

# DO CARTESIANISMO A UM NOVO PARADIGMA: NOVOS OLHARES CIENTÍFICOS SOBRE A LINGUAGEM, O SIGNIFICADO E O SUJEITO

Ruth Bohunovsky

**RESUMO:** Neste artigo, procuro apontar para as críticas que foram desenvolvidas por cientistas naturais contra a concepção cartesiana de linguagem, de significado e de sujeito – concepção que, por sua vez, tem marcado a área dos estudos da linguagem durante muito tempo. A argumentação exposta refere-se sobretudo, mas não exclusivamente, à linguagem “técnico-científica” que foi discutida por alguns dos mais importantes cientistas naturais – sobretudo físicos (quânticos) - do século XX.

**PALAVRAS-CHAVE:** *lingüística cartesiana; ciências naturais; mudança de paradigma científico; linguagem; significado; sujeito.*

## Introdução

Na área dos estudos da linguagem, o paradigma cartesiano tem influenciado muitos teóricos, o que pode, de uma maneira ou outra, ser atribuído ao “boom científico”, que teve seu auge nos anos 60 e 70 do século XX. Partindo de uma concepção cartesiana de significado e sujeito, sonhou-se com uma linguagem absolutamente transparente, unívoca e independente do tempo, do lugar e do sujeito. Não serão repetidas aqui as muitas críticas que têm sido feitas contra essa visão de linguagem, de significado e de

---

\* Universidade Estadual de Campinas UNICAMP. Pós-doutoranda.



sujeito, nem as muitas “desconstruções” de que essas noções têm sido alvo. Interessa-me apontar as críticas que têm surgido nas ciências “duras”, sobretudo na física, em relação à utilidade do paradigma cartesiano para se discutir questões teóricas consoantes à linguagem, ao significado e ao sujeito. No meu entender, as reflexões e argumentações desenvolvidas por cientistas da física, e de outras ciências “duras”, podem ser de interesse também para teóricos do campo acadêmico que lida exclusivamente com a linguagem, já que permitem lançar um novo olhar sobre questões fundamentais para qualquer estudioso que se dedica à linguagem e seu funcionamento.

## **1. Linguagem e cartesianismo**

O modelo cartesiano de cientificidade tem marcado, desde o século XVII, não apenas as chamadas ciências “duras”, mas também áreas como a filosofia, a sociologia e a lingüística. A filosofia de Descartes – baseada no pressuposto de uma separação absoluta entre sujeito e objeto e na possibilidade de uma observação descomprometida e livre da realidade extralingüística, assim como de hipóteses universais, independentes de tempo e lugar – proporcionou a visão de um universo ordenado, quantificável e cognoscível a qual, mais tarde, vai caracterizar também a física newtoniana<sup>1</sup>. A importância do modelo epistemológico cartesiano para o pensamento moderno em geral é destacada, por exemplo, por Mario Novello, que observa que

este mundo sólido, fechado sobre si, compromissado com uma visão absolutista e dogmática, dominara desde Newton não só o mundo científico, produzindo aí uma fundamentação da Fi-

---

<sup>1</sup> Cf., por exemplo, Thomas Kuhn (1962/187: 64-65).

sica, como também influenciara praticamente todas as atividades do pensamento que dele extraía suas referências e nele encontrava um paradigma dos diferentes programas filosóficos desde então desenvolvidos (Novello 1999: 38).

A crença na possibilidade da existência de uma realidade “objetiva”, que poderia ser observada pelo homem sem sofrer a sua interferência, tem sido acompanhada pela convicção de que existiria um significado independente da interferência ou da influência de qualquer sujeito. De acordo com as premissas do cartesianismo, tal significado transparente e imutável seria mais evidente no discurso científico. Na introdução à antologia *Klassiker der Sprachphilosophie* (Clássicos da filosofia da linguagem), Tilman Borsche (1996) aborda a relação entre os conceitos de linguagem e de ciência, ao longo dos últimos séculos, e julga que, “depois de Galilei e Descartes”, o “ideal filosófico de conhecimento” que marcou “a concepção moderna de ciência” teria sido “orientado pelo modelo matemático e marcado por uma negligência total da [influência da] linguagem”. De acordo com esse autor, tal “concepção moderna de ciência” teria se tornado dominante, entre outras áreas, na filosofia da linguagem, onde teria uma grande influência “até o presente” (Borsche 1996: 10). Borsche menciona também que, a partir desse “ideal filosófico”, os “aspectos naturais e históricos da linguagem são considerados acidentais, no sentido de que não atingem o pensamento, o ser e a verdade” (ibid.: 9). De acordo com as premissas da “lingüística cartesiana”<sup>2</sup>, a linguagem não seria constitutiva nem para a “descoberta” da “verdade”, nem para a sua divulgação. Ela seria apenas a representação de uma suposta realidade externa e suscetível de ser entendida de maneira idêntica por qualquer sujeito consciente.

No âmbito da filosofia, o início do questionamento dos pressupostos do paradigma cartesiano aconteceu com as obras de Arthur

---

<sup>2</sup> Sobre a “lingüística cartesiana”, cf. também Chomsky (1966/1972).

Schopenhauer e Friedrich Nietzsche que, como menciona Hans-Georg Gadamer, inauguraram a crítica “das ilusões da autoconsciência” (Gadamer 1983: 19). Certamente, esses dois filósofos foram pioneiros ao tentar “sacudir” as estruturas das certezas epistemológicas modernas (ibid.). A “revolução científica” das ciências naturais – que se iniciou com a teoria da relatividade de Albert Einstein e, sobretudo, com a mecânica quântica<sup>3</sup> – parece, em certa medida, corroborar essa crítica filosófica acerca do modelo cartesiano de cientificidade. Thomas Kuhn (1962/1987) é um dos muitos autores que, ao longo das últimas décadas, têm se referido a essa suposta crise que encerraria o paradigma cartesiano-newtoniano, e aponta que,

como o exemplo da dinâmica newtoniana também indica, até mesmo o mais impressionante sucesso no passado não garante que a crise possa ser postergada indefinidamente. As pesquisas atuais que se desenvolvem em setores da Filosofia, da Psicologia, da Linguística e mesmo da História da Arte, convergem todas para a mesma sugestão: o paradigma tradicional está, de algum modo, equivocado (Kuhn 1962/1987: 156).

Como já indica essa observação de Kuhn, todas as áreas acadêmicas – da física até as áreas humanas – parecem estar afetadas pela crise do paradigma ortodoxo de cientificidade.

## **2. A física quântica: o início de uma “metamorfose da ciência”**

Depois dos filósofos, mais recentemente, foram vários cientistas das áreas naturais – sobretudo da física – que se destacaram nos debates sobre os possíveis limites da utilidade do paradigma

---

<sup>3</sup> Cf., por exemplo, Gadamer (1983: 19) e Santos (1993a: 23).

cartesiano. Dentro da física, a física quântica – que visa descrever o comportamento das moléculas, dos átomos e das partículas subatômicas, assim como da luz e de outras formas de radiação – é considerada o principal propulsor dessa grande crise paradigmática. Por causa disso, ela se tornou o símbolo de uma transição da ciência clássica – associada a um complexo de noções como causalidade, determinismo, mecanismo, racionalidade e objetividade – para uma ciência nova, contemporânea, orientada por um novo paradigma filosófico e que, conforme argumenta Santos (1993b), ainda se encontraria na sua fase de emergência.

Ultrapassaria os limites deste trabalho descrever os experimentos da física quântica responsáveis por essa “grande revolução intelectual”<sup>4</sup>. Considero pertinente apenas mencionar que, enquanto a física clássica – de Newton a Einstein – “forneceu uma imagem clara e inteligível do mundo, a qual permanecia inalterada independentemente da maneira como se olhava para ele” (Jonathan Powers 1982: xvi), a física quântica colocou em xeque essa imagem. A esse respeito, vale a pena citar a observação de Almir Caldeira de que a física quântica, “com a sua nova conceituação sobre a matéria e os seus intrigantes postulados, gerou debates não só no âmbito das ciências exatas, mas também no da filosofia, provocando assim uma grande revolução intelectual no século XX” (Caldeira 2001: 1)<sup>5</sup>. Em uma passagem de F. S. Northrop – autor da introdução do livro *Física e filosofia*, de Werner Heisenberg (1958/1999) – a importância da física quântica (e também do físico Heisenberg<sup>6</sup>) para a ciência e a filosofia no século XX é também claramente assinalada. De acordo com Northrop,

<sup>4</sup> Descrições detalhadas, dirigidas ao público leigo, dos experimentos mais significativos da física quântica podem ser encontradas, por exemplo, em Capra (1975/1995) e Gribbin (2000a; 2000b).

<sup>5</sup> Para discussões aprofundadas sobre as implicações filosóficas da física quântica, cf., por exemplo, Bohr (1934/1978), Cushing e McMullin (1989) ou Eddington (1958).

<sup>6</sup> Werner Heisenberg foi condecorado com o Prêmio Nobel de 1932.

há uma consciência generalizada de que a física contemporânea deu lugar a uma revisão importante da concepção que o homem tem do universo e de seu relacionamento com ele. Já se disse que essa revisão atinge o que há de mais fundamental no destino e liberdade humanas, afetando mesmo a concepção que o homem tem acerca de sua capacidade de controlar o seu próprio destino. Em ponto algum da física isso é tão flagrante quanto no princípio de indeterminação da mecânica quântica, descoberto pelo autor deste livro e que, comumente, leva seu nome (Northrop 1958/1999: 9).

Para sintetizar, pode-se dizer que o desenvolvimento da física quântica e de outras áreas das ciências naturais que contestaram as premissas do modelo tradicional de cientificidade tem levado, nos dias de hoje, a uma concepção de ciência e de realidade às vezes bastante diferente daquela que vigorava nos últimos séculos, quando o mundo era visto como um sistema totalmente autônomo, à espera de ser completamente decifrado e explicado. De acordo com Carlos Vogt, chegamos a uma “visão probabilística e não mais racionalista da verdade” (Vogt 2001: 5). Em *Cem anos de física quântica* (2001), Mahir S. Hussein sintetiza a consequência maior que a física quântica teria trazido para o pensamento atual. Depois de, no século XIX, a física ter parecido “completa” – “perto da iminência de uma grande síntese”, ou de uma “teoria final” –, os acontecimentos no mundo científico, “nas duas ou três primeiras décadas do século XX”, teriam causado uma “redefinição extremamente radical daquilo que se entende por realidade física” (Hussein 2001: i).

### **3. Novos olhares “científicos” sobre o significado**

Preliminarmente, considero útil mencionar que alguns dos físicos que deram os primeiros impulsos no sentido de se repensar o

modelo cartesiano de cientificidade – por exemplo, Bohr e Heisenberg – exibem claramente uma visão de linguagem contrária à postura neopositivista defendida pelos membros do Círculo de Viena, tendência filosófica com forte influência no pensamento científico das décadas de 20 e 30, época, também, das grandes descobertas revolucionárias da física quântica. É interessante notar que a problemática levantada pelos referidos físicos quânticos acerca da concepção neopositivista de linguagem pode ser vista como uma consequência de suas próprias experiências com o mundo dos átomos. De acordo com Heisenberg, na tradição neopositivista, cada “procedimento” das ciências naturais seria concebido como uma “atribuição de símbolos aos fenômenos” (Heisenberg 1958/1999: 120). Seguindo as leis da matemática, esses símbolos podem ser combinados “de acordo com certas regras” e, dessa maneira, as “afirmações feitas sobre os fenômenos poderão ser representadas por combinações desses símbolos” (ibid.). Dentro desse modelo teórico, uma “combinação de símbolos que viole as regras” é considerada como “desprovida de sentido” (ibid.). Heisenberg nega claramente a possibilidade de sucesso de tal procedimento, pois, conforme observa, haveria uma “ausência de qualquer critério geral que nos permita afirmar que uma sentença não tem sentido” (ibid.). Isso poderia ocorrer apenas no caso de a sentença “pertencer a um sistema fechado de conceitos e axiomas”, o que, nas palavras desse físico, “no desenvolvimento das ciências naturais”, constituiria “mais exceção que regra” (ibid.). A partir dessas reflexões, Heisenberg conclui que

o esquema positivista, calcado que foi na matemática, é demasiadamente estreito para permitir uma descrição da Natureza, descrição que forçosamente terá de fazer uso de termos e conceitos só vagamente definidos (Heisenberg 1958/1999: 121).

Desde os seus primórdios, a física quântica tem trabalhado muitas vezes ou com hipóteses que não podem ser verificadas

empiricamente<sup>7</sup>, ou com experimentos cujos resultados permitem interpretações diferentes, e até contraditórias, mas todas aceitas por partes da comunidade científica<sup>8</sup>. Esses fatores parecem ter contribuído para que surgisse o questionamento da visão cartesiana de que possa existir uma correspondência absoluta entre a realidade extralingüística e a denominação lingüística ou a significação correspondentes. A esse respeito, Heisenberg nos diz o seguinte:

a tese filosófica de que todo conhecimento é essencialmente baseado na experiência conduziu por fim a um postulado que diz respeito à elucidação lógica de qualquer enunciado sobre a Natureza. Tal postulado poderia ser justificado nos tempos da física clássica mas, desde o advento da teoria quântica, aprendemos que ele não pode ser satisfeito. Os termos “posição” e “velocidade” de um elétron, por exemplo, pareciam outrora estar perfeitamente bem definidos tanto no que diz respeito ao seu sentido como também em suas possíveis ligações um com outro [...]. Mas, do ponto de vista da mecânica quântica, viu-se que eles não estavam, de fato, bem definidos [...]. Pode-se assim dizer, a respeito do seu posicionamento na mecânica newtoniana, que aqueles conceitos eram bem definidos, mas não frente à Natureza. Isso mostra que jamais poderemos saber, de antemão, que limitações deverão ser impostas na aplicabilidade de certos conceitos quando os estendermos a partes mais recônditas da Natureza, nas quais só conseguimos penetrar pelo uso das técnicas mais elaboradas. Portanto, nesse processo de penetração, somos às vezes obrigados a usar nossos conceitos de uma maneira injustificada e desprovida de sentido. Assim sendo, a insistência no postulado de uma completa elucidação lógica tornaria a ciência inexequível (Heisenberg *ibid.*: 121-122).

---

<sup>7</sup> Cf., por exemplo, Chu (1999: 30) ou Powers (1982: xvii).

<sup>8</sup> Cf., por exemplo, Gribbin (2000b: 263-264; 307-311).

Para ilustrar ainda melhor a posição do referido físico no que concerne à linguagem, pode-se mencionar uma passagem em sua autobiografia intelectual *A parte e o todo* (Heisenberg 1971/1996), na qual ele observa que não concorda com “a afirmação positivista de que toda palavra tem um sentido claro e de que é impróprio utilizá-la de qualquer outra maneira” (ibid.: 159). No mesmo livro, o físico cita também seu colega Niels Bohr, que evidencia uma postura semelhante. De acordo com Bohr, seria

claro que a linguagem tem [um] caráter estranho e móvel. Nunca sabemos o que uma palavra significa exatamente. O sentido de nossas palavras depende de como as juntamos numa frase, das circunstâncias em que as formulamos e de uma infinidade de fatores adicionais. [...] Embora nossa mente pareça captar apenas o sentido mais importante de uma palavra que ouvimos enunciada, outros sentidos surgem em seus recônditos mais obscuros, ligam-se a conceitos diferentes e se espalham pelo inconsciente. Isso acontece na fala cotidiana e a fortiori com a linguagem dos poetas. Em menor grau, aplica-se também à linguagem da ciência. Particularmente na física atômica, a natureza nos ensinou que alguns de nossos conceitos mais confiáveis têm uma aplicação estritamente limitada (ibid.).

Essas observações evidenciam que a concepção cartesiana de linguagem está em contradição com a concepção de linguagem de físicos como Heisenberg ou Bohr. Mesmo como uma possibilidade remota, a instabilidade do significado tende a não ser admitida num contexto cartesiano ortodoxo. A instabilidade semântica – ou, nas palavras de Heisenberg, as “limitações” que possam ser descobertas na “aplicabilidade” dos conceitos científicos (1958/1999: 131) – é um pressuposto mais freqüente na argumentação dos pensadores associados, de um modo bastante generalizador, à tendência filosófica “pós-moderna”. Para esses pensadores, o significado nunca de-

pende de uma relação direta e representativa entre um termo “científico” e a natureza extralingüística, mas da sua constante construção pela comunidade científica<sup>9</sup>.

O fato de o suposto caráter representativo do discurso científico ter sido questionado no contexto da física quântica está estreitamente relacionado com as mudanças que ocorreram acerca das concepções tradicionais de “verdade” e de “objetividade” nessa mesma área de conhecimento. A visão cartesiana dessas duas concepções só se torna plausível com base na crença de que a linguagem possa ser apenas um meio que possibilita o acesso “objetivo” à “realidade”. Ao abordar a “ciência pós-moderna” que teria surgido com o “rombo” provocado no modelo ortodoxo de cientificidade pelas reflexões desenvolvidas por cientistas como Heisenberg, Gödel, Prigogine e outros (Santos 1993b: 25), Santos parte de uma postura bem diferente:

A verdade de um discurso de verdade não é algo que lhe pertença inerentemente, acontece-lhe no decurso de discurso em luta com outros discursos num auditório de participantes competentes e razoáveis. Quando tal acontece, o discurso, de subjectivo, passa a objectivo. Durante demasiado tempo concebemos objectividade como propriedade de algo que corresponde à realidade. Ao lado ou por baixo deste conceito de objectividade tem persistido marginalmente um outro que concebe objectividade como propriedade de algo que obtém o consenso numa discussão argumentativa (Santos 1993b: 109).

Sendo a “verdade” o resultado de uma “luta” entre vários discursos dentro de uma comunidade científica renomada, as habilidades argumentativas dos cientistas certamente ganharão importân-

---

<sup>9</sup> Para uma discussão mais aprofundada sobre a visão de linguagem, de significado e de sujeito associada à pós-modernidade, cf., por exemplo, Rosemary Arrojo (1992).

cia. Trata-se aqui obviamente de outra concepção incompatível com a cartesiana. Como observa Santos, nesta última, teria ocorrido uma “marginalização da retórica”, que foi defendida pelo próprio Descartes ao declarar que “uma das regras” do seu método seria “considerar falso tudo aquilo que é apenas provável” (ibid.: 111). Hoje, o “domínio da argumentação” seria “o razoável, o plausível, o provável, e não o certo ou o falso” (ibid.). Na física contemporânea, onde verificar uma determinada hipótese com experimentos empíricos constitui um empreendimento muitas vezes difícil – e até impossível –, o papel da argumentação parece talvez mais óbvio do que em outras áreas. À guisa de exemplo, pode-se mencionar que o fato de a “interpretação de Copenhague” ter sido considerada por muito tempo o único modelo válido na física quântica é atribuído, entre outros aspectos, à “personalidade impressionante” do seu maior defensor, Niels Bohr, que “difícilmente” teria saído como perdedor de uma controvérsia a respeito da referida interpretação (Gribbin 2000b: 211).

A relativização de noções como verdade, objetividade e estabilidade semântica no âmbito das ciências naturais não deve ser entendida em termos absolutos, como costumam fazer os que discordam dessas idéias<sup>10</sup>. Mas, ela trouxe, sem dúvida, conseqüências marcantes para a concepção de linguagem. Uma delas foi a discussão que surgiu sobre a relação entre o discurso científico e o literário. Heisenberg afirma que, embora “alguns conceitos [sejam] partes integrantes dos métodos científicos [...] e instrumentos indispensáveis na execução do trabalho científico”, o significado de um conceito “jamais será definido com precisão absoluta” (Heisenberg 1958/1999: 131). Essa declaração do físico pode ser facilmente associada à definição ortodoxa, compatível com a “lingüística cartesiana”, de um texto “literário”, qual seja, um texto aberto para diferentes inter-

---

<sup>10</sup> Cf., por exemplo, Descamps (1984/1989: 11) e Marcelo Gleiser *Folha de São Paulo*, 10 de fevereiro de 2002, Mais! p. 7).

pretações e que não teria um significado estável e único. O próprio Heisenberg aponta a proximidade entre a linguagem “científica” e a “literária”, mencionando que o “emprego impreciso da linguagem é, em muitos aspectos, *deveras satisfatório*, por nos fazer lembrar de um uso semelhante no falar cotidiano ou na linguagem poética” (Heisenberg 1958/1999: 248; meu grifo). Deve-se destacar que tal “semelhança” entre a linguagem supostamente técnica e a supostamente literária não levam Heisenberg a duvidar do caráter científico da sua área. Muito pelo contrário, o físico considera essa semelhança como “*deveras satisfatória*” (ibid.).

O reconhecimento de uma proximidade entre a linguagem dita científica e a literária manifesta-se também num trecho do livro *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*, de John Bell (1987/1988), no qual esse famoso físico quântico compara uma das interpretações atuais da teoria quântica, a dos “muitos universos”, com a ficção literária:

Em que medida esses universos possíveis são ficções? São comparáveis às ficções literárias no sentido de que são invenções livres do espírito humano (Bell 1987/1988: 194).

Bell reconhece que muitos físicos teóricos, diferentemente dos autores literários, mostram uma pretenciosa tendência de acreditar que suas “histórias” sejam “verdadeiras” (ibid.: 195). Mas o referido físico relativiza essas pretensões, com ajuda de uma analogia que constrói entre os cientistas e os escritores de ficção:

Talvez haja uma analogia com os escritores de romances históricos. Se o enredo é colocado no ano 1327, o Papa tem de ser localizado em Avignon, não em Roma. As teorias sérias da física teórica não podem contradizer os fatos experimentais. Se pensamentos são colocados na mente do Papa João XXII, então eles devem ser razoavelmente consistentes em relação ao que é conhecido das suas palavras e ações. Quando inventa-

mos mundos na física, temos de construí-los como continuações matemáticas consistentes do mundo visível para o invisível (ibid.).

O físico Gribbin mostra uma concepção semelhante em relação aos modelos teóricos da física contemporânea. Embora pessoalmente acredite que um desses modelos – a “interpretação de transação”<sup>11</sup> – seja o mais esclarecedor de todos, destaca que “o lado racional” do seu próprio “consciente” lhe diz que a busca de um “modelo verdadeiramente real” seria “inútil” e que poderíamos apenas pretender encontrar “um mito que, para o nosso tempo, seja coerente” (2000a: 310). Considero especialmente relevante destacar o argumento que Gribbin usa para defender a “interpretação de transação” como a “melhor compra no mercado atual da realidade quântica” (ibid.):

Vou lhes apresentar a interpretação que [...] oferece uma quantidade de analogias e metáforas as quais, na minha opinião, estão no melhor caminho para mudar as idéias dos físicos sobre o mundo (ibid.; meu grifo).

Considerando esta última observação de Gribbin e retomando a constatação de Heisenberg sobre uma proximidade entre a linguagem “científica” e a linguagem “literária”, é forçoso destacar um aspecto que entendo ter implicações ao se refletir sobre a visão de linguagem nas ciências contemporâneas: a questão da metáfora. Num contexto teórico marcado pelo pensamento cartesiano, a metáfora existiria apenas na linguagem “literária”, justamente por esta não ser constituída apenas de supostos significados unívocos e, portanto, por estar sujeita a diversas interpretações. Entretanto, vários estudiosos já se pronunciaram a respeito da inevitável existência de metáforas também no discurso científico. Assim, por exemplo, Ma-

---

<sup>11</sup> Cf. Gribbin (2000b: 313-345).

ria José Coracini argumenta que o discurso científico se constituiria, em parte, por “metáforas mortas” (Coracini 1991: 133) que teriam uma “tendência à literalidade e à denotatividade, uma vez que teriam perdido todo valor de surpresa, imagem e expressividade, características da linguagem metafórica” (ibid.)<sup>12</sup>.

Acredito ser possível argumentar que o desenvolvimento das ciências naturais nas últimas décadas mostrou, mais claramente do que nunca, que esse tipo de discurso não só consiste de “metáforas mortas”, mas também depende do uso aberto de metáforas, assim como do uso de termos não absolutamente definidos. Santos, por exemplo, posiciona-se contra uma visão do discurso científico como sendo constituído apenas de termos supostamente denotativos e, depois de apontar o caráter relativo das metáforas, observa que

[dado] o papel da analogia e da metáfora na inovação e na extensão do pensamento é de supor que elas tenham um lugar central num pensamento que, por excelência, privilegia a inovação e a extensão: o pensamento científico. Longe de constituírem um entrave ao desenvolvimento científico, os argumentos pela analogia e pela metáfora são talvez uma das suas alavancas principais (Santos 1993b: 129).

Partindo desse ponto de vista sobre o papel das metáforas no discurso científico, Santos conclui que

[as] imagens, analogias e metáforas desempenham um papel mais importante e muito menos negativo do que a epistemologia racionalista quer admitir. Trata-se, outrossim, de um papel essencial, responsável em boa medida pelo desenvolvimento e pela inovação científica (ibid.: 131).

---

<sup>12</sup> Sobre o uso de metáforas e outras “figuras retóricas” no discurso científico, cf. também a detalhada análise sobre esse tema realizada por Fahnestock (1999).

Em um exemplo ilustrativo que corrobora essa visão, Santos menciona o termo “corrente de eletricidade” (ibid.: 129), uma metáfora fundamental para a física contemporânea que, no entanto, já teria se transformado em “pensamento literal” (ibid.: 130).

Outro exemplo que sustenta a visão de que termos metafóricos ou não considerados denotativos são essenciais para a ciência é fornecido pelo próprio Heisenberg. O autor relata que

[em] alguns casos, a conjectura de que uma certa sentença seja desprovida de sentido [segundo a visão neopositivista] deu lugar historicamente a progressos importantes, pelo fato de abrir caminho à criação de novas associações, o que não teria sido possível se a sentença fizesse sentido. Um exemplo em teoria quântica [...] é a sentença que segue: “Em que órbita, em torno do núcleo, se move o elétron?” (Heisenberg 1958/1999: 120).

Essa designação mediante termos que estabelecem uma suposta relação de semelhança entre estruturas atômicas e o sistema planetário não corresponde, como se descobriu mais tarde, à “realidade física”, mas ainda é conveniente e útil para determinados experimentos<sup>13</sup>.

A concepção cartesiana de linguagem ignora as relações mútuas que existem entre a nossa percepção do mundo físico e a linguagem. Como procurei evidenciar, é exatamente essa relação que tem sido discutida por Heisenberg – e por outros físicos contemporâneos. Assim como os debates surgidos no amplo contexto filosófico da pós-modernidade, essas reflexões podem ajudar, sobretudo, a entender a complexidade da chamada linguagem “técnico-científica. Para sintetizar, destaco o fato de uma parte da comunidade científica contemporânea, e da teoria da ciência, ter reconhecido a impossibilidade de a linguagem “científica” ser considerada, em termos ab-

---

<sup>13</sup> Cf., por exemplo, Bell (1987/1988: 182).

solutos, denotativa e representativa. Mais do que isso, os argumentos desses cientistas evidenciam que o caráter instável e metafórico desse “tipo” de linguagem é essencial para o desenvolvimento das próprias ciências naturais. De maneira semelhante aos pensadores pós-modernos, uma parte da comunidade científica contemporânea mudou o enfoque, passando a considerar essas incertezas e indeterminações como inevitáveis e a apontar o papel importante que elas ocupam no desenvolvimento da linguagem e da ciência.

#### **4. O sujeito como parte integrante do processo científico: as ciências naturais relativizam o dualismo cartesiano**

A possibilidade de uma separação absoluta entre sujeito e objeto constitui um dos principais pressupostos do paradigma cartesiano de cientificidade. É pertinente lembrar que, já no século XIX, iniciou-se dentro das áreas humanas uma discussão crítica sobre o suposto caráter absoluto do referido dualismo cartesiano. Usando as palavras de Hans Ulrich Gumbrecht, pode-se dizer que, nessas áreas, o sujeito cartesiano – isto é, o “observador do primeiro grau” que “toma distância frente ao mundo” para “garantir a objetividade do saber produzido” (Gumbrecht 1999: 65) – foi substituído pelo “observador do segundo grau” (ibid.). De acordo com o referido teórico, este último seria um “observador privilegiado”, “condenado à auto-reflexividade” e que não conseguiria “evitar de observar-se no ato da observação” (ibid.).

Dentro das ciências naturais, a física quântica foi a área onde, pela primeira vez, o suposto caráter absoluto desse dualismo tornou-se alvo de dúvidas e de tentativas de relativização. A relativização do dualismo cartesiano sujeito/objeto tem sido, sem dúvida, um dos tópicos mais discutidos, e mais polêmicos, que surgiram em decorrência do desenvolvimento das ciências naturais, e especialmente

da física, no século XX. Meu objetivo agora é enfocar alguns aspectos dessas discussões sobre uma nova compreensão do sujeito nas ciências naturais. É fundamental ressaltar que os aspectos que serão comentados representam apenas uma pequena parte do total das reflexões desenvolvidas sobre o referido tema<sup>14</sup>. Certamente, muitas das questões abordadas por cientistas naturais acerca do papel do sujeito já foram discutidas por pensadores de outras áreas. Desse modo, os argumentos dos cientistas naturais aos quais me reporto não constituem necessariamente novidades teóricas na área da lingüística. São novidades apenas no sentido de que partem de um lugar diferente, de onde não seriam esperados.

Um primeiro aspecto que deve ser levado em consideração quando se discute o papel do sujeito na construção do conhecimento, especificamente na física quântica, é a observação. Nos experimentos que visam esclarecer o mundo atômico, a observação assim como a medição de partículas interferem no modo como estas últimas se comportam e, conseqüentemente, nos resultados do referido experimento. Diante dessa evidência, a premissa de uma separação total entre sujeito e objeto em experimentos científicos começou a ser repensada. Carlos Vogt aponta a importância que a pessoa do cientista passou a ter nesse contexto quando constata que a partir da física quântica houve a “introdução do observador como elemento integrante, integrado e integrador da observação e do fenômeno observado”, e assim a relativização do “racionalismo objetivista” (Vogt 2001: 3), fator tão fundamental para a visão cartesiana de ciência.

De acordo com Heisenberg, na física clássica, o “ponto de partida” teria sido “a crença”, ou a “ilusão”, de que se “poderia descrever o mundo [...] sem referência alguma a nós mesmos” (1958/1999: 81). O físico opina que tal independência entre sujeito e objeto seria

---

<sup>14</sup> Para uma leitura mais aprofundada sobre as diversas posições de cientistas naturais em relação ao conceito de sujeito, cf., por exemplo, *Idéias contemporâneas: Entrevistas do Le Monde* (1984/1989) ou Olinto e Schollhammer (1999).

“em grande medida, de fato, possível” (ibid.). Mas, também deixa claro que na física quântica essa visão sofreu alterações. Embora ressalte que não tenha havido uma integração da “mente do físico como parte do evento atômico” (ibid.: 82), Heisenberg observa que a divisão absoluta entre sujeito e objeto seria “arbitrária e, historicamente, uma consequência direta do modelo científico” (ibid.). Além disso, ao atribuir um papel relevante ao “método de questionar” e à “nossa interação com a Natureza” (ibid.: 115), dentro das ciências naturais, Heisenberg certamente delega uma responsabilidade maior ao próprio cientista, ou à comunidade científica (da qual dependeria a forma de questionamento), do que aquela que lhe cabia dentro do modelo cartesiano. Dito de outra maneira, as leis da física – ou parte delas – deixaram de ser uma descrição da “realidade” e de serem consideradas absolutamente “objetivas” no sentido cartesiano, supostamente válidas universal e eternamente, para se tornarem o resultado da “interação” entre o homem e a “Natureza” (ibid.) e, em decorrência disso, sujeitas a mudanças.

Além de evidenciar que, em determinados casos, a própria medição e/ou a maneira como ela ocorre constituíram fatores integrantes na avaliação do experimento, a física quântica tocou ainda em outras questões importantes para se refletir sobre o papel do sujeito nas ciências contemporâneas. Assim, as hipóteses para cujas verificações não se pode mais recorrer a experimentos empíricos mostraram, por exemplo, o quão importante é o contexto histórico, religioso e ideológico dos cientistas para que haja a aceitação ou a recusa das mesmas em suas respectivas comunidades. A esse respeito, Powers comenta o seguinte:

Se nos dedicarmos a desenvolver uma discussão sobre as diferentes vertentes filosóficas que têm sido associadas à física moderna [não-clássica], encontramos-nos confrontados com os argumentos dos próprios físicos. Pode ser que os físicos lidem com “o mundo real, externo”, mas é possível que existam diferentes interpretações para as teorias físicas sem que haja

método “científico” para avaliá-las – a escolha pode tornar-se uma questão de relações religiosas ou políticas. [...] Devem existir pontos no desenvolvimento da teoria física em que essas relações ocupam um papel inegável (Powers 1982: xvii; grifo do autor).

No seu ensaio “A epistemologia da física”, Steven Chu toca numa questão semelhante. O físico aborda o que ele denomina os “aspectos religiosos da ciência” (Chu 1999: 30). Ele observa que “muitos praticantes da ciência” acreditam “religiosamente” sobretudo que sejam necessárias três condições para o progresso científico: a necessidade absoluta de experimentos para a evolução do conhecimento científico, a obrigatoriedade de predizer os resultados de futuros experimentos, o que traria o reconhecimento de uma determinada teoria, e a existência do determinismo da natureza (ibid.). Embora essas três premissas sejam mencionadas como as bases “religiosas” para muitos cientistas experimentais atualmente, a argumentação de Chu não deixa de mostrar que também existem cientistas que aderem a outras “religiões”. Esses “outros” cientistas pressupõem, por exemplo, que os experimentos não constituem mais um requisito imprescindível para o progresso científico (ibid.: 30-31). Neste momento, não interessa avaliar qual das duas posturas seria a mais produtiva ou eficiente. Entretanto, considero relevante apontar a aceitação (até mesmo por cientistas renomados como Chu) do fato de existirem diversas “religiões” com o poder de determinar que uma determinada hipótese científica seja aceita ou rejeitada. Ou seja, a questão sobre o que deve ser denominado “científico” torna-se relativa, mesmo dentro das ciências naturais. E as respostas possíveis mostram-se dependentes, entre outros fatores, do contexto “religioso” – no sentido usado por Chu – no qual se inserem os diversos cientistas.

Os livros *O tao da física* (1975/1995) e *O ponto da mutação* (1982/1995) de Fritjof Capra constituem outros exemplos que ajudam a mostrar que a física quântica trouxe uma maior

conscientização sobre a relação entre a ciência e o contexto ideológico dos cientistas envolvidos. De acordo com Capra, as “transformações geradas pela Física moderna”, isto é, não clássica, parecem “conduzir” a uma “visão de mundo semelhante às existentes no misticismo oriental” (ibid.: 21). O físico explica que “os conceitos da Física moderna oferecem, não raro, surpreendentes paralelos” com as “idéias expressas nas filosofias religiosas do Extremo Oriente” (ibid.: 21-22). Nos dois referidos livros, Capra objetiva “explorar” a “relação entre os conceitos da Física moderna e as idéias básicas existentes nas tradições filosóficas e religiosas do Extremo Oriente” (1975/1995: 22). Sem procurar oferecer uma análise ou avaliação desse projeto, parece-me útil fazer menção de três citações apresentadas pelo autor. Elas são de autoria de “grandes físicos” (ibid.) do século XX que se manifestaram sobre a referida relação entre física e religião. Em primeiro lugar, trata-se de Julius Robert Oppenheimer. Esse físico destaca o fato de “as noções gerais acerca da compreensão humana” que teriam sido “descobertas na Física atômica” possuírem “uma posição mais destacada e central no pensamento budista ou hindu” (apud Capra 1975/1995: 22). Niels Bohr, o segundo físico citado por Capra, argumenta que “a lição da teoria atômica” teria um “paralelo” nos “problemas epistemológicos com os quais já se defrontaram, no passado, pensadores como Buda e Lao Tse” (ibid.). Além de Oppenheimer e Bohr, Capra reporta-se a Heisenberg, físico que também aponta a “relação entre as idéias filosóficas presentes na tradição do Extremo Oriente e a substância filosófica da teoria quântica” (ibid.).

Diante desse cenário, é possível argumentar que o ambiente ideológico – num sentido amplo – de um cientista pode influenciar na sua postura acerca de uma determinada teoria científica, sobretudo se não há como chegar a resultados experimentais absolutamente verificáveis. Há um comentário de Heisenberg, que me parece bastante revelador a esse respeito e que se encontra logo depois da supracitada passagem a que Capra se reporta. O físico quântico

observa que seria “mais fácil adaptar-se ao conceito quântico de realidade” se “não se viveu o modo ingênuo do pensamento materialista, que ainda prevalecia na Europa nas primeiras décadas” do século XX (Heisenberg 1958/1999: 280). Com essas palavras, Heisenberg dá a entender que o “senso comum” – que seria marcado pelas características históricas, culturais, etc. e, portanto, alheio às “verdades” científicas – tornou-se um fator pertinente em algumas áreas das ciências naturais. Assim, para a aceitação de uma hipótese seria importante não apenas a “representação” da “realidade” que a teoria científica supostamente poderia oferecer – como “ingenuamente” tem sido defendido dentro do contexto paradigmático cartesiano –, mas também o “modo de pensamento”, isto é, o contexto ideológico dos cientistas.

Em discussões mais recentes sobre o conceito de sujeito, alguns teóricos das ciências abordam claramente as mudanças que ocorreram em decorrência dos primeiros impulsos que vieram da física quântica. À guisa de exemplo, pode-se citar Santos que, em suas reflexões sobre a mudança paradigmática que teria marcado todas as áreas científicas nas últimas décadas, faz o seguinte comentário acerca da dualidade sujeito/objeto:

a ciência torna-se reflexiva sempre que a relação “normal” sujeito-objecto é suspensa e, em seu lugar, o sujeito epistémico analisa a relação consigo próprio, enquanto sujeito empírico, com os instrumentos científicos de que se serve, com a comunidade científica em que se integra e, em última instância, com a sociedade nacional de que é membro. Neste sentido amplo, a reflexividade não é de modo nenhum específica das ciências sociais. Pelo contrário, todo movimento de desdogmatização da ciência [...] com referência às ciências naturais está saturado de momentos de reflexividade, com os cientistas questionando, a cada passo, a sua prática concreta e o seu lugar, enquanto sujeitos epistêmicos, entre os ingredientes de que ela é feita (Santos 1993b: 87).

Ainda quero citar aqui Ilya Prigogine, como outro exemplo de um pensador que, a partir da sua própria experiência prática como cientista natural, chega a questionar o ideal de uma ciência “neutra” e, conseqüentemente, de cientistas “neutros” que, independentemente de seu momento histórico e de seu contexto ideológico, deveriam descobrir as “leis” eternas da natureza. Conforme declara esse físico e matemático,

[a] questão do tempo e do determinismo não se limita às ciências, mas está no centro do pensamento ocidental [...]. Como conceber a criatividade humana ou como pensar a ética num mundo determinista? Esta questão traduz uma tensão profunda no interior de nossa tradição, que se pretende, ao mesmo tempo, promotora de um saber objetivo e afirmação do ideal humanista de responsabilidade e de liberdade. A democracia e as ciências são ambas herdeiras da mesma história, mas essa história levaria a uma contradição se as ciências fizessem triunfar uma concepção determinista da natureza, ao passo que a democracia encarna o ideal de uma sociedade livre. [...] Pensamos situar-nos hoje [...] no ponto de partida de uma nova racionalidade que não mais identifica ciência e certeza, probabilidade e ignorância (Prigogine 1996: 14).

Pode-se constatar que, nas discussões atuais acerca do papel que caberia ao sujeito, ou ao observador, dentro das ciências naturais, o pressuposto de um sujeito “cartesiano” está sendo praticamente descartado. Além disso, as influências “subjetivas”, quando relevantes no processo científico, são enxergadas de uma maneira mais positiva e as “competências individuais” vêm perdendo o valor negativo nas discussões de alguns cientistas naturais. Isso transparece, por exemplo, na crítica ao pressuposto cartesiano de que a “mente” seria “completamente determinada” por “princípios” que corresponderiam “às leis da física e da química” (Heisenberg 1958/1999: 114-115). Heisenberg declara que “toda essa descrição

cartesiana [do sujeito] é um tanto artificial e mostra os graves defeitos da divisão exibida pela filosofia de Descartes” (ibid.: 115)<sup>15</sup>.

É ainda pertinente ressaltar que muitos cientistas naturais que refletem sobre o papel do sujeito em suas respectivas áreas criticam a “interpretação excessiva” (Chu 1999: 19) que tem havido, sobretudo em algumas ciências humanas, a partir da física quântica. Embora este fato não possa ser ignorado, também não se pode deixar de observar que a visão tradicional de sujeito como sendo absolutamente autodeterminado e racional não representa mais uma concepção defendida pela comunidade científica como um todo. Chu, por exemplo, afirma que “a história genética e circundante de toda pessoa necessariamente influenciará a observação que essa pessoa faz” (ibid.). No manifesto “Ciência nova”, assinado por um grupo de especialistas que inclui químicos, físicos, astrônomos, cientistas de computação, engenheiros, matemáticos, filólogos, filósofos, estudiosos de literatura, etc., os autores expõem uma visão semelhante (Allegra McLeod et al. 2002, p. 4-8). Todos esses estudiosos destacam que concedem ao “observador externo” “menos poder e independência” do que lhe tem sido concedido sob as “epistemologias ‘construtivistas’ contemporâneas” (ibid.: 6). Entretanto, não há dúvida de que esses cientistas e estudiosos das mais diversas áreas estão longe de defender uma visão ortodoxa de sujeito, pois, conforme declaram, há um consenso “amplo” quanto à premissa de que

---

<sup>15</sup> É interessante mencionar também que a crítica acerca de uma visão cartesiana de sujeito pode ser observada em algumas hipóteses sobre o funcionamento do cérebro humano, apresentadas por cientistas naturais contemporâneos de diversas áreas. Um caso ilustrativo é a hipótese do eminente neurologista Sir John Eccles, que defende que a “ativação ou não de sinapses no cérebro é um evento em que pode valer a indeterminação quântica e em que a liberdade humana pode atuar de maneira decisiva” (Schweitzer, 1999: 52). Embora não concorde plenamente com Eccles, o físico Roger Penrose também acredita que “efeitos quânticos” estariam envolvidos na “consciência e na atividade mental” (ibid.). Com isso, coloca-se em xeque novamente, embora de um outro ponto de vista, a concepção cartesiana determinista de sujeito e de racionalidade.

assim como “os fenômenos” têm um “impacto” sobre os seus observadores, a observação “inevitavelmente altera o fenômeno” (ibid.) – o que significaria que “qualquer produção de conhecimento ocorre como uma co-emergência do fenômeno em questão e de seu observador” (ibid., grifo dos autores). Tal declaração já indica a crença dos referidos teóricos na impossibilidade de uma separação absoluta entre sujeito e objeto. Além disso, o caráter determinístico e plenamente racional e previsível do sujeito também está sendo rejeitado. O referido manifesto evidencia bem isso no trecho onde se lê que “a revisão do conceito do agente humano [...] leva à convicção de que não se deveria nunca tentar prever [as conseqüências do desenvolvimento científico] e menos ainda controlá-las completamente” (ibid.: 8). Ou seja, o “agente humano”, envolvido necessariamente em qualquer empreendimento científico, significa sempre um fator – em diversos graus de importância – de incerteza, subjetividade e imprevisibilidade.

Como um último exemplo ilustrativo do novo conceito de sujeito que estaria emergindo nas ciências naturais, gostaria de citar uma passagem do ensaio “Epistemologia tradicional e epistemologia nova”, do filósofo Danilo Marcondes Filho, que faz parte da coletânea supracitada, *Novas epistemologias*, organizada por Olinto e Schollhammer (1999). Nesse trabalho, o autor responde a uma pergunta feita por Chu em outro ensaio da mesma coletânea. Chu, tentando achar uma possível explicação para as “muitas semelhanças nas formas de proceder” (1999: 9) de cientistas naturais e humanistas, questiona se não deveríamos reconhecer que “antes de sermos humanistas e cientistas, somos seres humanos” (ibid.). Marcondes Filho concorda “essencialmente” com tal visão e ilustra, mais uma vez, que o humano tem seu lugar também nas áreas naturais. O teórico aponta que, “apesar das diferenças profundas entre ciência experimental e discussão filosófica”, essas duas áreas compartilhariam um “pressuposto comum do ponto de vista epistemológico” (1999: 87). Tratar-se-ia da premissa de que todas as duas seriam “construções humanas, e enquanto tais” conduziriam

a “interpretações, debates, questionamentos” e, destes, dependeriam (ibid).

A afirmação de que toda ciência seria uma “construção humana”, na qual as “leis” e “teorias” podem ser vistas como “interpretações” da nossa “interação” com a natureza, não deve ser entendida no sentido de um “vale tudo”. Usando as palavras de Chu, “os cientistas” ainda acreditam em “verdades objetivas, distintas de interpretações pessoais ou de modismos, ainda que estes últimos possam ter um papel importante durante o desenvolvimento de qualquer área particular da ciência” (1999: 9). No meu entender, parece ter havido mudanças na definição de “verdade objetiva”, agora vista como um conjunto de afirmações e de fatos sobre os quais existe um “acordo universal e incontrovertido” (Santos 1993b: 112), e na disposição da comunidade científica em aceitar tal definição. Ainda de acordo com Santos,

[há], pois, sempre um conjunto de verdades incontrovertidas que funcionam como verdade, ou seja, como moldura vazia que torna possível a sucessão das imagens verdadeiras produzidas pelo animatógrafo da ciência. Essas verdades-molduras correspondem no plano científico (enquanto premissas de argumentação) ao paradigma ou matriz disciplinar de Kuhn. Essas verdades-molduras são teorias, conceitos e factos (Santos 1993b: 114).

Resumindo os argumentos apresentados aqui, é possível argumentar que, também nas ciências naturais, pode ser detectada uma forte tendência de substituir o sujeito cartesiano pelo “observador do segundo grau”, que seria “condenado à auto-reflexividade” (Gumbrecht 1999: 65).



## Conclusão

A concepção cartesiana de que possa existir um modelo único de cientificidade tem sido colocada em xeque, até nas áreas mais “exatas” como a matemática e a física. As discussões a esse respeito tiveram conseqüências na maneira como os cientistas olham para a linguagem e o sujeito no contexto científico. As antigas “certezas” e “verdades” em relação a esses dois aspectos perderam sua intangibilidade e, como acontece em relação a outros aspectos fundamentais para as ciências, procura-se lidar com as novas incertezas e inseguranças que têm surgido. Como procurei ilustrar, as incertezas em relação à linguagem, ao significado e ao sujeito são reconhecidas por muitos cientistas de todas as áreas. No entanto, é claro que tais incertezas terão características e conseqüências distintas e de diversos graus de intensidade em áreas como a física, a química, a filosofia ou os estudos da linguagem. Uma vez que a lingüística não pode ser concebida sem tratar de questões como o sujeito e o significado, torna-se óbvio que lidar com essas incertezas nessa área é simplesmente inevitável. A concepção de que as incertezas e inseguranças fazem parte do chamado saber científico, abertamente defendida por pensadores da vertente “pós-moderna”, encontra sustentação nas áreas naturais a partir das discussões realizadas por renomados cientistas acerca dos dois referidos conceitos.

Não é meu objetivo sugerir que, com isso, os estudos da linguagem ganhem mais prestígio, porque talvez seus pressupostos atuais possam ser “confirmados” por abordagens feitas em áreas científicas. Entretanto, se, por um lado, uma orientação pelo modelo epistemológico das ciências naturais não deve levar à conclusão de que, com isso, as áreas humanas ganhariam mais “peso” acadêmico (como aconteceu durante o “boom científico”); por outro lado, uma atitude de fechar as portas para as discussões que acontecem em outras disciplinas acadêmicas impede o aumento do próprio horizonte teórico e intelectual. Assim, ao me reportar a alguns traba-

lhos de cientistas naturais, procuro oferecer uma pequena contribuição para o enriquecimento das discussões teóricas na nossa área, sobretudo no que tange à linguagem “técnico-científica”.

**ABSTRACT:** *This article makes a comparative study of the views of language, signification and subject in articles of famous natural scientists of the 20<sup>th</sup> century and the cartesian conception which was – and still is – very influential in linguistics. The argumentation refers mostly, but not exclusively, to the language of “technical-scientific” texts.*

**KEY WORDS:** *Cartesian linguistics; natural sciences; language; signification ; subject.*

## BIBLIOGRAFIA

- ARROJO, R. (org.) (1992). *O signo desconstruído: Implicações para a tradução, a leitura e o ensino*. Campinas, SP: Pontes.
- BELL, J. S (1988). *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*. Nova York: Cambridge University Press.
- BOHR, N. (1978). *Atomic Theory and the Description of Nature*. Cambridge: niversity Press.
- BORSCHKE, T. (org.) (1996). *Klassiker der Sprachphilosophie: Von Platon bis Noam Chomsky*. Munique: Beck.
- CALDEIRA, A. (2001). *A Física Quântica: o que é, e para que serve*. In: Com Ciência [online], junho 2001. Disponível na Internet: <http://www.comciencia.br/reportagens/fisica/fisica02.htm>, Acesso em: 06/06/2002
- CAPRA, F. (1995). *O tao da física - Um paralelo entre a física moderna e o misticismo Oriental*. Tradução: José Fernandes Dias. 10. ed. São Paulo: Cultrix.
- \_\_\_\_\_ (1995). *O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente*. Tradução: Álvaro Cabral. 14. ed. São Paulo: Cultrix.
- CHOMSKY, N. (1972). *Linguística cartesiana: um capítulo da história do pensamento racionalista*. Tradução: Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, São Paulo: Universidade de São Paulo.

- CHU, S. (1999). *The Epistemology of Physics*. OLINTO, H. K., SCHOLLHAMMER K. E. (orgs.). *Novas epistemologias: desafios para a universidade do futuro*. Rio de Janeiro: Nau, p. 13-32.
- CORACINI, M. J. (1991). *Um fazer persuasivo: o discurso subjetivo da ciência*. São Paulo: Educ, Campinas, SP: Pontes.
- CUSHING, J. T, McMULLIN, E. (orgs.) (1989). *Philosophical Consequences of Quantum Theory: Reflections on Bell's Theorem*. Indiana: Notre Dame Press.
- DESCAMPS, C. (1989). *Novas fronteiras da ciência. Novas interrogações das ciências humanas*. In: *Idéias Contemporâneas: Entrevistas do Le Monde*. Tradução: Maria Lúcia Blumer. São Paulo: Ática, p. 7-14.
- EDDINGTON, S. A. (1958). *The Philosophy of Physical Science*. Michigan: University Press.
- FAHNESTOCK, J. (1999). *Rhetorical figures in science*. Nova York, Oxford: Oxford University Press.
- GADAMER, H.-G. (1983). *A razão na época da ciência*. Tradução: Ângela Dias. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro.
- GLEISER, M. (2002). *Ciência pós-moderna. Folha de São Paulo*. São Paulo, 10 de fevereiro de 2002. Caderno Mais!, p. 27.
- GRIBBIN, J. (2000a). *Auf der Suche nach Schrödingers Katze: Quantenphysik und Wirklichkeit*. Tradução: Friedrich Griese. 6. ed. Munique, Zurique: Piper.
- \_\_\_\_\_. *Schrödingers Kätzchen und die Suche nach der Wirklichkeit* (2000b). Tradução: Christiana Goldmann. 4. ed. Frankfurt.: Fischer.
- GUMBRECHT, H. U. (1999). *Breve romance epistemológico*. In: OLINTO, H. K., SCHOLLHAMMER K. E. (orgs.). *Novas epistemologias: desafios para a universidade do futuro*. Rio de Janeiro: Nau, p. 61-78.
- HEISENBERG, W. (1996). *A parte e o todo: encontros e conversas sobre física, filosofia, religião e política*. Tradução: Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto.
- \_\_\_\_\_. (1999). *Física e filosofia*. Tradução: Jorge Leal Ferreira. 4. ed. Brasília: Universidade de Brasília.
- HUSSEIN, M. S., SALINAS, S. R (2001). *Cem anos de física quântica*. São Paulo: Livraria da Física.
- IDÉIAS CONTEMPORÂNEAS: *Entrevistas do Le Monde* (1989). Tradução: Maria Lúcia Blumer. São Paulo: Ática.
- KUHN, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. 2. ed. Chicago: Univ. of Chicago Press.

- \_\_\_\_\_ (1987). *A estrutura das revoluções científicas*. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 2. ed. São Paulo: Perspectiva.
- MARCONDES FILHO, D. (1999). *Epistemologia tradicional e epistemologia Contemporânea*. In: OLINTO, H. K., SCHOLLHAMMER K. E. (orgs.). *Novas epistemologias: desafios para a universidade do futuro*. Rio de Janeiro: Nau, p. 79-88.
- MCLEOD, A., et al. (2002). *Ciência Nova*. In: *Folha de São Paulo*. São Paulo, 24 de novembro de 2002. Caderno Mais!, p. 4-8.
- NOVELLO, M. (1999). *Cosmologia contemporânea e o dialeto newtoniano*. In: OLINTO, H. K., SCHOLLHAMMER K. E. (orgs.). *Novas epistemologias: desafios para a universidade do futuro*. Rio de Janeiro: Nau, p. 33-46.
- NUSSENZVEIG, P. A. (2001). *Mecânica Quântica em Ação: Experimentos Ilustrativos dos Fundamentos Básicos*. In: HUSSEIN, Mahir S., SALINAS, Sílvio R. *Cem anos de física quântica*. São Paulo: Livraria da Física, p.101-136.
- OLINTO, H. K., SCHOLLHAMMER, K. E. (orgs.) (1999). *Novas epistemologias: desafios para a universidade do futuro*. Rio de Janeiro: Nau.
- POWERS, J. (1985). *Philosophy and the new physics*. Londres e Nova York: Methuen.
- PRIGOGINE, I.. *O fim das certezas: tempo, caos e as leis da natureza*. Tradução de Roberto Leal Ferreira. 2. ed. São Paulo: Unesp, 1996.
- PRIGOGINE, I., STENGERS, I. (1984). *A nova aliança: a metamorfose da Ciência*. Tradução de Miguel Faria e Maria J. M. Trincheira. Brasília: Universidade de Brasília.
- \_\_\_\_\_ (1992). *Entre o tempo e a eternidade*. Tradução de Roberto Leal Ferreira. 2. ed. São Paulo: Companhia das Letras.
- SANTOS, B. de S. (1993a). *Um discurso sobre as ciências*. 6. ed. Porto: Afrontamento.
- \_\_\_\_\_ (1993b). *Introdução a uma ciência pós-moderna*. 3. ed. Porto: Afrontamento.
- VOGT, C. (2001). *O salto cântico na física*. In: *Com Ciência*, junho 2001. Disponível na Internet: <http://www.comciencia.br/carta/fisica.htm>  
Acesso em: 06/06/2001.