencar:

Aplicações geom. Da que. De Riccati.

Suplemento à memória: Aplicações etc.

Lições sobre a theoria das fun. Symétricas.

Estudo da Lua

Uma lição sobre a theoria dos parâmentros differenciaes

A memória sobre os parâmetros differenciaes parece-me a mais interessante contendo interessantes propriedades dos symbolos de Christoffel e do tensor de Riemman-Christoffel, seria interessante averiguar qual a parte devida a Alencar pois, parece-me, desconhecia os trabalhos de Ricci e Levi-Civita.

Aqui podem-se adquirir facilmente obras interessantes entre estas a Geometria de Posição de Carnot e as Aplicações da Mecânica e Geometria de Charles Dupin, sendo esta última em edição original de 1822, contendo a theoria das tangentes conjugadas, dos corpos flutuantes, etc., si lhe interessarem escreva-me que providenciarei para sua aquisição, aliás por preços modicos.

O ambiente na Polythecnica é fraco cientificamente falando. Ao que parece o homem mais notável é o Camargo, assistente do Theodoro. O Theodoro anda bastante decahído em sua cultura scientifica, devido a politicagem. Quanto ao cathedratico de physica é digno rival do nosso Góes.

A campanha eleitoral foi verdadeiramente grandiosa, havendo a ressurreição do espírito separatista. A cidade mudou de aspecto tal a quantidade de cartazes affixados.

Os discursos dos candidatos da frente única foram exaltados, notando-se abundância dos termos Piratininga, bandeirante, etc.

Respeitosas saudações do discípulo e amigo

Mario Schenberg

Hotel Germânia, rua Couto Magalhães. S. Paulo

ANEXO D – Reprodução de carta de Mario Schenberg a Luiz Freire, de 16 de dezembro de 1933

S. Paulo 16/12/933

Caro mestre:

Peço perdoar-me o longo e injustificável silêncio. Tinha escrito uma longa carta em expunha os resultados das investigações que realizei acerca dos Princípios da Mecânica, mas tendo conversado com Theodoro Ramos e tendo este desejado ver uma exposição por escrito do sistema a que chegara mostrei-lhe a carta e ficou de devolver-me por estes dias, logo que puder remeter-lha-hei.

Domingo tive longa palestra com o Theodoro, o que permitiu-me formar uma ideia de sua personalidade actual. O Theodoro é notabilíssimo por sua vasta cultura no campo da Mecânica e da Física Moderna, aliás tive a impressão de estar um pouco alheiado à mecânica pura e dedicar-se especialmente à física dos quanta.

Sobre alguns pontos de vista não pude aceitar suas ideias, vou citar dois exemplos:

a) Emiti a ideia de que o único processo aconselhável numa elaboração aprimorada duma theoria física consistia em tomar princípios que resumissem grande número de experiências e aplicar-lhes o aparelho logico-mathematico. Theodoro objetou allegando que um estudo aprofundado dos quanta conduzia a uma nova (?) concepção da theoria física.

Os postulados não podem ser verificáveis directamente, é apenas necessário e suficiente que suas consequências o sejam, tornando-se mesmo indispensável adoptar este ponto de vista. Preliminarmente não me parece ser novo este ponto de vista que afinal coincide com o de Hertz, de que duas theorias que conduzem às mesmas equações são equivalentes. Em seguida, creio que a física divide-se em dois campos, um de consolidação e outro de avanço, havendo uma diferença essencial de methods, visto que no campo de avanço poderem ser adoptados quaisquer methods comtanto que conduzam a consequências certas, mas no campo da consolidação o único ponto de vista admissível é o que expus acima e que emprestei a Robin.

Também não me parece inteiramente justificável a opinião de Hertz; tomando a theoria da luz como exemplo, a theoria electromagnética-electronica conduz aos

mesmo resultados que a teoria mecânica, especialmente a de Boussinesq, mas uma theoria mecânica é incapaz de fazer suspeitar directamente a acção dos imans sobre a luz o que não acontece com a electromagnética. Enfim, a opinião de Hertz seria inteiramente acceitavel si o homem fosse uma machina de fazer calculo incapaz de intuição.

b) Enquanto eu expunha as noções de pressão, ligações, etc. o Theodoro dizia que as pressões deviam ser introduzidas, na exposição clássica, por um postulado especial, como faz o Marcolongo e outro autores italianos, mas este postulado não é compatível com os newtonianos.

As ligações deveriam, juntamente com a mecânica analytica, sêr tratadas separadamente dos princípios de Newton; não vejo motivo algum para esta separação que me parece puramente ficticia.

Quanto à força, o trabalho e as forças de ligação deveriam ser consideradas em mecânica analytica como elementos indefinidos, não lhe parecendo ser necessário substituir estes elementos por outros. Não compreendo como vectores, números, bipontos, etc. possam ser introduzidos como elementos não definidos na base duma theoria. Parece-me absurdo admitir um determinado vector, etc., como elemento indefinido, que não pode ser um vector, um número, etc.

Também manifestou-se adversário da construção lógico-symbolica da geometria que não acha preferível à construção analytica, alegando que o Hilbert e os outros para demonstrarem a coherencia e sufficiencia dos systemas de postulados acabavam sempre lançando mão de algorithmo analytico.

Não posso acceitar nem a critica a justificação, basta notar que considerando a construção algébrica da geometria como suficiente não teriam surgido as luminosas concepções de Dedekind e Pasch: quanto ao emprego da álgebra para demonstrar a coerência dum corpo geométrico de postulados, digo de postulados da geometria, é fatalidade do raciocínio que não pode verificar intrinsecamente a coerência dum dado conjunto symbolico sem interpreta-lo em termos dum systema já conhecido.

A não ser nesses pontos achei admiráveis suas ideias sobre lógica e outras questões de física que abordamos.

Segue uma demonstração

[Aqui se interrompe a reprodução da carta]

APÊNDICE A: Panorama biográfico de Mário Schenberg

Mário Schenberg nasceu provavelmente em 1916²⁰⁰, em Recife, filho de Fanny Schenberg e Salomão Schenberg, judeus oriundos do leste europeu. Seu pai veio ao Brasil na primeira década do século XX, após se recusar a servir ao exército czarista. Já na década de 1910, Salomão tinha um estabelecimento comercial em Recife e foi o primeiro presidente eleito da sociedade israelita da cidade, o que demonstra que, em pouco tempo, Salomão Schenberg passa a ser uma figura de relativo destaque, pelo menos em sua comunidade. Na década de 1920, a família Schenberg já era bastante próspera, o que permitiu que Schenberg pudesse se dedicar aos estudos com relativo conforto²⁰¹.

Em 1930, Schenberg vai ao Rio de Janeiro para fazer o curso preparatório para o ingresso na universidade. O plano de fazer os estudos superiores na Europa é afetado pela crise de 1929, e Schenberg retorna a Recife, ingressando, em 1931, na Escola de Engenharia de Pernambuco, onde conheceu o professor Luiz Freire, que teve forte influência sobre o jovem Schenberg, incentivando seus estudos em matemática, física e filosofia da ciência.

Em 1933, Schenberg se transferiu para a Escola Politécnica de São Paulo, e em 1934, com a fundação da USP, ingressa na primeira turma da Seção de Matemática da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras. Também em 1934 publica seu primeiro artigo, *Os princípios da Mecânica*, que trata da epistemologia da física. Forma-se engenheiro em 1935 e matemático em 1936, mesmo ano em que publica o artigo *Sull'interazione degli elettroni*, na revista italiana *Nuovo Cimento*. A essa altura, além de se dedicar aos estudos, Schenberg inicia sua atuação política, ingressando no primeiro núcleo do Partido Comunista do Brasil (PCB) (KINOSHITA, 2014, p. 29)²⁰².

Em 1937, Gleb Wataghin o nomeia assistente de Física Teórica da FFCL da USP. Em 1938, Schenberg, acompanhado de Giuseppe Occhialini, vai a Roma estagiar com Enrico Fermi. Após sua estadia na Itália, Schenberg vai a Zurique, onde estagia com Wolfgang Pauli, figura que contribuiu bastante para a inclinação de Schenberg à filosofia

²⁰⁰ Não se sabe com certeza se Schenberg nasceu em 1914 ou 1916 (Cf. HAMBURGUER, 2009, p. xi.). Segundo Kinoshida (2014, p.26) o mais provável é que tenha nascido em 1916.

²⁰¹ Sobre a família Schenberg, cf. (KINOSHITA, 2014, p. 23-9).

²⁰² Segundo Oliveira (2011, p. 27), Schenberg só se filiou ao PCB nos anos 1940: "Apenas, depois do retorno da viagem aos Estados Unidos, por volta de 1940, é que iniciou a prática militante, dando vazão a seus preceitos marxistas. Antes disso não era filiado ao Partido Comunista, apenas participava de ações políticas como estudante."

oriental²⁰³, que se manifestaria de maneira mais intensa nas décadas de 1970 e 1980. Em seguida vai a Paris e estagia com Bruno Pontecorvo, Frederic Joliot-Curie, Paul Langevin (HAMBURGER, 1984, p.67).

Schenberg volta ao Brasil em 1939, mesmo ano em que conhece George Gamow. No ano seguinte, Schenberg vai a Washington trabalhar com Gamow e publicam juntos, na *Physical Review*, dois artigos sobre evolução estelar: *The possible role of neutrinos in stellar evolution* (1940) e *Neutrino theory of stellar collapse* (1941). Em 1942, Schenberg trabalha com Subrahmanyan Chandrasekhar, que posteriormente receberia o Nobel de Física. Publicam juntos o artigo *On the evolution of the main sequence stars*, no *Astrophysical Journal*.

Após a publicação desses três artigos em astrofísica, Schenberg retorna ao Brasil, em 1942, e é nomeado Professor Assistente de Física Superior da Universidade de São Paulo, e, em 1944, torna-se professor catedrático de Mecânica Racional e Celeste. A esta altura, com menos de 30 anos, Schenberg tem aproximadamente trinta publicações, metade em revistas estrangeiras. Além dos trabalhos em astrofísica, produz trabalhos nas mais diversas áreas, sobre raios cósmicos, função delta de Dirac, teoria quântica de campos, momento angular de campos gravitacionais, etc.

Entre o final da década de 1930 e começo da década de 1940, Schenberg começa a se aproximar de artistas, escritores e críticos de arte, como Alfredo Volpi, Di Cavalcanti, Bruno Giorgi, Paulo Emílio Sales Gomes, Oswald de Andrade (OLIVEIRA, 2011, p. 53-5), Sérgio Milliet e Mário de Andrade (OLIVEIRA, 2011, p. 79). Em 1942 escreve sua primeira crítica de arte, a respeito da obra de Bruno Giorgi, na *Revista Acadêmica* e em 1944 produziu o catálogo da primeira exposição individual de Alfredo Volpi.

Em 1943, a convite de Paulo Emílio Sales Gomes, publica, na revista *Clima*, o artigo *O destino das Nações Unidas*. Também na mesma época, é chamado, junto com outros 28 jovens figuras da intelectualidade brasileira, para fazer uma análise a respeito da vida social brasileira, na enquete que ficou conhecida como *Plataforma da Nova Geração*, e foi publicada no jornal o Estado de São Paulo entre meados de 1943 e início de 1944. Também em 1944, pronuncia o discurso de paraninfo dos formandos da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, discurso em que abordava a conjuntura política nacional e internacional.

²⁰³ Sobre Pauli, Schenberg afirma que "Tivemos contatos frequentes, que me influenciaram muito, não só do ponto de vista da física. Eu que já tinha interesse pela filosofia oriental, fui estimulado por ele em muitas conversas sobre o assunto" (CARVALHO; COSTA, 1998, p. 96)

Schenberg participou ativamente da vida política do pós-guerra, e em 1947, torna-se deputado estadual da Assembleia Constituinte do Estado de São Paulo. Nessa época a bancada do PCB, liderada por Caio Prado Jr., propõe e consegue aprovação de um fundo estadual de amparo à pesquisa, que anos mais tarde resultaria na fundação da FAPESP. O mandato de Schenberg foi curto, apenas 48 dias, pois o registro eleitoral do PCB foi cassado, e os comunistas começaram a ser perseguidos. Em 1948, Schenberg, junto com outros integrantes do PCB são presos. Após dois meses de prisão, Schenberg é solto e sai do Brasil, indo trabalhar, a convite de Occhialini, na Universidade Livre de Bruxelas, como físico teórico do grupo de raios cósmicos. Nessa época Schenberg conhece Ilya Prigogine. Só retorna ao Brasil em 1953.

Apesar da diversificação da intensificação da atuação política e do exílio, entre 1945 e 1953, Mario Schenberg continua produzindo conhecimento em física teórica com intensidade, publicando a maioria de seus quase 40 artigos em periódicos estrangeiros, como *Nuovo Cimento* e *Physical Review*. Há trabalhos sobre a teoria clássica e quântica do elétron, mecânica quântica, radiação de Cerenkov, etc. São desta época os trabalhos de mecânica estatística, que Schenberg dizia serem os seus preferidos (SCHENBERG, 2011 [1980], p. 120-1).

De volta ao Brasil em 1953, assume o cargo de Diretor do Departamento de Física da USP, sendo reeleito até 1961. Até então, segundo Schenberg afirma, havia evitado cargos administrativos na universidade²⁰⁴. Nesta época foi fundado o laboratório de física do estado sólido e a USP comprou o seu primeiro computador. Em 1960, Schenberg convida Cesar Lattes, que trabalhava no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), para recriar o grupo de pesquisas sobre raios cósmicos. A proposta de implantação do grupo contou com a participação de Hideki Yukawa, físico teórico japonês que ganhara o prêmio Nobel em 1949, por suas previsões a respeito da existência dos *mésons*. A presença de Yukawa resultou em uma colaboração científica entre o Brasil e o Japão, com a vinda de alguns físicos japoneses.

Nessa época Schenberg publica trabalhos sobre a equação de Schrodinger no periódico *Nuovo Cimento*, em 1954, e uma série de artigos sobre mecânica quântica e geometria, nos Anais da Academia Brasileira de Ciência. Por outro lado, a produção de Schenberg relacionada à crítica de arte sofre uma expressiva diminuição, sendo retomada

²⁰⁴ "Nessa época, o Marcelo Damy era o diretor do Departamento de Física. O Paulus Pompéia também foi diretor. [...] Nunca quis exercer cargos administrativos; só aceitei após ter voltado da segunda viagem à Europa, já em 1953. Aí fiquei como diretor o departamento de Física até 1961." (CARVALHO; COSTA, 1998, p. 97)

com mais fôlego apenas na década de 1960 (OLIVEIRA, 2011, p. 88). Nessa época do retorno ao Brasil, Schenberg exerceu intensa militância política no PCB²⁰⁵ e, segundo Kinoshita (2014, p. 205), o Dops (polícia política) o vigiava constantemente.

Em 1961, intelectuais de esquerda fundam o Centro de Estudos e Pesquisas Econômico-Sociais, e Schenberg torna-se seu presidente (KINOSHITA, 2014, p. 221). Em 1962 houve eleições para governadores e deputados, e o PCB, ainda que ilegal, concorreu, acolhido pela sigla do PTB. Nesta eleição Schenberg se elege deputado estadual, mas nenhum integrante do PCB foi empossado, impedidos pelo Tribunal Superior Eleitoral. Em 1964, com o golpe militar, Schenberg é preso por quase dois meses. A perseguição aos comunistas na Universidade de São Paulo se intensifica a partir de 1964, durante a reitoria de Luís Antônio da Gama e Silva, que constituiu comissão secreta para investigar "atividades subversivas" na universidade (KINOSHITA, 2014, p. 236). Schenberg continua sua militância no PCB durante a ditadura, participando, inclusive do Comitê Central do partido. Em 1969 o militares o aposentam compulsoriamente.

Neste período que vai de 1961, quando deixa de ser Diretor do Departamento de Física da USP, a 1969, quando Schenberg é aposentado, salvo engano, Schenberg não publicou nenhum artigo, o que indica que sua participação na vida política do país fica em primeiro plano. Além disso, suas relações com o mundo das artes ficam mais estreitas. Na VI Bienal de São Paulo, em 1961, a pedido de Mario Pedrosa, Schenberg organiza a maior retrospectiva de Alfredo Volpi, com 95 obras. Nas bienais de 1965, 1967 e 1969, Schenberg é eleito o representante dos artistas no júri nacional.

Schenberg escolhe permanecer no Brasil nos anos 1970, mesmo com o recrudescimento da repressão do regime militar, que o atingiu diretamente. Além de seguir escrevendo sobre a obra de diversos artistas, Schenberg escreve alguns artigos sobre relatividade e sobre a unificação da teoria eletromagnética com a gravidade, ainda que quase impossibilitado de pesquisar, já que não podia, entrar no *campus* da universidade após sua aposentadoria compulsória.

Schenberg só volta à Universidade de São Paulo no início dos anos 1979, no contexto da Lei da Anistia. O seu curso *Evolução dos conceitos da física*, ministrado em 1983 é transformado no livro *Pensando a física*. Várias obras, com entrevistas e depoimentos, começam a ser publicadas em sua homenagem, como os livros *Diálogos com*

²⁰⁵ "Em São Paulo, havia uma representação bastante implantada na USP, com dezenas de intelectuais e cientistas de várias unidades da universidade, que pertenciam aos quadros do PCB graças ao prestígio e liderança política de professores como Mario Schenberg, Omar Catunda, Samuel Barnsley Pessoa, João Batista Vilanova Artigas e, [...] Luiz Hidélbrando, entre outros" (KINOSHITA, 2014, p. 215-6)

Mario Schenberg e Mario Schenberg: entre-vistas. Em 1984 o Instituto de Física realiza um simpósio em sua homenagem. Em 1990, falece na cidade de São Paulo.

APÊNDICE B – Dados dos artigos publicados por Schenberg entre 1936 e 1946

ANO	DADOS DO ARTIGO	
1936	Artigo 1	Sull'interazione degli elettroni
	Abertura:	"A partir da ideia de Dirac, de que a interação entre os elétrons resulta da ação e da reação entre estes e o campo eletromagnético quantizado, pode-se deduzir a formula relativista da interação, devida a Moller, aplicando o método de cálculo preconizado por Dirac." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 1, tradução nossa)
	Tema:	Aspectos matemáticos da mecânica quântica
	Periódico:	Nuovo Cimento
	Autores citados:	C. Moller, H. Bethe, E. Fermi, P. Dirac, V. Fock e B. Podolsky
1937	Observações:	Agradecimentos a G. Wataghin
	Artigo 2	Sulla funzione $\delta(x)$ di Dirac
	Abertura:	"Nosso objetivo é mostrar que com a integral de Stieltjes pode ser representado, no campo real, o operador unidade e o operador derivada. No caso do operador derivada aparecem duas integrais de Stieltjes. Desta forma, pode-se evitar o uso da função imprópria de Dirac e sua derivada." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 9, tradução nossa)
	Tema:	Aspectos matemáticos da mecânica quântica
	Periódico:	Rendiconti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei
1937	Autores citados:	Peano e Giorgi
	Artigo 3	Sulla funzione $\delta(x)$ di Dirac II
	Abertura:	"Numa nota anterior foi examinada a possibilidade de substituir a função $\delta(x)$ de Dirac e a sua derivada com as integrais de Stieltjes. Nesta nota, mostramos que o método pode ser estendido para derivadas de ordem superior. Por fim, mostramos a necessidade de usar duas integrações para representar as derivadas. (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 13, tradução nossa)
	Tema:	Aspectos matemáticos da mecânica quântica
	Periódico:	Rendiconti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei
1937	Autores citados:	P. Levy
	Observações:	Agradecimentos a G. Wataghin
	Artigo 4	Sopra una classe di equazioni funzionali
	Abertura:	"Estudaremos as equações formadas com os operadores que tenham autofunções comuns e comutáveis com fatores constantes. Considerando produtos funcionais de qualquer um desses operadores, examinaremos uma equação obtida igualando a zero a função linear, homogênea e com coeficientes constantes nos produtos mencionados, aplicada à função desconhecida. Mostramos que, conhecendo as autofunções do operador que aparecem nas equações, podem ser encontradas estas soluções; o método é estendido para as equações sem o segundo membro, em que o primeiro é um polinômio homogêneo, com coeficiente constante ou mesmo uma função homogênea em todas as expressões definidas acima." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 17, tradução nossa)
	Tema:	Matemática
1937	Periódico:	Rendiconti della Reale Accademia Nazionale dei Lincei
	Autores citados:	Não há
	Observações:	Agradecimentos a G. Wataghin
	Artigo 5	Um novo tipo de integrais generalizadas de Fourier
	Abertura:	"As representações de funções por meio de integrais generalizadas de Fourier, nas autofunções de um operador, não são aplicáveis, em geral, às próprias autofunções. Mostramos como se pode modificar a representação de modo a evitar esse inconveniente. O desenvolvimento proposto depende da integral de Stieltjes e coincide com o habitual sempre que esse exista. Como aplicação estudamos o desenvolvimento segundo as autofunções do operador x atribuindo um sentido preciso a

	Tema:	esse desenvolvimento" (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 23)
	Periódico:	Matemática
	Autores citados:	Annaes da Academia Brasileira de Ciencias
1938	Artigo 6	P. Dirac e M. Schönberg
	Abertura:	Relativistic commutativity rules in the quantum theory of fields
		"No artigo presente discutimos as regras de comutação entre as grandezas dos campos em tempos diferentes. As regras de comutação para as ondas de elétrons foram estabelecidas assumindo um campo eletromagnético variável. Para um campo material arbitrário com uma equação de movimento de primeira ordem, as regras de comutação são vistas como análogas às do elétron; o caso do campo do neutrino será examinado. As regras de Jordan e Pauli para a força do campo eletromagnéticos são analisadas em conexão com as equações de Maxwell; mostraremos que as regras podem ser escritas em uma forma simétrica similar àquela do campo material." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 27, tradução nossa)
	Tema:	Aspectos matemáticos da mecânica quântica
	Periódico:	Physica
	Autores citados:	Jordan, W. Pauli, P. Dirac e G. Wataghin
	Observações:	Agradecimentos a E. Fermi e G. Wataghin
1938	Artigo 7	Relativistic commutativity rules in the quantum theory of fields II
	Abertura:	"A análise das regras de comutação entre as grandezas dos campos em tempos diferentes, iniciadas na primeira parte deste artigo, são estendidas a casos mais gerais, em conexão com a teoria quântica de campos de Heisenberg-Pauli. Essa teoria é discutida em conexão com as equações de onda do campo clássico. A teoria envolve dificuldades no caso de equações de movimento de primeira ordem. Mostramos que as regras de comutação entre as grandezas dos campos em tempos diferentes podem ser determinadas por meio das regras de comutação em tempo iguais e das equações de movimento, quando essas equações são lineares. O caso de uma equação de onda de segunda ordem é tratado explicitamente, com as regras de comutação em tempos iguais sendo conhecidas da teoria de Heisenberg-Pauli." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 35, tradução nossa)
	Tema:	Aspectos matemáticos da mecânica quântica
	Periódico:	Physica
	Autores citados:	M. Schönberg, W. Heisenberg, W. Pauli e P. Jordan
	Observações:	Agradecimentos: E. Fermi
1938	Artigo 8	Processi moltiplicativi della radiazione cosmica nell'alta atmosfera.
	Abertura:	"O comportamento da radiação cósmica nos extratos superiores da atmosfera foram estudados com dois métodos: medida com câmara de ionização e medida com contador em coincidência." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 41, tradução nossa)
	Tema:	Raios cósmicos
	Periódico:	La Ricerca Scientifica
	Autores citados:	Regener, Bowen, Millikan, Neher, Carmichael, Dymond, Pfozter, Gross, Bhabha, Heitler, Carlson, Oppenheimer e Bethe.
	Observações:	Agradecimentos a E. Fermi, Bernardini e Ferretti.
1939	Artigo 9	Sobre as equações inomogêneas de movimento na mecânica quântica
	Abertura:	"Num trabalho precedente mostramos o seguinte teorema: 'as grandezas de um campo de ondas cujos quanta obedecem a estatística de Fermi-Dirac não podem ter equações de movimento inomogêneas'.
		Essa proposição esclarece a razão pela qual as equações de Dirac do elétron são homogêneas, mesmo no caso mais geral, o que não acontece com as equações de Maxwell que não são homogêneas quando se considera um campo com cargas presentes. (...) Na presente nota mostraremos que o teorema enunciado pode ser demonstrado de modo mais simples, sem utilizar os métodos da segunda quantização (...)."

	Tema:	(SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 48)
	Periódico:	aspectos matemáticos da mecânica quântica.
	Autores citados:	Annaes da Academia Brasileira de Sciencias
1939	Artigo 10	P. Dirac, Foch e Podolsky.
	Abertura:	Sobre a existência de monopolos magnéticos
		"Na teoria eletromagnética de Maxwell e Lorentz se postula a inexistência de monopolos magnéticos, sendo todo magnetismo atribuído a correntes elétricas. Até hoje não ficou esclarecida a questão de saber se essa hipótese é necessária ou se é possível abandoná-la sem alterar profundamente a estrutura da teoria eletromagnética. (...) Na presente nota, propomo-nos demonstrar que a natureza geométrica do campo eletromagnético (axialidade do campo magnético) não permite a existência de massas magnéticas, se quisermos conservar a massa com seu caráter de grandeza escalar." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 49)
	Tema:	Aspectos matemáticos da física clássica.
	Periódico:	Annaes da Academia Brasileira de Sciencias
	Autores citados:	Não há
1939	Artigo 11	β -Ray selection rules and meson theory
	Abertura:	"As regras de seleção para o decaimento β foram discutidas com base na teoria de Fermi, com o resultado de que apenas transições permitidas são aquelas nas quais o momento angular do núcleo não muda. De acordo com as modificações do formalismo de Fermi, propostas por Gamow e Teller, a inversão do spin das partículas pesadas podem aparece na emissão β , transições nas quais o momento angular do núcleo muda por 1 são também permitidas. Foi mostrado por esses autores que a nova regra de seleção está em melhor acordo com a evidência experimental que a regra original. Nós iremos discutir aqui a significação dessas duas regras de seleção a partir do ponto de vista da teoria da emissão β de Yukawa." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 53, tradução nossa)
	Tema:	Mecânica quântica
	Periódico:	Physical Review
	Autores citados:	E. Fermi, G. Gamow, E. Teller, H. Yukawa e N. Kemmer.
	Observações:	Agradecimentos a G. Gamow e G. Wataghin
1939	Artigo 12	Equações relativísticas de movimento de 1a ordem na mecânica quântica
	Abertura:	"A determinação dos tipos gerais de equações de movimento, lineares, relativísticas e de 1a ordem de um corpúsculo elementar foi iniciado por Dirac (...). A análise de Dirac não fecha a questão, pois não decide sobre a possibilidade de outras classes de equações relativísticas e lineares de primeira ordem. Na presente nota discutiremos o problema de um modo geral, mostrando que há (...) outro tipo possível de equações, satisfazendo as condições enunciadas" (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 60)
	Tema:	Aspectos matemáticos da mecânica quântica.
	Periódico:	Anaaes da Academia Brasileira de Ciências
	Autores citados:	P. Dirac, B. van der Waerden, N. Kemmer
	Observações:	Agradecimentos a G. Wataghin
1939	Artigo 13	Équations relativistes de mouvement du premier ordre en mécanique quantique
	Abertura:	[Trata-se do artigo <i>Equações relativísticas de movimento de 1a ordem na mecânica quântica</i> (Artigo 12), com poucas modificações e traduzido para o francês]
	Tema:	Aspectos matemáticos da mecânica quântica
	Periódico:	Comptes Renduz de l'Académie des Sciences.
	Autores citados:	P. Dirac, B. van der Waerden, N. Kemmer.
1939	Artigo 14	Sobre uma componente ultramole da radiação cósmica (I).
	Abertura:	"Os estudos sobre a radiação cósmica até agora realizados visaram a

parte de maior energia. (...) O conhecimento da parte menos energética da radiação é bem mais restrito, limitando-se praticamente a uma constatação qualitativa de existência de corpúsculos de energia comparáveis às que intervêm nos processos nucleares. (...)

Bernardini e Ferretti demonstram que ao nível do mar existe uma forte proporção de radiação cósmica ultramole (...). Na presente nota expomos os primeiros resultados por nós obtidos no estudo da parte ionizantes dessa radiação e que em parte confirmam e em parte completam os desses autores." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 63)

	Tema:	Raios cósmicos
	Periódico:	Annaes da Academia Brasileira de Sciencias
	Autores citados:	Bernardini e Ferretti
	Observações:	- Artigo cujo primeiro autor é Giuseppe Occhialini. - Agradecimentos a G. Wataghin e C. Chagas.
1940	Artigo 15	Origem da componente dura da radiação cósmica
	Abertura:	"A origem secundária dos corpúsculos que constituem a componente dura da radiação cósmica não oferecem mais dúvida. O efeito Leste-Oeste mostra que os primários são predominantemente positivos, ao passo que os corpúsculos penetrantes positivos e negativos são em número igual (...)." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 70)
	Tema:	Raios cósmicos
	Periódico:	Annaes da Academia Brasileira de Sciencias
	Autores citados:	Bowen, Millikan, Neher, L.W. Nordheim, W. Heitler, H.J. Bhabha.
	Observações:	Agradecimentos a G. Occhialini
1940	Artigo 16	Sobre a equação dos dielétricos reais
	Abertura:	"Estudando as propriedades físicas dos dielétricos reais, B. Gross e P.S. Rocha encontraram para a diferença de potencial $U(t)$ entre as armaduras de um condensador, durante os períodos de descarga e regeneração, a seguinte equação (...). Vamos expor outro processo de resolução da equação, baseado na transformação de Laplace." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p.72)
	Tema:	Aspectos matemáticos da teoria dos dielétricos
	Periódico:	Annaes da Academia Brasileira de Sciencias
	Autores citados:	B. Gross, P.S. Rocha, F.M. de Oliveira Castro
	Observações:	Artigo cujo primeiro autor é Abrahão de Moraes.
1940	Artigo 17	Règles relativistes de commutation dans la théorie quantique des champs.
	Abertura:	[Artigo similar aos artigos <i>Relativistic commutation rules in the quantum theory of fields I e II</i> (artigos 6 e 7) publicados pela revista Physica em 1938]
	Tema:	Aspectos matemáticos da mecânica quântica.
	Periódico:	Le Journal de Physique et le Radium
	Autores citados:	P. Jordan, W. Pauli, G. Wataghin, W. Heisenberg, P. Dirac, M. Schönberg,
	Observações:	Agradecimentos: M. U. Fano, M. J. Serpe.
1940	Artigo 18	Sobre uma componente ultramole da radiação cósmica
	Abertura:	"Prosseguindo nos estudos sobre a componente ultramole da radiação cósmica, cujos primeiros resultados já foram apresentados, iniciamos a análise da parte não ionizante dessa componente." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 103)
	Tema:	Raios cósmicos
	Periódico:	Annaes da Academia Brasileira de Ciências
	Autores citados:	G. Occhialini, M. Schönberg, J. Clay, K.H. Jonker, G. Bernardini, B. Ferretti, M. A. Starr
	Observações:	Artigo cujo primeiro autor é Giuseppe Occhialini
1940	Artigo 19	On the theory of multiplicative showers
	Abertura:	"A teoria dos 'multiplicative showers' tem sido investigada por muito autores, com uma vasta gama de tratamentos matemáticos diferentes;

		<p>mas do ponto de vista físico, todos esses artigos seguem de perto as duas teorias originais, de Bhabha e Heitler e Carlson e Oppenheimer. No presente momento, podemos considerar que a teoria explica a produção de 'shower' em camadas finas de material, mas a teoria não leva a penetrações corretas para elétrons de alta energia. É interessante ver se há características da teoria dos showers que podem dar conta dessa divergência ou se ela se deve a uma possível imprecisão da seção de choque da eletrodinâmica quântica para processos de alta energia. Veremos que, de fato, existem essas característica." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 109, tradução nossa)</p> <p>Tema: Raios cósmicos</p> <p>Periódico: Annaes da Academia Brasileira de Ciências</p> <p>Autores citados: Bhabha, Heitler, Carlson, Oppenheimer, Serber, M. Schönberg, Bloch, Nordsieck, Landau, Rumer, Snyder, Bernardini, Ferretti, Occhialini, Cacciapuoti</p> <p>Observações: Agradecimentos: Fermi, Bernardini, Occhialini e Gross.</p>
1940	Artigo 20	The possible role of neutrinos in stellar evolution
	Abertura:	<p>No presente momento, pode ser considerado definitivamente estabelecido que a produção de energia em estrelas é causada por vários tipos de reações termonucleares que acontecem no seu interior. Uma vez que essas reações em cadeia contém o processo de desintegração β, acompanhado da emissão de um neutrino de alta velocidades, e uma vez que os neutrinos podem passar quase sem dificuldade pelo corpo da estrela, devemos assumir que uma certa parte da energia total produzida escapa para o espaço interestelar sem ser notada como uma verdadeira radiação térmica da estrela. (...) Entretanto, nessas reações em cadeia, a energia que é carregada pelos neutrinos representa uma pequena fração da energia total liberada, sendo essas perdas de importância secundária para o problema do equilíbrio e da evolução estelar.</p> <p>Nós pretendemos indicar aqui que a situação se torna totalmente diferente nos casos em que, como resultado da contração progressiva da estrela, a densidade e a temperatura da estrela em seu interior sejam suficientemente altas para permitir a penetração de elétrons livres nos diferentes núcleos, resultando na formação de isóbaros instáveis com menor número atômico" (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 130, tradução nossa)</p> <p>Tema: Astrofísica</p> <p>Periódico: Physical Review</p> <p>Autores citados: não há</p> <p>Observações: Artigo cujo primeiro autor é G. Gamow.</p>
1941	Artigo 21	Princípios de uma teoria das funções de Green (I)
	Abertura:	<p>"O conceito de função de Green e de solução elementar sugeriram na teoria do potencial. (...) Essas funções são soluções analíticas das equações consideradas, com singularidade em um ponto de definição. Fisicamente representam o efeito de uma perturbação localizada no ponto singular. Essa interpretação física sugere que essas funções podem ser definidas para classes vastíssimas de equações funcionais, não necessariamente lineares.</p> <p>(...) Procurando traduzir analiticamente o conceito físico de função de Green e de solução elementar fomos levados a introduzir novas funções que chamamos funções de Green generalizadas e de soluções elementares generalizadas" (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 131)</p> <p>Tema: Matemática</p> <p>Periódico: Annaes da Academia Brasileira de Ciências</p> <p>Autores citados: Não há</p>
1941	Artigo 22	Sobre uma extensão do cálculo espinorial (I)

	Abertura:	"Na presente série de trabalhos abordaremos o problema de uma teoria geométrica dos espinores sob um ponto de vista diferente do de Cartan. Relacionamos o espinor com as coordenadas projetivas sobre o absoluto do espaço euclidiano considerado. Somos assim conduzidos naturalmente a estender o conceito de espinor aos espaços não euclidianos, em que também podemos introduzir um absoluto seguindo os métodos de Cayley e Klein. O grupo conforme de um espaço euclidiano sendo isomorfo ao grupo de rotações e reviramentos de um espaço não euclidiano oportuno obtemos imediatamente uma extensão do cálculo espinorial do grupo conforme de um espaço euclidiano" (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 141)
	Tema:	Matemática
	Periódico:	Annaes da Academia Brasileira de Sciencias
	Autores citados:	Não há
1941	Artigo 23	Angular momenta of gravitational fields
	Abertura:	"Expressões para as componentes da densidade de momento angular de um campo gravitacional podem ser obtidas levando em conta a invariância das equações de campo sob a transformação linear infinitesimal (...). (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 155, tradução nossa)
	Tema:	Momento angular de campos gravitacionais
	Periódico:	Physical Review
	Autores citados:	Belinfante
	Observações:	G. Gamow e W. Pauli
1941	Artigo 24	Neutrino theory of stellar collapse
	Abertura:	"A temperaturas e densidades muito altas que acontecem no interior de estrelas que se contraem nos últimos estágios de sua evolução, deve-se esperar um especial tipo de processo nuclear acompanhado da <i>emissão de um vasto número de neutrinos</i> . Esses neutrinos penetram quase sem dificuldade o corpo da estrela, devendo retirar uma quantidade grande de energia e evitar que a temperatura central cresça acima de um certo limite. Isso deve levar a uma rápida contração do corpo da estrela, resultando, enfim, em um colapso catastrófico. É mostrado que essa perda de energia por meio dos neutrinos produzida em reações entre elétrons livres e núcleos de oxigênio podem causar um colapso completo da estrela dentro de um período de meia hora. Ainda que a energia principal perdida em tais colapsos devam-se à emissão de neutrinos que escapam à observação direta, o aquecimento do corpo da estrela colapsante deve necessariamente levar a uma rápida expansão de suas camadas externas e a um tremendo aumento de luminosidade. Isso sugere que um colapso estelar desse tipo é responsável pelo fenômeno das <i>novae</i> e <i>supernovae</i> , sendo a diferença entre esses dois fenômenos devido provavelmente à diferença entre as massas das estrelas." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 157, tradução nossa)
	Tema:	Astrofísica
	Periódico:	Physical Review
	Autores citados:	E. A. Milne, W. Baade, F. Zwicky, G. Gamow, M. Schönberg, H. A. Bethe, R. F. Bacher, R. D. O'Neal, M. Goldhaber, A. Eddington, S. Chandrasekhar, C. D. Ellis, W. A. Woster, L. Meitner e W. A. Orthman.
	Observações:	Artigo cujo primeiro autor é G. Gamow
1941	Artigo 25	On the theory of integer spin mesons
	Abertura:	"Até agora assumiu-se que existem duas possibilidades diferentes para um campo cujos quanta têm spin 0: uma função de onda escalar ou pseudo-escalar. Para um campo de spin 1, uma possibilidade análoga existe; os potenciais podem ser tanto as componentes de um quadri-vetor quanto de um pseudo-quadrivetor. Nós pretendemos mostrar que há, na realidade, apenas um possível tipo de partícula para cada

		valor considerado de spin; a diferença na natureza das forças nucleares não se devem ao comportamento simétrico do campo do méson, e sim ao fato de que as interações entre as partículas nucleares e o campos do méson até agora usadas não são as mais gerais. Considerando formas mais gerais de interação ambas as formas da teoria para cada partícula do valor considerado do spin dão a mesma força entre as partículas pesadas." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 171, tradução nossa)
	Tema:	Aspectos matemáticos da teoria quântica.
	Periódico:	Physical Review
	Autores citados:	não há
1942	Artigo 26	On the evolution of the main-sequence stars.
	Abertura:	"A evolução das estrelas na sequência principal devida à queima gradual de hidrogênio nas regiões centrais é examinada. Mostra-se que, como resultado do decréscimo do conteúdo de hidrogênio nessa regiões, o núcleo convectivo (normalmente presente em uma estrela) eventualmente dá lugar a um núcleo isotérmico. É em seguida mostrado que há um limite superior (~ 10 por cento) para a fração da massa total de hidrogênio que pode ser exaurida. São feitas também algumas observações adicionais sobre o que é esperado para além desse ponto. (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 174, tradução nossa)
	Tema:	Astrofísica
	Periódico:	The Astrophysical Journal
	Autores citados:	H. Bethe, C. F. von Weizsäcker, S. Chandrasekhar, E. A. Milre, L. R. Heinrich, R. Minkowski
	Observações:	Escrito com Chandrasekhar. Schenberg aparece como primeiro autor.
1943	Artigo 27	Sobre uma extensão do cálculo espinorial (II)
	Abertura:	"As relações entre os espinores e a projetividades sobre o absoluto são estudadas no caso de espaços euclidianos e não-euclidianos com um número qualquer de dimensões. O conceito de representação espinorial é estendido a uma categoria de grupos que compreendem todos os que foram considerados na parte I." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 188)
	Tema:	Matemática
	Periódico:	Annaes da Academia Brasileira do Sciencias
	Autores citados:	Autores citados: Veblen-Givens e E. Cartan.
1944	Artigo 28	Sobre o invariante integral de Cartan
	Abertura:	"Na dinâmica dos sistemas conservativos há dois princípios integrais: o princípio variacional de Hamilton e o generalizado da quantidade de movimento e da energia de E. Cartan. Em ambos figura uma integral da forma diferencial fundamental $\sum_i p_i dq_i - H dt$, o que sugere a possibilidade de englobá-los numa formulação única. Mostraremos que basta modificar ligeiramente o modo de enunciar o princípio de cartão para realizar este desideratum." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p.198)
	Tema:	Aspectos matemáticos da mecânica clássica
	Periódico:	Anais da Academia Brasileira de Ciências
	Autores citados:	Não há
1944	Artigo 29	Teoria do elétron puntiforme
	Abertura:	"Propomos uma teoria clássica do elétron puntiforme em que se chega univocamente às equações de movimento de Dirac. A energia do campo é finita e se anula para um corpúsculo isolado em movimento uniforme. A teoria leva a introduzir um tensor de tensões do campo a que correspondem uma energia e a quantidade de movimento formando um quadri-vetor. A energia do campo não é necessariamente positiva." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 201)
	Tema:	Teoria do elétron puntiforme

	Periódico: Autores citados: Observações:	Anais da Academia Brasileira de Ciências Referências: P. Dirac, M.H.L. Pryce Menção a J. Leite Lopes
1944	Artigo 30 Abertura:	Sobre um princípio variacional da dinâmica (I) "Estuda-se o problema de formular um princípio que assegure sempre a existência do potencial. Mostra-se que se pode conseguir este objetivo por meio de um princípio variacional de caráter geométrico-matemáticos, isto é um princípio em cuja formulação não intervêm os conceitos de massa e força. São deduzidas várias consequências deste princípio variacional que põem em evidência o seu conteúdo e as restrições que impõe as trajetórias e integrais dos sistemas holônomos" (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 205)
	Tema: Periódico: Autores citados: Observações:	Aspectos matemáticos da mecânica clássica Anais da Academia Brasileira de Ciências M. Schönberg Trata-se de um desenvolvimento das ideias propostas na tese de cátedra.
1945	Artigo 31 Abertura:	Sobre um princípio variacional da dinâmica (II) "Estudamos as relações do princípio variacional geral com os de Poincaré e Cartan, relativos aos invariantes integrais. Assim chegamos a uma formulação nova do princípio. A introdução das formas diferenciais invariantes leva ao estudo de propriedades geométricas do espaço de fase. Mostramos que existe uma conexão afim deste espaço ligada a qualquer problema dinâmico, em virtude do princípio variacional geral. Quando a hamiltoniana depende do tempo é preciso considerar um espaço de coordenadas (p, q, t). Essas conexões são definidas por grupos abelianos transitivos de transformações canônicas e têm curvatura e torsão nula. O problema da integração das equações de movimento é relacionado ao da determinação da conexão afim do espaço de coordenadas (p, q, t). A métrica deste espaço pode ser tornada euclidiana ou pseudo-euclidiana, mas há uma métrica euclidiana que aparece espontaneamente" (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 221)
	Tema: Periódico: Autores citados: Observações:	Aspectos matemáticos da mecânica clássica Anais da Academia Brasileira de Ciências E. Cartan e H. Poincaré Trata-se de um desenvolvimento das ideias propostas na tese de cátedra.
1945	Artigo 32 Abertura:	Condições para a existência do potencial (I) "São estabelecidas condições necessárias e suficientes para a existência de um potencial para as forças e momentos aplicados a um corpúsculo ou sistema de corpúsculos, no caso em que as forças e momentos só dependem das posições e dos spins" (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 251)
	Tema: Periódico: Autores citados: Observações:	Aspectos matemáticos da mecânica clássica Periódico: Anais da Academia Brasileira de Ciências Autores citados: M. Schönberg Trata-se de um desenvolvimento das ideias propostas na tese de cátedra. Tem como segundo autor Walter Schutzer.
1945	Artigo 33 Abertura:	Condições para a existência do potencial (II) "São dadas as condições necessárias e suficientes para a existência do potencial, no caso geral em que o sistema está submetido a ligações holônomas e as forças e momentos aplicados aos spins dependem das coordenadas, velocidades e spins. As condições são do tipo das de Helmholtz e Koenigsberger para sistemas de corpúsculos sem spin" (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 257)
	Tema: Periódico:	Aspectos matemáticos da mecânica clássica Anais da Academia Brasileira de Ciências

	Autores citados:	Autores citados: Helmholtz, Koenigsberger, Mayer.
	Observações:	Tem como segundo autor Walter Schutzer
1945	Artigo 34	Classical theory of the point electron
	Abertura:	"O campo produzido por uma carga puntiforme pode ser dividido em duas partes: (1) o campo solidário, $F_{at}^{\mu\nu}$; (2) o campo irradiado ($F_{rad}^{\mu\nu}$). Nós assumimos que o campo total é a soma do campo solidário, do irradiado e dos campos externos e que a soma do campo solidário e irradiado dá um campo retardado usual $F_{rat}^{\mu\nu}$ da partícula." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 263)
	Tema:	Teoria do elétron puntiforme
	Periódico:	Physical Review
	Autores citados:	Não há
1945	Artigo 35	The radiation field of a point electron
	Abertura:	"O campo irradiado do elétron pode ser definido de diferentes formas. A mais usual consiste em tomá-lo como parte do campo retardado da carga que depende da aceleração de retardamento e varia inversamente com a distância retardada do carga. Ainda que essa definição apresente vários inconvenientes óbvios, ela tem a vantagem de dar a quantidade certa de radiação emitida" (LEITE LOPES, SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 265, tradução nossa)
	Tema:	Teoria do elétron puntiforme
	Periódico:	Physical Review
	Autores citados:	P. Dirac
	Observações:	Artigo cujo primeiro autor é J. Leite Lopes
1945	Artigo 36	The electron's self-energy.
	Abertura:	"Em um carta anterior, nos mostramos a possibilidade de construir uma teoria clássica do elétron puntiforme baseada em dois princípios: (a) O campo total criado pela carga puntiforme resulta da superposição do campo solidário e do irradiado. (b) Apenas o campo irradiado reage sobre a carga que o emite. Para o campo irradiado nós temos:
		$F_{rad}^{\mu\nu} = \frac{1}{2}(F_{ret}^{\mu\nu} - F_{adv}^{\mu\nu}) \quad (1)$
		Vamos agora indicar como as sentenças (a) e (b), junto com a eq. (1), proporcionam a base para uma teoria quântica sem nenhum auto-energia ou ponto-zero de energia." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 267, tradução nossa)
	Tema:	Teoria do elétron puntifome
	Periódico:	Physical Review
	Autores citados:	Não há
1945	Artigo 37	A "self-energy" do elétron Mostra-se que é possível eliminar as divergências da 'self-energies' transversal e longitudinal do elétron assim como a 'zero-point energy' do campo, transportando para a teoria quântica do campo eletromagnético a generalização do princípio de inércia que exclui a ação do campo ligado sobre o respectivo corpúsculo. Na hamiltoniana do campo há termos positivos devido aos fótons do campo retardado e termos negativos devidos aos fótons do campo avançado" (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 293)
	Tema:	Teoria do elétron puntiforme
	Periódico:	Anais da Academia Brasileira de Ciências
	Autores citados:	Não há
1946	Artigo 38	Classical theory of the point electron
	Abertura:	As dificuldades da teoria clássica do elétron é examinada e métodos para eliminá-las são mostrados. Mostramos que toda a teoria pode ser

derivada da divisão em duas partes do campo total criado pela carga puntiforme, uma reage sobre a carga que o gerou e deve ser levada em conta para emissão de radiação, e outra que não reagem sobre a partícula mas age sobre as outras partículas. Há inúmeros tipos de movimento das partículas, a depender do tipo de campo gerado, campos que são sempre soluções ou equações de Maxwell. Apenas 3 tipos de movimentos são, aparentemente, interessantes fisicamente: (a) movimentos com energia cinética positiva ou negativa nos quais as partículas irradiam e (b) movimentos sem radiação análogos ao movimento estacionário da teoria quântica. É mostrado que a imagem de campo de Faraday e Maxwell deve ser revisada, porque nem toda a ação elétrica entre as partículas podem ser consideradas como surgindo de sua interação com o campo. Uma teoria completa de partículas e campos pode ser derivada de um princípio de ação e das soluções de contorno para as equações de movimento das partículas e do campo. (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 267, tradução nossa)

	Tema:	Teoria do elétron puntiforme
	Periódico:	Physical Review
	Autores citados:	P. Dirac, M.H. L. Pryce, G. Wentzel, M. SCHÖNBERG, J. Frenkel, J. L. Synge, J. Leite Lopes, A. D. Fokker, J. Eliezer, G. A. Schott, W. Pauli, H. Tetrode
1946	Artigo 39	Estados de energia negativa do elétron
	Abertura:	"A teoria dos estado com energia negativa, desenvolvida pelo autor num trabalho precedente, é estendida à mecânica quântica. Mostra-se que as equações de onda de um corpúsculo com energia cinética negativa coincidem com as equações de onda de mesma massa e carga contrária, com energia cinética positiva. Par estabelecer este resultado, levando em conta a reação da radiação, é necessário admitir que um corpúsculo com energia cinética negativa cria um campo avançado. Mostra-se que nenhum aradoxo decorre da hipótese de serem observáveis corpúsculos com energia cinética negativa." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 295)
	Tema:	Teoria do elétron puntiforme
	Periódico:	Anais da Academia Brasileira de Ciências
	Autores citados:	M. SCHÖNBERG
1946	Artigo 40	Classical theory of the point electron
	Abertura:	"Neste trabalho são examinadas as dificuldades da teoria clássica do elétron e faz-se um esboço de métodos para eliminá-la. O movimentos de um sistema de cargas puntiformes são classificados em três tipos. Nesta primeira parte do trabalho, são estudados em detalhe os movimentos não estacionários. As equações de movimento são obtidas de uma maneira livre de ambiguidades e coincidem, para este tipo de movimento, com as equações dadas por Lorentz e Dirac. Dá-se uma expressão para o tensor dos esforços que conduz a um quadrivetor finito da energia-momentum do campo. Toda energia é derivada por uma generalização imediata do princípio de Hamilton da dinâmica não-relativista. (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 301)
	Tema:	Teoria do elétron puntiforme
	Periódico:	Summa Brasiliensis Mathematicae
	Autores citados:	M.H. L. Pryce, P. Dirac, M. SCHÖNBERG, J. Frenkel, J. Leite Lopes, A.D. Fokker.
1946	Artigo 41	Classical theory of the point electron (parts II to V)
	Abertura:	Este trabalho é uma continuação da análise dos movimentos de um sistema de cargas puntiformes, iniciada no fascículo precedente desta revista; discutem-se os estados de movimento sem irradiação e os com energia cinética negativa. Mostra-se que é necessário admitir que, em movimentos não estacionários com energia cinética negativa, as partículas geram campos avançados. Toda a teoria dos movimentos com energia cinética negativa pode ser representada de maneira

		<p>satisfatória, admitindo-se que em tais movimentos o tempo próprio do corpúsculo está orientado em sentido oposto ao do observador. Investiga-se o comportamento dos campos retardado, avançado e semi-retardado – semi-avançado e dá-se uma formulação geral e unificada dos princípios da teoria. (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 325)</p> <p>Tema: Teoria do elétron puntiforme</p> <p>Periódico: Summa Brasiliensis Mathematicae</p> <p>Autores citados: P. Dirac, J. C. Eliezer, A. D. Fokker, J. Frenkel, J. L. Synge, Frank-mises, W. Pauli,</p>
1946	Artigo 42	Quantum theory of the point electron (I)
	Abertura:	<p>"A possibilidade de estender à teoria quântica a teoria clássica do elétron puntiforme, de nossa autoria, é examinada. Os análogos quânticos das expressões clássicas dos potenciais da forma de Lienard-Wiechert são derivadas por um método de correspondência que não requer ousos de equações de campo ou considerações do campo como um sistema dinâmico. Mostramos que uma parte semi-avançada e semi-retardada das interações entre duas partículas é equivalente à interação de Möller, numa primeira aproximação. A parte das interações que são antissimétricas com respeito ao passado e futuro levam a trocas de energia e momento entre partículas que podem ser interpretadas como devidas à absorção e emissão de fótons porque a troca de energia em momento entre duas partículas em uma transição são componentes de um quadrvetor nulo. O formalismo pode também descrever a emissão espontânea como uma perda de energia devida à auto-força." (SCHÖNBERG apud HAMBURGER, 2009, p. 349, tradução nossa)</p> <p>Tema: Teoria do elétron puntiforme</p> <p>Periódico: Anais da Academia Brasileira de Ciências</p> <p>Autores citados: W. Heitler, H. W. Peng, P. Dirac, G. Wentzel, M. SCHÖNBERG, J. Leite Lopes, J. A. Wheeler, R. Feynman, H. Tetrode, A. D. Fokker, J. Frenkel, C. Möller, H. Bethe, E. Fermi, F. Block, J. A. Gaunt, C. J. Eliezer, A. W. Mailvaganam, Hulme, O. Klein</p>