

# Notas Sobre Julian Schwinger (1918-1994)

Alexandre Lyra\*<sup>†</sup>

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Observatório do Valongo  
20080-090 Rio de Janeiro – RJ, Brasil

<sup>†</sup> Grupo de Estudos Avançados e Modelagem em Astrofísica e Cosmologia  
GEMAC

6 de novembro de 2006

## Resumo

A vasta obra do físico Julian Schwinger ainda não é suficientemente bem conhecida. Em geral seu nome é associado ao Prêmio Nobel de Física que ganhou em 1965, ou a algumas técnicas e métodos que criou. Aquele prêmio foi uma pequena parte da sua vasta obra científica de seis décadas. Seu temperamento retraído contribuiu muito para que ele não ficasse muito conhecido. Ele é considerado por alguns o maior físico/matemático pós-Dirac. Sua visão pacifista o levou a não participar do Projeto Manhattan, que construiu as bombas que destruíram Hiroshima e Nagasaki. Este texto tenta mostrar parte do seu trabalho e da sua personalidade.

---

\*INTERNET: ALEXANDR@OV.UFRJ.BR

# 1 Introdução

Este texto é um pequeno apanhado da vida e da obra de Julian Schwinger, e busca fornecer em poucas páginas informações interessantes ao leitor. Nos baseamos exclusivamente na bibliografia citada e nos trabalhos científicos de Schwinger. Relatamos fatos da sua vida pessoal e da sua vida científica. Sua carreira é, por si só, um mundo de ensinamentos de física. Sua obra científica é enorme. Desejamos chamar a atenção daqueles que ainda não se polarizaram para os trabalhos deste ícone da Física. Após sua morte, em 1994, naturalmente surgiu uma curiosidade maior sobre sua vida e obra. É inusitado que, mesmo entre os físicos, a vastidão do seu trabalho seja pouco conhecida, a não ser certas técnicas ou equações que se tornaram de uso rotineiro. Ganhou o **Prêmio Nobel de Física de 1965**, juntamente com Feynman e Tomonaga, pela renormalização da Eletrodinâmica Quântica. Isto foi apenas uma parte do seu vasto e exaustivo trabalho científico. Contribuiu enormemente para o que se faz hoje em dia em física. Sua exatidão algébrica e perfeição conceitual são peças de uma obra de arte. Os que o conheceram comparam suas palestras às obras de Mozart. Seu caráter ímpar o levou, por exemplo, a se negar, em 1942, a trabalhar no Projeto Manhattan para construção da bomba nuclear. Preferiu contribuir para uma área mais ligada ao sistema de defesa: a tecnologia do radar.

## 2 Família, Criação e Estudos

Julian Seymour Schwinger nasceu em 12 de fevereiro de 1918 em Nova York. Seu pai, Benjamin Schwinger, era polonês, e havia migrado para os Estados Unidos em 1880. Devido a ter que trabalhar logo que chegou, somente fez a educação básica. Tornou-se um desenhista de roupa feminina de sucesso, e em pouco tempo passou a ter seu próprio negócio, prosperando bastante. Foi quando Julian nasceu. Em 1929, quando Julian estava com 11 anos, veio a grande crise econômica e sua família enfrentou dificuldades. Benjamin perdeu seu negócio e teve que ir trabalhar para outros, desenhando casacos femininos. Ficou rapidamente conhecido e com isto logo pôde retornar a uma vida confortável. A mãe de Julian, chamada por todos de “Belle”, também era polonesa e também havia vindo morar com seus pais em NY. O avô materno de Julian era judeu, fabricante de casacos. Benjamin trabalhava muito, pouco tempo tinha para as coisas de casa. Assim, a educação de Julian e de seu irmão Harold, 7 anos mais velho, bem como a condução da casa ficavam por conta de sua mãe “Belle”. Harold se tornou advogado, como era o anseio da família. Nele eram investidas as esperanças da família, e era idolatrado por Julian quando este era pequeno. Harold diria mais tarde que ensinara física a Julian até os 13 anos. Desde pequeno, o grande interesse de Julian Schwinger era por livros, ele lia muito. Não parecia que ele tivesse qualquer interesse por esportes<sup>1</sup>. A família sempre apenas tolerou seu interesse por física. Foi somente quando ele ganhou o Prêmio Nobel, que seu irmão disse à sua mãe que ela deveria orgulhar-se dele.

---

<sup>1</sup>Na realidade isto não era verdade, pois nas ocasiões em que aparecia oportunidade revelava interesse e habilidade nos esportes, particularmente em esqui, tênis e natação. No futuro, em 1971, com 53 anos, iria para a Universidade da Califórnia/Los Angeles (UCLA) devido, entre outras coisas, a poder praticar natação e tênis.

Dois episódios na sua infância chamaram muito a sua atenção, um para o desenvolvimento tecnológico e outro para a ciência. O primeiro foi a chegada do dirigível *Shenandoah* a Nova York, em 1923, quando tinha 5 anos de idade; o segundo foi o eclipse total do Sol de 24 de janeiro de 1925, quando tinha apenas 7 anos de idade. Este fato foi revelado pelo próprio Schwinger em 1988, em entrevista a Jagdish Mehra, um de seus biógrafos. Nesta entrevista revelou o quanto havia ficado impressionado com aquele incrível aparelho voando sobre NY.

Com a crise econômica de 1929, Schwinger foi estudar em colégio público. Aos 13 anos, em 1931, lia o recém lançado “The Principles of Quantum Mechanics” de Paul Dirac. Posteriormente Schwinger declarou que este livro “*fora de dúvida era minha bíblia*”. Na biografia de Schwinger fica clara a enorme influência que Dirac teve sobre ele, não somente através do livro de Mecânica Quântica, como também pela leitura dos artigos de Dirac diretamente nas revistas de física. Se considerava um discípulo de Dirac. Estudou no **Townsend Harris High School** até 1934, e com 16 anos ingressou no **City College of New York**. Seu maior interesse era seu próprio estudo. Interagia com seus instrutores, por exemplo Lloyd Motz que o apresentaria ao físico experimental Isidor Rabi (ganhador do Prêmio Nobel de Física de 1944). Em sua primeira conversa com Rabi, o assunto foi o recém saído trabalho de Einstein com Podolsky e Rosen de 1935 (o famoso trabalho do EPR). Rabi ficou surpreso quando Schwinger lhe explicou que uma questão relacionada ao trabalho poderia ser resolvida utilizando a relação de completeza. A partir de então Schwinger passou a ser o “protegido” de Rabi.

Seus instrutores eram estudantes da Universidade de Columbia e da New York University, e lhe falavam de suas pesquisas em física. Seus professores no City College eram seus amigos, muito mais que seus próprios colegas. Schwinger gostava muito de conversar com eles, professores e instrutores, sobre as pesquisas que faziam nas universidades. Irving Lowen foi um dos que descobriu o talento de Schwinger, ao encontrá-lo na biblioteca pública lendo no *Physical Review* um trabalho do Dirac. Ao conversarem sobre o que lia, Schwinger lhe explicou o trabalho e ainda lhe disse o que poderia ser feito para completar o que Dirac havia feito. Começou, assim, a escrever seu primeiro trabalho científico, com 17 anos, o qual nunca foi publicado. Diria mais tarde que o havia feito para seu próprio aprendizado em escrever artigos científicos. O título deste trabalho foi “On the Interaction of Several Electrons”, constando atualmente do arquivo da Universidade da Califórnia. Em 1935 escreveu dois trabalhos (um com O. Halpern, e outro com L. Motz) que foram publicados no *Physical Review*, um tratava da polarização dos elétrons e o outro da radioatividade.

Julian queria sair do City College, pois já estava muito aborrecido de permanecer ali. Rabi queria levá-lo para Colúmbia, entretanto, suas notas eram muito ruins, o que dificultava sua transferência. Detestava assistir a aulas, sua preferência era estudar tudo sozinho. Nada que o afastasse deste objetivo lhe chamava a atenção. Com a recusa da Universidade de Colúmbia ao ingresso de Schwinger, Rabi se sentiu bastante ofendido, e resolveu ignorar a recusa e pedir ajuda a Hans Bethe (Prêmio Nobel de Física de 1967). Ao ler os trabalhos daquele jovem de apenas 18 anos, Hans Bethe fez uma carta entusiástica recomendando-o para a Universidade de Colúmbia.

### 3 A Universidade e a Época da Guerra

Para a entrada de Julian na **Universidade de Colúmbia**, Rabi, sabedor da aversão de Schwinger a assistir aos cursos regulares, resolve conversar com ele e fazer um “contrato” para sua permanência na universidade:

“...*Você vai entrar aqui e vai assistir a todas as aulas de graduação e tirar grau A em todos os cursos.*”

Schwinger aceitou este compromisso. Durante algum tempo cumpriu sua obrigação, mas inevitavelmente logo voltou ao seu estudo individual. Escrever relatórios de laboratório ou escrever textos para cursos de graduação era algo que não queria, pois o desviava de sua verdadeira vocação: estudar física.

O fato de não assistir às aulas o levaria a algumas situações inusitadas. Por exemplo, quando teve que fazer um exame oral de mecânica estatística de curso dado por George Uhlenbeck, ao qual Schwinger não havia assistido nenhuma aula. Após combinar um horário para o exame, Julian fez o exame oral e deixou o professor Uhlenbeck totalmente surpreso, era como se estivesse assistido a todas as aulas. Em outra ocasião, Rabi quis saber como ia seu “protegido” nos estudos em Colúmbia. Procurou saber com Hans Bethe. A resposta de Bethe foi incrível, disse que Schwinger sabia 90% da física conhecida, e que os outros 10% ele poderia aprender a qualquer hora que assim o desejasse. Sua facilidade para entender as diferentes áreas da física era evidente. Certa vez, no “**Astronomy Journal Club**”, Motz sugeriu o nome de Schwinger para falar daquilo que estava “quentíssimo” na época: estrelas de nêutrons. O assunto era gás degenerado de elétrons, estatística quântica, etc. Schwinger apresentou um seminário excelente, começando a escrever de um lado do quadro negro e acabando do outro. Escrevia com as duas mãos. Comentava-se que seu seminário tinha virtuosidade de uma “música de Mozart” (assim diria Motz depois). Nunca cometia erros. Qualquer pergunta que lhe fosse feita era respondida prontamente.

Em 1937 Schwinger fez mais 7 trabalhos, e agora, com apenas 19 anos, já tinha um total de 9 trabalhos publicados, 3 dos quais havia feito sozinho. Sua tese de doutorado já estava portanto pronta. Teve, entretanto, que aguardar até 1939, já que a Universidade de Colúmbia exigia que estivesse lá há pelo menos dois anos. Defendeu a tese, em física nuclear, com 21 anos.

Julian foi, após o doutorado, em 1939, para a **Universidade de Berkeley**, onde estava J. Robert Oppenheimer, do qual se tornou assistente. Nesta época começou a trabalhar na *Eletrodinâmica Quântica* (QED), área na qual faria seus trabalhos mais famosos. Conheceu Rarita<sup>2</sup>, que o ajudou muito nas contas, e com o qual faria muitos trabalhos que ficaram bastante conhecidos; por exemplo, a famosa equação de Rarita-Schwinger, um trabalho sobre partículas de spin 3/2, que seria posteriormente considerado como o precursor da *supergravidade*. Foi nesta época que Schwinger supôs a *polarização do vácuo* (criação do par elétron-pósitron) para resolver problemas de decaimento.

Após dois anos em Berkeley, em 1941, Oppenheimer e Rabi conseguiram para ele o emprego de instrutor da **Universidade de Purdue**. Logo depois passaria a ser professor

---

<sup>2</sup>Foi um dos seus importantes colaboradores. Schwinger costumava referir-se a ele como o seu braço calculador.

assistente. Em 1943, durante a II Guerra<sup>3</sup>, Schwinger foi recrutado para trabalhar no **Massachusetts Institute of Technology - Radiaton Laboratory**, ou MIT Rad Lab, onde foram fabricados diferentes tipos de radar de microndas para navios, aviões, e outros aparatos relacionados. Rapidamente se tornou o líder teórico do MIT, onde prosseguiu no seu hábito de trabalhar durante toda a noite e ir para casa no horário em que todos chegavam para iniciar suas jornadas diárias. O jantar de Schwinger era na hora do café da manhã. Os métodos que desenvolveu para a engenharia do radar lhe iriam servir muito mais tarde na QED.

Enquanto tantos outros físicos (por exemplo Oppenheimer, Feynman e Bethe) estavam em Los Alamos, na construção da bomba nuclear (Projeto Manhattan), por que Schwinger, um físico nuclear teórico, foi para o MIT Rad Lab ? Kimball Milton, um dos seus biógrafos<sup>4</sup>, dá três razões para explicar este fato:

1. repugnância moral àquilo que estava sendo fabricado em Los Alamos. Schwinger não quis tomar parte deste trabalho. Optou por trabalhar na tecnologia do radar, que era algo mais defensivo;
2. preferia também trabalhar com eletromagnetismo, que achava muito mais interessante do que física nuclear;
3. em Los Alamos, no ambiente militar, não poderia manter sua privacidade, por exemplo, seu horário noturno de trabalho. Não gostava do ambiente do Instituto de Estudos Avançados.

Assim, permaneceu no MIT Rad Lab até ao final da II Grande Guerra.

## 4 Casamento e Harvard

Em 1944, com 26 anos, Julian conheceu Clarice Carrol, que seria futuramente Clarice Schwinger. Após a guerra, em 1945, foi a Los Alamos fazer uma conferência. Neste mesmo ano a **Universidade de Harvard** lhe ofereceu o cargo de professor assistente, o qual foi aceito prontamente, apesar das propostas recebidas de Berkeley, Colúmbia e outras universidades. Acabou se tornando o mais jovem professor de Harvard, ministrando brilhantes cursos de Eletrodinâmica, Mecânica Quântica, Física Nuclear, etc... Em Harvard permaneceria durante 26 anos, onde atingiria o ponto mais alto de sua carreira.

O casamento de Julian se realizou em junho de 1947. Nesta época, em uma conferência em Shelter Island, uma semana antes do seu casamento, havia sido revelada uma anomalia na estrutura hiperfina do hidrogênio. Estas descobertas conduziam à existência de um momento magnético anômalo do elétron, diferindo do proposto por Dirac. Este fato e outros relacionados, revelados na conferência, levaram Schwinger a propor uma explicação relativista através da QED. Havia necessidade imediata de realizar cálculos para, com a

---

<sup>3</sup>A Segunda Grande Guerra foi de 1939 a 1945. O ataque japonês a Pearl Harbor foi em 7 de dezembro de 1941. Os Estados Unidos entraram na guerra em 8 de dezembro de 1941. O Projeto Manhattan, para a construção da bomba atômica, começou em junho de 1942. Em Los Alamos, Novo México, estava sediado o setor de pesquisas do Projeto. O físico teórico J. Robert Oppenheimer dirigiu Los Alamos.

<sup>4</sup>Fez o doutorado com Schwinger, ficaram amigos, e hoje em dia é um dos seus biógrafos.

eletrodinâmica quântica, explicar os efeitos. Entretanto, os cálculos iriam ter que esperar, pois Schwinger partiria para sua *lua de mel*, no oeste, onde permaneceria por três meses. Ao voltar realizou os cálculos, e em dezembro encontrou um resultado compatível com os experimentos.

Schwinger contou (ver [2], p.1006) um fato pitoresco de 1945, após a guerra. Ocorreu quando foi a Los Alamos pela primeira vez e fez uma conferência sobre a radiação síncrotron. Oppenheimer demonstrou que continuava seu amigo apesar dele não haver aceitado participar do Projeto Manhattan. Oppenheimer fazia potentes “martinis” e os ofereceu a Julian, o que o deixou completamente bêbado, pois nunca havia tomado nada tão forte, e em altitude tão grande. Schwinger foi para a cama e apagou completamente, acordando 8 horas depois sem se lembrar de nada, e estranhamente sentindo-se muito bem, sem nenhuma dor de cabeça.

O tempo que permaneceu em Harvard (de 1945 até 1971) foi a época em que orientou mais alunos de doutorado. No total foram mais de 73 alunos. Dedicava uma tarde por semana aos alunos, os quais sabiam que seu tempo era precioso e somente o procuravam quando era imprescindível. Quatro deles foram também ganhadores do Prêmio Nobel. Chegava a estar orientando mais de uma dezena de alunos concomitantemente. Os problemas que seus alunos tratavam, em geral, não eram relacionados com o que Schwinger estava trabalhando naquele mesmo momento. Apesar disto, seus importantes conselhos mantinham seus alunos com trabalhos para desenvolverem durante semanas, ou mesmo meses. Muitos destes, que ficaram famosos, dizem que seu trabalho com Schwinger fez com que logo se tornassem pesquisadores independentes. Mas poucos o conheciam mais intimamente.

Era seu costume revelar suas novas descobertas nos cursos que ministrava, muito tempo antes de serem publicadas. Muitas vezes certos resultados ficavam fazendo parte do curso durante algum tempo, até que ele os redigisse para publicação em algum periódico. Relutava em mandar publicar algo antes que considerasse completamente amadurecido. Com isto, muitas das suas idéias acabavam sendo atribuídas a outros, por exemplo: equação de Bethe-Salpeter, a qual M. Gell-Mann e F. Low escreveram que a primeira vez que esta equação apareceu foi nas aulas de Schwinger em Harvard. Isto aconteceu também em diversos outros casos, como por exemplo, o conceito de estados coerentes, e a chamada Teoria de Campos Euclideana.

Por quase duas décadas, Schwinger e seus alunos foram os grandes expoentes em teoria de campos. Eles foram os grandes precursores da busca para um novo entendimento para as interações fraca e forte. Mas, certamente a dificuldade de incorporar as interações fortes na teoria de campos levou Schwinger à criação de sua própria teoria para as partículas elementares.

Julian Schwinger recebeu ao longo da sua vida vários prêmios, tais como:

- . *Prêmio Charles Mayer*, em 1949, por seus trabalhos na QED,
- . <sup>1</sup> *Prêmio Einstein*, em 1951,
- . *Medalha Nacional de Ciência*, em 1964, outorgada pelo presidente Johnson,
- . **Prêmio Nobel de Física**, em 1965,

. *Monie Ferst Medal*, em 1980, outorgada pelo “Georgia Institute of Technology”.

O Prêmio Nobel ele ganhou aos 47 anos, juntamente com Tomonaga e Feynman, pela renormalização da QED. Na conferência, ao receber do rei da Suécia o prêmio, Schwinger deu o prenúncio de uma nova teoria, fenomenológica, para descrever a interação forte. Em um ano esta teoria estaria desenvolvida e seria chamada **Teoria de Fontes**. Seu primeiro trabalho na nova teoria foi “**Particles and Sources**”, submetido ao *Physical Review* apenas seis meses após sua conferência do Nobel.

Não houve uma boa recepção à nova teoria criada por Schwinger. Em parte devido a que muitas coisas estavam concomitantemente mudando na teoria de campos. 't Hooft estabelecia em 1971 a renormalização do modelo unificado  $SU(2) \times U(1)$  para as interações eletrofracas, ou modelo Glashow-Weinberg-Salam. Com isto a teoria de campos parecia novamente viável. Depois o modelo de campos não-abelianos para as interações fortes, ou Cromodinâmica Quântica, proposto em 1972, foi prontamente aceito pela comunidade (ver referências em ([1])). Sendo assim, uma nova teoria parecia ainda não ser justificada. Além disto, a Teoria de Fontes era uma grande ruptura conceitual com o passado, os teóricos de campos teriam que aprender tudo de novo, isto somente desencorajava as “conversões” para a nova teoria. Mas Schwinger já previa esta dificuldade, quando no prefácio no seu primeiro volume da Teoria se referiu à dificuldade que os vícios adquiridos pela teoria antiga (teoria de campos de operadores) podem trazer ao aprendizado da nova teoria. Com suas palavras [6],

*“Penso que é de extrema importância que tal conhecimento das idéias liberalizantes da teoria de fontes ocorra antes que a exposição [do aluno] a uma das atuais ortodoxias o tenha entortado além do limite elástico.”*

## 5 Teoria de Fontes e Saída de Harvard

Poder-se-ia dizer que Schwinger deixou<sup>5</sup> Harvard, em 1971, devido à não aceitação de sua nova teoria, e que pensava que na Universidade da Califórnia (UCLA) ela poderia ter melhor aceitação. Além disto, após 25 anos de Harvard, necessitava de uma mudança. Com a publicação de seus trabalhos na nova teoria, começou também a não se sentir à vontade com seus colegas de Harvard. Entretanto, estas razões foram na realidade todas secundárias. A razão principal de sua ida para UCLA foi devida à preservação da sua saúde. Para Schwinger, a morte prematura de Pauli, com 58 anos, de câncer em 1958, já o havia alertado sobre a necessidade de cuidar de sua própria saúde. O clima quente da Califórnia, a possibilidade de nadar, e jogar tênis diariamente, influenciaram fortemente esta decisão.

A Teoria de Fontes representava uma revolução profunda, nesta teoria não existem divergências nem renormalização. Sua finalidade era substituir a teoria de campos (campos

---

<sup>5</sup>Na página da Internet da UCLA consta que Schwinger foi professor de lá desde 1972; isto se deve a que foi designado professor permanente da UCLA a partir de 1972. A saída de Harvard foi durante o ano acadêmico 1971/1972.

de operadores<sup>6</sup>). Segundo o próprio Schwinger (texto citado em [1], mas esta conceituação está presente nos escritos de Schwinger):

*“O conceito de renormalização é simplesmente estranho a esta teoria fenomenológica. Na teoria de fontes, nós começamos por hipótese com a descrição de partículas existentes, enquanto renormalização é um conceito de teoria de campos no qual se começa com operadores mais fundamentais, que são então modificados pela dinâmica. Enfatizo que nunca haverá divergências em uma teoria fenomenológica.”*

Robert Finkelstein [1] fez uma descrição interessante da Teoria de Fontes, compatível com os trabalhos de Schwinger. Na sua descrição afirma que a Teoria de Fontes parte com sólido conhecimento sobre os fenômenos em energias acessíveis para fazer previsões sobre fenômenos em altas energias. Contrastando com a teoria usual de campos, onde estes campos são campos de operadores, e que procede de premissas implícitas sobre fenômenos desconhecidos em energias muito altas e inacessíveis para fazer previsões em baixas energias. Talvez o pensamento de Schwinger sobre as “supercordas” ajude a entender melhor a razão da criação da teoria de fontes. Dito por um de seus alunos [1], sua não aceitação da Grande Unificação e das Supercordas decorria não devido à sua estrutura, mas pelas “absurdas” especulações baseadas na noção de que não há nada de novo para ser encontrado entre as energias de  $10^3\text{GeV}$  e  $10^{19}\text{GeV}$ . Acreditava que futuramente deveriam ser detectados novos fenômenos nesta faixa de energias. Apesar disto, ele apreciava a noção de supersimetria (veja adiante que um de seus trabalhos é considerado precursor da supersimetria).

O espírito revolucionário da Teoria de Fontes, ou “evolucionário” como diz Milton , fica bem claro quando no preâmbulo do primeiro volume ele escreve

*“Se não der para se unir a eles,  
destrua-os.”*

## 6 Contribuições e Convicções

Julian detestava ficar em evidência, ou “sob os holofotes”. Sua natureza era retraída, mas era ótimo conversador, erudito, entretanto jamais fazia propaganda de sua erudição; além disto era um anfitrião bastante afável.

Apesar dele mesmo nunca haver aprendido nada em cursos, revelou-se um excelente professor, desde Colúmbia, quando começou a dar aulas. Suas aulas eram muito concorridas, eram preparadas meticulosamente, e cada detalhe era verificado cuidadosamente. Em algumas declarações, Schwinger afirmou que não cometia êrros algébricos ou conceituais (isto é confirmado pelos que o conheceram e assistiram a suas conferências ou aulas). Gerações de físicos aprenderam física sob seus ensinamentos.

---

<sup>6</sup>Uma nota cabe aqui sobre a Teoria de Fontes. Nesta teoria existem também campos, mas não são campos de operadores. O campo de fontes é um campo numérico, não um operador, é um conceito derivado, que numa primeira abordagem pode ser visto como análogo ao potencial eletrostático. Ele nos informa a situação pré-existente naquele ponto.

É interessante lembrar que apesar de ser um físico teórico, desfrutava da admiração, por exemplo, de Isidor I. Rabi<sup>7</sup> que, na qualidade de físico experimental, tinha uma opinião geralmente pobre a respeito dos físicos teóricos. Rabi sempre se impressionou com Schwinger. Uma das razões era que em quase todos seus trabalhos ele comparava seus resultados com a experiência.

O alto nível de seus alunos de doutorado é evidente, principalmente se notarmos quantos deles se tornaram pesquisadores famosos no mundo inteiro. Sua época áurea de orientação foi mesmo em Harvard, já que após sua ida para a UCLA foram orientados menos de uma dezena de doutorandos, enquanto que em Harvard o total foi de 73 alunos<sup>8</sup>; vejamos alguns dos nomes mais conhecidos:

- Richard **Arnouitt** (1952),
- Gordon Alan **Baym** (1960),
- Stanley **Deser** (1953),
- Bryce S. **DeWitt** (1949),
- Sheldon **Glashow** (1952), **Prêmio Nobel de Física de 1979**,
- Roy **Glauber**, **Prêmio Nobel de Física de 2005**,
- Walter **Kohn** (1948), **Prêmio Nobel de Química de 1998**,
- Bernard **Lippmann** (1948),
- Eugen **Merzbacher** (1950),
- Ben R. **Mottelson** (1950), **Prêmio Nobel de Física de 1975**.

Finalizando esta parte referente aos seus alunos, há um fato totalmente inusitado. Já sabemos que os alunos de Schwinger eram excelentes (lembremos mais uma vez que, dentre eles, três ganharam o Prêmio Nobel de Física e um o Prêmio Nobel de Química). Julian dedicava aos seus alunos o tempo necessário para dar suas sugestões e conselhos, nem mais nem menos. Era evidente também a disparidade entre a capacidade e habilidade de Schwinger e a de todos os seus alunos, mesmo os mais brilhantes. Na década de 50, Oppenheimer criou uma unidade para medir a capacidade dos físicos, o *Schwinger*. Seus alunos desejavam estar no nível de pelo menos 1 mili*Schwinger*. Apesar de tudo isto, Schwinger era, em geral, bastante bondoso com eles; por exemplo, era comum ajudá-los na hora do exame de qualificação, livrando-os muitas vezes de situações embaraçosas ([9] p.599).

Entre os pensamentos de Schwinger sobre a física estava uma séria restrição aos quarks. Não aceitava para estes a categoria de partícula *elementar*, já que não existiam fora dos hadrons. A renormalização da QED foi o que lhe deu o Nobel de 1965. Vejamos outras conhecidas e importantes contribuições de Schwinger:

---

<sup>7</sup>Foi quem percebeu o talento de Schwinger, quando este ainda estava no CCNY.

<sup>8</sup>É bastante interessante ler as auto-biografias dos ex-alunos de Schwinger, ganhadores do Nobel (disponíveis na página da Internet do Prêmio Nobel), para ver, nas suas palavras, relatos sobre Schwinger.

### Ferramentas Teóricas:

- Método do Tempo-Próprio,
- Princípio da Ação Quântica,
- Técnicas da Ação Efetiva.

### Outras Formulações:

- Equação Rarita-Schwinger,
- Equação Lippmann-Schwinger, Equação Tomonaga-Schwinger, Equação Dyson-Schwinger,
- Mecanismo de Schwinger.

Muitas outras contribuições suas passaram a ser freqüentemente utilizadas nos cursos de graduação por todo o mundo. São contribuições permanentes na física matemática, e que hoje em dia fazem parte da cultura da física. Poucos sabem que foram suas. Uma delas é na parte referente à função de Green (um de seus grandes ídolos foi George Green<sup>9</sup>) que consta no tratado *Mathematical Methods of Theoretical Physics* de Morse e Feshbach, onde os autores no final do prefácio escrevem um agradecimento. Outro texto clássico que expressa sentimento similar é o livro de Herbert Goldstein, *Classical Mechanics*.

Hoje em dia, ao ser feita a retrospectiva, e ver como está a Física do século XXI, é impossível imaginá-la sem a contribuição de Julian Schwinger, um ser humano muito reservado, e espetacular. Enquanto Feynman e Einstein são físicos que não necessitam apresentações, Julian Schwinger é muito pouco conhecido, mesmo entre os físicos (façam esta experiência...). Entretanto nenhum daqueles orientou tantos e importantes alunos quanto Schwinger. Diversos dos atuais eminentes físicos, e figuras que se tornaram líderes na ciência e na indústria, foram orientados por ele. Em parte isto se deve a sua vida retraída, dedicada à física, detestando ficar em evidência. Além disto tinha um senso de *dever* bastante forte, contrastando com outros físicos de sua época, muitas véses agindo de maneira destrutiva em relação aos seus PhD(s) (ver em [9] p.604/605). Schwinger dava problemas específicos aos seus doutorandos e sugestões quando necessárias. Por tudo isto se atribui a ele o fato de haver criado um certo tipo de imortalidade, que irá gerações e gerações sendo passada adiante. Um exemplo disto é a declaração de Horwitz:

*“O estilo dedutivo sério de Schwinger teve uma profunda influência sobre mim e na maneira com a qual lido com meus próprios estudantes. Não há dúvida que todos os seus estudantes (mesmo Glashow) foram muito influenciados por ele neste mesmo sentido. Tanto o seu importantíssimo legado científico quanto sua influência viva, através dos seus alunos, fizeram com que ele adquirisse um tipo de imortalidade.”*

Após a guerra, em 1945, numa série de conferências em Los Alamos, foi que Schwinger encontrou Feynman pela primeira vez (pelo menos é assim que o próprio Schwinger se recorda ([2], p.1007)). Foi numa destas conferências, que estão arquivadas na UCLA,

---

<sup>9</sup>Em outubro de 1993, 9 meses antes de sua morte (16 de julho de 1994), Julian Schwinger escreveu seu último trabalho, “The Greening of quantum field theory: George and I”. Esta foi também a primeira e única aparição de Schwinger na Internet (hep-ph/9310283).

que Schwinger abordou o problema do elétron produzindo radiação ao ser acelerado no betatron. Estimava a energia do elétron neste processo. Desejava confirmar estas previsões em experiências a serem feitas. A parte mais interessante destas conferências abordava a provocativa idéia do acelerador, ou linear ou circular. Schwinger o chamou de “microtron”, porque usava microndas. Eram cavidades de microondas. Ele desenvolveu ainda, em detalhes, a teoria da radiação síncrotron. Estas idéias foram elaboradas por Alvarez e outros e hoje em dia constituem os modernos aceleradores de partículas. A radiação síncrotron era tida na época como desprezível. Estes princípios foram a base para o Stanford Linear Accelerator Laboratory (Fermilab), e o mais recente Large Hadron Collider (LHC) do Cern em Genebra.

Alguns trabalhos feitos por Schwinger foram visionários. Em 1957 Schwinger escreveu o trabalho “A Theory of the Fundamental Interactions” (*Ann. Phys. (NY)* 2, 407), que é considerado o precursor da unificação eletrofraca. Este trabalho de 1957, juntamente com os trabalhos posteriores de Salam e Ward (de 1961 e de 1964), Glashow e Gell-Mann (de 1961) (ver em [10]), foram os que levaram à unificação das forças eletromagnética e fraca. O Prêmio Nobel pela Unificação Eletrofraca foi ganho, em 1979, por Sheldon Glashow, Steven Weinberg e Abdus Salam. Sheldon fez seu doutoramento com Schwinger. O modelo colocado em prática por Sheldon levava os “ingredientes” elaborados por Schwinger alguns anos antes. Além disto, desde 1940 que Schwinger previa uma partícula que poderia existir e contribuir para a unificação do eletromagnetismo e as interações fracas, seria um bóson leve intermediário. Esta idéia não foi apreciada na época.

Antes de finalizar estas notas, acho interessante levantar uma questão que sempre me ocorreu quando comecei a ler sobre a vida e a obra de Julian Schwinger, e creio que também pode ocorrer ao leitor. Diz respeito ao relacionamento científico entre Schwinger e outros grandes nomes de sua época, por exemplo, Richard Feynman.

A abordagem de Feynman da eletrodinâmica é bastante diferente das abordagens de Schwinger e de Tomonaga<sup>10</sup>. Schwinger e Feynman nunca colaboraram e poucas vezes conversaram. Suas abordagens dos problemas da QED eram diferentes. Seus objetivos, naquela época eram diferentes. Nos anos quarenta, a abordagem de Schwinger era mais tradicional e a de Feynman mais revolucionária, esta desejava a reconstrução da mecânica quântica. Já Schwinger estava interessado em dar conta dos resultados experimentais da época. Segundo o próprio Schwinger, eles não estavam competindo (ver em [9]p.294, 295). Schwinger, na realidade, chegou a comentar que, apesar de trabalharem em coisas bastante similares, os dois nunca trabalharam juntos. Lamentou-se que isto não tenha ocorrido. Havia entre os dois um grande respeito e uma grande admiração, mútua, mas seus caminhos “físicos” e na física foram diferentes. O que é bastante inusitado, pois, por exemplo, em 1948 ambos trabalhavam na resolução dos problemas da QED, ainda que por modelos bastante diferentes.

Nasceram na mesma cidade e a diferença de idade entre os dois era de apenas de alguns meses. Em 1945, quando estavam com 27 anos, Feynman se impressionou bastante com Schwinger (ver em [1]p.1007), principalmente devido a que Schwinger, apenas 3 meses mais velho que ele, era tão talentoso em tantas áreas e cuja lista de publicações (nesta época, 1945) já era de 32 trabalhos no *Physical Review*. E seguiram suas vidas por cami-

---

<sup>10</sup>Apesar de terem sido reveladas equivalentes por Freeman Dyson em 1949.

nhos diferentes. Feynman faleceu em 15 de fevereiro de 1988 após uma longa e dolorosa luta contra o câncer. No mês seguinte seria celebrada na UCLA uma conferência em homenagem aos 70 anos de Schwinger. Um gesto de Schwinger expressou bem sua admiração por Feynman: na cerimônia de abertura ele transformou a conferência em “Feynman Memorial Symposium”. Outro fato revelador de uma certa frustração de nunca terem trabalhados juntos é que Feynman, pouco antes de morrer, em janeiro de 1988, se lamentou em conversa com Jagdish Mehra ([9]p.611), do quanto precisava ver e interagir o mais rápido possível com Schwinger, mas que não estava conseguindo. Parece que a extrema timidez de Schwinger foi o grande empecilho para esta aproximação com Feynman.

O último empenho de Schwinger na Física foi um retorno ao estudo do efeito Casimir, pelo qual já havia se interessado duas décadas antes. Este estudo havia sido despertado por importante descoberta relativa à sonoluminescência<sup>11</sup> de uma única bolha. O laboratório da UCLA, certamente influenciado por Schwinger, encabeçou esta investigação.

Julian Schwinger faleceu em julho de 1994, seis meses após o diagnóstico de câncer no pâncreas. Segundo depoimento de sua cunhada, Barbara Grizzel, parece que seu pai e irmão também faleceram do mesmo mal.

Quando estava elaborando este texto descobri que existe a **Fundação Julian Schwinger**, cuja finalidade é o apoio à pesquisa. Foi criada atendendo a um pedido de Julian Schwinger quando se encontrava na fase final da sua vida. Na página da Internet da Fundação encontra-se o seu trabalho número “zero”, aquele que foi feito quando tinha apenas 17 anos, e que não havia sido publicado.

## 7 Conclusão

Não há como em algumas páginas resumir a vida científica de Julian Schwinger e nem o impacto de seus trabalhos na física do século XX, e conseqüentemente do século XXI. A renormalização da eletrodinâmica quântica que lhe conferiu o Prêmio Nobel, é apenas uma das mais importantes e famosas das suas construções. A lista de suas contribuições é enorme, excluindo-se o que se perdeu<sup>12</sup> e os textos que somente estão disponíveis ao público através dos arquivos das universidades, por exemplo, da UCLA. Inusitadamente, agora após 12 anos da sua morte, a sua obra mais revolucionária, a Teoria de Fontes, continua desconhecida e praticamente abandonada pela física contemporânea.

## Agradecimentos

Agradeço ao Prof. Carlos Rabaça, do OV/UFRJ, pelo incentivo e ao Prof. Antonio F. F. Teixeira, do CBPF, pela leitura do texto e por sugestões. Fico também agradecido ao

---

<sup>11</sup>Sonoluminescência, como o nome diz, é a conversão de som em luz. Foi observada pela primeira vez na década de 30, em um processo com múltiplas bolhas de ar em líquido. O laboratório da UCLA fez novas experiências onde conseguiu um importante resultado onde uma única bolha de ar fez a emissão da luz.

<sup>12</sup>Na sua biografia encontramos relatos de conferências de Schwinger nas quais apresentou resultados novos, e que não foram publicados em lugar algum, permanecendo apenas na memória destas pessoas.

Prof. José A. Helayël-Neto, do CBPF, pelo incentivo, sugestões e apoio para que estas notas fossem publicadas em *Ciência & Sociedade*.

## Referências

- [1] K. A. Milton, “Julian Schwinger”, arXiv:physics/0606153, 16 Jun 2006;
- [2] Jagdish Mehra, Kimball A. Milton and Peter Rembiesa, “The Young Julian Schwinger. I. A New York City Childhood”, *Found. Phys.* **29** (1999) 767; “The Young Julian Schwinger. II. Julian Schwinger at Columbia University”, **29** (1999) 787; “The Young Julian Schwinger. III. Schwinger Goes to Berkeley”, **29** (1999) 931; “The Young Julian Schwinger. IV. During the Second World War”, **29** (1999) 967;
- [3] J. Schwinger, *Phys. Rev.* **82** (1951) 914, **91** (1953) 713;
- [4] J. Schwinger, *Quantum Mechanics, Symbolism of Atomic Measurements*, (Springer, New York, 2000);
- [5] J. Schwinger, *Introduction to Source Theory with Application to High Energy Physics*, Proceedings of the Seventh Particle Physics Conference, University of Hawaii Press pp.341-481 (1978);
- [6] J. Schwinger, *Particles Sources and Fields*, Vol. 1 (Addison-Wesley Publishing Company, Inc., New York, 1970);
- [7] J. Schwinger, *Particles and Sources*, Documents on Modern Physics (Gordon and Breach, New York, 1969);
- [8] J. Schwinger, L. L. DeRaad, Jr., K. A. Milton, Wu-Yang Tsai, *Classical Electrodynamics*, The Advanced Book Program, ABP (Perseus Books Group-Westview Press, Boulder, 1998);
- [9] J. Mehra, K. Milton, *Climbing the Mountain, The Scientific Biography of Julian Schwinger* (Oxford University Press Inc. New York, 2000);
- [10] A. Salam and J. C. Ward, “On a Gauge Theory of Elementary Interactions”, *Il Nuovo Cim.* **19** (1961) 165; S. L. Glashow and M. Gell-Mann, “Gauge Theories and Vector Particles”, *Ann. Phys. (NY)* **15** (1961) 437; A. Salam and J. C. Ward, “Electromagnetic and Weak Interactions” *Phys. Lett.* **13** (1964) 168;
- [11] K. Milton, *Julian Schwinger: Source Theory and UCLA Years From Magnetic Charge to the Casimir Effect*, hep-ph/9505293v1 (1995);