

A FÍSICA DOS QUANTA E “O NOVO ESPÍRITO CIENTÍFICO”

Olival FREIRE JR.

Instituto de Física - UFBA

RESUMO

Analizamos a influência das mudanças conceituais associadas à física quântica sobre a elaboração do pensamento epistemológico bachelardiano. Revimos certos debates sobre a física dos quanta com a participação de Bachelard, Meyerson, Langevin, Solomon e de Broglie. Concluimos que as idéias de Bachelard sobre esse assunto são muito heterogêneas e diversificadas. Com efeito, suas críticas profundas, que em seguida pareceram bem contemporâneas, sobre a idéia clássica de localização, lhe valeram a posição de pioneiro; na França, nesse campo. Contudo, as tendências idealistas do pensamento de Bachelard o levaram a graves equívocos a respeito do sentido das soluções da equação de Dirac. Houve, também, um significativo silêncio de Bachelard, nos anos cinquenta, quando a controvérsia sobre a interpretação dos quanta foi renovada.

RESUMÉ

Nous analysons l'influence des changements conceptuels associés à la physique quantique sur l'élaboration de la pensée épistémologique bachelardienne. Nous revoyons certains débats

sur la physique des quanta avec la participation de Bachelard, Meyerson, Langevin, Solomon et de Broglie. Nous concluons que les idées de Bachelard sur ce sujet sont très hétérogènes et diversifiées. En effet, ses critiques profondes, qui sont par la suite apparues bien contemporaines, sur l'idée classique de localisation lui valurent la position de pionnier, en France, dans ce domaine. Cependant, les tendances idéalistes de la pensée de Bachelard l'ont entraîné à de graves équivoques sur le sens des solutions de l'équation de Dirac. Il y a eu, aussi, un significatif silence de Bachelard, dans les années cinquantes, lorsque la controverse sur l'interprétation des quanta a été renouvelée.

1. INTRODUÇÃO

Com o livro **Le Nouvel Sprit scientifique**, publicado sessenta anos atrás, Gaston Bachelard ocupou um espaço indelével no cenário filosófico do nosso século. Inspirado fortemente em teorias científicas recentes - novas teorias físicas (relatividade e quanta) e geometrias não-euclidianas - formulou o que denominou de uma "epistemologia não-cartesiana", como uma "condenação da doutrina das naturezas simples e absolutas".

Perseguimos com este estudo o objetivo de investigar a influência das mudanças conceituais associadas à física quântica sobre a reflexão epistemológica de Bachelard.

Revisaremos, brevemente, debates sobre o assunto, envolvendo Bachelard, Emile Meyerson, Paul Langevin, Jacques Solomon e Louis de Broglie. Este estudo nos indica uma influência muito diversificada, e mesmo heterogênea, daquela teoria científica no pensamento filosófico de Bachelard. Existem, de um lado, opiniões muito profundas, e mesmo de significativa contemporaneidade, como sua crítica ao ideal clássico da localização dos corpos no quadro do espaço-tempo, que antecipa, em certo sentido, as denominadas "Desigualdades de Bell". Este estudo tem, também, indicado uma faceta biográfica de Bachelard que merece maior relevo. Estamos,

nos parece, diante de um caso notável de pioneirismo e autodidatismo. Já a posição ambígua de Bachelard face ao problema do papel de uma realidade independente das teorias físicas levou-o a graves equívocos na análise dos problemas suscitados pelas soluções da denominada “equação de Dirac”. Outro problema relevante diz respeito ao que denominamos “silêncio epistemológico” de Bachelard na controvérsia, que se reinstaurou entre físicos da década de 50, sobre a interpretação da física quântica. Finalizamos resgatando o papel precursor das idéias bachelardianas face às modernas pesquisas sobre a educação científica.

2. PIONEIRISMO E AUTODIDATISMO

Vejamos, inicialmente, o caso da teoria quântica, notando que o coroamento da elaboração desta teoria só foi adquirido no ano de 1927. Bachelard havia concluído seus estudos científicos formais em 1912, licenciando-se em ciências matemáticas. Depois da I Guerra Mundial dedicou-se ao estudo da filosofia licenciando-se nesta disciplina em 1920, e obtendo o grau de Docteur ès lettres pela Sorbonne, em 1927, com duas teses abordando problemas históricos e filosóficos da ciência, sob a orientação de Abel Rey e Léon Brunschvicg (Margolin, 1974, 169). Passou então a ensinar filosofia na Faculdade de Letras de Dijon, abandonando então o ensino secundário de ciências em Bar-sur-Aube, sua cidade natal.

Durante todo este período, e nos anos que se seguem a 1927, não se ensinava física quântica nas universidades francesas. Bensaude-Vincent (1984), em estudo dedicado à história da recepção da teoria dos quanta na França, intitulado significativamente “France: un accueil difficile”, afirma: “O mínimo que se pode dizer é que a mecânica quântica penetra na França com uma certa lentidão. Nem uma entrada triunfal nem uma rejeição brutal e massiva. (...) ela é quase totalmente ignorada nos anos 20, propagada nos anos 30 por alguns pioneiros, com uma difusão muito lenta na comunidade científica; é só após a guerra que ela será oficialmente ensinada nas universidades”. Dentre os pioneiros Bensaude-Vincent alinha de

Broglie, Joliot, Curie, Perrin e Langevin, mas, como diz a historiadora e filósofa francesa: O movimento é estritamente parisiense no início e levado por não mais que uma dezena de pessoas.

Dentre os pioneiros apontados por Bensaude-Vincent caberia incluir o filósofo Gaston Bachelard. Ele dedicou dois dos seis capítulos de *Le Nouvel Sprit Scientifique* exclusivamente à análise dos problemas epistemológicos suscitados pela física dos quanta, considerando as modificações conceituais presentes nesta teoria indicadoras de uma nova epistemologia emergente.

A caracterização do pioneirismo e do autodidatismo pode, com certas modificações, ser também estendida ao caso da teoria da relatividade. Observamos, a propósito, que Paty (1987), em estudo sobre a recepção da relatividade na França afirma que "com raras exceções, o ensino, os livros didáticos e programas universitários refletiram a indiferença face ao assunto até a década de 50". Falando de um modo geral podemos constatar uma aridez, e mesmo uma omissão, no ensino das novas teorias físicas na França do período prévio à Segunda Guerra Mundial. Tal constatação nos é fornecida por Pestre (1984, 49-58) que estudou a física e os físicos franceses do período entre 1919 e 1940, analisando em especial os manuais e os cursos do período. Trata-se, naturalmente, de uma constatação geral, com Pestre, Paty e Bensaude-Vincent assinalando as exceções existentes. Tal aridez não pode, contudo, caracterizar a divulgação e a discussão, destas teorias e de suas implicações filosóficas, entre físicos e filósofos. Os debates desenvolvidos, e sua intensidade, especialmente na década de 30, destoam daquela imagem. Parte desta riqueza explica-se, contudo, pela própria participação de Bachelard como um de seus mais ativos protagonistas.

3. EPISTEMOLOGIA E FÍSICA DOS QUANTA

O objetivo declarado de Bachelard, escrevendo *O novo espírito científico* era "captar o pensamento científico contemporâneo em sua dialética e mostrar assim a novidade essencial que lhe é própria" (Bachelard, 1978a, 97). Nos parece que ele atinge seu

objetivo ao realçar o papel criativo, e constitutivo, da abstração matemática nas novas teorias físicas, fazendo suas as palavras do físico francês Paul Langevin: “O Cálculo Tensorial conhece melhor a física do que o próprio físico”, sustentando que a fonte das incompreensões acerca das inovações conceituais associadas às teorias científicas contemporâneas prende-se ao não se compreender em profundidade aquele papel constitutivo das matemáticas e afirmando que: “O que pode dar azo para pensar que o espírito científico no fundo permanece de mesma espécie através das retificações mais profundas é que não se estima em seu justo valor o papel das matemáticas no pensamento científico” (Bachelard, 1978a, 117).

Bachelard não é, obviamente, pioneiro nesta afirmativa. Isto não diminui, contudo, seu valor na história das idéias. Bachelard insere-se na tendência, que se desenvolvia entre cientistas-filósofos como Hertz, Duhem e Einstein, desde a virada do século, à valorização do papel do sujeito na elaboração do conhecimento. Sujeito é ativo, e na construção das teorias físicas esta atividade se expressa no uso das matemáticas. Referindo-se ao papel da experimentação na ciência moderna, não hesita em afirmar: “Os instrumentos não são outra coisa senão teorias materializadas”. Daí a sua recusa ao indutivismo, ao empirismo e a um realismo ingênuo, segundo o qual as teorias científicas seriam **reflexos** da realidade. Não se trata, entretanto, de uma mera reafirmação do kantismo, porque aqui as categorias do pensamento do sujeito são móveis, constituídas historicamente.

Vamos nos deter agora, especificamente, nas reflexões bachelardianas sobre uma destas novas teorias científicas, a física dos **quanta**. Analisando as inovações conceituais introduzidas pela física quântica, Bachelard não restringiu-se ao problema do determinismo versus indeterminismo, central nos primeiros debates filosóficos sobre a interpretação desta teoria física, desenvolvendo a tese, de maior profundidade a nosso ver, de que a física dos quanta impunha restrições ao conceito de localização dos corpos e de individuação dos objetos, pondo em questão, desta maneira, o tipo de realismo professado espontaneamente pelos cientistas até então. Já no primeiro dos Capítulos dedicados à física quântica (Cap. III - Ma-

téria e Irradiação) ele afirma, referindo-se à epistemologia “derivada das idéias materialistas do século XVII” que “o materialismo, efetivamente procede duma abstração inicial que parece dever mutilar para sempre a noção de matéria. Essa abstração, que não é discutida nem pelo empirismo baconiano nem pelo dualismo cartesiano, é a **localização da matéria num espaço preciso**” (grifos nossos) (Bachelard, 1978b, 120). Em uma obra posterior (**L’activité rationaliste de la physique contemporaine**), publicada em 1951, o filósofo retomou, sistematizando, a crítica à possibilidade da localização dos objetos da microfísica (Bachelard, 1965, 75-89). Resumiu sua crítica à “noção de corpúsculo na ciência contemporânea” nas seguintes teses: o corpúsculo não é um pequeno corpo, não tem dimensões absolutas definíveis, por isto não tem forma definível, ou, dito de outro modo, não tem geometria, e portanto, não se pode atribuir-lhe um lugar muito preciso. Bachelard agrega ainda duas características mais estritamente físicas: em certas circunstâncias o corpúsculo perde sua individualidade e também pode ser aniquilado. Ainda em **O novo espírito científico** o filósofo francês extrai conseqüências de sua posição, chegando a imaginar que “... veremos a ciência ocupada em eliminar o próprio espaço-tempo para atingir a estrutura abstrata dos grupos”, e cogitando também das potencialidades de se desenvolver cientificamente a idéia de um espaço-tempo discreto (Bachelard, 1978b, 124 e 134). Idéias como estas circularam entre cientistas, na década de 30, apenas como especulações, só transformando-se em efetivos programas de pesquisa a partir dos anos cinquenta.

As críticas bachelardianas à exigência de localização da matéria no espaço-tempo, foram vistas por Elyana Barbosa (1993, 48-51), em um plano estritamente filosófico, como expressão do seu distanciamento crítico face ao realismo e à fenomenologia. Pretendemos aqui chamar a atenção para uma outra implicação daquelas críticas. Formuladas por Bachelard em 1934, elas antecipam, na nossa opinião, aspectos essenciais da teoria quântica (não-localidade quântica) já contidos no formalismo da teoria quântica, mas que só emergiram nos debates entre Einstein e Bohr, em 1935, e foram efetivamente esclarecidas nos debates, e testes experimentais, em torno de um resultado teórico apenas formulado em 1964, as

chamadas Desigualdades de Bell; posteriormente portanto, ao desaparecimento de Bachelard. Esta antecipação ocorre porque se os objetos elementares da física quântica não são mais individualizáveis, como sustentado por Bachelard, então não se pode falar em uma independência destes objetos quando separados no espaço-tempo. É precisamente esta independência que Einstein considerou mais fundamental que a descrição da realidade física fornecida pela teoria dos **quanta**, e que J. S. Bell identificou com o critério matematicamente preciso da localidade. Como sabemos (Freire Jr, 1995), os testes experimentais das Desigualdades de Bell têm confirmado a descrição fornecida pela física quântica em detrimento do critério de localidade, afirmando, assim, a propriedade física da não-localidade quântica, para sistemas que interagem e separam-se no espaço-tempo.

4. BACHELARD, MEYERSON E LANGEVIN, INDIVIDUALIDADE QUÂNTICA E REALISMO

As lições epistemológicas que Bachelard extrai da física quântica podem ser melhor compreendidas quando contextualizadas no debate que se trava entre o físico Paul Langevin, o filósofo Émile Meyerson e o próprio Bachelard. Paul Langevin (Freire Jr., 1993) identificou no mecanicismo a raiz das dificuldades para a assimilação das inovações conceituais trazidas pela nova teoria quântica, entendendo por mecanicismo a projeção, para o exame dos fenômenos microscópicos, de leis, conceitos e modos de pensar que se revelaram frutíferos em domínios bastante vastos e diversificados. Em especial, Langevin identificou no apego à idéia de corpúsculo individualizável - destacado do universo - o núcleo duro da resistência à nova física. Ele considerou como resquícios de antropomorfismo, a nossa expectativa de usar no mundo quântico esta idéia formulada na escala da experiência humana cotidiana. Langevin foi buscar na própria física, com a indiscernibilidade das partículas introduzida pelas estatísticas quânticas (Bose-Einstein e Fermi-Dirac), o argumento para recusar, no âmbito da física quântica, a noção de corpúsculo individualizável.

Apenas a título de exemplo tomemos o caso simples, muitas vezes usado por Langevin, de duas partículas que se encontram em duas regiões do espaço de iguais dimensões. Na mecânica estatística clássica nós podemos contar quatro distribuições possíveis porque nós podemos "etiquetar" - individualizar - as partículas como partícula A e partícula B. Para este mesmo exemplo as estatísticas quânticas contam somente três distribuições possíveis. Isto quer dizer que as estatísticas quânticas não "etiquetam" as partículas, isto é, não as individualizam. As estatísticas quânticas têm sua justificativa no corpo da própria teoria quântica e levam a previsões compatíveis com resultados experimentais em fenômenos descritos pela física quântica, o que não ocorre com a estatística clássica. Queremos com isto frisar, concordando com Bensaude-Vincent (1987, 161-178), que Langevin apoia-se diretamente na física quântica, e na incompatibilidade entre resultados experimentais e física clássica, para elaborar a tese epistemológica do abandono da idéia de corpúsculo individualizável.

Meyerson, apesar de vir, na década de 20, de uma significativa aproximação com Langevin, tendo por base comum uma interpretação realista da teoria da relatividade, recusou esta proposição do físico francês. Meyerson apresenta uma argumentação elaborada, que não reproduziremos aqui, para formar a conclusão de que a física não pode pretender fornecer uma representação do real sem admitir a idéia de individualidade. É, portanto, em nome do realismo, que Meyerson recusa a interpretação que Langevin faz da física quântica.

Bachelard, que já havia anteriormente polemizado com Meyerson a respeito da interpretação da teoria da relatividade, volta à polêmica, agora a respeito da teoria quântica, acusando-o de rejeitar esta teoria física, em nome de um realismo de senso comum, fechado às novidades epistemológicas (Bensaude-Vincent, 1987, 171-3). Bachelard apoia explicitamente a posição de Langevin - "Numerosos são os físicos que sublinharam essa perda súbita da individualidade no objeto elementar da nova física. Em especial esta é a opinião de Langevin, de Planck" - mas não reproduz a argumentação apresentada por Langevin. Refere-se a Langevin para apresentar uma argumentação própria: "O que nos parece dar à posição de Langevin toda a sua força filosófica é o fato de que se trata de uma

realidade *postulada*. É então uma necessidade de método recusar a individualidade a essa realidade postulada. O único direito que se tem é o recurso de inscrever qualidades individuais em elementos que se definirão por integração num conjunto. O realismo *elementar* é portanto um erro.” (Bachelard, 1978a, 154-5). Note-se que não há uma só referência à incompatibilidade entre a mecânica estatística clássica - que também trabalha em uma realidade postulada, o espaço de fase a dimensões - e resultados de experiências em física atômica e molecular.

Bensaude-Vincent observa, de modo bastante oportuno, que não se estabelece, a partir de 1934, um diálogo efetivo entre Langevin e Bachelard, no que pese a concordância relativa à interpretação dos **quanta** parecia apontar neste sentido, e se interroga sobre as razões desta ausência. As razões profundas, segundo Bensaude-Vincent (1987, 172), prendem-se a que Bachelard apoia a tese de Langevin com outra argumentação - a perda de individualidade decorre do pertencimento dos indivíduos elementares a uma classe - e com o objetivo de recusar um realismo físico em favor de um realismo matemático, postura epistemológica muito distinta daquela de Langevin. A ausência de um diálogo efetivo, como o esperado por Bensaude-Vincent, nos introduz então a examinar, finalmente, o que nos parece ser uma ambigüidade que marca a reflexão epistemológica de Bachelard sobre as ciências da natureza.

5. A AMBIGUIDADE FACE AO PROBLEMA DA REALIDADE FÍSICA

É bem sabido, da literatura sobre a epistemologia bachelardiana, que este autor não se pronuncia com clareza sobre a questão da existência de uma realidade que transcenda a realidade das teorias da física, nem sobre a questão das relações entre as teorias e aquela realidade. Nos referimos a uma ambigüidade de Bachelard face a esta questão porque encontraremos nas obras bachelardianas diversas referências ao papel da experiência física e, principalmente, uma crítica qualificada, ao realismo. Trata-se, por exemplo, de recusar o realismo **elementar**. Bachelard está atento ao papel da perspectiva realista na história da ciência, tanto que defende

ser “na encruzilhada dos caminhos que o epistemólogo deve colocar-se: entre o realismo e o racionalismo” (Bachelard, 1987a, 95); mas não encontra uma perspectiva adequada para preservar, face às lições epistemológicas da nova física, o realismo disponível entre os cientistas. Ele afirma, acertadamente a nosso ver, que “o sentido do vetor epistemológico parece-nos bem nítido. Vai seguramente do racional ao real e não, ao contrário, da realidade ao geral, como o professavam todos os filósofos de Aristóteles a Bacon” (Bachelard, 1978a, 92), mas não se dá conta, contudo, que a realidade não está plenamente incluída no alvo deste vetor, sendo, em verdade, mais ampla que ele. Usando uma conceituação mais contemporânea, devida ao filósofo francês Michel Paty (1988), que distingue teorias científicas, seus objetos lógicos (que são construções abstratas) e objetos reais (ou simplesmente realidade), podemos afirmar que o vetor epistemológico proposto por Bachelard tem origem nas teorias e dirige-se aos objetos lógicos das teorias, ficando de fora, portanto, os objetos reais. No desenvolvimento de suas obras epistemológicas, e principalmente em afirmativas sobre a história da ciência, esta ambigüidade bachelardiana se revelou ainda mais problemática, precisamente porque, ainda conforme a conceituação proposta por Paty “nada no objeto assim designado [lógico] contradiz a teoria” mas, “de fato, nós o sabemos muito bem, mesmo no caso de uma representação teórica estável, a realidade física não é esgotada por sua formulação matemática, e o real é mais rico que sua representação. O objeto lógico da teoria não é, portanto, exatamente superponível ao objeto real” (Paty, 1988, 382).

6. UM DEBATE INTERROMPIDO: SOLOMON, LANGEVIN E BACHELARD

Com estas considerações sobre o que denominamos ambigüidade bachelardiana face ao problema da independência da realidade física face às teorias da física, nós queremos resgatar a contribuição derivada da crítica de Jacques Solomon, físico francês, à epistemologia bachelardiana. Queremos resgatar esta crítica também por uma curiosidade histórica. Não nos parece que o diálogo entre

Langevin e Bachelard tenha se interrompido, como sustentou Bensaude-Vincent. Fazemos a conjectura de que Langevin compartilhava a crítica de Solomon à referida ambigüidade na posição de Bachelard. Como argumentação favorável a esta conjectura lembramos que Solomon foi um discípulo dileto de Langevin, tendo sido seu genro e recebendo significativa influência intelectual deste último, a ponto de abandonar a medicina para iniciar uma carreira em física. Foi também dos mais promissores jovens físicos teóricos franceses da década de 30, chegando ao final deste período com uma reputação estabelecida além das fronteiras francesas. A tese de doutoramento de Solomon é, aliás citada pelo próprio Bachelard n' **O novo espírito científico** (Bachelard, 1978a 152). A crítica que aqui nos referimos foi escrita por Solomon entre 1940 e março de 1942 quando este se dedicava à atividade clandestina na Resistência francesa ao nazi-fascismo, e toma por base a obra **A filosofia do não**, publicada em 1940. Solomon foi preso em março de 1942, fuzilado pelos nazistas em 23 de maio de 1942, aos trinta e quatro anos de idade. Seu trabalho foi publicado no primeiro número da revista **La Pensée** publicado após o fim da Segunda Guerra, revista editada por Paul Langevin. Não nos estenderemos mais em dados históricos que corroboram, a nosso ver, a suposição de que Langevin replica, por concordância tácita com Solomon, a Bachelard sobre sua posição face ao problema já aludido da relação entre realidade e teoria física.

Não nos estenderemos, também, na apresentação e na análise da crítica de Solomon, mas queremos, de início, afirmar que a força desta crítica reside, a nosso ver, em Solomon discutir em detalhe um exemplo, ao qual Bachelard havia dedicado grande atenção, no qual a realidade, mais ampla que os objetos das teorias físicas, desautorizou certas previsões, possíveis no âmbito do formalismo da teoria considerada. Trata-se do conceito de massa que Bachelard havia tomado para inspirar o seu conceito de **perfil epistemológico**. No abertura do Capítulo I de **A filosofia do não** Bachelard anuncia que “antes de entrar verdadeiramente no nosso exame filosófico geral vamos, para ser mais claros, encetar toda a polêmica em torno de um exemplo preciso. Vamos estudar um conceito científico particular que, segundo pensamos, encerra uma perspectiva filosófica completa ...”, explicitando em seguida que “é

sobre o conceito científico de **massa** que pretendemos fazer a nossa demonstração da maturação filosófica do pensamento científico." (Bachelard, 1978b, 11-12)

Após analisar o conceito de massa em diversas fases da história da ciência, ele chega à física quântica declarando: "Vamos indicar o aspecto filosófico novo sob o qual se apresenta a massa na mecânica de Dirac. Teremos então um exemplo preciso daquilo a que propomos chamar um elemento do ultra-racionalismo dialético, que representa o quinto nível da filosofia dispersa." Após uns breves comentários sobre a equação de Dirac vem a principal conclusão: "Nós tínhamos apenas necessidade de uma massa; o cálculo dá-nos duas, duas massas para um só objeto. Uma destas massas resume perfeitamente tudo o que se sabia da massa nas quatro filosofias precedentes: realismo ingênuo, empirismo claro, racionalismo newtoniano, racionalismo completo einsteiniano. Mas a outra massa, dialética da primeira, é uma massa negativa. Trata-se de um conceito inteiramente inadmissível nas quatro filosofias precedentes." É, então, sobre este conceito de massa **negativa** que Bachelard funda sua proposição epistemológica: "É então que entra em cena a filosofia dialética do 'por que não?' que é característica do novo espírito científico. Por que razão a massa não havia de ser negativa?"; concluindo que "deste modo a **realização** leva a melhor sobre a realidade. Esta primazia da realização desclassifica a realidade. (...) A teoria é a verdade matemática que ainda não encontrou a sua realização completa. (...) É preciso forçar a natureza a ir tão longe quanto o nosso espírito." (Bachelard, 1978b, 19-21).

Solomon inicia sua crítica lembrando que a possibilidade formal de massas, e energias, negativas já estava presente na relatividade einsteiniana, tendo a física quântica relativística com a equação de Dirac destacado esta possibilidade porque esta teoria física admitia a possibilidade de transição entre estados associados a massas positivas e estados associados a massas negativas. Dirigindo-se em seguida ao ponto central de sua argumentação Solomon pergunta "qual foi então a atitude dos físicos diante de uma tal *possibilidade* decorrente de uma teoria, que reunia aliás inúmeras confirmações?". Solomon lembra então, com uma argumentação técnica que não desenvolveremos aqui, que "era preciso excluir esta

possibilidade, porque ela implicava que todos os elétrons, uns após outros, deviam adquirir uma energia negativa contrariando assim a experiência corrente” (Solomon, 1945, 49). O próprio Dirac encontrará a solução do dilema propondo a existência de elétrons com a mesma massa dos elétrons ordinários, porém com carga invertida (positiva), partícula que ele denominou de pósitron. Experiências realizadas por Anderson, e por Occhialini, revelaram a existência de partículas que foram identificadas como os pósitrons propostos por Dirac. Ulteriormente tais partículas receberam a denominação de anti-partículas, compondo o que denominamos genericamente de anti-matéria, e, como argumenta Solomon, a hipótese da massa negativa voltou ao seu estatuto anterior à equação de Dirac, isto é, uma possibilidade formal dentro da teoria da relatividade descartada pela física teórica por levar a conclusões destoantes da experiência. A força histórica da argumentação de Solomon é que todo esta **affair** na física quântica durou quatro anos, entre 1928 com Dirac formulando sua equação e 1931, quando Anderson observa o que veio a se denominar de pósitron, ou anti-elétron.¹

O físico francês conclui sua argumentação perguntando: “por que então não se pôde forçar a natureza a nos fornecer os elétrons de massa negativa, e são somente os elétrons de carga positiva, mas de massa igualmente positiva, que apareceram? Quais são então os limites postos às nossas possibilidades de realização? E, se eles existem, não é precisamente porque, contrariamente à fórmula de Bachelard, é a realidade que condiciona a realização?” (Solomon, 1945, 49). Para reforçar a sua argumentação a favor da posição de que nem todas as possibilidades formais contidas nas teorias da física são efetivamente realizadas, o jovem físico alinha mais alguns exemplos na história da física, entre os quais a hipótese de um planeta desconhecido para explicar as anomalias, face à mecânica newtoniana, na trajetória de Mercúrio, os monopolos magnéticos propostos por Dirac e as probabilidades negativas, também acalentadas por Bachelard. A conclusão que Solomon firma sobre a epistemologia bachelardiana, presente em **A filosofia do não**, é mais forte que a caracterização de ambigüidade, que fazemos referindo-nos ao conjunto de suas obras epistemológicas. Solomon afirma que

“segundo Bachelard no terreno da física contemporânea, nós somos obrigados a reconhecer que a própria evolução desta ciência infirma seus pontos de vista e nós reconhecemos que sua origem está na concepção **idealista** que está no fundo da filosofia bachelardiana ...” (Solomon, 1945, 54).

Esta rica e instrutiva polêmica ficou inconclusa, sem desdobramentos. O artigo de Solomon foi publicado postumamente, em 1945, e Langevin faleceu em 1946. Bachelard quando tomou conhecimento da crítica de Solomon, por iniciativa dos editores de **La Pensée** antes de sua publicação, declarou que “as críticas que Jacques Solomon pôde fazer ao meu ponto de vista serão para mim uma fonte de meditação. Eu as lerei em **La Pensée** com muita emoção porque eu seguia com atenção todos os trabalhos deste grande cientista cujo desaparecimento trágico é sentido por todos os homens de coração” (*apud* Solomon, 1945, 47). Estas palavras simpáticas não tiveram, ao que parece, um desdobramento teórico na obra de Bachelard, nem as críticas de Solomon foram, até onde conhecemos a obra de Bachelard, refutadas pelo filósofo francês. Registre-se, aliás, que em uma obra ulterior, dedicada exclusivamente aos problemas da física dos quanta, Bachelard tratou especificamente da descoberta do pósitron (Bachelard, 1965, 106-112), sem nenhuma referência à crítica de Solomon, e também, o que não deixa de nos causar uma certa estranheza, sem nenhuma referência autocrítica à hipótese das massas **negativas** tão acalentada em **A filosofia do não**.

7. UMA INFLUÊNCIA POUCO CONHECIDA?

Nos referimos, na seção anterior, que a atitude simpática de Bachelard face às críticas de Solomon, não teve ao que parece um desdobramento teórico na obra de Bachelard, porque podemos supor uma receptividade de Bachelard àquelas críticas se fizermos uma análise comparativa entre **A filosofia do não** [1940], de um lado, e a trilogia composta por **Le rationalisme appliqué**, [1949], **L'activité rationaliste de la physique contemporaine**, [1951], e **Le matérialisme rationnel**, [1953], que foram as obras epistemológicas posteriores à crítica de Solomon. Para esta comparação não podemos

adotar uma distinção, como aquela feita por Constança Marcondes Cesar, retomando Canguilhem, (Cesar, 1989, 10 e 23), entre textos de juventude e textos da maturidade, situando **La philosophie du non** como uma obra da maturidade, da mesma fase, portanto, que as suas três últimas obras epistemológicas anteriormente referidas. Preferimos adotar a sugestão, proposta pelo próprio Bachelard, que viu nas **três últimas obras** uma coerência que se destaca no conjunto de sua obra, ao declarar na primeira seção de **Le matérialisme rationnel**, [1953], que “nós apresentaremos um novo conjunto de provas que confirmam, acreditamos, as teses que sustentamos nas nossas duas últimas obras intituladas **Le rationalisme appliqué** (Paris, PUF, 1949) e **L’activité rationaliste de la physique contemporaine** (Paris, PUF, 1951).” (Bachelard, 1972, 4).

Bachelard abre a primeira obra desta trilogia estabelecendo uma tensão entre dois polos da atividade científica contemporânea, a experiência e a matematização, diluindo assim a subordinação do primeiro ao segundo, como posta em **A filosofia da não** pela via da absolutização da noção de **realização**. Conforme suas palavras: “Seguindo com atenção, isto é, com um interesse apaixonado, a atividade da física contemporânea, podemos ver se animar um diálogo filosófico que tem o mérito de uma precisão excepcional: o diálogo do experimentador, provido de instrumentos precisos, e do matemático, que ambiciona informar estreitamente a experiência. Enquanto que, muito freqüentemente, nas polêmicas filosóficas, o realista e o racionalista não chegam a falar de uma mesma coisa, nós temos a nítida e reconfortante impressão que no diálogo científico, os dois interlocutores falam de um **mesmo problema**.” (Bachelard, 1975, 1). Do significativo título (O materialismo racional) de sua terceira, e última obra epistemológica, da trilogia aqui considerada, podemos inferir um Bachelard que busca distanciar-se da caracterização criticada de uma epistemologia idealista, mesmo ressaltando-se que o filósofo francês faz um uso muito próprio de expressões tradicionais da literatura filosófica. O materialismo referido por Bachelard é um novo espírito materialista, distinto do materialismo massivo, ingênuo e caduco que tem servido de alvo às críticas fáceis da filosofia idealista (Bachelard, 1972, 3).

Uma caracterização análoga à que esboçamos, da epistemologia bachelardiana presente na referida trilogia, pode ser encontrada entre analistas da obra do filósofo francês. Constança Marcondes Cesar, por exemplo, afirma que "**Le rationalisme appliqué** apresenta a Física contemporânea como o lugar do diálogo entre a ciência aplicada e ciência teórica, razão e experiência", e que: "Prolongando a discussão dos temas do **Le rationalisme appliqué**, **Le matérialisme rationnel** apresenta a ciência atual caracterizada pelo materialismo. Não se trata do materialismo baseado num realismo ingênuo epistemológico, mas de materialismo racionalista, intimamente ligado às ciências da natureza - que se mostram como as ciências fundamentais de nosso tempo, em virtude de seu caráter dinâmico e do intenso progresso que vêm apresentando. Esse materialismo racionalista, reconhecendo a matéria, o mundo, como realidade **independente** (grifo nosso) do sujeito, ressalta, no entanto, o papel preponderante do sujeito cognoscente na ordenação intelectual dos elementos dessa realidade material num modelo teórico, interpretativo, do mundo" (Cesar, 1989, 31 -33).

8. O SILÊNCIO EPISTEMOLÓGICO DE BACHELARD

Pretendemos, por fim, tecer alguns comentários sobre um último aspecto da influência da física quântica nas formulações epistemológicas bachelardianas. Uma influência que levou Bachelard a **silenciar-se** sobre os problemas epistemológicos da física dos quanta, como explicaremos em seguida. Façamos um breve resumo informativo para introduzir o problema. A década de 50 foi marcada, do ponto de vista da história das interpretações da física quântica por um ressurgimento da controvérsia sobre a interpretação desta teoria física. O principal nome a ser associado a este período é o do físico, nascido norte-americano, David Bohm, que elaborou modelos capazes de recuperar uma descrição quase clássica para os fenômenos em escala atômica. Tais modelos, denominados de **variáveis escondidas**, recobravam descrições físicas determinísticas e contínuas para objetos atômicos bem localizados no espaço-tempo. Não apresentaremos aqui detalhes técnicos destes modelos,² queremos apenas

reter dois aspectos deste período. O primeiro estritamente epistemológico, diz respeito à existência de um conflito interpretativo nos marcos de uma ciência madura como a física, em tomo da seguinte questão: Os novos conceitos introduzidos pela física quântica no final da década de 20 (tão valorizados por Bachelard) eram realmente indispensáveis ou o físico poderia produzir física atômica com idéias mais familiares a um espírito instruído pela física clássica? O segundo aspecto, de natureza histórica. Devemos falar de um **ressurgimento** da controvérsia sobre a interpretação da física dos quanta porque quando de sua elaboração, entre os anos 1925 e 1927, também ocorrera intensa controvérsia, muito semelhante a esta da década de 50, mas que finalizou com a quase total adesão dos físicos à interpretação da complementaridade, sustentada por Niels Bohr, Werner Heisenberg e outros. Falamos quase total porque alguns poucos físicos, brilhantes, como Einstein e Schrödinger, mantiveram-se críticos face à interpretação da complementaridade. Na década de 30, contudo, tal controvérsia não galvanizou um número mais significativo de cientistas. Quando a controvérsia ressurgiu, na década de 50, ela aparece com uma força muito significativa, a ponto de o historiador da ciência Max Jammer (1974, 278) ter cunhado a expressão "The revival of hidden variables by Bohm". Ao lado de David Bohm, nós vamos encontrar um número expressivos de físicos franceses, com ... Louis de Broglie à frente. É aqui que a nossa história reencontra Bachelard, porque, como sabemos, Louis de Broglie, único físico francês a ganhar um Prêmio Nobel pela elaboração da física quântica, era uma referência muito forte para o filósofo francês, com diversas citações ao longo dos seus escritos.

Quando Louis de Broglie alinha-se, a partir de 1952 e motivado pela publicação dos trabalhos de David Bohm, com a interpretação da física quântica em termos das variáveis escondidas há uma espécie de retorno às suas posições originais, uma espécie de reconversão. É que De Broglie havia elaborado idéias semelhantes (onda piloto e dupla solução) entre 1926 e 1927 quando dos primeiros debates sobre a interpretação daquela teoria física. Desde 1927, contudo, de Broglie havia desistido de suas primeiras idéias sobre o assunto, alinhando-se com a interpretação da complementaridade proposta por Niels Bohr. Note-se que era, seguramente, o Louis de

Broglié desta fase, defensor da interpretação da complementaridade, que Bachelard tomava como principal referência científica, ao longo de seus escritos. Cabe assinalar agora que quando de Broglié retorna às suas primeiras posições, em 1952, o faz com forte conotação epistemológica afirmando que um "retorno às concepções claras, cartesianas, respeitando a validade do quadro do espaço e do tempo satisfaria certamente muitos espíritos e permitiria não somente afastar as objeções perturbadoras de Einstein e Schrödinger, mas também evitar certas conseqüências estranhas da interpretação atual" (de Broglié, 1956, 140).

O conflito destas posições, científicas e epistemológicas, do físico Louis de Broglié com a epistemologia do filósofo Bachelard é então evidente. Examinar a atitude deste último face a esta reviravolta na história dos quanta é um problema de significativa relevância histórica e filosófica. Bachelard, aliás, estava presente à conferência onde de Broglié anuncia sua mudança de posição (Centre de Synthèse, 31.10.1952), e debate, em seguida, com de Broglié. Infelizmente ainda não pudemos recuperar a transcrição deste debate, publicado no **Bulletin de la société française de philosophie**, [47(4), 135-158, 1953]. De todo modo é notável que em toda a produção posterior de Bachelard tenham desaparecido maiores referências ao problema da interpretação da física dos quanta.³ Na única obra epistemológica publicada ulteriormente (Bachelard, 1972) a física quântica comparece apenas para analisar certos problemas postos pela química; nenhuma palavra sobre as questões fundamentais (determinismo, localização no espaço-tempo, etc) que eram objeto da controvérsia entre os físicos.

O silêncio bachelardiano na intensa controvérsia, durante toda a década de 50, sobre a interpretação da física dos quanta fica ainda mais realçado se notamos que neste mesmo período, nesta mesma controvérsia, filósofos, a exemplo de Popper, Hanson e Feyerabend, tiveram ativa participação. Este silêncio é questão que merece maior investigação. Não dispomos ainda de opiniões conclusivas, ou mesmo consistentes, mas apenas de algumas conjecturas que demandam mais pesquisas. Trata-se de uma atitude filosófica que separa radicalmente ciência e filosofia, e portanto

espera que os cientistas resolvam a controvérsia para que os filósofos se pronunciem? Trata-se de reflexo de uma assimilação pouco profunda da física quântica? Note-se, a propósito, que no conjunto de seus escritos epistemológicos, Bachelard demonstra ser um leitor de Heisenberg, de Broglie, entre outros, mas não parece ter sido um leitor de Niels Bohr, físico que foi, de fato, o principal elaborador da interpretação da complementaridade. São apenas especulações, que demandam, voltamos a frisar, maior pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BACHELARD, G. **O novo espírito científico**, [1934], tr. R. F. Kuhnen, in Os Pensadores, Abril Cultural São Paulo, 89-179, 1978a.
- BACHELARD, G. - **A filosofia do não**, [1940], tr. J. J. M. Ramos, in Os Pensadores, Abril Cultural, São Paulo, 1-87, 1978b.
- BACHELARD, G. - **Le rationalisme appliqué**, [1949], PUF, Paris, 5e éd., 1975.
- BACHELARD, G. - **L'activité rationaliste de la physique contemporaine**, [1951], PUF, Paris, 2e éd., 1965.
- BACHELARD, G. - **Le matérialisme rationnel**, [1953], PUF, Paris, 3e éd., 1972.
- BARBOSA, E. - **G. Bachelard: o arauto da pós-modernidade**, Editora Universitária Americana, Salvador, 1993.
- BENSAUDE-VINCENT, B. - France: un accueil difficile, in S. Deligeorges (ed) - **Le monde quantique**, Editions du Seuil Paris, 1984, pp. 67-80.
- BENSAUDE-VINCENT, B. - **Langevin, science et vigilance**, Belin, Paris, 1987.
- DEBROGLIE, L. - La physique quantique restera-t-elle indéterministe? [1952], in Louis de Broglie - **Nouvelles perspectives en microphysique**, éditions Albin Michel, Paris, 115-43, 1956.