



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Filosofia
Programa de Pós-graduação em Filosofia

**SEMÂNTICA TRANSCENDENTAL E O PROBLEMA DA OBJETIVIDADE NA
TEORIA QUÂNTICA**

João Renato Amorim Feitosa

Brasília, janeiro de 2024



Universidade de Brasília
Instituto de Ciências Humanas
Departamento de Filosofia
Programa de Pós-graduação em Filosofia

**SEMÂNTICA TRANSCENDENTAL E O PROBLEMA DA OBJETIVIDADE NA
TEORIA QUÂNTICA**

João Renato Amorim Feitosa

Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Filosofia da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Filosofia.

Orientador: Dr. Alexandre Hahn

Brasília, janeiro de 2024

“É preciso ter sempre uma vez mais clareza quanto ao fato de a realidade sobre a qual podemos falar não ser nunca a realidade “em si”, mas uma realidade conhecida ou até mesmo, em muitos casos, uma realidade configurada por nós”. (W. Heisenberg)

“A revisão dos fundamentos para a aplicação inambigua de nossos conceitos elementares, necessária à compreensão dos fenômenos atômicos, tem um alcance que ultrapassa em muito o campo particular da ciência física”. (N. Bohr)

Abreviações e modo de citação das obras de Kant¹

No decorrer da presente investigação, utilizarei o seguinte sistema de citação, em acordo com a edição da *Academia Real Prussiana das Ciências* para as obras de Kant, adotando as abreviações de acordo com o nome das obras em alemão:

AA	Edição da Academia
Anth	Antropologia de um ponto de vista pragmático (AA 07)
Br	Cartas (AA 10-13)
DfS	A falsa sutileza das quatro figuras silogísticas (AA 02)
EACG	Plano e Anúncio de um curso de Geografia Física (AA 02)
EAD	O fim de todas as coisas (AA 08)
EEKU	Primeira introdução à Crítica do Juízo (AA 20)
FM	Quais são os verdadeiros avanços que a metafísica fez na Alemanha desde os tempos de Leibniz e Wolf? (AA 20)
GMS	Fundamentação da Metafísica dos Costumes (AA 04)
GSE	Observações sobre o sentimento do Belo e do Sublime (AA 02)
GSK	Pensamentos sobre a verdadeira avaliação das Forças Vivas (AA 01)
GUGR	Dos primeiros fundamentos da distinção das regiões no espaço (AA 02)
KpV	Crítica da Razão Prática (AA 05)
KrV	Crítica da Razão Pura (A/B)
KU	Crítica da Faculdade do Juízo (AA 05)
Log	Lógica (AA 09)
MAN	Princípios Metafísicos da Ciência da Natureza (AA 04)
MS	Metafísica dos Costumes (AA 06)
MSI	Acerca da Forma e dos Princípios do mundo Sensível e Inteligível (AA 02)
NG	Ensaio para introduzir a noção de grandezas negativas em filosofia (AA 02)

¹ Seguiremos o seguinte formato: (sigla, volume: página, linhas). Ex.: *Metafísica dos Costumes*, página 104, linhas 1 a 6: (AA 06: 104. 1-6).

NLBR	Novo Conceito Escolar de Movimento e Repouso (AA 02)
NTH	História Universal da Natureza e Teoria dos Céus (AA 01)
OP	<i>Opus Postumum</i> (AA 21 e 22)
PG	Geografia Física (AA 09)
Prol	Prolegômenos a qualquer metafísica futura que possa apresentar-se como Ciência (AA 04)
TG	Sonhos de um visionário explicados por sonhos da metafísica (AA 02)
UD	Investigação sobre a evidência dos princípios da teologia natural e da moral (AA 02)

Resumo

A teoria quântica que se desenvolveu na primeira metade do século XX – a partir dos trabalhos de Max Planck e de outros físicos como Niels Bohr, Werner Heisenberg, J. Von Neumann e Erwin Schrödinger – apresentou uma série de situações experimentais inéditas, as quais se mostraram resistentes à determinação normativa clássica, tanto com relação a algumas leis da física newtoniana, quanto com relação a categorias fundamentais da epistemologia moderna. Essa situação instaurou no meio científico problemas que antes eram tratados em âmbito filosófico, de modo que filósofos como Karl Popper ilustraram tal situação referindo-se a ela como uma “crise epistemológica”, a qual pode ser lida como um problema acerca da objetividade da teoria quântica diante de dissensões relacionadas à sua completude, à pertença ou não dos atributos aos fenômenos quânticos inobservados e à necessidade incontornável de comunicação dos eventos experimentais em termos clássicos. Diante desse contexto, tanto os assim chamados “filósofos analíticos” quanto os físicos, buscaram erigir teorias epistemológicas que dessem conta da situação experimental sem a necessidade de se recorrer às teorias clássicas. Contudo, o sucesso dessas tentativas, tais quais a solução da “dupla linguagem” de R. Carnap, é questionável. Nesse sentido, alguns epistemólogos buscaram abordar os problemas epistemológicos suscitados pela teoria quântica sob a perspectiva de uma atualização da filosofia transcendental de Kant, como uma solução alternativa para a avaliação dos problemas. A presente investigação se insere nesse itinerário de atualização, a partir de uma leitura semântica da filosofia transcendental, a fim de um aproveitamento não-ortodoxo daquilo que a semântica transcendental ainda pode fornecer para o tratamento do problema da objetividade na teoria quântica e da defesa de uma dimensão pragmática dessa semântica no que diz respeito às aplicações da teoria quântica na química moderna.

Palavras-chave: Objetividade, Teoria Quântica, Semântica Transcendental.

Abstract

The quantum theory developed in the first half of the twentieth century – since the works of Max Planck and other physicists such as Niels Bohr, Werner Heisenberg, J. Von Neumann and Erwin Schrödinger – presented a series of unprecedented experimental situations, which showed themselves resistant to the classical normative determination, both with regard to some laws of Newtonian physics, and with regard to fundamental categories of modern epistemology. This situation instituted in the scientific environment problems that were previously treated in a philosophical context, so that philosophers such as Karl Popper illustrated this situation by referring to it as an “epistemological crisis”, which can be read as a problem about the objectivity of the quantum theory in face of dissensions related to its completeness, the belonging or not of attributes to unobserved quantum phenomena and the unavoidable necessity to communicate experimental events in classical terms. In this context, both the so-called “analytical philosophers” and physicists sought to build epistemological theories that could handle the experimental situation without the need to resort to classical theories. However, the success of these attempts, such as R. Carnap's “double language” solution, is questionable. In this sense, some epistemologists sought to address the epistemological problems raised by quantum theory from the perspective of an update of Kant's transcendental philosophy, as an alternative solution for the evaluation of the epistemological problems of quantum theory. The present investigation is part of this updating itinerary, based on a semantic reading of transcendental philosophy, in order to make an unorthodox use of what transcendental semantics can still provide for the treatment of the problem of objectivity in quantum theory and the defense of a pragmatic dimension of this semantics with regard to applications of quantum theory in modern chemistry.

Keywords: Objectivity, Quantum Theory, Transcendental Semantics.

Résumé

La théorie quantique qui s'est développée dans la première moitié du XXe siècle – sur la base des travaux de Max Planck et d'autres physiciens tels que Niels Bohr, Werner Heisenberg, J. Von Neumann et Erwin Schrödinger – a présenté une série de situations expérimentales sans précédent, qui ont été s'est révélé résistant à la détermination normative classique, tant en ce qui concerne certaines lois de la physique newtonienne qu'en ce qui concerne les catégories fondamentales de l'épistémologie moderne. Cette situation a créé des problèmes dans l'environnement scientifique qui étaient auparavant traités dans un contexte philosophique, de sorte que des philosophes comme Karl Popper ont illustré cette situation en la qualifiant de « crise épistémologique », qui peut être lue comme un problème d'objectivité de l'environnement scientifique. théorie de la physique quantique face aux dissensions liées à son exhaustivité, à l'appartenance ou non d'attributs à des phénomènes quantiques inobservés et à la nécessité incontournable de communiquer les événements expérimentaux en termes classiques. Dans ce contexte, tant les « philosophes analytiques » que les physiciens ont cherché à construire des théories épistémologiques capables de gérer la situation expérimentale sans avoir recours aux théories classiques. Cependant, le succès de ces tentatives, comme celle de la solution du « double langage » de R. Carnap, est discutable. En ce sens, certains épistémologues ont cherché à aborder les problèmes épistémologiques soulevés par la théorie quantique dans la perspective d'une mise à jour de la philosophie transcendantale de Kant, comme solution alternative pour l'évaluation des problèmes épistémologiques de la théorie quantique. La présente enquête s'inscrit dans cet itinéraire de mise à jour, fondé sur une lecture sémantique de la philosophie transcendantale, afin de faire un usage peu orthodoxe de ce que la sémantique transcendantale peut encore apporter pour le traitement du problème de l'objectivité en théorie quantique et la défense d'une dimension pragmatique de cette sémantique au regard des applications de la théorie quantique en chimie moderne.

Mots-clés: Objectivité, Théorie Quantique, Sémantique Transcendantale.

Agradecimentos

Este projeto de pesquisa foi financiado a partir de uma Bolsa CAPES de Demanda Social num período parcial de sua execução. Por isso, agradeço imensamente ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Filosofia da Universidade de Brasília por ter permitido que eu cursasse parte do doutorado com esse auxílio fundamental, e ao povo brasileiro de maneira geral, o qual a partir de seus impostos possibilitou a existência desse auxílio. Mesmo a pesquisa de cunho puramente teórico necessita de recursos materiais para sua execução.

Agradeço aos meus pais, sra. Fátima P. Amorim e sr. Nemesio Silva Feitosa, e a meus irmãos, Kelyane Amorim, Rodrigo Amorim, Carolina Feitosa e Aline Feitosa, pelo apoio incondicional demonstrado no cotidiano, bem como por sua paciência e acolhimento nos diferentes momentos de crise pelos quais passei durante a execução dessa pesquisa. Igualmente importante foi o apoio concedido pelos amigos que estiveram presentes, tanto como leitores quanto como boas companhias: Abraão Estêvão, Francisco Edson, Handes Bonova, Isadora Lima, João Victor Magalhães, Kleber William, Marcílio Sardinha, Rose Samyra e Valdir Rezende. Dificilmente não terei esquecido de alguém, mas gostaria de deixar aqui meu agradecimento especial aos amigos Francisco Edson e Rose Samyra, por terem prestado cordial atenção ao meu trabalho, e pela atenciosa receptividade e respeito com que sempre me trataram. Muito obrigado!

Agradeço a meu orientador, professor Alexandre Hahn, sobretudo pela confiança depositada em meu trabalho desde nossos primeiros projetos. Agradeço aos professores Agnaldo Portugal, André Muniz, André Leclerck, Daniel Scalabrini (IQ/UnB), Erick Lima, Herivelto Pereira, Marcos Aurélio, Priscila Ruffinoni, Rodrigo Freire e Samuel Simon, por todo conhecimento e pelos caminhos apresentados nas diferentes disciplinas que com eles cursei. Agradeço especialmente aos professores Erick Lima (UnB) e Patrícia Kauark-Leite (UFMG) pela correção apresentada durante a qualificação, a qual direcionou esse trabalho por uma via mais rigorosa e menos confusa (assim espero) do que a versão inicial a eles apresentada; agradeço também ao professor Marcos César Seneda (UFU) por ter aceitado participar da banca de defesa final da presente tese. Deixo aqui também um especial agradecimento a Aláides Melo e Andreia Rezende, da secretaria de pós, pelos inúmeros auxílios prestados durante minha estadia no programa.

A todos os citados e não citados, meus sinceros agradecimentos.

Sumário

Introdução.....	13
PARTE I:.....	25
FILOSOFIA TRANSCENDENTAL E TEORIA QUÂNTICA: KANT ENTRE OS PARADIGMAS CIENTÍFICOS MODERNO E CONTEMPORÂNEO	25
1. CIÊNCIA MODERNA E FILOSOFIA TRANSCENDENTAL	26
1.1. A busca por uma teoria do conhecimento objetivo: o “caminho seguro da ciência”	26
1.2. Geometria euclidiana e a teoria kantiana da sensibilidade	37
1.3. Cálculo diferencial, física newtoniana e os <i>Princípios Puros do Entendimento</i>	44
1.4. A Metafísica da física newtoniana nos MAN.....	59
1.5. O problema da cientificidade da química e o programa de transição dos MAN para a física	69
2. FILOSOFIA TRANSCENDENTAL E TEORIA QUÂNTICA	78
2.1. Preâmbulo do desenvolvimento da teoria quântica e suas implicações para a epistemologia kantiana.....	78
2.2. A crítica dos empiristas lógicos à teoria kantiana do conhecimento objetivo	90
2.3. As tentativas de atualização da filosofia transcendental face ao desenvolvimento da teoria quântica	106
3. O PROBLEMA DA OBJETIVIDADE NA TEORIA QUÂNTICA	115
3.1. Variáveis ocultas e o “colapso” da função de onda: o problema da objetividade na teoria quântica	115

3.2. As diferentes correntes epistemológicas em teoria quântica e a interpretação de Copenhague	119
3.3. O problema da realidade objetiva: ontologia e teoria quântica	138
3.4. O problema da medida: antirrealismo e idealismo na mecânica quântica	142
3.5. O problema da comunicabilidade: aspectos pragmáticos do problema da objetividade na teoria quântica	152
Conclusão da parte I.....	159
PARTE II:	163
UMA LEITURA SEMÂNTICO-PRAGMÁTICA DA FILOSOFIA TRANSCENDENTAL DE KANT APLICADA AO PROBLEMA DA OBJETIVIDADE NA TEORIA QUÂNTICA.....	163
4. CRÍTICA COMO SEMÂNTICA TRANSCENDENTAL	164
4.1. O problema da caracterização geral da teoria kantiana do conhecimento objetivo .	164
4.2. A tradição de leitura da filosofia transcendental como semântica.....	171
4.3. Semântica transcendental e cognição humana.....	179
4.4. Elementos pragmáticos da semântica transcendental de Kant	184
5. SEMÂNTICA TRANSCENDENTAL E O PROBLEMA DA OBJETIVIDADE NA TEORIA QUÂNTICA.....	196
5.1. Semântica transcendental e teoria quântica	196
5.2. Semântica transcendental e a função de onda de Schrödinger	209
5.3. Semântica transcendental e o caráter pragmático da teoria quântica na química moderna.....	221

5.4. Modelos, simetria e o pragmatismo nas representações pictóricas da química moderna	228
Conclusão da parte II	238
Conclusão geral da investigação proposta	241
Referências Bibliográficas	248

Introdução

A relação entre desenvolvimento científico e epistemologia é um fenômeno antigo dentro da história da filosofia ocidental. Desde a aurora do pensamento grego pré-socrático aos dias atuais, o erigir de diferentes teorias, seja acerca do modo como adquirimos conhecimentos, seja acerca do seu caráter de justificação, ou ainda do modo como a cognição humana se relaciona com o objeto de conhecimento de maneira geral, sempre implicaram na construção de uma cosmovisão a partir da qual as diferentes culturas se orientaram em sua busca por descrever o mundo e as leis que regulam as diferentes relações entre as coisas que o compõem. Essa característica fundamental no desenvolvimento da filosofia ocidental revela que, ora as teorias do conhecimento buscaram, de maneira independente da investigação empírica da natureza, determinar as leis que fundamentam o conhecimento de maneira geral, ora a investigação empírica determinou a forma como aquelas leis foram pensadas pelos filósofos.

Por um lado, a confiança nas leis lógicas que regulamentam a construção coerente de enunciados em geral, bem como nos procedimentos matemáticos que garantem a certeza apodítica acerca dos objetos a que se volta, foram tomados como a prova de que o conhecimento genuíno é de natureza racional, *a priori*, em detrimento da contingência apresentada pelos conhecimentos de ordem empírica e experimental. Por outro, a descoberta de novos domínios na experiência empírica revelou que somente o avanço experimental é capaz de reunir elementos para uma prova cabal acerca dos enunciados que fazemos sobre a natureza, algo que o domínio puramente teórico só é capaz de conseguir por via dedutiva, portanto, apoiado na própria lógica interna dos princípios erigidos, os quais regem a coerência interna das teorias. Não é difícil perceber, portanto, que essa relação intrínseca entre desenvolvimento científico e epistemologia implicou em tentativas de agregar os procedimentos matemáticos e científicos ao pensamento filosófico, assim como na utilização da filosofia para a explicação epistemológica desses procedimentos e da relação fundamental entre sujeito cognoscente e objeto de investigação.

O período moderno da filosofia ocidental é o exemplo mais evidente da relação que estamos abordando²: os avanços alcançados com o desenvolvimento da *geometria analítica* desde Descartes, a invenção do *cálculo diferencial* independentemente por Newton e Leibniz, bem como o sistema newtoniano das forças e dos movimentos na descrição e determinação dos fenômenos da experiência cotidiana, representaram aos epistemólogos modernos a

² Aguiar de Souza (2005, p. 28) fala em uma “*reinvidicação da ciência moderna para revelar a verdadeira natureza do mundo*”.

superioridade do intelecto humano sobre a natureza, sobretudo na aplicação da matemática para a correta descrição das leis que regem o funcionamento do mundo. Características como previsibilidade, sistematicidade, organicidade, comunicabilidade incontroversa, e, de maneira geral, *objetividade*, atestavam aos epistemólogos que havia um caminho seguro a ser perseguido, caso os seres humanos quisessem eliminar da especulação filosófica a controvérsia e as longas disputas retóricas: a filosofia da natureza, representada sobretudo pela física newtoniana, a matemática, já bem fundamentada desde os tempos de Euclides, e a lógica, completa desde Aristóteles, dariam o pano de fundo para a construção bem fundamentada das teorias acerca do conhecimento³.

No entanto, essa relação entre ciência e epistemologia é reveladora também de uma característica que certamente decepcionaria aqueles que acreditaram ser possível alcançar uma teoria epistemológica acabada e imutável, aspiração pautada culturalmente pela crença na possibilidade do estabelecimento de um *organon*⁴ para o conhecimento objetivo: em determinadas ocasiões, quanto mais se adentra no terreno da experiência, mais algumas regras tomadas como leis para a investigação empírica e teórica de maneira geral parecem inválidas, ou no mínimo, enfraquecidas, diante da inediticidade da situação experimental. Esse é o caso quando observamos o desenvolvimento da teoria quântica desde o final do século XIX até a primeira metade do século XX, ocasião na qual tanto leis científicas quanto teorias epistemológicas mostraram-se insuficientes para uma descrição completa dos fenômenos observados. Assim, se a ciência representou aos modernos o domínio do conhecimento humano onde reinava a paz da objetividade teórica, enquanto a filosofia era o domínio da controvérsia e das discussões acerca de objetos pertencentes ao reino das ideias humanas, a situação experimental da física contemporânea trouxe ao seio da inabalável ciência moderna questões que antes pertenceriam somente ao frágil domínio das questões epistemológicas. O preço a ser pago pelos epistemólogos modernos consiste, portanto, em que a agregação da técnica e dos axiomas científicos à teoria do conhecimento implicou que a alteração nesses aspectos da ciência, causados sobretudo pelo aprofundamento no domínio da experiência, condenou boa parte das regras antes tidas como imutáveis no domínio epistemológico seja à invalidade, seja no mínimo à dubitabilidade em relação a sua aplicabilidade objetiva. Desse modo, dada a

³ Paolo Rossi (1992 p. 134) chama atenção para o papel exercido pelo assim chamado *mecanicismo* desenvolvido no século XVII para a concepção moderna de uma espécie de “modelo privilegiado” do conhecimento humano para a compreensão da natureza.

⁴ Como bem se sabe, a tentativa de estabelecimento de um organon para o conhecimento objetivo é um projeto que remonta a Aristóteles no período antigo da filosofia, e a Bacon no período moderno.

fragilidade na aplicação das próprias leis científicas clássicas para a determinação objetiva dos novos fenômenos, as questões epistemológicas não podiam mais se restringir ao domínio filosófico, passando a fazer parte também das discussões dos próprios físicos acerca do status daquelas leis diante da nova situação experimental.

Assim, o desenvolvimento da teoria quântica significou a necessidade de se repensar o escopo de validade tanto das leis físicas quanto das leis epistemológicas clássicas. Problemas como o da dualidade onda-partícula colocavam em cheque a validade do princípio de não-contradição; experiências com interferometria e difração de ondas eletromagnéticas colocavam em cheque a possibilidade de se descrever uma trajetória passada à entidade quântica, o que em última instância implicaria na invalidade do princípio de causalidade para esse domínio de fenômenos; o *princípio de incerteza* de Heisenberg estabelecia a impossibilidade de se determinar ao mesmo tempo a posição e o momento do elétron, de modo a evidenciar uma insuperável limitação do alcance de aplicação objetiva das leis físicas clássicas; experimentos reproduzidos por diferentes colaboradores levavam a resultados diferentes, o que atestava a dificuldade em se estabelecer uma teoria geral a partir da qual se pudesse dizer que representava a teoria quântica de maneira unificada. Problemas como esses levaram a inúmeras dissensões entre os físicos, os quais de um lado defendiam a cientificidade e a completude da teoria, portanto, seu caráter objetivo, e de outro apontavam em suas falhas e situações recalcitrantes uma prova indubitável de que a teoria estaria no mínimo incompleta, quando não totalmente errada. Nesse sentido, a abertura de um novo campo da experiência empírica teve consequências tanto para a física quanto para a epistemologia, de modo que tanto os físicos quanto os filósofos se empenharam de diferentes maneiras para estabelecer tanto uma teoria epistemológica quanto estabelecer uma unidade teórico-formal para a teoria quântica. Desse esforço, surgiram diferentes escolas de pensamento as quais apresentaram posições epistemológicas e até mesmo ontológicas diversas acerca do fenômeno quântico, as quais se voltavam sobretudo para a questão da interpretação do formalismo.

Todos os aspectos descritos acima caracterizam o que aqui estamos chamando de *problema da objetividade* da teoria quântica, o qual consiste, em última instância, em uma espécie de crise que se estabeleceu na física, mas que teve importantes implicações para a epistemologia e suscitou diversas questões de cunho filosófico de maneira geral. Assim sendo, o problema ontológico da existência real dos fenômenos / atributos de maneira independente do aparelho de medida, e, em última instância, o problema da necessidade de se comunicar os fenômenos quânticos a partir de termos clássicos, caros à experiência cotidiana, representou a

alguns físicos (como aos teóricos de Copenhague) uma relação inseparável entre o evento quântico e o arranjo experimental utilizado na investigação, o que pareceu para alguns implicar numa inalienável inseparabilidade entre sujeito cognoscente e objeto cognoscível. Nesse sentido, qual seria o lugar de posições epistemológicas clássicas, tais quais o realismo e o idealismo, diante da nova situação experimental?

Tanto para os físicos do século XX quanto para os assim chamados *empiristas lógicos*, o desenvolvimento da nova física significou a necessidade do abandono do modo de abordagem do problema do conhecimento adotado pelos filósofos da modernidade, haja vista a falta de lugar para dicotomias como sujeito-objeto, *a priori* e *a posteriori*, puro e empírico, no novo cenário que se apresentava. Portanto, havia a necessidade de se pensar novas teorias do conhecimento científico que fossem capazes de retirar do domínio das questões científicas posições epistemológicas de cunho metafísico e psicológico, em detrimento de teorias de cunho puramente lógico, as quais seriam capazes de estabelecer quais seriam os problemas significativos em teoria do conhecimento e quais pertenceriam a outros domínios do conhecimento humano, e que, portanto, deveriam ser trabalhados em uma instância separada. Não demorou muito para que os próprios físicos se pronunciassem acerca do lugar da teoria em se tratando dos problemas filosóficos que suscitava. Bohr e Heisenberg foram os que mais se empenharam na tentativa de estabelecer uma posição epistemológica coerente com a nova situação teórica e experimental, de modo que o *princípio de complementaridade* de Bohr surgiu como um princípio o qual, supostamente, seria capaz de conciliar os resultados que se apresentavam como aparentemente incoerentes em relação ao modo de descrição clássico. Alguns outros se empenharam em apresentar uma teoria coerente que permitisse uma interpretação inequívoca dos fenômenos quânticos, de onde se vê a tomada de posições como a *dualista-realista*, a *interpretação corpuscular*, a *interpretação ondulatória* etc. daqueles fenômenos⁵.

Contudo, alguns epistemólogos se opuseram às reivindicações do Círculo de Vienna e de alguns físicos que se propuseram a pensar as implicações epistemológicas da teoria quântica, de modo a avaliar mais cuidadosamente até que ponto a derrocada dos princípios epistemológicos clássicos se sustenta. Esse itinerário de investigação é caro principalmente aos filósofos de inclinação neokantiana, os quais tentaram, de diferentes maneiras, avaliar a aplicabilidade da filosofia transcendental aos problemas epistemológicos da teoria quântica. No

⁵ Adotam essas posições, respectivamente, de Broglie e Bohm, Landé e Ballantine, e Schrödinger.

entanto, a questão que se colocava não era apenas acerca da validade ou invalidade dos princípios transcendentais diante da nova situação experimental, mas também em que eles poderiam contribuir para a avaliação e se seriam úteis para dirimir aqueles problemas. Como mostrou Patrícia Kauark-Leite (2012), alguns desses epistemólogos que se propuseram uma atualização da filosofia transcendental, ora o fizeram de maneira ortodoxa, ora de maneira a adequar aqueles princípios, portanto, de maneira a modificá-los em algum sentido, de modo que é possível se falar em uma tradição de leitura transcendental dos problemas epistemológicos da teoria quântica. Cada uma das vertentes as quais Patrícia Kauark abordou em sua historiografia sistemática parece ter adotado em algum sentido uma interpretação particular da filosofia transcendental de Kant a partir da qual erigiu sua atualização, sendo para a filósofa a leitura *pragmática* da filosofia transcendental a que melhor se adéqua à teoria quântica diante do lugar da linguagem ordinária na descrição dos fenômenos quânticos.

Dado o contexto histórico dos problemas em geral exposto acima, a presente pesquisa surgiu como um esforço de investigação que se propôs a explorar, seguindo o itinerário das pesquisas que intentaram pensar a possibilidade de uma atualização da filosofia transcendental diante do cenário científico do início do século XX, a possibilidade de uma aplicação hipotética dos princípios transcendentais kantianos entendidos como parte de uma *semântica transcendental do conhecimento objetivo* para uma avaliação do problema da objetividade na teoria quântica. O estudo da história das tentativas de atualização da filosofia transcendental mostra que a questão acerca da interpretação mais adequada da teoria da ciência de Kant se impõe como um ponto importante para a execução dessa tarefa, pois, a depender da interpretação adotada, tem-se vantagens e desvantagens no que diz respeito à capacidade da teoria em lidar com contraposições e divergências a ela dirigidas e, portanto, com a proficiência dos seus princípios diante do desenvolvimento da nova física. Nesse sentido, a avaliação da pertinência de uma leitura *semântica* da filosofia transcendental como uma tentativa de atualização profícua para a contribuição com a interpretação daqueles problemas apresentou-se como um ponto importante para a execução dessa pesquisa; portanto, uma questão que ilustraria a intenção mais ampla a que nos propomos seria: a teoria do conhecimento científico de Kant, entendida como uma *semântica transcendental*, ou seja, uma investigação acerca da possibilidade do conhecimento objetivo que conteria uma teoria do significado, da verdade e, em última instância, da referência de proposições ao conjunto da experiência, poderia de algum modo contribuir para uma avaliação do problema da objetividade na teoria quântica?

A escolha de tal percurso investigativo motivou-se por dois aspectos importantes dessa vertente interpretativa da filosofia transcendental. Primeiramente, os filósofos que se propuseram a pensar a filosofia transcendental como uma semântica transcendental do conhecimento objetivo tiveram como uma de suas intenções principais evidenciar a existência de um fio condutor acerca da história dos problemas que vai de Kant à “virada linguística” que ocorreu concomitantemente ao desenvolvimento da nova física no início do século XX; ou seja, em oposição a uma das principais críticas acerca do sistema kantiano, qual seja, a de que Kant teria pensado de maneira metafísica ou ainda psicológica problemas de cunho puramente linguístico, esses filósofos mostraram haver já em Kant o início de uma tentativa de se pensar problemas de ordem linguística, de modo que essa leitura mostrou-se capaz de lidar com diversas críticas, advindas sobretudo do movimento que ficou conhecido como *empirismo lógico*. Além disso, a leitura semântica da filosofia transcendental permite pensar uma função diferente para o *idealismo transcendental* que não se restringe a uma visão acerca da relação entre sujeito e objeto, fortemente criticada pelos filósofos da linguagem, mas cumpre uma função metodológica para o funcionamento daquela semântica, ou seja, essa leitura permite lidar também com os problemas de ordem epistêmica que a teoria deve enfrentar. Um outro aspecto importante que motivou essa escolha consistiu em que a própria relação entre situação experimental e descrição do fenômeno quântico se mostrou reveladora de problemas de ordem semântica.

É importante ressaltar, contudo, que, diferentemente do modo como entendemos classicamente o conceito de semântica, isto é, como o estudo das relações de significado e de interpretação das sentenças e enunciados de uma linguagem, a semântica transcendental se propõe a sistematizar uma teoria do significado que se volta para as condições de significabilidade envolvidas no próprio ato de elaboração dos enunciados por uma cognição humana, ou seja, seria como uma espécie de “meta-semântica” do conhecimento objetivo, ou das relações de comunicação objetiva entre os diferentes sujeitos. Valemo-nos para isso das interpretações de alguns filósofos que se voltaram a essa interpretação semântica, tal como Loparic e Hanna, contudo, não queremos comprometer nenhum desses eminentes filósofos com a tese que estamos propondo. Desse modo, a aplicação da leitura semântica que estamos propondo não se trata de uma aplicação direta das teses desses epistemólogos aos problemas levantados, mas concorda com alguns dos resultados ali obtidos e os aproveita para os fins aqui pretendidos. Além disso, devemos ressaltar que uma grande diferença entre nossa proposta e a desses intérpretes consistiu na atribuição de um caráter pragmático ligado à teoria do

significado coerente da semântica transcendental, a qual defendemos se tratar de uma assunção acessória que tem a função metodológica de conduzir os diferentes falantes ao patamar da concordância objetiva acerca das proposições.

Diante dessa orientação interpretativa, nossa investigação se pautou numa escolha metodológica que envolveu, em sua primeira parte, uma investigação de cunho histórico-analítico, a partir de três capítulos. No primeiro capítulo, buscamos erigir um estudo de cunho exegético no qual procuramos evidenciar, a partir de um estudo do *corpus* teórico de Kant, a intrínseca relação entre a filosofia desenvolvida pelo filósofo alemão e as ciências de sua época, sobretudo a geometria euclidiana, a física newtoniana e a química nascente que se desenvolveu a partir de Stahl e, posteriormente, Lavoisier; a partir desse estudo inicial, concluímos que uma das principais intenções teóricas de Kant durante toda sua carreira acadêmica consistiu na tentativa de elaboração de uma *teoria geral do conhecimento objetivo* em diferentes domínios do conhecimento humano, o qual envolveu também aspectos dos domínios prático e estético das manifestações da razão humana. Esse primeiro capítulo, portanto, reflete sobre a base da teoria do conhecimento objetivo de Kant com vistas a compreender o paradigma científico da sua época e como essa base é produto de uma intenção teórica presente em diferentes momentos da carreira de Kant.

Em posse dos resultados obtidos no capítulo 1, buscamos, no capítulo 2, apresentar as implicações decorrentes do desenvolvimento das ciências, mais particularmente da física, com relação à possibilidade de uma aplicação irrestrita dos princípios da teoria do conhecimento objetivo de Kant. Uma vez estando fortemente comprometida com os paradigmas científicos de sua época, a filosofia transcendental deve lidar com a própria alteração desses paradigmas, dado que as limitações impostas às leis científicas implicam também em limitações às explicações epistemológicas acerca da possibilidade de conhecimento científico. As implicações epistemológicas do desenvolvimento da teoria quântica trouxeram problemas não somente aos filósofos, como também aos próprios físicos. Desse modo, observa-se uma variedade de interpretações e escolas as quais compuseram o cenário inicial do desenvolvimento da nova física, ocasião na qual os físicos tiveram que retornar às questões epistemológicas a fim de dar conta da necessidade de uma interpretação coerente dos fenômenos quânticos. Não obstante essa situação de crise entre os físicos à época, esse é também um período em que os filósofos se propuseram a repensar os princípios da epistemologia tradicional a partir de uma guinada lógico-linguística no tratamento dos problemas filosóficos, como se observa claramente no movimento assim chamado de

“empirismo lógico”. A nosso ver, as críticas dos empiristas lógicos ao sistema kantiano se mostraram contundentes por estarem pautadas em boa parte no próprio desenvolvimento da física e das ciências em geral no início do século passado. No entanto, não acreditamos que aquelas críticas pautadas nas acusações de psicologismo e de intromissão de questões e pontos de vista teóricos de cunho metafísico se apliquem ao sistema kantiano. Nesse sentido, a grande oposição com a qual o sistema teórico do conhecimento objetivo de Kant tem que lidar diz respeito mais ao próprio desenvolvimento das ciências, uma vez que a sua teoria estivera fortemente vinculada aos paradigmas de sua época, do que com as críticas erigidas a partir de outros sistemas filosóficos. Portanto, a questão acerca das tentativas de se avaliar a possibilidade de uma atualização da filosofia transcendental frente ao cenário científico do século XX deve lidar com a necessidade de se apresentar uma interpretação da teoria do conhecimento kantiana capaz de lidar com essas críticas.

Apresentada a relação intrínseca entre a epistemologia kantiana e os paradigmas científicos de sua época e como o desenvolvimento posterior deles implicou em severas limitações ao sistema kantiano, bem como em diferentes tentativas de se repensar a possibilidade de aplicação dos princípios transcendentais, buscamos, no capítulo três, evidenciar a situação de crise dentro da própria física. O principal foco do capítulo três consistiu numa caracterização geral daquilo que aqui estamos chamando de “o problema da objetividade na teoria quântica”. A nossa opção aqui foi tratar este último problema como relacionado à questão acerca da *realidade objetiva* dos atributos, de modo a distingui-la do problema da *comunicação objetiva* (evidenciado sobretudo por Bohr). Assim, o “problema da objetividade” pretendeu incluir tanto o “problema comunicacional” quanto o “problema ontológico” ou da realidade objetiva, como dois subconjuntos desse conjunto mais amplo que os abarcaria. Ocupamo-nos ainda nesse capítulo com a apresentação dos diferentes tratamentos e orientações epistemológicas adotados por alguns intérpretes da teoria quântica e da filosofia da ciência de maneira geral, onde se vê que, por mais que alguns deles tenham pretendido um abandono total de posições epistemológicas clássicas, as situações experimentais e os conceitos utilizados são caros à epistemológica clássica. Desse modo, o *princípio de complementaridade* de Bohr nos mostra que, assim como os eventos quânticos devem ser descritos em termos clássicos, os problemas epistemológicos daí oriundos também devem cumprir com essa exigência incontornável. Tal constatação é reveladora de um importante aspecto consequente do desenvolvimento da teoria quântica: o problema comunicacional possui um caráter eminentemente pragmático ligado ao uso da linguagem ordinária na comunicação dos eventos

quânticos. Nossa aposta foi a de avaliar a possibilidade de compatibilização entre essas ordens de problemas sob o ponto de vista da semântica transcendental de Kant. Acreditamos nessa possibilidade devido à própria natureza da semântica transcendental, a qual não se volta somente para problemas de ordem puramente linguística, mas se compromete também com problemas de ordem objetual, ligados à nossa capacidade de representação, por via semântica, o que dá a indicação da possibilidade de uma opção diversa ao tratamento puramente formal do problema, como defendido pelos empiristas lógicos. Nesse sentido, uma correta avaliação da pertinência de posições epistemológicas clássicas face ao desenvolvimento da teoria quântica passa pela avaliação das principais limitações que tanto a teoria quântica quanto aquelas posições devem enfrentar.

Conclui-se a primeira parte da presente pesquisa a partir desse estudo que vai de uma investigação histórico-analítica da relação de Kant com os paradigmas científicos de sua época e com o desenvolvimento posterior deles, passa pela crítica ao seu sistema teórico do conhecimento científico e por fim apresenta um detalhamento das implicações epistemológicas do problema da objetividade na teoria quântica. Justificamos essa escolha metodológica pela constatação de que a clara exposição da relação de Kant com os paradigmas de sua época, bem como das limitações do seu sistema teórico do conhecimento objetivo e da interpretação semântica da filosofia transcendental constituem um importante pré-requisito para a aplicação que pretendemos dar à semântica transcendental na segunda parte da investigação proposta. Nesse sentido, fez-se mister um estudo que apontasse ao mesmo tempo os méritos e as limitações do sistema do ponto de vista teórico, para que finalmente, na segunda parte, pudéssemos apresentar as limitações do ponto de vista do desenvolvimento teórico e experimental da teoria quântica. Assim, esse primeiro estudo de cunho histórico-analítico nos permitiu enxergar com mais clareza os principais pontos polêmicos em relação à teoria do conhecimento objetivo de Kant e em relação ao desenvolvimento da nova física.

A segunda parte, portanto, apresenta o núcleo argumentativo da tese. Destarte, o capítulo quatro se voltou para uma apresentação da leitura semântica da filosofia transcendental, abordando os principais pontos levantados pelos principais intérpretes da filosofia transcendental como uma semântica, mostrando em que pontos pode se dizer que Kant foi pioneiro no tratamento de problemas de cunho intrinsecamente linguístico, e, desse modo, como é possível lidar com as acusações de psicologismo e de que Kant teria tido uma postura metafísica ingênua acerca do conhecimento científico. Seguindo esse percurso, buscamos apresentar os principais elementos que compõem a teoria kantiana da verdade, do significado e

da referência objetiva de conceitos e proposições (juízos), mostrando que o conceito de preenchibilidade do significado desses componentes linguísticos está estreitamente relacionado com o conceito kantiano de construtibilidade de representações e objetos, o qual Kant importou da matemática para sua semântica. Intentamos ainda apresentar nossa teoria de que existe uma dimensão pragmática na teoria do conhecimento objetivo de Kant que se evidencia sobretudo a partir do estudo dos *juízos reflexionantes* presentes em sua KU, mais especificamente em se tratando de juízos teleológicos acerca da natureza, os quais, a nosso ver, cumprem uma função metodológica com relação ao domínio *determinante* do conhecimento científico tal qual Kant o enxergava. Desse modo, o capítulo quatro caracteriza de maneira geral os principais aspectos da leitura semântica e acrescenta o nosso ponto de vista particular acerca dele à investigação, para que posteriormente possamos aplicá-lo diretamente ao tratamento do problema principal.

Uma vez caracterizado o problema e expostas as situações que levaram a ele, bem como algumas das principais tentativas de solução adotadas, apresentamos, no capítulo quinto, a argumentação principal que constitui o núcleo central da tese que estamos defendendo. Em linhas gerais, podemos dizer que nossa intenção aqui não foi a de *resolver* o problema a partir da adoção de uma interpretação particular da filosofia transcendental, mas sim a de *avaliar a possibilidade de inserção da leitura semântica da teoria do conhecimento de Kant nos debates de atualização* diante do desenvolvimento contemporâneo da ciência, de modo a apresentar *tentativas hipotéticas* de dissolução dos problemas diante do ferramental teórico oferecido pela semântica transcendental de um ponto de vista não-ortodoxo. Voltamo-nos principalmente ao problema lógico da dualidade onda-partícula para mostrar que, sob a ótica da semântica transcendental, existe uma diferença entre *possibilidade lógica* e *possibilidade real*, e as consequências disso para o tratamento daquele problema. Posteriormente, nossa argumentação voltou-se para uma tentativa de avaliação da interpretação probabilística da função de onda de Max Born a partir da noção kantiana de experiência possível. Assim, nosso principal esforço nessa parte foi defender a tese de que, do ponto de vista da semântica transcendental, é possível falar em diferentes regimes semânticos de avaliação da construtibilidade possível de objetos, por um lado, e de objetos possíveis, de outro, de modo que a teoria kantiana da relação entre representação e representado pode ser útil quando aplicada ao domínio da determinação dos atributos em teoria quântica. Como havíamos dito, pelo fato de que nos interessa mais obter da teoria aquilo que pode ser útil para a avaliação dos problemas, não nos ocupamos em tentar preservar a validade dos princípios, mas entendê-los como as *condições para a construtibilidade ou formação bem formada de proposições acerca dos objetos*, e não dos

objetos eles mesmos, e a partir disso avaliar a construtibilidade das proposições em teoria quântica. É importante ressaltar também que estivemos mais interessados nas implicações epistemológicas do que no formalismo estrito da teoria quântica, de modo que a presente pesquisa não se comprometeu em apresentá-lo de um ponto de vista dedutivo, mas apenas destacar os pontos que tocam mais de perto o problema principal. O caráter metateórico da semântica transcendental de Kant parece-nos, portanto, uma das características mais interessantes de sua teoria do conhecimento científico e que pode ter algum proveito para o tratamento do problema da objetividade na teoria quântica.

Por fim, apresentamos a nossa perspectiva acerca da possibilidade de uma avaliação do problema da objetividade da teoria quântica de um ponto de vista pragmático. A nosso ver, as aplicações que a teoria quântica apresentou para a elucidação da estrutura atômica e das consequências dessa elucidação para a prática científica na química moderna dão a indicação de todo um campo de estudos que envolve a análise dos modelos teóricos, dos princípios e assunções convencionais presentes nessa aplicação, bem como das representações pictóricas ali presentes, para o estabelecimento de condições que proporcionam uma comunicabilidade coerente dos eventos experimentais e dão o pano de fundo prático para o funcionamento da ciência normal. Além disso, analisamos nesse capítulo como o ponto de vista da existência de uma dimensão pragmática na teoria do conhecimento objetivo de Kant poderia contribuir para a discussão da dimensão pragmática da prática científica da teoria quântica aplicada na química. Sob essa perspectiva, parece-nos possível afirmar haver uma série de condições de sucesso envolvidas na comunicabilidade coerente dos princípios teóricos e resultados experimentais, as quais podem ser observadas na passagem entre determinação matemática e representação pictórica presente naquela ciência. Concluimos a tese apresentando então uma visão unitária da possibilidade de uma leitura semântico-pragmática do problema da objetividade na teoria quântica, não a partir da apresentação de uma resposta categórica ao problema, mas como a indicação de um caminho teórico possível.

Do que foi dito até aqui, podemos afirmar que a presente investigação se comprometeu com a avaliação da possibilidade de uma aplicação semântico-transcendental ao problema principal, partido de um estudo da relação entre os princípios que compõem essa semântica e a ciência moderna, as implicações do desenvolvimento das ciências como restrição a eles, e da exposição da situação de crise instaurada na própria física, para então apresentar mais detalhadamente os fundamentos dessa semântica e os exemplos e modelos de aplicação os quais acreditamos serem capazes de mostrar um caminho investigativo possivelmente profícuo para

a investigação dos problemas epistemológicos da teoria quântica. Nesse sentido, a parte I se voltou para um estudo de cunho histórico, com o fim de apresentar o contexto geral no qual a investigação se insere, para então na parte II, uma vez conhecido esse contexto, apresentar um caminho possível para o tratamento do problema principal, a fim de avaliar hipoteticamente a aplicabilidade não ortodoxa daqueles princípios. Acreditamos que o trabalho de pesquisa filosófica deve antes apresentar caminhos de investigação possíveis do que alçar respostas definitivas a questões que se encontram há muito tempo em aberto.

PARTE I:**FILOSOFIA TRANSCENDENTAL E TEORIA QUÂNTICA: KANT ENTRE OS
PARADIGMAS CIENTÍFICOS MODERNO E CONTEMPORÂNEO**

1. CIÊNCIA MODERNA E FILOSOFIA TRANSCENDENTAL

1.1. A busca por uma teoria do conhecimento objetivo: o “caminho seguro da ciência”

O problema acerca do conhecimento remonta aos primórdios da filosofia ocidental, de modo que é possível identificar no decorrer de todo seu desenvolvimento subsequente elementos de questões fundamentais que permaneceram centrais para a filosofia. Não são poucos os historiadores da filosofia que percorreram a origem dos problemas filosóficos, portanto, por uma questão de economia de tempo, gostaríamos de situar esse problema fundamental no desenvolvimento que ele tomou no período *moderno* da filosofia ocidental, mais restritamente ao modo como Immanuel Kant o tratou. Essa escolha é motivada pela constatação de que a teoria kantiana do conhecimento foi capaz de sintetizar inúmeros dos problemas e itinerários de pesquisa da tradição filosófica anterior, levando em consideração, é claro, que tal generalização deve resguardar as especificidades das teorias particulares. Nessa perspectiva, não nos parece absurdo poder afirmar que filósofos como Descartes, Leibniz, Locke, Berkeley e Hume elaboraram, cada um ao seu modo e de acordo com as suas épocas, teorias que buscavam esclarecer como é possível um conhecimento seguro acerca da natureza⁶, como pode o homem alcançar a certeza no conhecimento, ou ainda qual o modo como as faculdades do homem interagem com o mundo ao seu redor, cada um deles assumindo posições epistemológicas distintas (racionalismo, empirismo, idealismo, ceticismo, etc.)⁷ de acordo com a natureza do problema, e também afirmar que o desenvolvimento da matemática e da ciência moderna cumpriram um papel fundamental para o modo como os filósofos modernos trataram o problema do conhecimento. É claro que a postura teórica dos filósofos da modernidade também implicou em uma mudança de perspectiva com relação à metafísica, sobretudo no que diz respeito ao melhor método para chegar a conhecer seus objetos de investigação. Sob essa perspectiva, a filosofia kantiana se apresenta como a principal teoria do conhecimento da modernidade, haja vista não só sua capacidade de abarcar diversos problemas presentes na tradição, mas sobretudo por sua relação estreita com a matemática e a ciência da natureza de seu tempo. Desse modo, a filosofia kantiana é o melhor exemplo moderno de uma teoria da ciência ou teoria do conhecimento científico de que dispomos para ilustrar de que maneira o

⁶ Essa característica está presente sobretudo nas teorias dos filósofos classificados como “racionalistas”. Charlie Huenemann (2008, p. 205) explora a crença moderna de que a razão humana teria as ferramentas necessárias para um conhecimento dos aspectos mais profundos da realidade, portanto, alcançar certeza no conhecimento do mundo.

⁷ Sabemos, contudo, que é preciso ter cuidado ao enquadrar esses filósofos nessas vertentes de pensamento, uma vez que, na maioria das vezes, a construção teórica dos filósofos modernos passou por diferentes fases.

desenvolvimento científico implica nas escolhas teóricas dos epistemólogos. O estudo da trajetória acadêmica do filósofo alemão nos revela que essa característica esteve presente desde o início de sua carreira e teria sido um dos principais temas motivadores para a construção de seu *corpus* teórico como um todo.

É possível constatar já entre os textos iniciais de Kant uma preocupação em compatibilizar os alcances demonstrados pela ciência da natureza de Newton e a metafísica Leibniz-Wolffiana⁸, ou seja, o projeto de dar fundamentação metafísica ao conhecimento científico é uma tarefa à qual Kant se propôs investigar desde o início de sua carreira como professor. Tão importante quanto este projeto, e se desenvolvendo paralelamente a ele, existe a preocupação com o método e os procedimentos que a metafísica deve seguir para que seja capaz de obter no mínimo uma concordância entre os diferentes colaboradores tal como no conhecimento científico e matemático. Os textos da década de sessenta revelam claramente preocupações que se estenderam ao ponto de culminância das questões para as quais Kant se voltou, qual seja, a *Crítica da Razão Pura*. Em *A falsa sutileza das quatro figuras silogísticas* (1762), no qual Kant opera uma análise lógica dos tipos de inferência silogísticas possíveis, já está presente a questão acerca da natureza dos conceitos e juízos, e mais importante do que isso, Kant opera uma distinção entre *entendimento* e *razão* como capacidades fundamentais autônomas, o primeiro como “poder de conhecer distintamente” e a segunda como “poder de fazer silogismos” (DfS, AA 02: 59. 16-21). No *Ensaio para introduzir a noção de grandezas negativas em filosofia* (1763) e na *Investigação sobre a evidência dos princípios da teologia natural e da moral* (1764) Kant evidencia sua preocupação com a possibilidade de se empregar o método matemático em questões filosóficas, sobretudo no âmbito da metafísica. Os *Sonhos de um visionário explicados por sonhos da metafísica* (1766) consistem já numa mudança de perspectiva com relação à capacidade teórica da razão a respeito de questões metafísicas⁹, onde se lê que “a razão humana não é suficientemente alada para que pudesse compartilhar nuvens tão elevadas” (TG, AA 02: 373. 18-22). Desse modo, fica bastante claro pela análise dos textos iniciais de Kant que o desenvolvimento da ciência moderna significou para ele a necessidade de uma alteração radical do método da metafísica, caso esta última almejasse alcançar o status de científica e que existe uma clara limitação do uso do método matemático em aplicações

⁸ Para mais detalhes, veja por exemplo a introdução apresentada por Michael Friedman em *Kant and the Exact Sciences* (1994).

⁹ Aqui já é possível enxergar o modo como Kant pouco a pouco vai se distanciando do modo tradicional de se pensar o conhecimento metafísico e a possibilidade de aplicação do método matemático na filosofia presente em Descartes, Espinosa e Leibniz.

especulativas em filosofia¹⁰. Essa reserva com relação à aplicação do método matemático para se fazer metafísica presente já desde os textos da década de sessenta dão o indício daquilo que será um ponto chave na determinação do projeto crítico: não basta que um juízo ou afirmação acerca de um objeto da experiência seja logicamente coerente para que se possa garantir a sua validade objetiva, isto é, um sistema metafísico pode ser construído a partir do *método axiomático* ou *more geométrico*, mas não ter nenhum correspondente na experiência.

Existem diversas interpretações acerca do objetivo de Kant ao operar uma crítica da razão pura¹¹ e essa escolha além de definir a orientação segundo a qual será tomada leitura do projeto crítico deve lidar com as contraposições surgidas com o desenvolvimento da filosofia e ciência posteriores. Em um primeiro momento, gostaríamos de entender o projeto crítico como consistindo numa *teoria geral do conhecimento objetivo*¹², isto é, numa investigação das condições para que um saber possa ser tomado como sendo *válido objetivamente*, tanto do ponto de vista da adequação lógica do conhecimento quanto do ponto de vista de sua adequação empírica. A eleição de um viés interpretativo particular sobre a intenção teórica de Kant em seu projeto crítico deve levar em consideração que a noção de validade objetiva que Kant adotou tem como exemplos paradigmáticos a lógica, a matemática e a física de sua época, portanto, não podemos negligenciar essa importante característica que torna a KrV em parte uma *teoria do conhecimento científico*. Contudo, ela também aparenta elaborar uma *teoria da cognição humana* que leva em consideração aspectos da contribuição subjetiva do homem em sua constituição cognitiva própria para o conhecimento de coisas. De fato, existe na filosofia geral kantiana uma *teoria das faculdades humanas*, como a faculdade de conhecer, a faculdade de sentir prazer e desprazer e a faculdade de desejar, de modo que precisamos estar atentos ao modo como a teoria kantiana do sujeito fez parte da própria estrutura de funcionamento, ou, se

¹⁰ Kant manterá essa atitude em relação à aplicação do método matemático também na KrV, sobretudo na *Doutrina do Método*.

¹¹ Poderíamos citar pelo menos três vertentes principais acerca de uma interpretação dos motivos para Kant erigir uma KrV: a *epistemológica*, a *psicológica* e a *semântica*. A primeira dessas vertentes tende a enxergar a KrV como uma teoria do conhecimento científico, adotada por filósofos como E. Cassirer (1981), Gordon B. Jr. (1978), M. Friedman (2004), e inúmeros outros. A segunda tende a interpretar a KrV como uma espécie de psicologia ou filosofia da mente, como se pode observar em Karl Americs (1982), Arthur Melnick (2009) e Patricia Kitcher (1990). A leitura semântica, como o próprio conceito revela, tende a interpretar a KrV como uma teoria do significado, porém, de um ponto de vista transcendental, isto é, levando em consideração as especificidades da teoria kantiana, leitura da qual compartilham Coffa (1991), Loparic (2002) e Hanna (2001), por exemplo. Para detalhes, veja as referências bibliográficas.

¹² É claro que o projeto crítico kantiano não se restringiu ao domínio teórico dos saberes humanos, pois a KpV e a KU tratam, respectivamente, dos domínios prático e estético/teleológico deles. Com essa frase queremos dizer, portanto, que para além do domínio do emprego teórico da razão, enxergamos no projeto crítico uma tentativa de estabelecer os critérios de objetividade para a elaboração de uma teoria da moral e de uma teoria do belo/teleológica. São várias as evidências textuais que corroboram o nosso ponto de vista. Adiante (pg. 31 e seguintes), apresentamos algumas dessas evidências.

quisermos, da lógica interna da sua teoria do conhecimento objetivo. A assim chamada *revolução copernicana* operada por Kant em relação ao conhecimento consistiu justamente em pôr em evidência a contribuição do sujeito como partícipe ativo do processo de conhecer, portanto, aspectos constituintes das faculdades humanas devem ser fatores relevantes no estudo do modo como adquirimos conhecimento¹³.

Na famosa carta endereçada a Marcus Herz (1772), Kant caracteriza a sua intenção teórica como orientada pela pergunta: “*sobre que fundamento (Grund) repousa a relação daquilo que se chama em nós representação (Vorstellung) com o objeto (Gegenstand)?*” (Br, AA 10: 129). Uma das questões fundamentais as quais Kant deve dar resposta é então em que propriamente se fundamenta a *concordância objetiva* entre o modo como representamos as coisas, tanto no nível da linguagem com respeito ao uso de conceitos e juízos (representação linguística) quanto com respeito ao modo como somos afetados pela experiência (representação empírica). Já nos *Prolegômenos* (Prol, AA 04: 280) Kant divide a exposição analítica do que tinha desenvolvido na KrV de acordo com quatro questões principais, a saber: como é possível a matemática pura; como é possível a ciência pura da natureza; como é possível a metafísica em geral e como é possível a metafísica como ciência. Desse modo, na KrV, a possibilidade da geometria é explicada via a noção kantiana de *construção* na matemática e sua relação com as intuições puras do espaço e do tempo, a possibilidade da ciência da natureza é explicada pela *teoria dos juízos* e pela *teoria da verdade* de Kant presentes na *Analítica Transcendental* enquanto a possibilidade da metafísica como ciência é investigada via exposição da dialética interna da razão com relação aos seus problemas fundamentais na *Dialética Transcendental*. Podemos perceber, portanto, que o conhecimento científico e o modo como ele opera são o ponto de partida para se explicitar a possibilidade de concordância objetiva do modo de representar, pois em relação aos seus conhecimentos não existe disputa, mas pelo contrário, há plena anuência entre seus diferentes colaboradores, algo de que a metafísica carece devido a própria natureza das questões que se coloca e aos limites naturais da razão humana¹⁴. Nesse sentido, a concordância objetiva é tomada não somente como a relação de referência entre conceitos, juízos ou proposições e o diverso oferecido na intuição, mas tem uma dimensão intersubjetiva baseada na concordância universal ou assentimento universal entre o grupo de

¹³ Robert Hanna (2001 p. 37) afirma que “*a filosofia teórica de Kant é ao mesmo tempo absolutamente lógico-semântica e absolutamente psicológica.*”

¹⁴ É claro que isso não quer dizer que não exista discordância acerca de algumas questões ou teorias em ciências aplicadas, pois a comparação entre teorias faz parte da própria atividade científica. Contudo, essa discordância na maioria das vezes pode chegar a um termo, algo que dificilmente (para não dizer nunca) ocorre em questões metafísicas.

peessoas que se propõe a investigar determinado objeto. É importante perceber que essa constitui uma dimensão pragmática do problema do conhecimento objetivo em Kant, pois ela envolve o modo como as diferentes razões particulares se posicionam em relação ao objeto de investigação, como no caso de um *uso polêmico* da razão (KrV B 767). Desse modo, o mero assentimento do senso comum não garante a validade objetiva de um conhecimento (Prol, AA 04: 259) mas sim as diferentes razões particulares compartilham de um conjunto de regras aplicáveis a qualquer exemplar particular de razão humana e por essa via tornam-se intersubjetivas. Teremos a oportunidade, mais adiante, de investigar com mais detalhes o modo como se constitui o assentimento em Kant, de modo que a terceira crítica (KU) nos fornecerá o ambiente para tal realização, pois, como veremos, os juízos de gosto exemplificam claramente a necessidade de anuência¹⁵ para a obtenção da concordância objetiva de um conhecimento. Por enquanto, interessa-nos deixar clara a relação que Kant teve com as ciências de sua época e de que modo isso se reflete na constituição de sua obra.

A concepção kantiana de conhecimento objetivo leva em consideração, como dissemos, o insucesso da metafísica em responder satisfatoriamente as questões a que se propõe, algo que não ocorre com a ciência da natureza (física newtoniana). Deus, liberdade e imortalidade constituem as três ideias centrais para as quais se volta a metafísica (B 395), as quais decorrem da aspiração natural (B 354) da razão humana em alcançar a totalidade da série das condições dos objetos do conhecimento humano, e para as quais a razão não é capaz de dar uma resposta cabal. A ciência, pelo contrário, se ocupa dos objetos materiais e está sempre fundamentada em intuições empíricas (B 820), de modo que a ela nunca falta a pedra de toque da experiência para a confirmação ou não de suas asserções. Assim, a questão principal acerca da necessidade de se operar uma revolução na metafísica diz respeito à ausência do caráter de unanimidade entre os diferentes colaboradores (B VII), os quais cada um ao seu modo propõem teorias para explicar a natureza de cada uma daquelas ideias¹⁶, de modo que a razão não pode escolher qual dentre os sistemas concorrentes constitui a teoria definitiva acerca daquela ideia. A pergunta que surge naturalmente da observação anterior é a seguinte: como podemos obter em metafísica uma unanimidade tal qual a que pode ser obtida nas ciências? Como dissemos logo acima, a razão não pode prescindir dessas questões, pois elas fazem parte do próprio *modus operandi* da razão, que consiste basicamente em determinar a totalidade da série das condições de qualquer

¹⁵ Existe uma dimensão prática da objetividade, exemplificada, por exemplo, na necessidade de que se faça um *uso legítimo* da razão (KrV A 84) o qual com a crítica dispõe de um *tribunal* (KrV A XII, B 529, B 767, B 779) para decidir acerca da legitimidade das questões e assim obter unidade de pensamento.

¹⁶ Kant chega a comparar o domínio das investigações metafísicas a um “terreiro de luta” (B XV).

condicionado. Contudo, ao invés de erigir um novo sistema metafísico particular, a Dialética Transcendental se propõe avaliar “*se este princípio, segundo o qual a série das condições se estende até o incondicionado[...] tem ou não valor objetivo*” (B 365), isto é, ao invés de se arriscar numa tentativa de determinação metafísica da própria natureza do objeto, a crítica impõe a restrição, totalmente baseada no modelo científico, de que só podemos conhecer *a priori* objetos de uma experiência possível (B 166 / Prol, AA 04: 350. 19-21). Em que consiste propriamente, então, essa alteração do método da metafísica? Ela consiste na própria KrV, como podemos ler na seguinte passagem:

Assim, a crítica, e só ela, contém em si o inteiro plano bem experimentado e comprovado e, mais ainda, todos os **meios de execução pelos quais a metafísica pode ser estabelecida como ciência**, o que será impossível por outros meios e caminhos (Prol, AA 04: 365. 21-24. Ênfase minha.)

A busca por uma teoria geral do conhecimento objetivo não se restringiu somente a uma alteração do método da metafísica a fim de torná-la científica, mas se estendeu a diversos outros domínios do conhecimento. Alguns historiadores da geografia apontam Kant como um dos pioneiros na fundamentação desse domínio do conhecimento como disciplina acadêmica autônoma¹⁷, ainda que, é claro, a cartografia e a geografia descritiva tenham se desenvolvido desde a antiguidade. No *Plano e anúncio de um curso de Geografia Física* (1757) Kant fala em três pontos de partida possíveis para o estudo da Terra: o matemático, que trata sobre o formato e tamanho do planeta e as considerações que daí derivam; o político, que trata dos povos e das diferentes comunidades de acordo com os diferentes modos de governo; e a geografia física que leva em consideração o estudo das características naturais do globo, como os mares, terras secas, montanhas, a atmosfera, etc., apontando que nenhuma delas é dada com completude e precisão filosófica, mas como “arrazoados oriundos da curiosidade de um viajante” (EACG, AA 02: 3-4). Não nos parece absurdo afirmar que Kant também almejou alcançar os fundamentos da objetividade de nossos saberes práticos. Na GMS Kant deixa explícita a necessidade de se operar uma separação entre a antropologia e a filosofia moral (GMS, AA 04: 389-390), a fim de investigar em um domínio particular “*a fonte dos princípios práticos que estão em nossa razão*” apartados de qualquer fonte empírica e dar fim à confusão oriunda dessa mistura indevida. É o que também parece acontecer na KU, quando o filósofo investiga o fundamento da complacência do belo nos juízos de gosto como conformidade a fins objetiva (KU, AA 05: 44). Parece-nos, portanto, ser possível a leitura de que, sobretudo no período

¹⁷ Veja, por exemplo Holt-Jensen em *Geography, History and Concepts: A Student's Guide* (2009, p. 72-74). Veja também Paul Claval em *História da Geografia* (2006 p. 54-55). Para mais detalhes veja a Bibliografia.

crítico, Kant tenha almejado fundamentar a objetividade dos saberes humanos em seus domínios teórico, prático e estético, assim como pode também ser observado em vários textos do período pré-crítico. O *sapere aude* se apresenta, portanto, como uma reivindicação geral latente em toda a filosofia kantiana, como uma reivindicação de objetividade, isto é, de que os saberes sejam publicamente avaliados sem a interferência da influência de escolas ou instituições particulares, mas somente por seu valor enquanto teoria, ou seja, sua capacidade de descrição efetiva dos objetos a que se propõe investigar. A *publicidade* dos saberes racionais é, portanto, marca fundamental de um conhecimento objetivo de modo que a submissão dos juízos ao crivo de outras cognições é requisito necessário para alcançar tal patamar.

A centralidade da metafísica nesse projeto de fundamentar a objetividade de diversos domínios dos saberes humanos se deve ao modo como o filósofo entendia a divisão do conhecimento humano e o lugar do saber científico nessa divisão. A filosofia é entendida como “legislação da razão humana” (B 868) e se ocupa de dois objetos principais, quais sejam, a natureza (a totalidade do que é) e a liberdade (a necessidade do que *deve* ser), de modo que ou se trata de um conhecimento pela razão pura ou um conhecimento obtido por meio da experiência, pela qual se chega a princípios empíricos. O conhecimento pela razão pura só é científico caso seja sistemático, isto é, caso seja convertido de um simples agregado a uma unidade sistemática para a qual todas as diferentes partes do conhecimento corroboram a uma mesma finalidade, para a qual a razão “esboça o plano *a priori*” (B 860). Esse conhecimento derivado da razão pura encadeado sistematicamente, ou *sistema da razão pura* (o qual Kant chama ciência) é a própria metafísica, ou seja, Kant entende esse domínio do saber como aquele que engloba todo o conhecimento filosófico do homem, que em última instância é a totalidade dos conhecimentos dos quais o homem é capaz. Isso não significa, é claro, que qualquer conhecimento organizado segundo regras lógicas que garantem a sua validade formal seja científico, pois é possível a criação de um sistema metafísico logicamente organizado que não tenha nenhuma referência na experiência possível. O conhecimento científico ou filosofia da natureza é então um subconjunto do conjunto que engloba a totalidade dos conhecimentos do homem, para o qual a metafísica também deve fornecer seus princípios mais gerais, isto é, não-aplicados, aos domínios particulares para os quais seus princípios particulares se reportam. Desse modo, o projeto de tornar a metafísica uma ciência tem por pano de fundo fundamentar as ciências de maneira metafísica. Essa intenção é claramente esboçada nos MAN (AA 04: 5.8), onde Kant afirma que toda ciência genuína necessita de uma parte pura, devido ao fato de que ciência genuína é aquela em que a totalidade do conhecimento sistemático nela existente forem

leis da natureza as quais podem ser conhecidas de maneira *a priori*. Kant entendia também que todo cientista se valia de princípios metafísicos, ainda que de maneira inconsciente, pois a metafísica “contém as puras ações do pensar” (MAN AA 04: 13.14), isto é, faz parte do próprio modo como a razão opera no conhecimento de coisas, ou seja, a própria atividade científica pressupõe em si o uso de determinados princípios que, para o filósofo, são eminentemente metafísicos:

[...] **Pelo que esses físicos matemáticos não puderam prescindir dos princípios metafísicos** e, entre estes, também daqueles que tornam o conceito do seu objeto próprio, a matéria, suscetível de aplicação *a priori* à experiência externa, como o conceito de movimento, de preenchimento do espaço, da inércia, etc. (MAN AA 04: 13. Ênfase minha.)

Percebe-se assim que, de maneira geral, a teoria kantiana do conhecimento objetivo se consolida via renovação do método da metafísica baseando-se no método científico moderno, ao mesmo tempo que fundamenta o método científico por via dessa metafísica renovada. É importante ressaltar que a dimensão subjetiva do conhecimento humano é o principal fator de discórdia entre as diferentes escolas e do insucesso da metafísica em alcançar o ponto de concordância entre diferentes colaboradores, de modo que o caráter de crença inerente ao nosso modo de conhecer cumpre um papel fundamental para alcançar a objetividade no conhecimento de coisas. Segundo Kant (B 848), existe uma diferença entre crença subjetiva e crença objetiva que consiste basicamente numa diferença entre *persuasão* e *convicção*. Persuadir significa querer tornar o princípio que orienta a crença subjetiva, objetivo, de modo que a comunicação da crença (a consideração de que é verdadeira) não é possível na persuasão, contrariamente à convicção, na qual o juízo apresenta-se com objetividade suficiente para ser válido para todos os envolvidos na comunicação. O fator de distinção entre uma crença objetiva e uma subjetiva é dado externamente, isto é, pela referenciação do juízo a uma experiência, a única instância capaz de decidir acerca da validade dos juízos diante da diversidade dos sujeitos. Não obstante, é possível ainda que um sujeito esteja convicto de sua crença, ainda que ela não passe de uma persuasão, conquanto o sujeito não queira que essa crença adquira validade comunitária. Note que existe aqui uma dimensão psicológica da crença, pois esta envolve o modo como o sujeito de conhecimento se posiciona em relação a ela: quando o sujeito emite uma *opinião* ele está consciente de que sua crença é insuficiente tanto objetiva quanto subjetivamente; quando o sujeito tem *fé* sobre a crença que adota ela é subjetivamente suficiente e objetivamente insuficiente; no entanto, quando o sujeito *sabe* que sua crença é válida objetivamente, pois dispõe dos meios para prová-la tanto para si quanto para a comunidade, ela é então *ciência*, ou seja, crença suficiente tanto do ponto de vista objetivo quanto do ponto de vista subjetivo, e

pode se dizer que se tem certeza dela (B 850). É preciso, portanto, que os sujeitos estejam *dispostos* a colaborar com a busca por uma dimensão objetiva do conhecimento, pois é possível que o sujeito se agarre teimosamente a uma opinião de modo que nada pode ser feito para convencê-lo do contrário (B 853). Um dos principais fatores responsáveis pelo insucesso da metafísica tradicional consiste, portanto, numa dimensão corporativista da crença, isto é, a defesa injustificada de determinadas crenças ou teorias simplesmente em nome da tradição em detrimento daquilo que pode ser provado por meio da experiência, contrariamente ao que ocorre nas ciências. Como a metafísica pretende se ocupar de objetos de investigação que não podem ser dados numa experiência, ela deve se limitar à investigação dos princípios ou pressupostos para que o conhecimento objetivo e os conhecimentos a que pretende sejam possíveis, e não mais como a disciplina que tenta explicar o que sejam aqueles objetos em si¹⁸, ou como afirmou Loparic (2002 p. 11): “A crítica deve ser vista como sendo, de direito, uma disciplina metafísica; na verdade, como metafísica da metafísica.” Esboça-se assim o plano geral de uma teoria do conhecimento objetivo ou científico na filosofia kantiana, a qual, guardadas certas especificidades, buscou apresentar para os diferentes domínios do conhecimento humano as condições para se alcançar o “caminho seguro de uma ciência” tanto no que respeita a seu método quanto em relação a questões práticas como a concordância definitiva entre os pares. É claro que essa visão kantiana acerca de uma suposta importância indispensável das questões metafísicas para o conhecimento humano tem suas origens culturais na filosofia antiga dos gregos, sobretudo Aristóteles, de modo que a teoria do conhecimento de Kant tem que lidar com as implicações em se assumir tal posição.

Para os fins a que nos propomos mais adiante, convém destacar ainda que a definição kantiana de conhecimento científico ou objetivo gira em torno da sua amplamente conhecida teoria dos juízos (KrV B 1-30). Existe, para o filósofo, uma diferença com relação à origem dos juízos de acordo com o conteúdo por eles expressado, isto é, existem juízos *a priori* e *a posteriori*. Juízos *a priori* se diferenciam dos *a posteriori*, segundo Kant, pelo fato de serem os primeiros absolutamente independentes da experiência, enquanto os outros, pela própria definição do conceito, contêm conteúdo extraído da experiência. Portanto, existe a possibilidade de que juízos *a priori* se refiram à experiência ou não, e no caso negativo esses juízos são chamados *puros*. Kant acrescenta ainda à sua teoria dos juízos a característica de *analiticidade* (quando a relação sujeito-predicado é de implicitude ou identidade) e

¹⁸ Veja KrV A 247.

sinteticidade (quando a relação entre sujeito e predicado não é de identidade e é ampliativa). Aos conhecimentos científicos Kant atribuiu uma classe especial de juízos, quais sejam, os *sintéticos a priori*, os quais se referem à experiência de maneira necessária, diferentemente dos *sintéticos a posteriori* que só podem se referir à experiência de maneira contingente. A característica essencial de um juízo sintético *a priori* é sua capacidade de generalizar os casos particulares da experiência mesmo na ausência dessa. Kant notou que juízos dessa natureza são capazes de *adiantar* a experiência (caso se refiram a uma experiência possível) em muitos de seus aspectos, bastando para os exemplificar qualquer princípio da mecânica newtoniana, como as três leis da dinâmica. A pergunta principal da KrV, qual seja, como são possíveis juízos sintéticos *a priori*, deve determinar, portanto, ao mesmo tempo a possibilidade de se obter conhecimento científico nas diferentes áreas particulares como também determinar o alcance da razão em sua pretensão de conhecer algo da natureza antes que nos seja dado. A classe dos *juízos sintéticos a priori puros* consiste naqueles a partir dos quais é possível explicar a possibilidade de outros conhecimentos *a priori*, como os presentes na própria filosofia transcendental de Kant. O modo como Kant articulou as relações de referência e validação dessa teoria dos juízos é tratada adiante mais detalhadamente, pois é a principal aposta de Kant na sua explicação da possibilidade do conhecimento científico e igualmente um dos pontos mais problemáticos de sua obra principal.

Do que dissemos até aqui, evidenciam-se algumas constatações as quais são importantes que mantenhamos no nosso horizonte de investigação: 1) A teoria do conhecimento objetivo de Kant toma o modelo científico de conhecimento como modelo de validade objetiva; 2) Essa teoria leva em consideração a constituição da cognição humana em geral no que diz respeito às suas regras operacionais; 3) É possível afirmar, portanto, que existe tanto uma teoria do conhecimento científico quanto uma teoria da cognição humana envolvidas na investigação kantiana¹⁹. 4) Tal investigação dá a oportunidade para se avaliar o alcance da razão em determinado domínio de seus objetos de especulação, estabelecendo um tribunal que julga todas as disputas envolvidas nesse âmbito (KrV B 779) e o separa dos conhecimentos efetivos da razão, isto é, os que não se encontram sob disputa. Importa, portanto, para deixar claro o primeiro ponto, evidenciar o que propriamente consiste num “modelo científico de

¹⁹ Aqui, mais uma vez, Kant se enquadra em um movimento que pode ser atribuído à modernidade como um todo. E. Cassirer afirma (1992 p. 46), com respeito a essa relação entre paradigma científico e teorias epistemológicas modernas que “a ciência da natureza não é meramente o movimento do pensamento que se aplica ao mundo dos objetos, mas também o meio onde o espírito adquire o autoconhecimento.” Assim, para Kant, um estudo acerca das condições de possibilidade do conhecimento científico envolve também um estudo do modo constitutivo da cognição humana em seu conhecimento de si mesma e dos objetos.

conhecimento”, isto é, quais são os pressupostos para que um saber qualquer seja assim considerado. Com relação ao segundo ponto, deve-se investigar a teoria das faculdades de Kant, isto é, como ele as enumera e qual a sua contribuição para a totalidade do conhecimento. O terceiro ponto, por sua vez, apresenta a dificuldade de como identificar de maneira geral o programa crítico de Kant, isto é, trata-se de uma teoria do conhecimento científico dotada de regras lógico-formais de um lado, e de outro uma teoria da mente ou psicologia transcendental? Como é possível compatibilizar essas duas intenções teóricas? A quarta finalmente diz respeito ao resultado negativo da KrV e ao método que qualquer metafísica que reivindique às suas afirmações o caráter de cientificidade deve seguir para alcançar seu objetivo de conhecimento. Em torno desse horizonte investigativo se situa, de maneira geral, a intenção teórica de Kant:

A tarefa desta crítica da razão especulativa consiste neste ensaio de alterar o método que a metafísica até agora seguiu, operando assim nela uma revolução completa, **segundo o exemplo dos geômetras e dos físicos.** (KrV, B XXI. Ênfase minha.)

É claro, portanto, que o paradigma científico moderno foi de fundamental importância para o modo como Kant pensou a objetividade do conhecimento humano de coisas. A referência à experiência como instância final de decisão acerca de questões disputadas parece ser uma das principais características incorporadas por Kant em sua teoria do conhecimento, ainda que o filósofo seja reticente com relação a uma posição empirista radical, pois esta pode conduzir ao ceticismo em relação à possibilidade de conhecimento *a priori*, tal como o famoso problema da indução apresentado por David Hume culminou nesse posicionamento (KrV B 792). Assim, a experiência assume esse ponto privilegiado de avaliação da objetividade dos conhecimentos, mas não constitui a fonte do conhecimento científico. O problema, segundo Kant, está na origem do conhecimento científico, a qual não pode ser relegada à experiência, posição que decorre da interpretação de Kant acerca das relações lógicas de *universalidade*, *necessidade* e *contingência*. Qualquer afirmação acerca da experiência (sobretudo a futura) é contingente, dado que não existe contradição lógica em admitir a possibilidade de que algo diverso do que é afirmado ocorra. Contudo, isso não nos autoriza a derivar daí a impossibilidade de conhecimento universal e necessário acerca da experiência, posto que a ciência da natureza newtoniana foi capaz de tal feito. A matemática pura também é capaz de alcançar necessidade e universalidade para suas afirmações de maneira totalmente *a priori*, ou seja, sem o auxílio de uma experiência, portanto, deve existir uma instância do conhecimento humano que não se origina da experiência, pois, caso se admita o contrário, não se pode explicar a possibilidade desse tipo de conhecimento. Essa origem *a priori* do conhecimento objetivo está intimamente relacionada com a teoria kantiana da sensibilidade e do entendimento e o modo como ocorre a

interação entre essas duas faculdades nas operações da cognição humana em busca de conhecer algo acerca da natureza. Passaremos, portanto, a analisar mais detalhadamente nos próximos tópicos de que modo ocorre essa interação na explicação kantiana da possibilidade das ciências particulares.

1.2. Geometria euclidiana e a teoria kantiana da sensibilidade

A marca distintiva de um conhecimento científico consiste, além da referenciação de suas proposições à experiência, na presença de juízos sintéticos *a priori* em suas constatações, isto é, juízos ampliativos, sem origem na experiência e cuja união entre sujeito e predicado se dá sem que o segundo esteja “contido” ou implícito na definição do primeiro. A matemática pura, diz Kant (KrV B 15) é sintética e *a priori* por definição, pois a necessidade contida em seus juízos jamais poderia ser obtida da experiência, a qual Kant entendeu como essencialmente contingente. Sob esse ponto de vista, o número resultante de uma operação aritmética qualquer nunca pode ser obtido pela decomposição (análise) dos números que compõem a operação; como no exemplo apresentado por Kant, o número doze jamais pode ser obtido por decomposição da soma entre os números sete e cinco, ou oito mais quatro, etc.²⁰ O número que surge de uma operação aritmética é sempre algo novo, que acrescenta ao juízo algo que ele não continha antes que o procedimento se completasse, isto é, o juízo “a soma de sete mais cinco” não conteria em si implicitamente o conceito “doze”, pois “sete”, “soma” e “cinco” seriam entidades numéricas particulares que igualmente possuiriam conteúdos predicativos particulares. Essa característica de sinteticidade também se aplicaria à geometria pura, como pode se ver no mesmo trecho apontado acima, bastando para exemplificá-la a tentativa de obter por análise as figuras geométricas oriundas dos postulados e definições da geometria euclidiana, a qual sem dúvidas era o modelo científico de geometria herdado pelos modernos dos antigos matemáticos gregos. A obra *Os Elementos* de Euclides é tida como um dos primeiros tratados de matemática da história do ocidente. É claro, porém, que a matemática já era uma ferramenta utilizada tanto pelos egípcios quanto pelos babilônios e culturas orientais diversas, de modo que a obra associada a Euclides se mostrou inovadora no que diz respeito ao seu método de prova ou demonstração, e propriamente nisso ela se diferenciou da matemática que era praticada por

²⁰ Ou seja, existem diversas possibilidades de se definir o número doze, por exemplo, “a soma de sete mais cinco”, “a soma de oito mais quatro”, “a raiz quadrada de cento e quanta e quatro”, “vinte e quatro dividido por dois”, etc., mas nenhuma delas expressaria o conteúdo predicativo expressado pelo número doze.

aqueles povos²¹. A partir de definições, postulados e noções comuns, a obra dá o procedimento para a construção das figuras geométricas e resolução dos problemas apresentados, derivando dessas regras ou axiomas pré-estabelecidos as consequências que delas se seguem. Desse modo, a interpretação que Kant faz da noção de *construção* presente no método axiomático dos geômetras gregos é de central importância para se compreender como Kant fundamentou a possibilidade de aplicação da matemática seja para se determinar os objetos da experiência (na física), seja para uma descrição pura do espaço (na matemática pura).

Na *Doutrina Transcendental do Método* Kant reafirma a posição que já havia tomado no texto de 1764 com relação ao uso do método axiomático da matemática em filosofia, e tal separação de domínios é realizada por Kant pela diferenciação entre o uso puro que se faz dos conceitos tanto na matemática quanto na filosofia (em especial na metafísica)²². A matemática opera, diz Kant, por *construção de conceitos*, enquanto a filosofia apenas *por conceitos*, isto é, a partir do uso discursivo da razão, sendo que construir um conceito significa “apresentar *a priori* a intuição que lhe corresponde” (KrV B 741). O exemplo tomado por Kant é o da construção geométrica de um triângulo “mediante a qual acrescento numa intuição pura tanto como numa intuição empírica o diverso que pertence ao esquema de um triângulo em geral, por consequência ao seu conceito” (KrV B 746). O exemplo ao qual Kant alude consiste na tarefa de construir um triângulo equilátero sobre uma reta, o qual é obtido fazendo dessa reta o raio que compreende a distância entre os centros de duas circunferências²³. O que há nesse procedimento de construção geométrica que o faz apoditicamente correto e verdadeiro *a priori*, diferentemente de quando a razão faz um uso discursivo dos conceitos? O entendimento correto desse ponto de vista de Kant sobre o conhecimento geométrico envolve a doutrina kantiana da sensibilidade, onde o filósofo define também sua concepção de espaço e tempo.

Kant define *intuição* como uma relação imediata da referência entre um conhecimento e um objeto, na medida em que este nos é dado (KrV B 31). A intuição que tem por referência uma sensação (o efeito do objeto sobre nossa capacidade de representação) é denominada *intuição empírica* (KrV B 34). Puro é aquilo que não contém nada pertencente à sensação, podendo ser um conceito, um juízo, um princípio etc. Disso se segue que uma *intuição pura* é uma relação imediata de referência entre um conhecimento e uma representação que não tem

²¹ Veja, por exemplo, a Introdução de Irineu Bicudo à sua tradução de Os Elementos de Euclides (2009 p. 83), onde ele afirma que “*é a transformação do primitivo conhecimento matemático empírico de egípcios e babilônios na ciência matemática grega, dedutiva, sistemática, baseada em definições e axiomas*”.

²² Veja KrV B 754.

²³ Veja *Os Elementos* (2009 p. 99). Para a edição que estamos utilizando, vide bibliografia.

por referência uma sensação causada pelo objeto representado²⁴. Kant se recusa a dar uma origem empírica da representação geométrica, como vimos, por adotar o ponto de vista de que não se pode atribuir a característica de necessidade a conhecimentos derivados da experiência, a qual é contingente²⁵. Sob esse ponto de vista, ao determinar as definições, postulados e noções comuns, o geômetra estabeleceu já as condições para que uma proposição geométrica qualquer possa ser obtida dedutivamente, garantindo assim que qualquer procedimento de construção seja consequência necessária das leis previamente estabelecidas (mais especificamente, os postulados)²⁶. Contudo, existe também uma contraparte da experiência na garantia da necessidade das proposições geométricas, pois é preciso que se desenhe ou se trace a figura de acordo com aquelas regras previamente estabelecidas, ou seja, existe uma *espacialização* da necessidade das regras no ato da construção das figuras. Como essas regras de construção não são derivadas de uma figura particular, mas sim dão a regra para a construção de qualquer figura, infere-se daí que elas cumprem uma função *a priori*, mas a completude da relação de referência entre as proposições geométricas e os objetos que dela derivam só pode se dar quando ocorre a sua representação espacial (KrV A 163).

Como bem se sabe, Kant entendia que o conhecimento humano é obtido via ação do entendimento sobre o diverso empírico oferecido pela experiência aos nossos sentidos, ou seja, a intuição sensível (KrV B 75). Temos, portanto, de um lado, uma teoria da sensibilidade e de outro, uma teoria do entendimento ou faculdade de conhecer. A explicação das condições de possibilidade das faculdades constitui uma tarefa à qual o filósofo se dedicou em toda a sua obra principal, de modo que a sua teoria do espaço e do tempo foram concebidas conjuntamente com a sua explicação da possibilidade da sensibilidade. A concepção kantiana de espaço possui três pontos principais que integram sua posição idealista acerca da natureza do espaço: 1) ele não é um conceito empírico e, portanto, é uma representação necessária *a priori*; 2) não é um conceito discursivo; 3) é uma grandeza infinita dada. A prova do primeiro ponto se dá dedutivamente, isto é, pela constatação da necessidade de uma representação prévia do espaço para que o sujeito seja capaz de conceber algo como exterior a ele e a separação das coisas entre si como ocupando lugares distintos do espaço. Além disso, é possível conceber um espaço vazio, mas não objetos que não ocupam um lugar no espaço, ou seja, todo objeto ocupa um

²⁴ Extensão e figura são para Kant exemplos de intuições puras (B 35).

²⁵ Não resta dúvidas de que essa concepção da característica lógica de necessidade é uma reação de Kant ao “ataque cético” promovido por David Hume.

²⁶ Como afirmou Kant em KrV B 755: “A solidez da matemática repousa em definições, axiomas e demonstrações.” Note que os postulados dos *Elementos* consistem nas regras básicas para se operar com as definições.

lugar no espaço e isso faz parte da própria possibilidade de se conceber um objeto²⁷. Disso se segue que a representação do espaço não pode ser derivada da relação entre os objetos, pois é necessária uma representação prévia do espaço para que sejam pensados como tal. Essa posição já era adotada por Kant no texto de 1768, a saber, *Sobre o primeiro Fundamento da distinção das Direções no Espaço*, onde Kant apresenta uma série de argumentos baseados nas noções de simetria e direcionamento espacial contra a ideia leibniziana de que a representação do espaço seria uma ideia derivada da relação recíproca entre suas diferentes partes, mostrando que essa concepção exige previamente a noção da direção para as quais essas partes se ordenam (GUGR AA 02: 377/380/382) e igualmente na *Dissertação de 1770* onde o filósofo já tinha uma ideia formada da idealidade do espaço (MSI AA 02: § 13). O segundo ponto é provado pela assunção de que o espaço só pode ser representado como unidade, ou seja, não é um conceito universal que reúne diversas representações de espaços particulares em uma só. Essa constatação pode ser feita se pensarmos que diferentes espaços particulares nada mais são do que limitações específicas de um mesmo espaço, isto é, medidas distintas de uma unidade (MSI AA 02: 405). A prova do segundo ponto conduz imediatamente ao terceiro, a tese de que o espaço é representado como infinitamente dado, e este constitui o ponto mais importante para entender por que o filósofo defendeu a ideia de que o espaço é uma intuição pura.

Se pensarmos na determinação gradativa de espaços particulares de maneira crescente²⁸, isto é, do espaço no qual atualmente nos encontramos ao espaço que “contém” todo o universo, jamais existirá um termo para nossa representação, dado que esse todo deverá estar contido em algo maior, isto é, existe sempre a possibilidade de se pensar um espaço mais abrangente que abarca a representação anterior e essa representação infinita é que constitui aquilo que Kant chamou de *intuição pura* do espaço. Disso se segue que a natureza do espaço diz respeito ao modo como sou capaz de representá-lo, dado ser impossível ao homem uma experiência do espaço como totalidade, e é por esse motivo, a meu ver, que Kant associa a possibilidade de obtenção de juízos necessários acerca das relações espaciais à forma da sensibilidade. A intuição pura do espaço, portanto, é o que possibilita qualquer representação sensível, e a geometria tem a imediaticidade da evidência de seus juízos garantida pela relação direta com

²⁷ Aparentemente, Kant se recusa a dar uma definição qualitativa do espaço, tendência a qual estava presente já em alguns de seus antecessores modernos. Como afirmou Paolo Rossi (1992 p. 138) “o espaço vazio da geometria cartesiana e galileana, no qual todos os lugares são lugares naturais de qualquer tipo de corpo e no qual todas as coisas estão no mesmo nível de ser, colocar-se-á como alternativo ao espaço qualitativamente diferenciado e concreto dos aristotélicos.” Kant parece estar mais preocupado com a questão acerca da possibilidade de obtenção de conhecimento necessário na geometria do que com a definição de espaço propriamente dita.

²⁸ Veja, por exemplo, Friedman, M. (1992 p. 69).

essa intuição pura. Ora, se o espaço é uma intuição, ainda que pura, ele contém um diverso, isto é, um algo que se apresenta à cognição humana como um dado não empírico (puro), mas que de alguma maneira interage de forma imediata com o entendimento, devido à própria definição de intuição que apresentamos acima²⁹.

A geometria, entendida como ciência do espaço, como o domínio do conhecimento humano capaz de determinar suas propriedades de maneira objetiva, tem as condições de sua possibilidade dadas via essa interação entre espontaneidade do entendimento e intuição pura, e nisso consiste o próprio procedimento de *construção na intuição pura* ao qual Kant se refere³⁰. Tomemos como exemplo a representação lata (não rigorosa) de um triângulo e de suas propriedades. A partir das *definições e postulados* dos *Elementos* de Euclides é possível a construção de qualquer figura, tal como o triângulo equilátero a partir do centro de dois círculos iguais, bastando para isso as definições de reta e círculo e a adoção de algumas das *noções comuns*³¹. Por definição, o triângulo equilátero é uma figura geométrica delimitada por três segmentos de reta unidos por suas extremidades de modo que a soma dos ângulos internos da figura formada é igual a 180 graus. Note que tal definição é sintética *a priori*, pois é capaz de apresentar anteriormente à construção de qualquer triângulo equilátero particular as condições para que tal construção ocorra, não importa quais sejam as dimensões dos vértices, pois em nenhum momento derivou-se de uma figura já formada a origem da nova figura. Aqui, a regra que dá o conjunto de condições de construção dessa figura particular de maneira conceitual precisa se referir a alguma intuição para que a síntese do conceito na intuição seja completa. Contudo, a experiência nos mostra existirem outros tipos de triângulo que não apenas os equiláteros, portanto, essa definição de triângulo é um *esquema* que dá a regra para a construção

²⁹ Vale ressaltar que essa não é uma tentativa de definir o espaço enquanto forma pura da sensibilidade, mas sim apresentar um exemplo do que Kant estaria entendendo por “intuição pura”. É importante lembrarmos que Kant define intuição como “o modo como o sujeito se relaciona ao objeto de maneira imediata”. A partir dessa definição, percebe-se que, na determinação gradativa do espaço, o que resta é uma intuição pura do espaço como a representação de um espaço absoluto, ainda que não seja dado em si.

³⁰ O estudo de Michael Friedman (1998, p.58) sobre a concepção Kantiana de construção na intuição pura mostra que o procedimento de prova dos axiomas da geometria tal como Kant o concebia difere do modo como entendemos atualmente, de modo que tal noção “*envolve não apenas objetos espaciais, mas também objetos espaço-temporais (o movimento de pontos), explica porque intuições estão habilitadas a fornecer conhecimento a priori da (parte pura) da física.*” Nesse sentido, o procedimento de construção na intuição pura implica numa concepção diferente de axioma geométrico empregado por alguns filósofos contemporâneos como Frege e Russel. Essa noção, segundo Friedman, “*habilita Kant a dar uma fundamentação filosófica a ambas, a geometria euclidiana e a física newtoniana.*” Essa noção também aparece em Philip Kitcher (1975 p. 41).

³¹ O conjunto de regras de construção na geometria euclidiana se dividem em Axiomas, Postulados e Noções comuns, cada uma correspondendo a um conjunto particular de comandos que permitem ao geometa a construção das figuras.

de qualquer triângulo equilátero particular, oriundo de uma função do entendimento a qual o filósofo nomeou *imaginação produtiva*:

Sobre esta síntese sucessiva da imaginação produtiva na produção das figuras se funda a matemática da extensão (geometria), com seus axiomas, que exprimem as condições da intuição sensível *a priori*, únicas que permitem que se estabeleça, subordinado a elas, o esquema de um conceito puro do fenômeno externo [...] (KrV B 204. 8-13. Ênfase minha.)

A imaginação produtiva, portanto, cumpre uma função importante no procedimento de construção na intuição pura, pois ela é a faculdade responsável por determinar *a priori* a sensibilidade (KrV B 152). Esse procedimento de determinação *a priori* da sensibilidade nada mais é do que um esforço da imaginação para fornecer a um conceito a sua imagem, a qual corresponde ao esquema desse conceito. Existem triângulos isósceles, equiláteros, escalenos, obtusângulos etc., de modo que nenhuma das figuras particulares que representam esses tipos de triângulo pode ser usada como representação geral da regra de construção, do que se segue que somente a regra pode dar a universalidade da definição, e o ato de esforço da imaginação dá a indicação do conteúdo não empírico da intuição pura. Assim, a imaginação produtiva é responsável por fornecer aquilo que Kant chamou de “monograma” da imaginação pura *a priori* ou esquema da figura. O esquema nada mais é do que uma representação mediadora entre conceito e intuição sensível, dado que essas duas entidades constituintes do conhecimento possuem naturezas diferentes. O conceito confere unidade lógica ao diverso da intuição, que dá o *material* do conhecimento, daí a necessidade de uma representação mediadora que permita a aplicação desses conceitos ao diverso da experiência. Percebe-se assim que a validação apodítica dos juízos geométricos se dá pela “presença imediata *in concreto* na intuição pura” (KrV B 739) dos princípios nela presentes, isto é, eles exprimem implicitamente o caráter condicional da intuição pura do espaço e daí retiram sua objetividade e necessidade imediatas. A geometria pura, portanto, conta com a vantagem de referir-se a grandezas ou *quanta*, sem a necessidade de se referir a qualidades para a elaboração da regra, ou seja, opera de maneira absolutamente independente da experiência. Além disso e pelos mesmos motivos apontados acima, as definições matemáticas nunca podem ser falsas (KrV B 759), são por natureza axiomáticas por não precisarem do terceiro termo envolvido na ligação sintética de conceitos (a saber, um exemplo particular na experiência) bem como possuem os únicos princípios suscetíveis de demonstração no sentido rigoroso do termo (B 762). Desse modo, a noção kantiana de espaço parece cumprir com uma demanda teórica do filósofo alemão na qual elas estariam ligadas mais a uma explicação da possibilidade da geometria como ciência do que de

uma explicitação da própria natureza do espaço e do tempo em si mesmos³², o que fica evidente quando observamos que, no decorrer da *estética transcendental*, em diversas vezes Kant chama atenção para o caráter apodítico das definições geométricas.

Além da noção de construção na intuição pura, uma outra noção central para o entendimento do modo como Kant entendeu a geometria e o papel da constituição cognitiva humana para a economia dos juízos geométricos e matemáticos de maneira geral está em sua concepção de *matemática pura*, a qual tem implicações para sua concepção de *geometria pura* e aplicada. De acordo com Philip Kitcher (in C. Boyer (org.) 1992 p 111), a matemática pura incluiria a geometria, a aritmética, a álgebra, a cinemática, a mecânica pura e a análise matemática, sendo que essa concepção de matemática pura teria como pano de fundo duas assunções de base: a primeira que as verdades da matemática pura são necessárias; e a segunda que as verdades da matemática pura podem ser constatadas independentemente da experiência, apesar de não podermos vir a conhecê-las via análise puramente conceitual. A falha de Kant, segundo Philip, estaria em assumir que a matemática pura consistiria, por definição, em verdades necessárias (a partir de sua noção de analiticidade), e que ela constituiria o domínio dos saberes citados acima (a partir de sua noção de sinteticidade *a priori*), isto é, que as verdades da matemática seriam de natureza não analítica. De fato, Kant assume que os juízos da matemática são todos sintéticos, mas é preciso que tomemos cuidado ao se pensar a distinção entre matemática pura e aplicada em sua relação com as noções de analiticidade e sinteticidade.

A meu ver, dificilmente se pode afirmar que a cinemática e a mecânica pura pertenceriam ao domínio da matemática pura. Friedman nos alerta para a diferença entre a nossa distinção contemporânea entre geometria pura e aplicada, pautada na lógica pós-fregeana, e aquela kantiana na qual a noção da lógica como ciência particular diferia totalmente daquela adotada atualmente, de modo que a crítica contemporânea acerca de uma possível confusão entre geometria pura e aplicada supostamente efetivada por Kant se pautaria em que a lógica pura seria de caráter puramente lógico-formal, e que não haveria nenhuma relação como uma intuição espacial tal como asseverava Kant. Nesse sentido, Friedman afirma (1992 p. 66) que “[...] nós devemos notar que nossa distinção moderna entre geometria pura e aplicada, entre um sistema formal não interpretado e um sistema que faz tal sistema verdadeiro, não se aplica aqui.” Do ponto de vista da lógica pós-fregeana, portanto, a crítica à noção de analiticidade

³² Philip Kitcher (in C. Boyer (org.) 1992 p. 110) o principal objetivo de Kant com relação à sua fundamentação transcendental da matemática “era revelar a natureza das proposições das disciplinas e a natureza do nosso conhecimento dessas proposições”. Seguindo essa linha de raciocínio, acreditamos que o principal interesse de Kant não estivesse voltado propriamente para uma tentativa de definição física do conceito de espaço.

kantiana e sua aplicação para a geometria pura não pode se colocar sem que se caia numa espécie de anacronismo. Contudo, como teremos a oportunidade de estudar mais adiante, o surgimento de novas geometrias não euclidianas e a concepção de espaço-tempo trazida pela teoria da relatividade se apresentam como modificações teóricas muito mais contundentes em relação ao sistema kantiano³³.

1.3. Cálculo diferencial, física newtoniana e os *Princípios Puros do Entendimento*

O procedimento de construção na intuição pura, a partir do qual Kant fundamentou a necessidade e a universalidade da geometria, entendida como ciência das propriedades do espaço, é também um fator importante que orienta a análise epistemológica da aplicação da matemática à experiência de maneira geral, com a única diferença de que, no caso da física, o resultado dessa operação se dirige aos fenômenos empiricamente determinados, isto é, a intuições empíricas. Em ambos os casos, contudo, o principal fator distintivo da geometria e da física como conhecimentos objetivos, isto é, ciências genuínas, está na capacidade de ambas em *adiantar* a experiência, ou seja, na explicação da possibilidade de *previsibilidade* desses domínios do conhecimento humano (B 209). É justamente isso que faz um juízo sintético *a priori* um tipo peculiar de juízo presente nessas ciências: ele dá, de maneira necessária, a regra de construção na intuição de qualquer figura ou relação espacial particular que venha a ser construída, na geometria, e dá a regra de determinação de fenômenos particulares que venham a acontecer igualmente de maneira necessária na física. É óbvio que qualquer triângulo ou qualquer que seja a figura geométrica particular só pode existir de maneira efetiva (ser apresentada na intuição) segundo as regras que determinam *a priori* suas propriedades, como número de lados, ângulos internos etc.; mas que um evento físico particular futuro deva acontecer segundo uma regra estabelecida igualmente *a priori* por um cientista não parece ser uma conclusão à qual se chega com o mesmo grau de evidência. É por esse motivo que a principal questão abordada pela KrV se volta para a explicação da possibilidade desse tipo de juízo, cujo resultado ajuda também a compreender como é possível que a física newtoniana tenha apresentado resultados tão efetivos no adiantamento dos fenômenos.

A resposta à questão *como são possíveis juízos sintéticos a priori* envolve também a explicação da possibilidade de aplicação da matemática à experiência, pois somente pelo uso da matemática pode o cientista determinar com objetividade os fenômenos para os quais dirige

³³ Veja, por exemplo, a crítica apresentada por Stephan Körner (in Parrini, P. 1994 p. 78)

seus estudos (MAN AA 04: 7/8). O primeiro ponto é extraído da teoria da sensibilidade: os fenômenos só podem nos ser dados caso sejam espaço-temporalmente determinados. Essas duas grandezas possuem a propriedade de serem representações infinitas, portanto, qualquer fenômeno particular é já uma *limitação* do espaço em um intervalo de tempo particular. De acordo com a teoria do conhecimento de Kant, tudo se passa como se na ausência de um aparato cognitivo humano as intuições fossem um amontoado desordenado, disforme, de dados empíricos aos quais Kant se referiu algumas vezes como “algo indeterminado = x”. Estando o aparato cognitivo humano em contato com esse diverso indeterminado, ele o determina, ou informa, segundo regras fixas (categorias e formas puras da intuição) sem as quais seria impossível conceber um “algo” como objeto. Os próprios fenômenos, portanto, podem ser vistos como limitações finitas dessas intuições puras infinitas que são sua condição formal (B 206). Objetos particulares se distinguem uns dos outros justamente por estarem separados por limites espaço-temporais que determinam o lugar que cada objeto particular ocupa. O segundo ponto consiste, portanto, na explicação do modo como ocorre essa limitação, por parte do entendimento, das intuições infinitas do espaço e do tempo. Vimos que o esquematismo consiste num procedimento da imaginação produtiva para fornecer a um conceito a sua imagem, e que o esquema daí proveniente é uma representação mediadora que permite a aplicação homogênea dos conceitos às intuições. O tempo é o esquema dos conceitos puros, e por esse motivo é tomado por Kant como uma representação mediadora universal. O conceito de limite aparece como um fator fundamental da explicação da possibilidade de aplicação da matemática à experiência na exposição da relação entre tempo como esquema universal e a categoria de *realidade*. A diferença entre o real e o irreal (negação) consiste no quanto uma sensação “*preenche o tempo*”:

Ora, **toda a sensação possui um grau** ou quantidade pela qual pode preencher mais ou menos o mesmo tempo, isto é, o sentido interno, com respeito à mesma representação de um objeto, até se reduzir a nada (=0=*negatio*). **Há pois uma relação e um encadeamento, ou antes, uma passagem da realidade para a negação, pela qual toda a realidade é susceptível de representação como quantum**, e o esquema de uma realidade como quantidade de algo, na medida em que esse algo preenche o tempo, é precisamente essa contínua e uniforme produção da realidade no tempo, em que se desce, no tempo, da sensação que tem determinado grau, até o seu desaparecimento ou se sobe, gradualmente da negação da sensação até à sua quantidade. (KrV B 183. Ênfase minha.)

Sob esse ponto de vista, é possível concebermos a realidade de um fenômeno como potencialmente infinita numa série gradual que vai tanto na direção do infinitamente real quanto do infinitamente irreal (negação), isto é, existiria uma espécie de *intensidade* da realidade que varia de acordo com o *quanto* de sensação preenche o tempo. De fato, se pensarmos na

degradação de um material qualquer com o passar do tempo, caso pudéssemos acompanhar todo o processo, o veríamos desaparecer lentamente. Por exemplo, um cubo de gelo que derrete ao sol passa ao estado líquido e depois ao gasoso, de modo que em algum momento no tempo o objeto original não será “nada” para mim, ainda é claro, que tenha se tornado água no estado gasoso. O fato é que a sensação que caracterizava o objeto inicial já não existe mais, ou seja, já não preenche o tempo com a mesma intensidade de outrora, sendo que o meio do processo caracteriza bem essa graduação a qual Kant se refere. Note que, nesse exemplo que apresentamos, no meio do processo havia uma pequena poça d’água já em vias de evaporar e uma pedra de gelo menor que a original em vias de derretimento, ou seja, existe nesse fenômeno uma série infinita de graus de realidade entre os diferentes estados na qual só é possível fazer a distinção entre os diferentes estados particulares caso os pensemos como limitações dessa série infinita. O ponto principal aqui é que em algum momento do tempo o dado empírico do fenômeno já não estará mais disponível para a minha apreensão, pois ignoro o que possa ter ocorrido com aquela água no estado gasoso, isto é, não está ao alcance da minha sensibilidade saber. Isso quer dizer que existe um *limite* para a realidade dos fenômenos que é dado pelos limites da capacidade do próprio aparato cognitivo humano. Sabendo que o tempo é o esquema de todos os conceitos puros do entendimento, e que, conjuntamente com o espaço, consiste em uma representação infinita, é fácil inferir das constatações acima que a realidade dos fenômenos está submetida à mesma infinitude dessas condições puras da sensibilidade e que fenômenos particulares são *limitações* dessa infinitude.

A possibilidade de limitação de um fenômeno, que nada mais é do que o ato de o determinar segundo regras, assenta na possibilidade de quantificação dele, isto é, qualquer fenômeno dado na intuição é passível de ser determinado como grandeza, pois como tem intuições puras como sua condição de possibilidade, qualquer apreensão sua é já uma síntese do diverso que tem sua condição sensível dada pelas formas puras da sensibilidade, o espaço e o tempo. Nisso consiste o que Kant chamou o primeiro entre os *princípios puros do entendimento*, sob os quais o filósofo fundamentou a possibilidade de aplicação objetiva dos conceitos puros do entendimento em juízos sintéticos *a priori* à experiência, qual seja, *todas as intuições são grandezas extensivas* (B 203). Uma vez que qualquer fenômeno só pode ser dado espaço-temporalmente, ele deverá já ser intuído como algo extenso, portanto, composto de partes as quais são apreendidas como um todo mediante a síntese operada pela imaginação produtiva. Portanto, faz sentido afirmar que, de fato, fenômenos são limitações, ou se quisermos, partes discretas da intuição pura espaço-temporal obtidas pela ação do entendimento

sobre o diverso das formas puras. Sendo as intuições grandezas extensivas, não é difícil perceber que são passíveis de quantificação e, portanto, de aplicação objetiva da matemática em seus juízos sintéticos e por esse motivo os juízos da geometria são apoditicamente verdadeiros. Além dessa característica formal intrínseca aos fenômenos, derivada das intuições puras, os fenômenos possuem também *materialidade*, isto é, preenchem o espaço e o tempo como matéria, e não meramente como dados puros. Essa materialidade dos fenômenos dá o diverso do qual derivam as sensações experimentadas pelo aparato cognitivo humano, ou seja, correspondem ao que há de *real* nos fenômenos. Como vimos acima, o real possui uma *intensidade* que vai da ausência total de sensação até a grandeza que se lhe queira atribuir. Desse modo, se existe uma gradação que dá as diferentes intensidades daquilo que na sensação corresponde ao real no fenômeno, então qualquer apreensão particular “fixa” de um fenômeno, isto é, quando ele é apreendido em um instante particular, é um *limite* que “recorta”, por assim dizer, o fenômeno discreto da infinidade de graus que se estendem *ad infinitum*.

Mas, toda a sensação é susceptível de decréscimo, de modo que pode diminuir e gradualmente desvanecer-se. Assim, pois, **entre a realidade no fenômeno e a negação há uma cadeia contínua de muitas sensações intermediárias possíveis, separadas por um intervalo sempre menor do que a diferença entre a sensação dada e o zero ou a negação total.** (KrV B 210. 1-7. Ênfase minha.)

Essa noção de limite e de grandezas infinitas utilizada por Kant guarda uma peculiar semelhança com o modo como esses conceitos são utilizados na matemática, sobretudo no cálculo diferencial e integral, ainda que o conceito matemático de limite tenha sido formalizado somente no século XIX³⁴. Contudo, como veremos a seguir, a noção principal expressada por tais conceitos é a mesma oriunda do desenvolvimento dessa técnica por Leibniz e Newton no século XVII. A história do desenvolvimento do cálculo diferencial pode ser vista como intimamente relacionada com a longa história do desenvolvimento da matemática como um todo, desde a sua origem grega³⁵. Isto porque alguns dos problemas os quais o desenvolvimento do cálculo permitiu responder remontam à antiguidade, sobretudo, como veremos, a relação entre geometria e álgebra que o teorema fundamental do cálculo expressa de maneira simbólica, o qual proporcionou um intercâmbio entre essas duas partes da matemática de maneira ainda mais abrangente do que a geometria analítica desenvolvida por Descartes no século XVII. Existe entre os próprios historiadores da ciência e da matemática uma falta de consenso no que

³⁴ Veja, por exemplo, Michael Friedman (1998 p. 72)

³⁵ Como aponta Carl Boyer (1959 p. 4): “O cálculo tem sua origem nas dificuldades lógicas encontradas pelos antigos matemáticos gregos em sua tentativa de expressar suas ideias intuitivas sobre as razões ou proporcionalidade entre linhas, as quais eles vagamente reconheceram como contínuas, em termos de números os quais viam como discretos.” (tradução minha).

diz respeito a quem teria exatamente desenvolvido o Cálculo em sua forma mais fundamental, se Newton ou Leibniz³⁶. Contudo, como nos mostra Carl Boyer (1959 p. 187), é preciso lembrar que atribuir o desenvolvimento do Cálculo a um ou dois homens não é o caminho mais adequado para entender a história desse desenvolvimento, assim como a geometria analítica de Fermat e de Descartes não é produto da invenção de um só matemático. Assim, a respeito de tal controvérsia, Carl Boyer afirma que “os desenvolvimentos geométricos que levaram ao cálculo fluxional de Newton não foram essencialmente outros do que aqueles que apontavam o caminho para o cálculo diferencial de Leibniz”. É necessário ressaltar que o reconhecimento da originalidade teórica desses dois grandes matemáticos se deve ao estabelecimento de algoritmos ou fórmulas que, guardada a diferença de notação que a teoria sofreu nos séculos seguintes³⁷, são sem dúvida a origem do modo como hoje é ensinado e aplicado o cálculo nas escolas. Um outro fator que deve ser ressaltado é que, como aponta Tatiana Roque, o desenvolvimento do cálculo não teria se dado em ambiente exclusivamente matemático, de modo que “*durante os séculos XVI e XVIII os métodos infinitesimais se incluíam em um domínio amplo que incluía não só a matemática, mas também a filosofia e a física*”. Para além da controvérsia Newton-Leibniz, de qualquer modo, percebe-se que o uso dos métodos infinitesimais (como o método das fluxões de Newton, isto é, derivadas em relação ao tempo) constitui um fator comum na elaboração individual do cálculo.

Diante da magnitude da história desse desenvolvimento e a fim de restringir nossa abordagem ao tema que estamos propondo, a principal característica que queremos destacar aqui é a noção de *quantidade infinitesimal*, isto é, a ideia de uma quantidade que é sempre maior que zero e menor do que qualquer número real, ou seja, está mais próximo de zero que qualquer número pertencente ao conjunto dos reais, e que nunca é igual a zero, presente na elaboração da teoria. Como veremos, a noção de *limite*, introduzida posteriormente por Bolzano, nos permite expressar essa quantidade infinitesimal a partir de um número real, noção a qual será de importância basilar para o desenvolvimento do Cálculo. Essa quantidade é muito útil como ferramenta de determinação de fenômenos que envolvem *variação*, os quais compõem uma parcela muito significativa dos fenômenos determinados pela cognição humana, daí a sua relevância epistemológica fundamental. De maneira semelhante, as noções de *continuidade* e *descontinuidade* cumprem um papel central no desenvolvimento do cálculo e igualmente

³⁶ Confira, por exemplo, A. Rupert Hall (1980).

³⁷ Como nos mostra Carl Boyer (1959 p. 268), somente no século XIX, com Bernhard Bolzano, o cálculo ganha uma primeira formulação mais rigorosa e sistemática dos seus conceitos fundamentais.

representam noções as quais se voltou Kant na elaboração de sua teoria do conhecimento matemático e científico. É preciso, contudo, que estejamos atentos ao fato de que o que hoje se entende por Cálculo Diferencial e Integral é produto de um desenvolvimento formal que se deu posteriormente a Kant, de modo que nos valeremos da expressão formal utilizada atualmente, mas que carrega consigo as intenções essenciais oriundas de seus fundadores. Existem dois problemas que caracterizam bem o fio condutor que norteou as investigações dos matemáticos de maneira independente, os quais são bastante úteis para ilustrar a característica que queremos destacar para os fins da presente investigação, quais sejam, dar a inclinação da reta tangente ao gráfico de uma função e calcular áreas sobre os gráficos de funções.

O equivalente algébrico do primeiro desses problemas pode ser descrito da seguinte forma: dada uma função ' f ' definida em um subconjunto dos números reais, é possível encontrar o valor dessa função num ponto $x = a$, ainda que esse ponto não pertença ao domínio dessa função? Por exemplo, dada a função $f(x) = \frac{2x^2 - 6x + 4}{2 - x}$, percebe-se claramente que a função não está definida para o ponto $x = 2$, pois para esse número a função assume um valor absurdo, uma indeterminação do tipo zero dividido por zero, ou seja, $x = 2$ não pertence ao domínio de ' f '. A técnica consiste então em aproximar os valores da função a $x = 2$ a partir de números cada vez mais próximos de 2, de modo que essa aproximação é feita por números infinitesimalmente menores e maiores que 2 tal que x pertence ao intervalo $(-\infty < 2 < +\infty)$. Perceba que quanto mais aproximamos a função pela esquerda e pela direita de 2, o que estamos fazendo na verdade é *aproximando o denominador da função de zero*³⁸. Dizemos então que esse número ao qual a função tende ao se aproximar de 2 é igual ao *limite* de ' $f(x)$ ' quando ' x ' tende a 2 e corresponde exatamente à inclinação da reta tangente àquele ponto³⁹. Assim, simplificando o numerador da função que apresentamos acima, dizemos que $\lim_{x \rightarrow 2} f(x) = \lim_{x \rightarrow 2} \frac{(x-2)(2x-2)}{2-x} = \lim_{x \rightarrow 2} -1(4-2) = -2$. Essa expressão significa que a função tende ao número -2 quando nos aproximamos do ponto $x = 2$, ou seja, ainda que este ponto não pertença ao domínio da função, é possível encontrar para a função um número para o qual ela *tende*, isto é, ao qual ela corresponde quando se aproxima do ponto desejado. Todas as secantes dessa função em intervalos arbitrariamente escolhidos dentro do seu domínio tendem seu

³⁸ Como bem se sabe, basta substituir os valores na função para percebermos que quanto mais próximo ' x ' está de 2, mais próximo o quociente está de zero. Esse ponto será importante para a aproximação que faremos adiante com a teoria da ciência de Kant.

³⁹ Tendo em vista o nosso objetivo para a presente pesquisa, não nos deteremos na formalização e prova rigorosa dos teoremas, os quais podem ser facilmente acessados em qualquer livro de cálculo a nível universitário. Veja, por exemplo, Mauro Patrão (2011 p. 21-37).

coeficiente angular à inclinação da tangente que corta a função no ponto escolhido⁴⁰. Esse número nada mais é do que a *derivada* da função ' $f(x)$ ' naquele ponto. Enfatizamos aqui que a noção de *limite* no cálculo está intimamente associada com a técnica de aproximar os valores da função ao ponto a partir de valores cada vez menores, o que consiste em aproximar o denominador da função de zero. Além da infinidade de casos particulares que essa técnica permite descrever, o número obtido, que corresponde ao limite da função, dá também a indicação de uma espécie de *representação intuitiva*, pois significa uma *tendência*, ou, se quisermos, uma *taxa de variação* da função. É importante ressaltar, abstraindo aqui da necessidade de prova formal rigorosa, que somente funções *contínuas* possuem derivada, ou seja, se a função possui derivada num ponto $x = a$, então ela é contínua neste ponto, de modo que se ela não é contínua em $x = a$, então ela não possui derivada neste ponto⁴¹.

Percebe-se, portanto, que a técnica matemática dos limites consiste em aproximar a função que está sendo estudada a zero, de modo a obter um valor que representa uma tendência da função àquele ponto. Um exemplo corriqueiro na física é a noção de velocidade instantânea de uma partícula, por exemplo, um veículo ou um projétil. É fácil obtermos a velocidade média de uma partícula pela simples razão entre a variação do espaço percorrido pela variação do tempo em que ocorre o deslocamento, mas se quisermos saber qual a velocidade em um dado instante particular qualquer dentro desse intervalo, precisamos nos aproximar do ponto em questão fazendo a função assumir valores cada vez mais próximos desse ponto, tanto por valores maiores ou menores que o ponto escolhido, e assim procedendo nada mais estaremos fazendo do que aproximando o intervalo em que ocorre esse ponto, de zero. Tomemos um exemplo concreto no âmbito da cinemática newtoniana: suponha que desejamos saber a velocidade de um veículo num instante ' t ', por exemplo ' $t = 4$ ', sabendo que a função que dá a posição do veículo em um instante ' $t > 0$ ' é $S(t) = t^3$. Operando com o cálculo da velocidade média entre os instantes $t_i = 4$ e $t_f = 6$, por exemplo, obteremos o seguinte resultado (substituindo os valores da função acima na razão que dá a velocidade média no movimento retilíneo uniforme): $\frac{s(6)-s(4)}{6-4} = \frac{6^3-4^3}{2} = 76$. Assim, a única informação que obtivemos é que, num intervalo de duas horas, o veículo atingiu em média a velocidade de 76 km/h, mas não sabemos, por exemplo, se em algum momento ele diminuiu a velocidade, ou teve que parar num sinal vermelho etc.; ou seja, a velocidade média não nos dá nenhuma informação acerca

⁴⁰ Veja, por exemplo, George B. Thomas (2009 p. 130).

⁴¹ Veja, por exemplo, Mauro Patrão (2011, p. 22)

do que aconteceu em cada instante. O que podemos fazer então é diminuir o intervalo de tempo a fim de obter alguma informação que nos permita uma melhor aproximação acerca da velocidade do veículo no instante ‘ $t = 4$ ’. Por exemplo, se diminuirmos o intervalo de tempo para 1 hora, isto é, calculando a velocidade média para os instantes $t_i = 4$ e $t_f = 5$, temos que $\frac{s(5)-s(4)}{5-4} = \frac{5^3-4^3}{1} = 61$. Ora, próximo ao instante no qual queremos saber a velocidade do veículo, essa velocidade era de 76 ou de 61 km/h? O simples cálculo da velocidade média não nos permite decidir. Contudo, se procedemos de modo a tomar intervalos cada vez menores, por exemplo, fazendo a diferença entre $t_i = 4$ e valores de ‘ t_f ’ cada vez mais próximos de 4 (4,5;4,1;4,01;4,001;4,0001 e assim por diante), isto é, à medida que aproximamos o denominador da função a zero, o valor da função tende a um único valor real, a saber, para os intervalos indicados nos parêntesis acima (54,25; 49,21; **48,12**; **48,01**; **48,0012**) a velocidade no instante $t = 4$ tende a 48 km/h. Dizemos assim que a velocidade do veículo no instante $t = 4$ é igual ao *limite* quando ‘ $t_f - t_i$ ’ tende a zero em $\frac{s(t_f)-s(t_i)}{t_f-t_i}$. É importante ressaltar mais uma vez que, para o cálculo da velocidade instantânea, podemos tomar intervalos cada vez menores indefinidamente, ou seja, valores infinitesimalmente pequenos que aproximam a função de zero, mas nunca são iguais a zero. Essa tendência, uma espécie de progressão aritmética ao infinito, parece guardar uma familiaridade peculiar com a noção de *intuição pura*, a partir da qual Kant orientou a fundamentação da aplicação da matemática à experiência em sua analítica dos princípios. Tomemos, por exemplo, o modo como o filósofo entendeu a determinação de *grandezas intensivas*:

Dou o nome de *grandeza intensiva* àquela que **só pode ser apreendida como unidade e em que a pluralidade só pode representar-se por aproximação da negação = 0**. Se considerarmos essa realidade como causa [...] então, ao grau da realidade, como causa, chama-se um momento, o momento do peso, por exemplo, **porque o grau designa apenas a grandeza cuja apreensão não é sucessiva, mas instantânea**. (KrV B 201. 15-20. Ênfase minha.)

Parece ser esse o caso quando calculamos a velocidade instantânea do veículo do exemplo anterior, isto é, havia uma infinidade de intervalos ao redor do ponto de interesse os quais parecem indicar uma espécie de intensidade; afinal, parece estranho falarmos em uma “quantidade” de velocidade que o veículo atingiu naquele ponto. A representação que nós nos fazemos da velocidade de um veículo se assemelha mais a uma intuição do que a uma grandeza fixa, e é nesse sentido que o filósofo parece querer apontar quando fala em grandezas intensivas. Os dois princípios puros do entendimento dão, portanto, a condição de possibilidade de aplicação da matemática aos fenômenos tanto do ponto de vista *quantitativo*, pela noção de que

todos os fenômenos, por serem espaço-temporalmente dados, são grandezas extensivas, ou seja, passíveis de quantificação, quanto do ponto de vista *qualitativo*, pela noção de que o real dos fenômenos, isto é, aquilo que afeta materialmente a sensibilidade, possui um grau ou intensidade que varia infinitamente entre o zero (negação) e a intensidade que se dá na sensibilidade. Assim, qualquer fenômeno pode ser medido pelo quanto de espaço ocupa (p.ex. o volume), quanto tempo dura etc. e pode ter o grau de sua intensidade obtido pela aproximação dos seus diferentes graus na intuição ao menor grau possível, ou o zero. Note que, grandezas como velocidade, calor e variação na energia de um sistema, de maneira geral, podem ser obtidos pela derivada das funções que dão a regra de sua variação, geralmente em relação ao tempo. Essa derivação nada mais é do que aproximar a função de zero, o mesmo procedimento que exemplificamos acima a partir da técnica de limitação. Sob o ponto de vista da epistemologia kantiana, é possível dizer que esse procedimento nos dá uma intuição da grandeza que queremos determinar, pois o limite é um número para o qual a função *tende* ao se aproximar do zero, e uma tendência não é uma grandeza “fixa”, por assim dizer. Pelo engajamento com o conhecimento científico que o filósofo demonstrou durante toda a sua vida e obra, parece-nos plausível afirmar que a principal fonte de inspiração de Kant no erigir dos princípios puros do entendimento (ao menos os dois primeiros) tenha sido o cálculo como era empregado por Newton. A seguinte passagem nos dá um forte indício de que tal interpretação seja correta:

A propriedade das grandezas, segundo a qual nenhuma das suas partes é a mínima possível (nenhuma parte é simples) denomina-se continuidade. O espaço e o tempo são *quanta contínua*, porque **nenhuma das suas partes pode ser dada sem ser encerrada entre limites** (pontos e instantes) e, por conseguinte, só de modo que essa parte seja, por sua vez, um espaço ou um tempo. O espaço é constituído por espaços, e o tempo por tempos. **Pontos e instantes são apenas limites, simples lugares da limitação do espaço e do tempo [...]** A tais grandezas poder-se-ia também chamar *fluentes*, porque a síntese (da imaginação produtiva) na sua produção, é uma progressão no tempo, cuja continuidade **se costuma particularmente designar pela expressão do fluir** (escoar-se). (KrV B 211. 9-25. Ênfase minha.)

Essa noção de apreensão instantânea se assemelha bastante à noção de intuição, entendida como relação imediata entre sujeito e objeto, pois ela consiste numa espécie de reunião (como o próprio significado de apreensão indica) instantânea de um múltiplo em um só dado cognitivo. Perceba que a analogia que estamos fazendo aqui entre a noção intuitiva de limite no cálculo e a apreensão instantânea de grandezas intensivas apresentada no sistema dos princípios do entendimento de Kant faz sentido quando analisamos as duas primeiras linhas da citação anterior: do mesmo modo que determinamos a velocidade instantânea de um veículo aproximando a função que dá sua velocidade de zero, as grandezas intensivas só podem ser

representadas por “aproximação da negação =0”. Não parece absurdo poder interpretar, portanto, que Kant entendeu os fenômenos físicos de variação como grandezas intensivas e que tinha as raízes teóricas do que hoje conhecemos como *cálculo diferencial* em mente ao descrever o modo como esse tipo de grandeza pode ser representada ou determinada por meio do emprego da matemática. Além disso, a noção de *continuidade*, cara ao emprego de derivadas no cálculo, aparece na teoria kantiana dos princípios como uma propriedade inerente a todos os fenômenos, continuidade essa que deriva da própria continuidade do espaço e do tempo. Contínua é a grandeza cuja qual não é composta de partes, isto é, nenhuma das suas partes pode ser pensada como a menor possível (A 209). Assim, no que diz respeito à determinação dos fenômenos como grandezas ou como *quanta*, a continuidade é a única qualidade que pode ser conhecida *a priori*, assim como ter um grau (B 218). Uma sensação é o produto do efeito de um objeto sobre a sensibilidade, e enquanto tal (um efeito), jamais pode ser antecipada. Nesse sentido, a capacidade de antecipar os fenômenos demonstrada pela física se deve à referência que seus juízos fazem às próprias condições da experiência e não à experiência propriamente dita.

Como bem se sabe, Kant fundamenta a possibilidade de juízos sintéticos *a priori* na referência das condições formais da intuição *a priori* à experiência possível (B 197), tese que o filósofo resume na seguinte afirmação: *as condições de possibilidade da experiência em geral são, ao mesmo tempo, condição de possibilidade dos objetos da experiência*. Em relação à sensibilidade, essas condições são as formas puras espaço e tempo; em relação ao entendimento, os conceitos puros e princípios puros que regulam o uso dessa faculdade. Portanto, a explicação da eficiência descritiva da física diz respeito ao modo como se dá a relação de referência entre os juízos operados pelos físicos e as condições formais de seu próprio aparato cognitivo ao determinar os fenômenos os quais estuda: como os próprios objetos da experiência dependem das condições que viabilizam uma experiência em geral e essas condições constituem o próprio aparato cognitivo do físico, é pela referência de seus juízos às formas *a priori* que condicionam a experiência que o físico é capaz de adiantar os acontecimentos. Portanto, trata-se de uma espécie de coerência cognitiva interna auto recursiva, e esse aspecto da teoria Kantiana do conhecimento, que constitui parte de sua teoria da verdade, é o problemático (como veremos) idealismo transcendental de Kant. É importante ressaltar, contudo, que essa capacidade de antecipação não diz respeito à própria existência empírica dos objetos, isto é, a cognição humana não é capaz de gerar ou criar uma intuição, isto é, aquilo que no fenômeno corresponde à matéria, mas é capaz somente de “formatar” essa matéria a partir das regras que constituem a

cognição humana, portanto, a referência objetiva, isto é, a confirmação ou verificação de que o juízo efetivamente adiantou a experiência só pode ocorrer empiricamente⁴². Possível é qualquer experiência ou fenômeno que possa se dar segundo as regras que possibilitam a experiência. Disso se infere, por exemplo, a impossibilidade de que possa nos ser dado na sensibilidade um objeto inextenso, de onde se pode afirmar com certeza o contrário, isto é, qualquer que seja o objeto que venha a ser dado na sensibilidade de um ser cognoscente particular será extenso, ou seja, ocupará um lugar no espaço. De modo análogo, sabendo o valor da constante gravitacional, o físico pode prever quando e a que velocidade um objeto lançado verticalmente a partir do solo retornará ao chão. Sob essa perspectiva teórica, isso ocorre porque certamente o objeto tomado pelo físico será espaço-temporalmente dado e estará abarcado pelas categorias como condições de possibilidade de sua apreensão pelo sujeito, portanto, como essas condições são também aquilo que possibilita a própria elaboração do juízo sobre o objeto, então esse juízo terá validade *a priori*, a qual deriva da necessidade (condição *sine qua non*) das próprias condições. O mesmo não se passa se afirmo: após a morte os homens se tornam espíritos, pois espíritos não são objetos que possam ser dados numa experiência possível, justamente por descumprirem com aquela condição básica para a possibilidade de apreensão de um objeto, qual seja, a extensão. A referência à experiência possível é o que garante, portanto, a eficiência dos juízos da física no adiantamento dos fenômenos. Dado que todo objeto da experiência possível é extenso, então ele pode ser *quantificado*, e dado que neles o real possui um grau, eles são contínuos e podem, portanto, ser determinados quanto à intensidade de sua grandeza. Os dois primeiros princípios, então, são a expressão das regras que permitem quantificar e antecipar os fenômenos no que diz respeito à sua possibilidade, isto é, são os princípios que “autorizam a aplicação da matemática à experiência” e por essa via Kant foi capaz de compatibilizar o caráter formal e axiomático da matemática com a natureza material e contingente da experiência para a explicação da necessidade dos juízos da física.

Kant apresenta ainda outros dois conjuntos de princípios que completam as condições *a priori* da necessidade dos juízos da física, mas que não contêm a característica constitutiva dos princípios matemáticos; o filósofo os chamou de *princípios dinâmicos*, os quais dizem respeito não à síntese da intuição empírica dos fenômenos, mas à sua existência e relação recíproca, e cumprem uma função meramente regulativa, contrariamente aos matemáticos, que são

⁴² Ainda que, como no caso da geometria, essa experiência empírica possa se dar por meio de uma apresentação *a priori* da intuição. Desse modo, é possível também que haja a verificação ou referência objetiva de um juízo sem a apresentação de um exemplo empírico. Esse aspecto será importante para a aplicação que estamos sugerindo ao problema principal na parte II da presente investigação.

constitutivos (B 221/222). As *analogias da experiência* são o primeiro conjunto de princípios que viabilizam a explicação da determinação temporal dos fenômenos. Como o tempo é condição imediata da percepção de si e mediata da percepção dos fenômenos exteriores, é condição da percepção e apreensão de todos os fenômenos em geral (B 50), e é ainda o esquema para a aplicação efetiva das categorias aos mesmos (A 139). Nesse ínterim, uma vez tenham sido apresentados os princípios do entendimento que regulam a determinação quantitativa e qualitativa dos objetos com relação às suas propriedades espaciais (como p. ex. a extensão), deve-se apresentar aqueles que regulam as determinações temporais dos fenômenos, tais como permanência, simultaneidade e sucessão. É fácil encontrar na física exemplos de determinação dos fenômenos que são obtidas comparando-se a variação de uma grandeza em relação ao tempo (como vimos acima) o que evidencia a importância da representação do tempo para o próprio funcionamento da física como ciência, bastando lembrar, por exemplo, que três entre as grandezas fundamentais da física são tempo, comprimento e massa. As analogias devem então dar as condições de possibilidade para a apreensão humana dos fenômenos que envolvem as relações temporais fundamentais.

O primeiro ponto abordado por Kant é a assunção de que a substância (entendida como uma espécie de “substrato” do real inerente a todo objeto) permanece diante das mudanças que ocorrem nas qualidades “acidentais” ou “secundárias” do fenômeno. Essa posição teórica implicou em ter que se assumir uma série de teses com relação ao tempo e à realidade dos fenômenos, como por exemplo: 1) o tempo é permanente e somente por essa via é possível pensar a sucessão e a simultaneidade; 2) A quantidade da substância é fixa, isto é, não aumenta nem diminui na natureza; 3) toda mudança pressupõe a representação de algo imutável em relação ao qual ele muda. Essas teses implicam que a representação do tempo deve necessariamente ser pensada como imóvel e imutável, isto é, o tempo não muda, as coisas é que mudam no tempo, e a substância é justamente aquilo que permanece como substrato do real que muda *no* tempo e não *com* o tempo. No *princípio da permanência da substância* o filósofo fundamentou a noção de mudança, a partir da inferência de que os diferentes estados que caracterizam a mudança são diferentes estados de um mesmo objeto, ou seja, o objeto continua sendo o mesmo, e a mudança seria apenas de seu estado (B 231). O raciocínio de Kant aqui é bastante sutil e mais uma vez envolve o modo como a cognição humana é capaz de apreender o fenômeno da mudança das determinações temporais dos objetos:

Admitis que algo começa pura e simplesmente a ser. Tereis de admitir um ponto de tempo em que não era. Mas a que o ligareis, esse ponto de tempo, senão ao que já existe? Porquanto **um tempo vazio precedente não é objeto de percepção**; mas se

ligardes esse aparecimento a coisas, que eram antes e perduraram até à que surgiu, **esta última é apenas determinação daquilo que já era**, como de algo permanente. (KrV A 188 7-15. Ênfase minha.)

Dado a impossibilidade de se pensar um tempo precedente vazio, isto é, sem algo que tenha acontecido *no* tempo, então o acontecimento conseqüente deve decorrer do antecedente como modificação do que já era, e disso Kant deduz a aparentemente contraditória afirmação de que “só o permanente (a substância) muda”, e o variável apenas se transforma, dado ser conseqüência do cessar de algumas determinações e o iniciar de outras. O segundo ponto consiste então em deduzir desse princípio que fundamenta a mudança nos fenômenos o princípio da relação entre causa e efeito. Vimos que a síntese das intuições é um produto da ação do entendimento e da imaginação sobre o diverso da intuição, e não algo inerente à própria intuição. Assim, na percepção de que um fenômeno se segue do outro, a constatação de que um ocorre após o outro é produto do modo como as penso nessa relação, não sendo de caráter necessário, pela percepção, que um estado decorra do outro (B 234). Esse argumento é utilizado por Kant para defender a ideia de que somente pela relação de causa e efeito entendida como princípio *a priori* é possível o conhecimento empírico dos fenômenos, pois somente por essa via, isto é, submetendo a sucessão dos fenômenos à lei da causalidade, é possível se pensar essa relação de maneira determinada, ou seja, a relação de causalidade não pertenceria à própria constituição em si dos objetos, mas seriam uma determinação do “espírito” ou cognição humana em seu modo particular de fazer representações. Um exemplo na experiência que corrobora para a sustentação dessa posição é o fato de que toda apreensão do diverso nos fenômenos é sucessiva, pois jamais podemos estar cientes de um estado em que uma coisa não era (assim como de um tempo vazio), isto é, só podemos conceber algo que é pela percepção de algo que o precedia. Daí o caráter necessário do princípio de causalidade: toda apreensão de um acontecimento é uma percepção que se segue de outra, de modo que é inconcebível pensar o contrário, ou seja, que o conseqüente “anteceda” o antecedente (B 239).

A imaginação, entendida como a faculdade que opera a síntese do diverso da apreensão, não determina por si mesma a ordem em que se dever dar a apreensão (que é sucessiva), de modo que essa determinação é estabelecida por uma regra. Disso se segue que deve haver um princípio que antecede e possibilita a própria síntese da apreensão, pois a imaginação por si só não é capaz de fornecer a ordem de determinação da relação entre os fenômenos no tempo. Kant adota essa posição claramente para se manifestar contra a posição humeana de que a causalidade seria derivada da própria observação da relação empírica entre os fenômenos, o que implica na tese psicológica da indução e na conseqüente contingência desse princípio. Contudo,

sem o tratamento que o coloca como um princípio constitutivo da cognição humana, necessário para a própria apreensão dos fenômenos, não é possível explicar a possibilidade da existência de uma ciência como a física, na qual todos os fenômenos são necessariamente pensados segundo aquela relação. Assim, esse princípio inerente ao entendimento humano dá a regra para a apreensão dos fenômenos na intuição pura temporal, e aqui, mais uma vez, a noção de limite é central para se entender como ocorre a determinação dos fenômenos segundo essa regra:

Assim, toda a passagem de um estado para outro sucede num tempo, contido entre dois momentos, dos quais o primeiro determina o estado de onde parte a coisa e o segundo aquele ao qual chega. Ambos formam, pois, **limites do tempo de uma mudança**, portanto de um estado intermédio entre dois estados e, enquanto tais, formam parte da mudança completa. Ora, toda a mudança tem uma causa [...]. Esta causa não produz simultaneamente a mudança (de uma vez ou num instante), mas em certo tempo, de tal modo que, assim como o tempo aumenta a partir do instante inicial a até à sua conclusão em b , **assim também a grandeza da realidade ($b-a$) é produzida por todo os graus inferiores contidos entre o primeiro e o último [...].** (KrV A 208 7-20. Ênfase minha.)⁴³

A terceira analogia, por sua vez, afirma a existência de uma ação recíproca entre todas as substâncias como fundamento da possibilidade da apreensão dos fenômenos como simultâneos. Do contrário, as percepções teriam que se seguir uma após a outra de acordo com uma ordem fixa no tempo, a saber, o princípio de sucessão segundo a lei da causalidade, que apresentamos acima. Assim, a terceira analogia aparece como complementar às regras que exprimem as determinações do tempo de maneira geral (sucessão, simultaneidade etc.). A síntese da apreensão dos objetos enquanto simultâneos, graças a esse princípio, pode ser representada como objetiva, dado a indiferença da ordem em que a apreensão dos objetos como simultâneos ocorre, isto é, é sempre possível a passagem de uma apreensão a outra sem que necessariamente uma deva ocorrer primeiro, pois do contrário, tendo a primeira ocorrido, teria já sido transposta ao tempo passado, sendo impossível diante disso o retorno da posterior à que se deu primeiro (B 258). Assim, posso passar da apreensão de uma árvore ao solo em que ela se encontra e vice-versa, sem que haja uma ordem fixa da passagem de uma apreensão para a outra que me impeça de fazer o caminho contrário (do solo à árvore). Essa conclusão segue-se claramente da posição de Kant em relação à continuidade ou linearidade das mudanças no tempo apresentada na segunda analogia, da qual se concluiria que nada do que ocorre no tempo é simultâneo. Contudo, a experiência mostra o contrário, isto é, estamos a todo instante percebendo eventos que ocorrem “ao mesmo tempo”. A questão aqui é explicar como é possível que dois ou mais eventos ocorram ao mesmo tempo se o princípio de sucessão segundo o

⁴³ Compare o uso terminológico dessa citação com o procedimento matemático de limitação de uma função descrito nas páginas 49 a 51.

princípio de causalidade impõe que os eventos devam ocorrer necessariamente um *após* o outro. A resposta de Kant é: todos os objetos da experiência encontram-se em ação recíproca universal. Esta posição é diametralmente oposta à metafísica leibniziana das mônadas, a qual afirma que a mônada (a substância para Leibniz) é em si fechada e que não existe uma atuação ou influência de nenhum tipo de uma para outra. É evidente aqui que Kant se opõe ao sistema leibniziano das mônadas por aceitar, seguindo a física newtoniana, o princípio de inércia, segundo o qual é preciso que haja a atuação de forças externas aos objetos para que esses mudem o seu estado. Desse modo, como todos os fenômenos encontram-se em constante mudança de estado, só é possível conceber a simultaneidade entre dois estados caso todas as substâncias estejam em comunidade dinâmica, ou ação recíproca universal e essa constitui uma condição fundamental da apreensão humana dos fenômenos:

Sem comunidade, toda a percepção (do fenômeno no espaço) está separada das outras e a cadeia das representações empíricas, ou seja, a experiência, começaria desde o princípio em cada novo objeto, sem que a precedente pudesse estabelecer com ela a mínima ligação ou encontrar-se com ela numa relação de tempo. (KrV A 214 1-6.)

Até este ponto Kant apresentou as seguintes condições que permitem responder como são possíveis juízos sintéticos *a priori*, resposta esta que envolveu também a explicação da possibilidade da objetividade e eficácia das ciências, tal como a física newtoniana: 1) a objetividade desse tipo de juízo é dada pela sua referência à experiência possível, sendo as condições de possibilidade da experiência também condições dos objetos da experiência; 2) a matemática que é empregada como ferramenta descritiva ou de determinação dos fenômenos nesse domínio do saber pode ter seu uso objetivamente validado pré-condicionado por dois princípios, dos quais o primeiro permite a quantificação dos fenômenos como grandezas extensivas e o segundo sua qualificação intensiva. Esses dois princípios permitem ao cientista adiantar os fenômenos, isto é, determiná-los *a priori* constitutivamente com necessidade e universalidade; 3) um segundo conjunto de princípios, os princípios dinâmicos, dão a condição de possibilidade da determinação temporal da existência dos fenômenos e dizem respeito unicamente à relação recíproca entre os fenômenos na experiência. Essa relação é condicionada por três analogias: A) a substância é permanente; B) as mudanças na substância ocorrem segundo o princípio de causalidade; C) todas as substâncias estão em relação recíproca universal. Nessa ordem, essas analogias franqueiam ao entendimento a determinação dos fenômenos como permanentes, sucessivos ou simultâneos, servindo assim para complementar a determinação matemática (quantitativa e qualitativa) dos fenômenos pelas determinações temporais deles, algo que acontece, como vimos acima, em grande parte dos estudos da física.

Essas três condições em conjunto constituem o cerne da teoria da ciência de Kant, pois a partir delas é possível explicar tanto a legitimidade do uso da matemática na determinação dos fenômenos quanto a legitimidade da pretensão de previsibilidade das teorias ou a extensão da validade das determinações para fenômenos futuros. Note que em nenhum momento na apresentação do sistema dos princípios do entendimento Kant fala na intenção de fundamentar a ciência do movimento. Isso tem uma razão específica de ser e Kant delega aos MAN, como veremos adiante, o âmbito de tratamento desse problema. Resta ainda, após a exposição das condições de determinação objetiva dos fenômenos pelo entendimento, apresentar o modo como este se relaciona aos fenômenos não para determiná-los, mas para tomar uma espécie de “posicionamento” em relação a eles. O entendimento se relaciona aos fenômenos de três modos: 1) ou eles são considerados possíveis/impossíveis; 2) ou eles são considerados reais/irreais; 3) ou eles são considerados necessários/contingentes. Fica claro que, tanto neste como nos outros princípios puros do entendimento, Kant pensou na aplicação efetiva das categorias aos fenômenos, e disso se seguiu a ordem como foram apresentados. Completam-se assim as condições gerais de determinação objetiva dos fenômenos, a qual é profundamente sustentada pelo *idealismo transcendental* de Kant. Faz-se mister colocar em evidência que Kant não optou por um tratamento axiomático do sistema dos princípios, isto é, ele não acreditava na possibilidade da construção de um *organon* do conhecimento científico. Kant acreditou, seguindo uma via pioneira em relação aos demais modernos, na possibilidade de se avaliar o conhecimento científico a partir da análise da natureza dos juízos nele empregados, em consonância com a determinação dos princípios fundamentais que constituem a própria possibilidade de elaboração desses juízos, isto é, uma análise das faculdades humanas envolvidas no conhecimento de objetos.

1.4. A Metafísica da física newtoniana nos MAN

Uma das contribuições mais significativas de Kant para o desenvolvimento da filosofia é, sem dúvidas, o tratamento que o filósofo deu aos problemas metafísicos e ao método da metafísica de maneira geral. Como vimos, Kant era contra a aplicação do método axiomático importado da matemática para se tratar de questões metafísicas (B 757), assim como restringiu o alcance do conhecimento humano ao domínio da experiência possível. Contudo, isso não significou para o filósofo alemão o fim da metafísica, a qual ele tinha como o domínio mais elevado do conhecimento humano (A 299); a metafísica renovada por Kant, porém, não compartilha das mesmas intenções teóricas da metafísica tradicional, pois ela se ocupa de uma

tarefa necessária, antes que se pretenda alçar aquelas intenções teóricas, qual seja, se ocupar da exposição sistemática dos princípios e condições fundamentais que possibilitam o conhecimento humano. Além disso, o filósofo acreditava que as questões para as quais a metafísica se volta expressariam o fim natural para o qual a razão tende na sua busca por conhecer o mundo e a natureza, entendidos como a totalidade de todas as coisas (B 825). A KrV era então a propedêutica (B 878) ou preparação para o estabelecimento de “*uma metafísica sólida, fundada rigorosamente como ciência*” (BXXXVI), uma vez que a metafísica tradicional até então não havia alcançado tal *status*. De acordo com a divisão kantiana, a metafísica se dividiria em duas partes, a *filosofia transcendental* e a *fisiologia* da razão pura. A filosofia transcendental conteria o conjunto completo de todos os conceitos e princípios os quais o entendimento e a razão utilizam para conhecer o mundo, de modo que a KrV não seria a própria filosofia transcendental por não apresentar a totalidade desses princípios que poderiam vir a ser ampliados futuramente num “inventário completo”. Contudo, ela pode ser interpretada como o procedimento fundamental dessa metafísica renovada, ou como a própria metafísica científica que Kant tanto almejou (B 869). Desse modo, segundo Kant, sempre haverá metafísica devido à tendência natural da razão humana em alçar o incondicionado, ainda que os demais domínios do saber caíssem em total barbárie. Sob essa perspectiva, portanto, o cientista está mais engajado com questões metafísicas do que imagina, e em muitas ocasiões se valeria até mesmo de princípios metafísicos no desenvolvimento de suas teorias. Essa perspectiva integra o modo como Kant entendeu a própria natureza da física:

A matemática, a física, o próprio conhecimento empírico do homem, possuem um alto valor como **meios para se alcançarem os fins da humanidade,** na maioria das vezes fins contingentes, mas no fim de contas também para se atingirem **fins necessários e essenciais,** embora unicamente mediante um conhecimento racional por simples conceitos, o qual, designe-se como quiser, **não é propriamente outra coisa senão a metafísica.** (KrV B 878. 14-21. Ênfase minha.)

Tal modo de conceber as ciências e a destinação peculiar da razão humana deriva também do modo como Kant entendeu a origem do conhecimento humano, isto é, o filósofo acreditava haver uma parte “pura” do conhecimento humano, o que significa uma origem inteiramente *a priori* da constituição do conhecimento, sendo a experiência apenas a contraparte material à qual a parte *a priori* se refere. A natureza modal do conhecimento também se apresentou como um fator distintivo: conhecimentos *a priori* puros (como os contidos na KrV) são necessários e universais, enquanto os *a posteriori* ou empíricos são contingentes e podem alcançar no máximo uma universalidade comparativa ou por indução (com exceção dos sintéticos *a priori*, que se referem à experiência com necessidade). Sob este ponto de vista, deve

haver nas ciências, em particular na ciência da natureza, entenda-se, física newtoniana, uma parte pura que corresponde àquilo que nela pode ser conhecido *a priori* e que garante sua apoditicidade, não sendo suficiente para a designação de ciência genuína o conter apenas princípios empíricos⁴⁴, ou seja, “a ciência da natureza propriamente assim chamada pressupõe uma metafísica da natureza” (MAN AA 04: 5,6), que consiste em sua parte transcendental, isto é, a parte que dá as condições de possibilidade do conceito de uma natureza em geral.

Os princípios puros do entendimento, como vimos, permitem explicar o modo como os juízos sintéticos *a priori* presentes nas ciências podem se reportar à experiência de modo a determiná-la, sobretudo pelo emprego da matemática para tal fim. O procedimento de construção na intuição pura presente na geometria, contudo, é diferente do emprego que se dá à matemática na física, pois esta última reporta-se a intuições empíricas e não puramente às condições de ocorrência dessas intuições. Uma das principais marcas distintivas de uma ciência genuína consiste no uso da matemática como principal meio de descrever os fenômenos aos quais ela se volta, portanto, uma metafísica da natureza que dá as condições de possibilidade, ou os princípios *a priori* da ciência da natureza, deve apresentar também os fundamentos da aplicação da matemática aos fenômenos:

[...] Eis porque considerei necessário, a propósito da **parte pura da ciência natural** (*physica generalis*), **em que as construções metafísicas e matemáticas costumam entrelaça-se**, apresentar num sistema as primeiras e, com elas, ao mesmo tempo os princípios da construção destes conceitos, por conseguinte, os **princípios da própria possibilidade de uma teoria matemática da natureza**. (MAN AA 04: 13,14. Ênfase minha.)

Os MAN constituem essa empreitada, a qual é alcançada a partir da análise do conceito de matéria segundo as categorias (assim como o sistema dos princípios puros do entendimento), pois a partir delas é possível apresentar tudo o que se pode conhecer *a priori* acerca da própria possibilidade de representação matemática dos objetos. Conjuntamente a essa análise do conceito de matéria, aparece um tratamento sistemático dos princípios que orientam a ciência do movimento, dado que este constitui propriamente o que há de geral em qualquer intuição que possa nos ser dada como objeto dos sentidos, isto é, o movimento está presente em todo tipo de fenômeno para o qual se volte a cognição humana e é a própria dinâmica da afecção, pois é sempre necessário que algo “atinja” o aparato cognitivo humano em seu caráter receptivo para que a parte espontânea seja posta em ação. Como bem se sabe, a ciência do movimento foi instaurada de maneira eficiente por Newton nos seus Princípios Matemáticos. Atualmente, essa

⁴⁴ No próximo tópico deste capítulo veremos a consequência desse ponto de vista para o modo como Kant avaliou a cientificidade da química da época.

ciência é apresentada de maneira mais intuitiva do que o modo de exposição do qual Newton dispunha; nos cursos de física a nível universitário, geralmente divide-se a ciência do movimento em *cinemática* e *dinâmica*, a primeira trata do movimento sem se preocupar com as causas ou forças envolvidas em sua origem, enquanto a dinâmica as investiga e leva em consideração tais causas na descrição do movimento. De maneira análoga, Kant dividiu os princípios sob quatro títulos, de acordo com as categorias de quantidade (foronomia), a qual omite qualquer qualidade do móvel, qualidade (dinâmica), que leva em consideração a força motriz originária do movimento, relação (mecânica), que leva em consideração a interação recíproca entre os móveis e as forças motrizes, e a modalidade (fenomenologia) que se ocupa com o modo de representação dos movimentos. Porém, é importante destacar que Kant não pretendeu que seus princípios metafísicos tivessem algum grau de influência na legislação interna da própria física, mas sim que servissem como uma espécie de aporte filosófico necessário para dar a completude teórica formal exigida pela razão em sua propensão natural de alcançar a totalidade do conhecimento dos objetos empíricos. Nesse sentido, presta-se maior serviço à metafísica do que às ciências propriamente ditas, “*ao proporcionar exemplos (casos in concreto) para realizar seus conceitos e teoremas*”.

Dos MAN surgem importantes considerações e assume-se posições bastante problemáticas, algumas em consonância com a própria física newtoniana, outras não, como teremos a oportunidade de avaliar mais adiante. Na foronomia, Kant define matéria como “aquilo que é móvel no espaço”, assim como diferencia um espaço absoluto de um espaço relativo. O espaço relativo também é considerado como móvel, enquanto o absoluto é considerado como absolutamente imóvel. Como vimos, Kant assume que “o espaço é feito de espaços, e o tempo de tempos”, sendo pontos e instantes apenas limitações do espaço e tempo infinitos. O espaço móvel é então uma dessas limitações do espaço que pressupõe sempre um espaço subjacente que o abarque, e esse procedimento segue *ad infinitum*. Desse modo, o movimento de uma partícula no espaço móvel pode também ser percebido como o movimento do espaço móvel na direção contrária do movimento da partícula, sendo o movimento do espaço móvel subsidiado pelo espaço absoluto. Uma vez que na estética transcendental Kant havia definido o espaço e o tempo como intuições puras, parece estranho que nos MAN Kant fale em um espaço absoluto, contudo, Kant não admite a sua existência em si, como algo dado, mas sim uma generalização de todo espaço material (relativo) discreto naquela determinação que se dá ao infinito; ou seja, Kant continua a defender a ideia de que o espaço absoluto nada mais é do que uma espécie de *generalidade lógica*, ou seja, uma representação que serve para nos orientar

no conhecimento empírico de propriedades espaciais dos objetos. Tal não parece ser o posicionamento de Kant a respeito do espaço relativo, pois o filósofo o chama de *espaço material*. A forma do sentido externo, portanto, é o mesmo espaço absoluto que serve como representação geral e assim o problema apresentado em relação à idealidade ou realidade do espaço na primeira crítica, qual seja, como pode pertencer à forma da sensibilidade (algo subjetivo) algo que lhe é alheio e externo, recebe uma explicação mais plausível se analisando o posicionamento de Kant nos MAN. Portanto, o espaço material é passível de percepção, enquanto o espaço absoluto não. No que diz respeito a situações em que se trata de *medir* o espaço, como, por exemplo, jardas, nós, pés, metros etc., a teoria kantiana do espaço material delega essa possibilidade somente ao espaço material e não ao espaço absoluto. De qualquer modo, o raciocínio de Kant parece plausível quando pensamos na ideia de uma totalidade do universo como um móvel em expansão, pois se ele se expande, deve para isso ocupar algum espaço à medida em que tal movimento de expansão ocorre, e se ocupa algum espaço, deve ser material para que a própria ideia de “algo que ocupa” possa ser pensada sem contradição. Na ausência de uma experiência que confirme se o universo possui bordas, ou se está contido ou não em algum espaço, ou se “gera” o espaço à medida que se expande, parece plausível assumir que se trata de uma representação de uma determinação *ad infinitum*. Portanto, sob esse ponto de vista, o movimento deve ser tratado como um fenômeno relativo, o que coaduna com os princípios da física newtoniana. Kant considera ainda o movimento como “*modificação das condições exteriores*” do móvel em relação a um espaço, para a distinguir do movimento pensado como a mera modificação de um lugar. Nesses casos, não é possível definir o movimento à maneira habitual, e por isso Kant o concebe como uma espécie de alteração das suas condições exteriores. Outro ponto no qual Kant viu algumas limitações consiste no conceito de direção de um movimento. Naturalmente, o filósofo alemão não conheceu a álgebra vetorial tal qual nós a conhecemos hoje, e por isso entendeu que o conceito de direção “*não pode se tornar inteligível mediante características gerais e no modo discursivo do conhecimento*”⁴⁵.

A *foronomia* abarca as definições de movimento e repouso pensadas como propriedades da matéria, e não como resultantes de forças atuando externamente a elas, por ser a parte dos princípios metafísicos correspondente ao que hoje chamamos cinemática. À definição de

⁴⁵ Kant já havia expressado suas reservas em relação ao conceito de direção nos GUGR.

movimento relativo segue-se a definição dinâmica de repouso como a “*representação de um movimento com uma velocidade infinitamente pequena*”. Aqui vemos mais uma vez uma clara alusão à aplicação do método das fluxões quando Kant afirma a possibilidade de uma “*ulterior aplicação da matemática à experiência*” devido ao caráter infinitamente pequeno do movimento inerente ao estado de repouso de um móvel. O exemplo apresentado por Kant é o de uma partícula que executa um movimento progressivo e regressivo em uma mesma linha AB, de modo que a questão que se coloca é se na execução do movimento regressivo subsequente ao progressivo a partícula encontrava-se em repouso ao passar pelo ponto B, a que se chega a uma resposta negativa, de modo que “o repouso não pode explicar-se pela falta de movimento, mas antes, pela presença persistente no mesmo lugar”. De maneira semelhante, Kant define a composição entre dois movimentos como a representação *a priori* dos dois movimentos como reunidos em um só corpo. Nota-se, assim, que a foronomia entendida como “a pura teoria da quantidade dos movimentos” prescreve à razão as condições *a priori* da aplicação da física na determinação dos movimentos simples, compostos e do repouso. Kant apresentou a sua teoria do movimento composto como a única solução não mecânica capaz de explicar a possibilidade *a priori* de realizar tal composição, e essa solução assenta, mais uma vez, na sua concepção de espaço absoluto e relativo. Em linhas gerais, o raciocínio de Kant é o que se segue: 1) todo movimento pode ser pensado como o movimento de um objeto num espaço relativo ou como o movimento de um espaço relativo se movendo em direção contrária e com mesma velocidade em relação ao espaço absoluto. Então: 2) A composição de dois movimentos só pode ser feita caso um dos objetos seja considerado no espaço absoluto e outro no relativo com velocidade igual e sentido oposto. Do contrário, é impossível pensar a composição dos movimentos, visto que os dois se anulariam caso fossem pensados em um mesmo espaço relativo (MAN AA 04: 27,28).

Já à definição dinâmica de matéria Kant acrescenta uma característica intrínseca a qual ele chama de uma “força motriz interna” responsável por fazer com que a matéria encha o espaço não simplesmente por sua existência, mas pela resistência a forças externas que sobre ela atuam. Essa concepção apresenta uma clara oposição de Kant à noção de que duas coisas não podem ocupar o mesmo espaço simplesmente por uma questão de coerência lógica, isto é, pelo princípio de contradição, de modo que as razões que sustentam tal impossibilidade são físicas, quais sejam, atração e repulsão. Essas forças, segundo Kant, constituem a totalidade das forças motrizes da natureza às quais se reduzem todas as outras, do que se segue que elas possuiriam, de maneira semelhante às grandezas intensivas, um grau que pode ser aumentado

ou diminuído *ad infinitum*, ou seja, estão também passíveis de determinação qualitativa, de acordo com as categorias que se encontram sob este título. Assim, a explicação do modo como a matéria enche o espaço se apoia nessa noção de uma força repulsiva intrínseca que impede a penetração de outra matéria no mesmo espaço, à qual se opõe uma força compressiva que a empurra para um espaço cada vez menor do que o que ela ocupa, de modo que nenhuma força compressiva é capaz de penetrar a matéria, isto é, ela permanece impenetrável diante do aumento gradual da força compressiva.

Igualmente interessante é o modo como Kant sustentou a tese da divisibilidade infinita da matéria baseando-se na sua concepção de divisibilidade infinita do espaço. Uma vez que todas as partes de uma substância material (como previamente definido, “aquilo que é móvel no espaço”) são também substâncias materiais, então, pela própria definição de matéria como dotada de uma força motriz interna, essas partes são também móveis. Dado que o espaço é concebido como uma representação infinita, pois, como vimos, é possível conceber sempre um espaço subjacente a qualquer parte discreta do espaço absoluto, então os espaços discretos preenchidos por partes discretas da substância material são também móveis, portanto, passíveis de divisibilidade física; logo, a divisibilidade infinita do espaço se estende também à matéria (MAN AA 04: 44). Assim, cada parte da matéria, por ser igualmente substância (só pode ser pensada como sujeito), ao ser dividida, implica numa outra substância particular, e assim indefinidamente. No que, se pensarmos em termos quantitativos, tal divisão deve chegar a um termo, pois determinada quantidade de um material deve poder ser dividida até certo ponto, porém, em termos qualitativos, é possível pensar em um grau da divisibilidade *a priori*, como um princípio regulativo das determinações matemáticas qualitativas na definição de matéria. Por conseguinte, é importante ressaltar que Kant aqui não se referiu a uma propriedade da própria matéria, mas sim ao modo como a representamos e a tornamos passível de determinação matemática:

Ora, a divisão estende-se decerto até ao infinito, mas jamais é dada, porém, como infinita; por conseguinte, **não se segue que o divisível contenha em si uma quantidade infinita de partes em si mesmas e fora da nossa representação**, justamente porque a sua divisão se estende até ao infinito. Efetivamente, **não é a coisa, mas apenas a sua representação**, cuja divisão, embora se possa prosseguir até ao infinito e haja para isso fundamento no objeto (que em si é desconhecido) nunca pode ser, porém, completa e, por conseguinte, inteiramente dada; (MAN AA 04: 49,50. Ênfase minha.)

À força repulsiva intrínseca à matéria deve se opor uma força de atração igualmente fundamental, pois do contrário não haveria limites à expansão da matéria. Essa força de atração ou compressão da matéria não pode, sob este ponto de vista, pertencer a uma ação exterior de

outra entidade material, de modo que Kant a atribui a uma “*força originária da matéria*”. Dadas as definições das duas forças essenciais da matéria e da impenetrabilidade, mostra-se a aplicação efetiva das categorias de qualidade, ainda que seja nessa parte dos MAN que Kant defina substância material. Em linhas gerais, a substância material é aquilo que é móvel no espaço, a qual o enche graças a uma força motriz intrínseca (repulsão) à qual se opõe outra força fundamental (atração), e o equilíbrio entre essas forças é responsável por fazer com que uma substância material permaneça num mesmo espaço. A impenetrabilidade é justamente a força exercida pela matéria no sentido de resistir a qualquer força de compressão sobre ela exercida. Finalmente, a substância material pode ser representada como divisível ao infinito, assim como o espaço o qual ela enche, dado o resultado da divisão ser sempre outra substância material, ou seja, a substância é aquilo que permanece nessa divisão.

A partir dessas definições, Kant deriva a sua explicação do conceito de contato físico e ação à distância, essa última consistindo em um problema ao qual o próprio Newton teve que enfrentar, afinal, que força misteriosa seria essa capaz de agir à distância provocando modificações físicas no outro objeto? O contato físico deriva da impenetrabilidade da matéria, e disso se segue que a ação que deriva desse contato pelo impedimento físico imposto por um objeto ao outro. A ação à distância, contudo, se daria através do espaço vazio de maneira imediata, isto é, sem uma entidade material que mediasse o contato, portanto, é necessário que se assumam uma força originária essencial de atração de uma matéria sobre a outra para que se sustente a própria afirmação de Newton de que essa atração é proporcional à massa dos corpos. Tal assunção, de caráter metafísico, segundo Kant, parece tê-lo encorajado a acreditar que a física realmente necessita de princípios dessa qualidade para operar com objetividade (MAN AA 04: 65,66). Nesse sentido, essa força originária, de maneira diversa das forças superficiais, seria penetrante, portanto, agiria sobre a matéria de modo a fazê-la ocupar um espaço sem o encher, e isso explicaria o movimento à distância de uma matéria na direção da outra. Essas forças primordiais se estenderiam ao infinito, de modo que somente pelo conflito entre atração e repulsão originária se poderia explicar a possibilidade da própria matéria. Kant rejeita, portanto, qualquer outro tipo de definição da matéria que não seja dinâmica, como por exemplo a da impenetrabilidade intrínseca (originária, não resultante de forças) e o conter espaços vazios entre essa a matéria sólida impenetrável para a explicação do movimento e da divisibilidade.

A *mecânica*, por sua vez, se ocupa com a possibilidade de interação entre matérias distintas e a transmissão das forças que atuam entre elas. Se na *foronomia* a matéria é definida por suas propriedades unicamente cinéticas, e na *dinâmica* estabelecem-se as forças primordiais

a ela inerentes, na *mecânica* Kant acrescenta ainda à definição de matéria a noção de *força motriz* que daria as bases para se conceber a *quantidade de movimento* realizada por um corpo, a qual o filósofo tomou como única medida válida para se avaliar a quantidade de matéria, de modo que esta medida é tomada como a resultante do movimento das diferentes partes que a compõem numa mesma velocidade e direção, a qual corresponderia à “*quantidade de substância no móvel*”. Daí advém a primeira lei da mecânica metafísica de Kant que postula, de maneira análoga ao primeiro princípio matemático do entendimento apresentado na *analítica transcendental*, a permanência da quantidade de matéria diante de qualquer modificação que nela ocorra. Kant faz questão de enfatizar a origem metafísica desta lei da mecânica (MAN AA 04: 116,117) e a prova a partir da definição de quantidade de matéria apresentada anteriormente.

Uma vez que a quantidade de matéria é a soma dos movimentos das substâncias que compõem a matéria como suas partes, as quais se movem numa mesma direção e velocidade, e a substância não aumenta nem diminui na natureza, então a quantidade de matéria igualmente não aumenta nem diminui na natureza, pois a substância não se origina e nem se perde. Note que Kant associa à definição de quantidade de matéria a noção de substância material, o que implica numa dependência da primeira pela segunda em se tratando do seu aumento ou diminuição, pois se não se cria ou se aniquila a substância, não se aumenta nem se diminui a quantidade de matéria⁴⁶. Esta conclusão advém da assunção de que a matéria é composta de substâncias exteriores umas às outras, ou seja, independentes, as quais só podem diminuir por divisão, e não por desvanecimento, não implicando assim em prejuízos para o princípio da permanência da substância o aumento ou diminuição da quantidade de matéria por adição ou separação de suas partes. Já a segunda lei postula a necessidade de intervenção de uma causa externa para a possibilidade da ocorrência de mudanças na matéria, em acordo com a primeira lei de Newton (lei de inércia). Novamente, neste ponto Kant tenta atribuir a uma lei física o empréstimo de noções metafísicas que fazem parte da demonstração filosófica de sua necessidade e objetividade, a saber, a afirmação de que toda mudança tem uma causa. Sob esta perspectiva, não haveria na matéria nenhum tipo de causa interna autodeterminante que pudesse ocasionar a mudança, tal qual ocorre caso se aceita a teoria leibniziana das mônadas, pois todas as modificações da matéria se dariam por meio do movimento. Curiosamente, Kant associou o princípio de causalidade à lei da inércia e não à terceira lei, pois acreditou que esta última não

⁴⁶ As problemáticas implicações dessa afirmação serão analisadas em seus pormenores no tópico seguinte deste mesmo capítulo, onde avaliaremos o caráter de cientificidade da química segundo Kant.

teria uma afirmação positiva sobre a matéria, ou seja, só afirmaria dela o que ela *não é* (MAN AA 04: 120,121). A inércia é também definida como ausência de vida, por não conter aquilo comum a todo ser vivo, a capacidade de se autodeterminar a partir de um princípio interno próprio, isto é, alterar o seu estado sem o concurso de uma causa externa. A terceira lei, finalmente, é o correspondente metafísico do princípio de ação e reação presente na física newtoniana, a qual, segundo o filósofo alemão, toma emprestado da metafísica o princípio da reciprocidade entre as ações que ocorrem no mundo, assim como as categorias de comunidade. Assim, sem a pressuposição da comunidade entre os agentes do movimento, é impossível conceber a possibilidade de comunicação do movimento, pois a própria noção de movimento como característica essencial da definição de matéria pressupõe já a sua relação a algo, qual seja, o espaço relativo em que se realiza. Portanto, na ocorrência de choque entre corpos, o primeiro corpo em movimento imprime-o ao segundo fazendo-o mover-se com seu espaço na direção contrária do movimento incidente, isto é, o espaço relativo que contém o segundo móvel se move com ele na direção contrária, mas com mesma intensidade, em relação ao espaço absoluto pensado para o primeiro corpo. Essas três leis da mecânica metafísica de Kant permitem vislumbrar uma aplicação efetiva das categorias de relação à ciência da natureza, assim como a *foronomia* e a *dinâmica* apresentaram a indispensabilidade das categorias de quantidade e qualidade para uma aplicação efetiva dos princípios da física newtoniana ao conjunto da experiência.

Em conjunto com os princípios do entendimento, esses princípios metafísicos constituem a teoria geral do conhecimento científico de Kant, que, associadas com as restrições impostas pela dialética transcendental, constituem a sua teoria geral do conhecimento objetivo, a qual depois se ramifica em suas partes prática e estética. Também de maneira semelhante a como Kant operou com os postulados do pensamento empírico, a *fenomenologia* lidou com o modo de interação entre o sujeito de conhecimento e a coisa conhecida, de modo a avaliar como o sujeito se posiciona em relação ao objeto de conhecimento e quais são os modos possíveis de ocorrência dessa interação com o objeto investigado. Assim, Kant estende a sua teoria de que estamos sempre a lidar com fenômenos também ao movimento, dado este só poder se manifestar através dos sentidos. Aqui Kant lidou com a questão do movimento aparente que vinha sendo discutido desde a foronomia, a saber, a possibilidade de se conceber o movimento de um objeto como o mover deste em relação a um espaço relativo, ou o movimento do próprio espaço relativo em referência ao espaço absoluto, à mesma velocidade e em direção contrária. Disso Kant infere a impossibilidade de se ter uma experiência de um movimento absoluto, isto

é, sem relação a um algo material exterior a ele, de modo que somente o caso contrário pode ser pensado como possível. Isso não significa, contudo, que se possa abrir mão definitivamente do conceito de um espaço absoluto, o qual aparece na fenomenologia como uma representação em que se permite pensar as diferentes modalidades do movimento relativo. Tomados em conjunto, os princípios da *fenomenologia* representam a aplicação objetiva das categorias de modalidade às leis da *foronomia*, *dinâmica* e *mecânica*, respectivamente.

1.5. O problema da cientificidade da química e o programa de transição dos MAN para a física

A partir do que foi apresentado nos tópicos antecedentes, é possível constatar que a teoria kantiana do conhecimento científico ou objetivo tem como uma de suas características principais a crença num domínio inteiramente *a priori* do conhecimento humano, responsável pela contribuição espontânea do sujeito para a totalidade do conhecimento. Esta parte *a priori* conteria aquilo que propriamente garantiria o seu caráter de necessidade, dada a sua origem não empírica. Além disso, a explicação da possibilidade de um tipo especial de juízos, os *sintéticos a priori*, permite justificar o sucesso da matemática e da física da época em determinar de maneira *a priori* (ou adiantar) quantitativa e qualitativamente os fenômenos e as propriedades que permitem aos cientistas preverem determinados acontecimentos. A marca distintiva de um conhecimento genuinamente científico é, portanto, a certeza apodítica de suas afirmações, as quais só podem derivar de princípios *a priori* sistematicamente encadeados, que constituem as leis segundo as quais a ciência particular opera. Contudo, é possível ainda que esse todo ordenado sistematicamente contenha apenas princípios empíricos, mas nesse caso, de acordo com o modo como Kant enxergou a cientificidade dos saberes, o domínio do saber não deve ser tomado com ciência genuína, mas sim, ora como *descrição da natureza* (como parece ser o caso da botânica à época), ora como *história da natureza*. Assim, o encadeamento sistemático de princípios empíricos constituiria no máximo uma espécie de coletânea de leis empíricas as quais não carregariam consigo certeza apodítica, mas apenas um conjunto de regras que tem aplicação prática, desprovidas do status de leis da natureza. Tal é o diagnóstico de Kant em relação à cientificidade da química, cuja “[...] totalidade dos conhecimentos não merece, em sentido estrito o nome de ciência; pelo que a química deveria se chamar antes arte sistemática e não ciência.” (MAN AA 04. 5,6).

A química pensada como um domínio particular do conhecimento humano ordenado sistematicamente começa a surgir com o trabalho dos primeiros médicos e alquimistas do

período renascentista e iluminista (séculos XVI -XVIII), ainda que a interação do homem com a matéria no sentido de transformá-la remonte a tempos muito mais antigos. Nessa época, os médicos e alquimistas passaram a classificar as substâncias de acordo com as suas propriedades particulares, isto é, de acordo com a sua aplicabilidade específica para tratar certa doença, ou ainda de acordo com suas qualidades organolépticas como cor, odor e amargor. Substâncias diferentes possuem qualidades diferentes, e disso surgiram as primeiras tentativas de classificação baseadas numa noção de “pureza”. Contudo, até o lançamento dos *Princípios de Química* de Lavoisier, os praticantes das técnicas que envolviam a elaboração e aplicação de materiais não contavam com uma estrutura teórica geral a partir da qual pudessem operar, a não ser os antigos manuais técnicos relacionados à metalurgia e procedimentos de obtenção e separação de algumas substâncias, todos eles impregnados da mística herdada do período medieval. Apesar dessa ausência de uma teoria geral que unificasse os saberes químicos como uma ciência genuína, é possível identificar determinadas correntes de procedimentos que orientaram as atitudes dos proto-químicos do período renascentista, como nos mostra Bernard Vidal (1986, p.32): a química técnica, voltada sobretudo para a metalurgia e preparação de materiais orientados para aplicação prática, como a preparação do salitre usado para a confecção de pólvora, algumas cerâmicas, esmaltes, etc.; a química laboratorial, voltada sobretudo para a investigação do domínio mineral para preparação de ácidos (p. ex. HCl), análise de substâncias desconhecidas, como alguns gases e testes reacionais entre as substâncias em geral; e a química das combustões, que como o próprio nome revela, se ocupava da queima de determinados materiais, sobretudo pelo emprego da técnica de calcinação. Já no século XVII observa-se uma guinada em direção de uma retomada da teoria corpuscular antiga para a explicação das reações químicas, tais como a neutralização de ácidos por bases e vice-versa, tendo, por exemplo, Newton, explicado a interação entre corpúsculos baseando-se em sua lei da atração universal, ou seja, haveria uma espécie de atração e repulsão entre os corpúsculos responsável por sua união ou desagregação, respectivamente. Tal parece ser, pelo que vimos, um dos pilares da definição kantiana de matéria nos MAN, ainda que adote a postura acima mencionada em relação à cientificidade da química.

Contudo, apensar da postura adotada nos MAN, na KrV Kant apresentou o procedimento de Stahl como um exemplo de conhecimento que entrou para “*o caminho seguro da ciência*”, onde afirma que “[...] *quando recentemente Stahl transformou metais em cal e esta, por sua vez, em metal, tirando-lhes e restituindo-lhes algo, foi uma iluminação para todos os físicos.*” (KrV B XIII). Já nos *Prolegômenos* Kant afirmou que “*A crítica está para a*

metafísica escolar comum como a química está para a alquimia...” (Prol. AA 04: 366), o que mostra que a essa altura Kant considerava a química ao menos como um domínio do saber que se diferenciava das práticas alquímicas, as quais o filósofo já havia criticado no período pré-crítico, tal como se vê na *Nova Dilucidatio* de 1755 (I 390), o que mostra que a preocupação com a cientificidade da química é um assunto que perpassou a carreira de Kant, ainda que de maneira secundária. Ernst Stahl havia publicado em 1723 sua obra principal, os *Fundamentos de Química*, na qual desenvolveu a teoria do flogisto, a qual tenta explicar determinadas transformações qualitativas e quantitativas das reações químicas a partir da concepção de uma espécie de matéria peculiar pertencente aos corpos combustíveis, a “matéria do fogo”, que seria liberada ao ar durante o processo de combustão. O procedimento descrito por Kant é a calcinação, que, como vimos no parágrafo anterior, era uma técnica muito comum entre os cientistas que praticaram a química entre os séculos XVI e XVIII, a qual foi gradativamente sendo associada ao uso da balança, fazendo a química tomar aos poucos um caráter mais quantitativo, ainda que naquele momento as práticas fossem predominantemente qualitativas.

Tanto a ausência de uma nomenclatura comum quanto esse caráter qualitativo preponderante fizeram com que Kant em 1786 enxergasse a química da época como um agregado de conhecimentos empíricos, que por não serem regidos por nenhum princípio que os unifique, não seriam suficientes para fazer de seu conjunto uma ciência genuína. Assim, ainda que os químicos do século XVIII tenham herdado da tradição anterior uma série de métodos e procedimentos experimentais, somente após a descoberta do oxigênio foi possível dar uma explicação mais eficaz da combustão e das reações químicas conhecidas de maneira geral. A teoria do flogisto falhava na explicação de certos fenômenos, como por exemplo a calcinação de alguns metais. Sabia-se que o peso do metal deveria aumentar pela combustão, desde Lavoisier, pela quantidade de oxigênio com que reage; contudo, pela teoria do flogisto, o contrário deveria acontecer, ou seja, o metal deveria perder flogisto e ter seu peso diminuído ao se pesar a cal resultante do processo. O desenvolvimento da ciência dos gases finalmente conduziu a uma teoria geral das reações químicas elaborada por Lavoisier e outros químicos entre 1772 e 1777 a partir de seus estudos sobre o “ar desflogisticado” liberado na calcinação do óxido de chumbo, o qual depois verificou se tratar do mesmo gás anteriormente isolado por Priestley, o oxigênio. Lavoisier pôde verificar a partir da selagem cuidadosa de seus recipientes reacionais que não havia variação no peso do recipiente somado ao mineral após a combustão completa, pela pesagem antes e depois da calcinação, substituindo assim a explicação a partir

da teoria do flogisto por uma mais simples e eficaz, qual seja, o oxigênio era o responsável pelas alterações qualitativas e quantitativas observadas.

A essa descoberta fundamental para o estabelecimento da química como ciência segue-se ainda uma nova definição de elemento químico e uma elaboração mais rigorosa de uma nomenclatura química adequada em substituição daquela advinda dos alquimistas, que se aproximava mais da culinária e da mística do que da ciência propriamente dita. Assim, no ano de 1787, Lavoisier se une a outros cientistas como Bertholet, Guyton e Fourcroy e leva a cabo um sistema de classificação e nomeação ainda utilizado atualmente, a saber, a partir dos sufixos dos nomes dos elementos em latim. Todo esse conjunto de inovações aliado a uma guinada cada vez mais presente para uma aplicação quantitativa das técnicas e princípios químicos são tidas pelos historiadores da ciência como o nascimento da química enquanto ciência particular, separada da física. A assim chamada “lei da conservação das massas”, que diz que nas operações químicas a quantidade de matéria permanece a mesma antes e depois das reações, é efetivamente o primeiro princípio capaz de dar, em conjunto com as inovações apresentadas, uma unidade matemática à química. Kant parece ter assimilado essa renovação da química ocorrida em sua época em diferentes ocasiões. Apesar de assumir uma postura cética em relação à cientificidade da química, na MS de 1797 Kant afirma que “*o químico diz: só há uma química (a de Lavoisier)*”, e nos MAN se ocupa detidamente com a tentativa de uma definição dinâmica⁴⁷ do conceito de matéria que coadune com os princípios da física newtoniana, o que mostra que a ciência química fez parte do rol de preocupações de Kant quanto a aplicação objetiva de seus princípios teóricos e de sua fundamentação objetiva das ciências de maneira geral. Note que a primeira lei da dinâmica consiste no princípio de conservação da quantidade de matéria, porém, Kant deu a ela um respaldo metafísico; talvez por acreditar que ele tivesse um caráter meramente empírico, portanto, contingente, decidiu associá-lo ao conceito metafísico de substância, fazendo a quantidade de matéria depender dela. Talvez Kant tivesse boas razões para fazê-lo, pois de fato as assim chamadas “leis ponderais” que deram maior clareza e unidade para a explicação das reações químicas foram melhor desenvolvidas por Dalton por volta de 1805, um ano após a morte de Kant, a partir de sua “lei das proporções múltiplas”.

⁴⁷ Particularmente nesse aspecto a definição dinâmica pareceu mais útil a Kant para lidar com as leis da interação entre as substâncias. Sabemos, contudo, como vimos no tópico anterior, que a definição kantiana de matéria não se restringe a uma definição estritamente dinâmica.

A fundamentação filosófica do conhecimento científico elaborada por Kant está contida, como vimos até aqui, sobretudo em seu sistema dos princípios puros do entendimento e nos MAN, ambos erigidos de acordo com a natureza e a ordem das categorias, as quais Kant acreditou representarem as regras mais gerais da união ou síntese do diverso das intuições empíricas em um conjunto de dados passíveis de serem conhecidos pelo homem. Contudo, esses dois conjuntos de princípios, apesar de viabilizarem a explicação da possibilidade de determinação matemática e dinâmica dos fenômenos, não pareceram a Kant suficientes para fundamentar a possibilidade de um conhecimento racional da natureza de maneira completa, e desse modo, a química é excluída do rol das ciências genuínas. Como bem se sabe, Kant tinha como objetivo a elaboração de uma obra mais completa (KrV A XXI) que corresponderia a uma metafísica da natureza, a qual o filósofo não chegou a completar devido a sua senilidade. Apesar disso, o conjunto de textos reunidos sob o título de *opus postumum*, conquanto os inúmeros problemas envolvendo a sua organização e sequência teórico-cronológica, apresentam em linhas gerais a tentativa de Kant em realizar seu projeto de transição dos princípios metafísicos da ciência natural à física: “é preciso chegar, então a uma transição dos princípios metafísicos da ciência natural à física, para que a ciência natural se converta em ciência racional (*philosophia naturalis*)” (OP A 21 u.22: 475). Na KrV, Kant já havia se perguntado “como é possível conhecer segundo princípios a priori a natureza das coisas e chegar a uma fisiologia racional?” (B 873). Fisiologia, segundo o filósofo, é a parte da metafísica que considera o conjunto dos objetos dados, seja aos sentidos ou a uma outra espécie de intuição que se queira considerar. Uma *fisiologia racional* deve, portanto, dar as condições para o conhecimento da natureza entendida como totalidade dos objetos que podem ser dados a nossa intuição, a partir de princípios *a priori*. Ora, essa fisiologia racional não pode ser a KrV, dado que ela consiste numa espécie de propedêutica da razão para a execução científica dela, nem pode ser os próprios MAN, dado que eles demonstram a possibilidade de aplicação das categorias à ciência do movimento, mas não demonstram como efetivamente aqueles princípios se aplicam a objetos materiais “concretos” da experiência como suas condições. Assim, o projeto de transição deve ser capaz de transpor o “abismo” natural existente entre os territórios da metafísica da natureza e da física, ambos contendo princípios totalmente heterogêneos (OP A 21 u.22: 475). Daí a necessidade de conceitos intermediários que permitam a “homogeneização” das duas espécies distintas de princípios, assim como a necessidade de uma representação intermediária (o esquema puro do entendimento) para possibilitar a aplicação efetiva das categorias aos fenômenos foi apresentada por Kant na *Analítica dos Princípios*:

Entre metafísica e física há um amplo abismo (*hiatus in systemato*), vindo a transição possibilitada não por um salto, senão apenas por uma ponte de conceitos intermediários, que constituem um edifício à parte. Nunca pode juntar-se em um sistema a partir de conceitos meramente empíricos. (OP A 21 u. 22: 476)

Uma vez que a física é a ciência das leis que regem as forças motrizes da matéria, e esta última só pode ser conhecida pela experiência, então a matéria também é fenomênica e, portanto, só pode ser ordenada de modo sistemático caso sejam postas sob conceitos de forças motrizes que compõem aquelas leis, logo, a transição acima mencionada seria propiciada pela referenciação desses conceitos com as noções de espaço e tempo e pela sua divisão exaustiva segundo um princípio, a fim de “enumerar por completo as propriedades da matéria antes da experiência” (OP A 21 u. 22: 477). O exemplo apresentado por Kant nessa passagem é o conceito de repulsão aplicado aos corpos efetivamente existentes, ou seja, é possível saber de antemão, por exemplo, que a transferência de energia cinética de um corpo a outro pelo choque entre ambos se dá como consequência deste princípio. O grande impasse de Kant tanto nos MAN quanto no projeto de transição, que nunca alcançou unidade sistemática, parece nitidamente ser o conceito de matéria o qual a química da época e mesmo a química do século precedente não puderam esclarecer e definir de maneira inequívoca. Faltou a Kant, portanto, esse conceito que o permitiria aplicar de maneira objetiva seus princípios e assim alcançar a almejada fisiologia racional, dado que na ausência de uma definição precisa de matéria, a única alternativa de Kant foi recorrer ao *idealismo transcendental* para afirmar que no fundo estamos lidando com fenômenos e que o substrato material assim deve ser tomado, sendo o substrato do próprio substrato material algo indeterminado, o problemático e amplamente criticado “em si” que escapa a uma determinação pelo entendimento. Kant não viveu a retomada, como suas devidas reformulações, da teoria atômica dos antigos por Dalton, porém, era contrário a uma teoria atômica e ao conceito de vácuo, os quais chamou de “invenções imaginárias” (OP A 21 u.22: 442) equivalentes às explicações mecânicas que pretendiam definir a matéria por meio dos conceitos de figura e textura, e por isso pretendeu dar uma definição dinâmica da matéria nos MAN. É necessário ressaltar, contudo, que o projeto de transição não se ocupa propriamente da química (OP A 21 u. 22: 625), dado esta ser entendida por Kant como uma parte da física, ou um “sistema empírico da ciência natural”, mas, de certa maneira, não deixa de lidar diretamente com a química de maneira secundária, tanto nos MAN quanto no OP. Enfim, todo o tratamento que Kant deu ao conceito de matéria está ligado ao modo como encarou a cientificidade da química, e por esse motivo optou por dar um tratamento dinâmico ao conceito de matéria, isto é, no âmbito da física, do que creditar à química o foro para lidar com essa definição.

Kant estendeu a sua tentativa de aplicar os princípios da física newtoniana para explicar os mecanismos das reações químicas. No tópico quatro da observação geral sobre a dinâmica, Kant explica a reação de dissolução a partir de uma espécie de “penetração química” que explicaria a ação exercida entre duas matérias diferentes que, diferentemente da ação mecânica, modificam umas às outras, ainda que supostamente estejam em repouso. Essa “compenetração da matéria”, que corresponderia a uma dissolução completa ou perfeita de uma matéria na outra, consistiria em uma divisão ao infinito das matérias reagentes a partir da qual se pode conceber a compenetração, pois de outro modo não poderiam ocupar o mesmo volume. Sobre as matérias compenetrantes agiria uma força a qual Kant chamou de “força dissolvente” responsável por fazer com que a dissolução prosseguisse até o fim, assim como forças de repulsão e atração que determinariam a dimensão do novo volume ocupado após a reação (MAN AA 04: 98,99). A compenetração ocorreria em um meio elástico que permitiria o espalhamento das forças de maneira uniforme, o que impediria uma posterior separação das matérias após a dissolução completa. Todo esse artifício teórico é elaborado por Kant a fim de evitar os conceitos de espaço vazio e de átomo, os quais o filósofo chega a comparar ao que “o acaso cego e o cego destino constituem da cosmologia metafísica”:

Ora, para introduzir uma explicação dinâmica (que é de longe mais conforme e também mais útil à filosofia experimental, porque induz diretamente a descobrir as forças motrizes próprias da matéria e suas leis, **limitando, em contrapartida, a liberdade de admitir intervalos vazios e corpúsculos fundamentais com figuras definidas, porque ambas as coisas não se podem determinar e descobrir mediante experimento algum**), não é necessário forjar novas hipóteses, mas refutar apenas o postulado da explicação puramente mecânica, a saber, que *é impossível conceber uma diferença específica na densidade das matérias, sem introduzir espaços vazios*, mediante a simples indicação de uma maneira de conceber sem contradição. (MAN AA 04: 102/103. Negrito meu. Itálico de Kant.)

O alvo de Kant aqui era o tipo de explicação mecânica presente, por exemplo, em Descartes, a partir da qual a interação material é explicada pela figura ou forma específicas que cada tipo de matéria teria, configurando assim uma teoria corpuscular que explicaria as reações como uma espécie de “encaixe” que lembra as peças do famoso brinquedo infantil que conhecemos atualmente. Essa teoria admitia uma espécie de impenetrabilidade e homogeneidade absolutas da substância primordial, a qual se diferenciaria das demais pela especificidade da figura, que permitiria a explicação para a diversidade específica da matéria. Toda essa explicação pareceu a Kant artificiosa e em desacordo com a teoria corpuscular newtoniana que possibilitava uma explicação dinâmica mais simples e que não necessitava da noção de espaços vazios no interior das substâncias para explicar a diferença nas densidades específicas, as substituindo pelas forças motrizes próprias da matéria. Segundo a explicação

dinâmica, como vimos, a matéria preencheria o espaço não por sua impenetrabilidade absoluta, mas por conter uma força repulsiva primordial que seria de magnitude diferente em diferentes matérias, e daí a diferença entre as densidades de acordo com a natureza da matéria específica, a depender do maior ou menor grau de repulsão que a matéria particular contivesse. Kant viu nessa explicação a possibilidade de se conceber uma substância como o éter que “enche seu espaço sem deixar qualquer vazio” graças a uma força repulsiva infinitamente maior que este conteria comparativamente às demais substâncias. É necessário perceber que Kant admite a possibilidade de que conceitos como “espaço vazio” e “éter” possam ser concebidos, ainda que seja impossível dar uma prova cabal de sua realidade objetiva, servindo assim como conceitos norteadores da pesquisa empírica, mas nunca como princípios genuinamente científicos.

De maneira semelhante, a possibilidade da existência do calórico é baseada numa “qualidade dinâmica” dessa matéria imponderável, que, justamente por ser imponderável, não poderia ser concebida senão por tais qualidades (OP A 21 u.22: 230). Assim, Kant se viu obrigado a ter que lidar com alguns conceitos problemáticos oriundos do paradigma científico de sua época, os quais envolviam, em última instância, a definição de matéria e o problema da explicação da diferença específica entre os diferentes materiais: os conceitos de *vazio*, *éter*, *calórico*, *flogisto* e *átomo* (este último envolvido nas polêmicas entorno do conceito de substância). Toda a problemática exposta até aqui nos leva a crer que a cientificidade da química tenha norteado as investigações de Kant em sua ambição mais geral de fornecer aplicação objetiva às suas categorias, como pertencendo a uma parte da física, é claro, que seria a ciência central da natureza. Mas, esse projeto teve que lidar com a ausência de uma definição categórica do conceito de matéria, a qual levou Kant a ter que se confrontar com aqueles conceitos-chave, ora os endossando, ora os criticando, para explicar a possibilidade da aplicação da física newtoniana, em lugar do mecanicismo e da Monadologia leibniziana, aos fenômenos que envolviam mudanças qualitativas e quantitativas da matéria, como ocorrem com as reações químicas. Apesar da rigidez e coerência teórica apresentada por Kant nessa tentativa, sabemos, por um estudo do desenvolvimento da física e com ele da química ainda na primeira metade do século XIX que teorias como a do flogisto vieram abaixo e em seu lugar reapareceu a teoria corpuscular atômica dos antigos reformulada, portanto, a metafísica do conhecimento científico de Kant teve que igualmente arcar com as consequências de estar intrinsecamente associada ao paradigma científico de sua época.

Os capítulos seguintes exploram como a teoria kantiana do conhecimento científico teve que lidar com as implicações inerentes ao próprio desenvolvimento das ciências as quais

compuseram seu itinerário de investigação, em especial como essa tentativa de fundamentação filosófica do conhecimento científico apresenta sérias limitações diante do desenvolvimento da teoria quântica. Por outro lado, como intentamos mostrar, existem diferentes abordagens que buscaram explorar a possibilidade de que possamos pensar uma atualização da filosofia transcendental face aos problemas epistemológicos surgidos com o desenvolvimento da nova física, ou seja, abordagens que procuraram mostrar que a partir de retomadas não-ortodoxas da filosofia transcendental existe a possibilidade de que possamos dar tratamento àqueles problemas por via da mencionada atualização. Nesse sentido, se por um lado os princípios segundo os quais Kant acreditou ser possível fundamentar o conhecimento objetivo enfrentam sérias restrições diante da situação experimental da teoria quântica, por outro essa própria situação mostra que posições epistemológicas clássicas talvez não estejam de um todo condenadas ao ostracismo.

2. FILOSOFIA TRANSCENDENTAL E TEORIA QUÂNTICA

2.1. Preâmbulo do desenvolvimento da teoria quântica e suas implicações para a epistemologia kantiana

No capítulo anterior, buscamos explorar as características gerais da teoria kantiana do conhecimento objetivo a partir da exposição da estreita relação entre o modo como Kant entendeu a noção de conhecimento genuinamente científico e sua relação intrínseca com os paradigmas científicos de sua época. O capítulo 2 explora as alterações de paradigma daquelas ciências num período específico da história da ciência pós-kantiana, qual seja, o desenvolvimento da *teoria quântica* e suas implicações para a teoria do conhecimento kantiana e para a teoria moderna do conhecimento como um todo. Veremos, portanto, que uma série de condições, como as expostas acima, não podiam ser satisfeitas diante da nova situação experimental, o que coloca um grande problema para quem quer pensar temas kantianos na ciência do século XX. Ao mesmo tempo, é possível encontrar elementos da teoria kantiana do conhecimento objetivo na adesão de determinadas posições epistemológicas pelos próprios físicos, habilitando assim uma aproximação de sua teoria com os problemas epistemológicos da mecânica quântica. O problema da *medida* dos atributos quânticos, e da pertença ou não desses atributos ao objeto quântico não medido fazem retornar questões presentes no escopo global da teoria kantiana do conhecimento objetivo: qual é a natureza da relação entre cognição humana e objeto de cognição nesse novo domínio do conhecimento humano? Quais são as condições que asseguram sua validade objetiva? Como pode ser explicada a possibilidade da aplicação da matemática na determinação dessa nova classe de fenômenos? E ainda: aqueles requisitos continuam sendo válidos para se avaliar a cientificidade de um saber? Diferentes experimentos chegam a resultados divergentes e igualmente verificáveis, enquanto a descrição dos eventos quânticos não pode prescindir de conceitos clássicos da física e da epistemologia.

O problema moderno da objetividade, o qual caracterizamos a partir do modo como Kant o entendeu, voltou-se principalmente para a elaboração de teorias que pudessem explicar a possibilidade do conhecimento científico, bem como os limites desse conhecimento e a consequente cosmovisão daí oriunda, em conjunto com a elaboração de teorias das faculdades humanas envolvidas no ato de conhecer. Essa estreita relação entre as epistemologias modernas e o *status quo* das ciências à época revela um traço essencial da filosofia da ciência de maneira geral: as questões científicas, em algum sentido, guardam um parentesco, ou se quisermos, compartilham de questões de origem que, em última instância, são questões filosóficas. Quando o físico se questiona acerca das regras subjacentes à regularidade com que um fenômeno

acontece, ele está se perguntando também acerca da *realidade* por trás daquele fenômeno, isto é, que aspecto da natureza orienta aquela regularidade e como ela pode ser descrita? Contudo, como sabemos, a especulação filosófica e a prática científica, apesar de compartilharem das mesmas questões fundamentais, não seguem os mesmos modos de execução, e, como vimos, com relação à matemática, Kant acreditou que deveriam ser totalmente distinguidos. O filósofo alemão acreditou, contudo, na possibilidade de se fazer metafísica ao modo das ciências, e, como vimos no capítulo 1, erigiu todo um sistema, no qual a metafísica renovada por um método inédito ocupava o lugar de ciência primeira no qual Aristóteles já havia colocado na antiguidade, porém, agora como analítica da razão, capaz de justificar a validade objetiva que se observava em domínios específicos do saber humano. Evidencia-se nessa propedêutica do conhecimento objetivo que existe um risco envolvido na escolha que aí se faz dos critérios de cientificidade, sobretudo relacionado à sua validade incondicional. Isto porque essa escolha estava baseada no paradigma científico de sua época, portanto, é inevitável que, com o desenvolvimento ocorrido nas ciências desde a época de Kant, a sua teoria do conhecimento científico tenha de lidar com as mudanças de paradigma daí decorrentes. O presente capítulo explora essas alterações de paradigma num período específico da história da ciência pós-kantiana, qual seja, o desenvolvimento da teoria quântica e suas implicações para a teoria do conhecimento kantiana e para a teoria moderna do conhecimento como um todo.

Justamente por estar amplamente envolvida com os paradigmas científicos de sua época, como vimos, a filosofia transcendental deve lidar com a natural transitoriedade desses paradigmas, de modo que o desenvolvimento das ciências nos séculos posteriores dá a indicação de que as teorias do conhecimento clássicas, tais como a de Kant necessitam quando não rever, também substituir seus próprios paradigmas. Nesse sentido, se por um momento na história da modernidade a física serviu como um modelo de conhecimento bem-sucedido, sobretudo por implantar a harmonia entre diferentes escolas de pensamento, durante o desenvolvimento da teoria quântica, tal harmonia por algum momento se perdeu. O clássico artigo Einstein-Podolsky-Rosen objetivava mostrar a incompletude da teoria quântica a partir de experimentos de pensamento cuja consequência tinha que ser a admissão da ação a distância, algo totalmente fora do senso comum e da física conhecida até então. Por outro lado, Niels Bohr apresentava o princípio de complementaridade como o princípio lógico capaz de lidar com as consequências da impossibilidade de se determinar atributos quânticos a não ser a partir de conceitos clássicos. São vários os fatores que ilustram aquilo que aqui estamos chamando de “o problema da objetividade na teoria quântica”, de modo que se quisermos delimitar bem o problema o qual

gostaríamos de tratar mais detidamente, devemos dividi-lo em três aspectos principais, os quais estão interconectados, quais sejam, 1) *o problema da realidade objetiva*, no qual o que está em questão é a própria realidade material, isto é, o envolvimento mais direto da nova física com questões ontológicas como a natureza do átomo. 2) *o problema da medida experimental* na teoria quântica, que diz respeito ao colapso da função de onda e suas implicações segundo a interpretação de Max Born da função de onda. 3) *o problema da objetividade conceitual*, que diz respeito ao acordo entre diferentes colaboradores acerca da descrição dos eventos quânticos, sua definição e significado geral, ou seja, a questão acerca da interpretação do formalismo matemático e sua relação com nossas demandas lógico-cognitivas clássicas⁴⁸. Meu intuito principal no presente capítulo é avaliar as implicações epistemológicas desses três aspectos do problema principal, a partir da análise de situações e propostas teóricas que foram sendo apresentadas ao longo do desenvolvimento da teoria quântica. O ponto que mais nos interessa aqui consiste na ruptura causada pela teoria quântica daquilo que consistia no principal alcance da física e epistemologia modernas: uma ciência capaz de determinar seus fenômenos de maneira consistente, capaz de previsibilidade e de, em última instância, dar uma descrição objetiva da realidade. Nesse sentido, é importante destacar (ainda que de maneira tautológica) que estamos entendendo *objetividade* como o domínio de objetos e conhecimentos que não pertencem ao domínio da subjetividade, isto é, de entidades, ou elementos, que compõem a psique humana e que fazem parte do domínio da convicção pessoal ou da opinião particular. Além disso, a palavra objetividade é entendida aqui como o âmbito em que as diferentes cognições convergem para um mesmo entendimento e concordância, isto é, se encontram coletivamente convictas acerca da verdade de um conhecimento.

A interconexão entre esses três aspectos principais do problema da objetividade na teoria quântica se deve sobretudo às discussões acerca da natureza e composição da matéria e da luz, e a interação entre essas duas entidades físicas. Desde a retomada da teoria atômica por Dalton (1808), a qual não foi imediatamente bem aceita por alguns de seus contemporâneos⁴⁹, os físicos buscaram estabelecer as bases para uma teoria da matéria e, em última instância, uma cosmovisão completa a partir daquilo que a física podia proporcionar em termos teóricos. Seria o mundo constituído por tais entidades invisíveis escondidas “por detrás” dos fenômenos corriqueiros? Essa questão dá a dimensão ontológica do problema da objetividade que permeia,

⁴⁸ Cada um desses três aspectos do problema geral da objetividade é tratado mais detidamente no capítulo 3.

⁴⁹ Veja Herbert, N. 1985 p. 24. Davy, Dumas e Berthelot são exemplos de cientistas que não aceitaram a ideia da existência do átomo, afinal, tratava-se de uma ideia sem comprovação na experiência, pois não se podia ver ou experimentar o átomo de nenhum modo possível.

ainda que de maneira subjacente, as questões acerca da composição particular dos átomos. Não obstante a retomada da teoria atômica, o século XIX é marcado pela teoria do campo eletromagnético por Maxwell (1864) e pela termodinâmica desenvolvida por Ostwald e Gibbs, a qual permitia explicar as reações químicas sem apelo a uma teoria atômica. Os estudos acerca da radiação eletromagnética e da propagação da luz deram o mote para o desenvolvimento da teoria quântica e com ela da teoria atômica que se seguiram no século XX. Alguns estudiosos afirmam que os estudos sobre a natureza da radiação luminosa consistiram no principal problema a partir do qual se desenvolveu a nova física, de modo que apontam os estudos de Max Planck (1900) acerca de corpos negros, - de onde o físico foi capaz de estabelecer a constante h , a qual estabelece um valor mínimo de ação (energia x tempo) para qualquer fenômeno que envolva radiação - como o ponto de virada entre a física clássica e a física quântica, nome derivado do termo que Planck deu aos pequenos “pacotes” discretos de energia observados no fenômeno de emissão de radiação num corpo negro, os *quanta*. O quantum de ação insere uma descontinuidade intrínseca na definição de matéria, a qual contrasta e diverge da cosmovisão moderna de uma natureza contínua da matéria, o que foi um marco diferenciador entre o “mundo macroscópico” e o “mundo microscópico” da experiência. Contudo, é necessário ressaltar que essa divisão simplista entre dois mundos esteve longe de consistir num ponto de concordância entre os físicos. Além desse novo campo de estudos aberto por Planck, os artigos revolucionários publicados por Einstein no “ano miraculoso” (1905), sobre o efeito fotoelétrico e sobre a teoria da relatividade especial, os quais deram uma nova dimensão da natureza da luz, do movimento e do espaço-tempo, alteraram de maneira radical as concepções físicas clássicas, ainda que a intenção de Einstein fosse completá-la ao invés de refutá-la. Assim, apesar de ter sido um dos pioneiros na contribuição teórica para o que veio a ser a física quântica, Einstein, como veremos, era reticente com relação ao caráter eminentemente estatístico da teoria.

Além da questão acerca da necessidade de comunicação dos eventos quânticos a partir de conceitos clássicos evidenciada sobretudo por Bohr, situações experimentais diversas suscitaram aos físicos uma série de questões acerca da consistência e efetividade da teoria quântica como ciência bem estabelecida⁵⁰. Se nos atentarmos ao desenvolvimento inicial a partir dos estudos que culminaram na criação de uma teoria quântica a fim de avaliarmos como

⁵⁰ Vale ressaltar, contudo, que essa desconfiança com relação à cientificidade da teoria quântica se deu, inicialmente, a partir de demandas relacionadas ao modo clássico (moderno) de se conceber a ciência, tais como previsibilidade.

propriamente se deu a problemática acerca da limitação do uso de conceitos clássicos, bem como o conseqüente advento de diferentes interpretações acerca da natureza da teoria, podemos colher daí os elementos que indicam a relevância do problema da objetividade, sobretudo no que diz respeito à noção de *medida* em teoria quântica a partir do contexto científico da época, bem como entender melhor como aquela limitação afetou o cerne da teoria do conhecimento objetivo de Kant.

Desde o final do século XIX, alguns físicos estudavam os fenômenos de emissão e absorção da radiação a fim de entender a natureza da luz e a estrutura da matéria como um todo. O *corpo negro*, conceito que considera o material assim denominado como um emissor e absorvedor perfeito, isto é, capaz de emitir e absorver radiação em todas as frequências, consistiu em um dos principais objetos de investigação acerca de questões ligadas à termodinâmica e à espectroscopia, uma vez que as análises dos físicos demonstravam que a resolução dessas questões exigia a admissão de princípios e resultados que excediam o escopo das leis da física clássica. Estudando os espectros de absorção e emissão de um corpo negro, Wien foi capaz de estabelecer uma equação que informava que o comprimento de onda máximo da distribuição de energia de um corpo negro era função apenas da temperatura ($\lambda_{\text{máx}} = b/T$), a qual ficou conhecida como “lei do deslocamento de Wien”. Essa relação tinha como objetivo calcular a emissão de um corpo negro a partir de qualquer temperatura, de modo que era possível prever a temperatura radiante de qualquer objeto que estivesse a uma temperatura maior do que a de seus arredores. Posteriormente Rayleigh e Jeans desenvolveram outra teoria mais completa para explicar as situações experimentais relativas ao corpo negro as quais não eram abarcadas pela equação de Wien. A lei de Stefan-Boltzmann já havia mostrado que, caso tracemos a quarta raiz da intensidade, têm-se uma visão mais clara da alteração do pico do comprimento de onda relativo ao deslocamento deste com relação ao aumento da temperatura ($\varepsilon = \sigma T^4$), o que significou um refinamento a mais na explicação dos fenômenos experimentais relativos ao corpo negro. A inovação de Rayleigh e Jeans consistiu no fornecimento de um estudo (feito em termos clássicos) dos fenômenos de emissão do corpo negro, tomando o campo eletromagnético como um conjunto de osciladores de todas as frequências, de onde, a partir do princípio de equipartição, propuseram que a energia média de cada um dos osciladores poderia ser calculada pela relação $\varepsilon = \rho d\lambda$, onde $\rho = 8\pi kT/\lambda$, a densidade de estados, corresponde à constante de proporcionalidade entre a densidade de energia e a variação do comprimento de onda dos fenômenos observados. Apesar do fato de a relação acima apresentar grande sucesso na descrição de fenômenos envolvendo baixas frequências (grandes comprimentos de onda),

ela falha para eventos envolvendo altas frequências (pequenos comprimentos de onda). Note que a densidade de estados tende a infinito quanto menores forem os valores para o comprimento de onda, o que significa que osciladores com comprimento de onda curtos (altas frequências) estariam fortemente excitados, mesmo à temperatura ambiente. Tal resultado ficou conhecido como *catástrofe do ultravioleta*, por se tratar de um resultado previsto para regiões de alta frequência do espectro eletromagnético.

A resolução desse impasse só viria a termo com o trabalho de Max Planck, o qual percebeu que uma melhor explicação daqueles fenômenos experimentais se daria caso se assumisse valores discretos para a energia de cada oscilador, os quais não poderiam ser alterados arbitrariamente. Essa escolha se opunha diametralmente com o *princípio de equipartição de energia*, caro à física clássica, segundo o qual todos os níveis de energia seriam permitidos, e assim a admissão de valores discretos de energia implicou numa *quantização* desta, donde o surgimento da teoria dos *quanta*. Planck elabora então uma nova relação para a descrição dos fenômenos experimentais da radiação do corpo negro na qual ocorre uma modificação da lei de Rayleigh-Jeans nos seguintes termos: $d\varepsilon = \rho d\lambda$, onde $\rho = 8\pi hc/\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)$, onde h é a famosa *constante de Planck*. Note que essa relação insere um caráter intrinsecamente descontínuo com relação à energia emitida, de modo a contrastar com a noção de uma distribuição contínua de energia aos moldes da física clássica. Lembremo-nos, portanto, de que a continuidade das grandezas, segundo o primeiro princípio matemático da *Analítica dos Princípios* da KrV é condição *sine qua non* da possibilidade de determinação matemática dos fenômenos, bem como espaço e tempo não são representações derivadas da conjunção de suas partes. Facilmente se vê, portanto, as implicações epistemológicas da quantização da energia estabelecida por Planck para a epistemologia clássica, a qual, por estar amplamente baseada nos princípios da física clássica, admitia como condição necessária o princípio da continuidade dos fenômenos e das grandezas físicas para uma correta dedução dos princípios de possibilidade de determinação matemática da natureza.

A partir dos estudos de Planck, os físicos puderam estender o caráter da quantização de energia a átomos e moléculas, os quais também estariam limitados a certos valores discretos. Os estudos dos fenômenos de difração em espectroscopia já haviam mostrado haver um caráter de descontinuidade relativo aos espectros de emissão e absorção característicos de cada elemento, de modo que se poderia dizer se tratar de uma característica identitária de cada elemento ou substância. A explicação dos espectros discretos, portanto, poderia ser feita admitindo-se que a quantização da radiação eletromagnética consistia na emissão de pequenos

pacotes de energia, como partículas dessa radiação, os *fótons*, que eram emitidos a cada vez que havia uma diminuição da energia, e daí o caráter discreto observado nos espectros. Essa característica dava indícios, portanto, de um caráter corpuscular da radiação eletromagnética. Aliado ao caráter explicativo abrangente implicado pela quantização da energia, o *efeito fotoelétrico* explicado por Einstein a partir da aplicação das ideias de Planck permitia medir a energia de elétrons emitidos a partir da radiação incidente a um metal. Einstein foi capaz de mostrar que a emissão de elétrons do metal só ocorre caso a radiação incidente corresponda a um certo valor característico de cada metal, de modo que os experimentos pareciam indicar que a ejeção do elétron se daria analogamente à colisão de um projétil com o elétron, de onde se concluiu mais uma vez pelo caráter discreto e corpuscular da radiação eletromagnética.

Mais tarde (1923)⁵¹, as experiências de Compton utilizando raios X apresentaram resultados que mais uma vez corroboravam para a interpretação corpuscular do fenômeno quântico: a partir de um experimento no qual o físico direcionou um feixe de raios X contra um alvo de grafite, foi possível medir a intensidade daqueles raios em função de seu comprimento de onda (λ) a partir de vários ângulos pelos quais a radiação se espalhava, do que observou-se que apesar do fato de a radiação incidente apresentar um único comprimento de onda fixo, a radiação espalhada apresentava seus máximos de intensidade relacionados a dois comprimentos de onda, um idêntico ao incidente, e outro que diferia dele com um comprimento maior do que o incidente, o que contrastava diametralmente com a explicação clássica dos fenômenos eletromagnéticos, segundo a qual o comprimento de onda e a frequência da radiação espalhada deveriam ter o mesmo valor da radiação incidente. Compton optou então por explicar tal anomalia assumindo a interpretação de que o feixe incidente não se tratava de uma onda de frequência determinada, mas sim de um conjunto de fótons que colidiam e se espalhavam ao incidir no material receptor, do que se torna possível explicar a diferença no comprimento de onda como resultado da transferência de energia causado pela colisão, o que implica em uma energia mais baixa para o fóton espalhado e, conseqüentemente, uma frequência menor, e daí um maior comprimento de onda. A interpretação corpuscular dos fótons permitia, portanto, uma interpretação mais coerente do fenômeno observado do que se fosse tomado como uma onda.

Apesar das fortes evidências a favor dessa característica corpuscular, experimentos como a difração de elétrons realizada por Davisson e Germer em 1925 mostravam que não há como negar o caráter ondulatório da matéria, haja vista o fenômeno de difração estar associado

⁵¹ Veja, por exemplo, Eisberg e Resnick, 1979 p. 59 (vide bibliografia).

à interferência causada por objetos sob os quais as ondas incidem, ao mesmo tempo em que G.P. Thomson mostrou que os elétrons são difratados caso sejam direcionados a uma fina lâmina de ouro. Esse tipo de situação em que diferentes arranjos experimentais culminavam em diferentes resultados acerca do estudo de um mesmo fenômeno foi a causa da desconfiança de vários físicos acerca do caráter de completude da teoria quântica, assim como das implicações epistemológicas relacionadas à coerência teórica, forma lógica e em última instância, objetividade dos resultados obtidos. Os experimentos de difração de elétrons foram determinantes, contudo, para a confirmação da hipótese de Louis de Broglie (1924), segundo a qual o comportamento dual da radiação eletromagnética se aplicaria também à matéria de maneira geral, de modo que “assim como um fóton tem associada a ele uma onda luminosa que governa seu movimento, também uma partícula material tem associada a ela uma onda de matéria que governa seu movimento” (Eisberg e Resnick, 1979 p. 87 e seguintes). Não restava dúvidas, portanto, de que os fenômenos quânticos apresentavam esse caráter dual, o qual se manifestava de maneira mais pronunciada em relação a uma das duas características, a depender do contexto experimental adotado. Desse modo, o arranjo experimental escolhido pelo investigador determina o modo como o fenômeno quântico se apresentará na experiência. Note que, nos dois parágrafos anteriores, expusemos duas classes de experimentos diferentes, as quais divergem em seus resultados, mas são ambas verificáveis objetivamente.

Ainda que a hipótese de L. de Broglie tenha tido sucesso em postular a existência de onda associada a qualquer partícula material microscópica a qual governaria seu movimento, ela não era capaz de determinar de que modo se daria a propagação dessa onda associada. O trabalho de Erwin Schrödinger foi capaz então de apresentar um procedimento matemático o qual podia descrever com maior exatidão o modo como essa onda associada estaria relacionada ao movimento da partícula, a partir de um conjunto de equações que levam o nome do físico austríaco. A proposta de Schrödinger consistiu em apresentar uma equação de onda que correspondesse a uma função matemática a partir da qual fosse possível relacionar a localização de um elétron em uma determinada região do espaço com a amplitude de onda a ele associada, a qual corresponde à energia do elétron segundo condições especificadas. Para uma partícula de massa m em um movimento unidimensional com certa energia E , a função de onda pode ser descrita a partir da equação de Schrödinger independente do tempo, como ilustrado na figura abaixo:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} + V(x)\psi(x) = E\psi(x)$$

Não exploraremos em detalhes os desdobramentos a que essa expressão matemática incide quando associada a um estado temporal, a qual inclui uma função complexa envolvendo números imaginários, bastando-nos para os propósitos atuais mencionar que, não obstante o sucesso da aplicação da equação de Schrödinger para uma descrição da dinâmica de sistemas microscópicos, a função de onda não possui um sentido físico imediato propriamente dito⁵², justamente por envolver uma função complexa, isto é, uma função que envolve números imaginários, o que impede que a função de onda seja de algum modo “medida” por um instrumento. A equação acima é, portanto, o resultado de uma simplificação para fins didáticos, onde $V(x)$ corresponde à energia potencial do sistema, e $E(x)$ à energia total do sistema, de modo que o primeiro termo se associa analogamente à energia cinética do sistema. Nesse sentido, a não ser que se determine arbitrariamente determinadas situações ideais nas quais sua aplicação se mostra mais intuitiva, como o confinamento da partícula em uma caixa, a restrição do movimento a um plano unidimensional, a independência do tempo etc., a equação de Schrödinger independente do tempo apresenta um caráter aparentemente arbitrário quando comparado à dinâmica de sistemas macroscópicos, por exemplo. Contudo, vale ressaltar que é possível obter a relação de L. de Broglie a partir de deduções da equação de Schrödinger, assim como a dinâmica de micropartículas do físico austríaco se adequou muito bem na descrição do estado do elétron do átomo de hidrogênio, pontos os quais corroboraram para uma aceitação da validade e aplicabilidade da teoria no tratamento objetivo do problema da descrição do estado das entidades quânticas. O ponto mais interessante para um tratamento epistemológico do desenvolvimento da teoria quântica consiste na interpretação da função de onda postulado por Max Born, a qual dá um sentido físico à equação de Schrödinger e seus desdobramentos.

Max Born introduz a noção de *densidade de probabilidade*, a qual permite uma interpretação física do quadrado da função de onda (Ψ^2) como a função que apresenta a probabilidade de que uma partícula seja encontrada em determinada região do espaço. Essa interpretação probabilística da função de onda cumpre um papel importante na dissolução de problemas interpretativos relacionados à pertença objetiva das propriedades atribuídas às entidades quânticas, pois ao introduzir o caráter puramente probabilístico aos aspectos

⁵² Veja, por exemplo, Atkins e de Paula (2010 p. 221) e Max Jammers (1974 p. 24).

dinâmicos que se pretende descrever, como por exemplo a localização de um elétron num átomo de hidrogênio, a função de onda pode lidar com as restrições impostas pelo princípio de incerteza, ou seja, fornece todas as informações possíveis acerca da entidade observada respeitando os limites estabelecidos por aquele princípio. Desse modo, a densidade de probabilidade $P(x,t)$ de se encontrar uma partícula numa posição x e num instante t poderia, segundo o postulado de Born, ser obtida a partir da relação $P(x,t) = \Psi(x,t)^2$, tal que a probabilidade de que essa partícula se encontre em uma determinada região do espaço $a \leq x \leq b$ em determinado instante t pode ser obtida pela integração do quadrado da função de onda: $P(a,b) = \int_a^b \Psi(x,t)^2 dx$. É claro que essa interpretação exigiu uma série de restrições à função de onda, como *continuidade*, dado que as probabilidades não podem conter indeterminações em nenhum ponto do intervalo estabelecido, *univocidade*, dado que a probabilidade em cada ponto considerado não pode assumir valores diferentes para esse mesmo ponto e *finitude* em todos os pontos do espaço considerado, dado que probabilidades são finitas. Um ponto importante da interpretação probabilística da função de onda consiste no papel que ela exercerá na representação pictórica dos orbitais atômicos presentes na química para a explicação de uma série de fenômenos químicos como as ligações químicas e as implicações da estrutura atômica na determinação de características macrofísicas dos elementos e substâncias, ponto o qual exploraremos em relação às suas implicações epistemológicas mais adiante.

Esse contexto histórico geral do desenvolvimento da teoria quântica que vai dos estudos de Planck acerca da radiação do corpo negro à mecânica ondulatória de Schrödinger e a interpretação probabilística proposta por Born ilustra de maneira geral o modo como o contexto experimental influenciou na formalização matemática e vice-versa, assim como evidencia as consequências desse desenvolvimento para a teoria da ciência da época. Se, de um lado, as aplicações práticas da teoria, como no caso da teoria atômica, são um atestado legítimo de sua objetividade, de outro, a necessidade de uma interpretação que dê uma visão conjunta e completa acerca da realidade retratada pela teoria, se é que se pode falar em uma “realidade” quântica propriamente dita, permanecia até então uma questão em aberto. Assim, a existência de *postulados quânticos* é reveladora de uma característica intrinsecamente pragmática envolvida na prática científica do século passado⁵³, pois a própria necessidade de comunicação

⁵³ Muitos dos físicos e químicos preferem adotar uma postura pragmática em relação à teoria quântica a qual resulta numa rejeição em se pensar os problemas filosóficos dela consequentes e ater-se apenas aos problemas que ela é capaz de resolver. Ainda que não possa responder categoricamente às demandas epistemológicas clássicas, ela é capaz contudo de solucionar tanto problemas teóricos quanto proporcionar mudanças significativas na vida prática do homem, a partir de suas aplicações nas ciências dos materiais e na tecnologia de maneira geral.

dos fenômenos experimentados deve lidar com a estranheza de se aceitar a atribuição de propriedades que divergem totalmente de nossas concepções tradicionais. Como veremos, a impossibilidade de comunicar os eventos quânticos a não ser a partir de conceitos clássicos, consistiu numa das principais questões epistemológicas da física, sobretudo entre os físicos da escola de Copenhague. Assim, a relação entre formalização e interpretação, que, em última instância, compõe o *problema da medida* em física quântica se mostrou como o ponto do qual derivam as principais questões de cunho filosófico relacionado à história do desenvolvimento da teoria quântica. Questões que se colocam diante dessa característica fundamental são: até que ponto a formalização matemática é capaz de suplantar ou, poderíamos dizer, resistir, à estranheza demonstrada pela experimentação? Seria apropriada a avaliação da consistência lógico-formal dos enunciados da teoria quântica a partir de regras previamente estabelecidas pela tradição epistemológica moderna? Que tipo de situação experimental propriamente determinaria o limite do uso de nossos conceitos tradicionais?

Ainda que, como veremos no tópico a seguir, tanto os filósofos quanto os físicos tenham se posicionado de maneira reticente em relação à possibilidade de retomada de teorias epistemológicas tradicionais para a avaliação dos problemas surgidos com a teoria quântica, a impossibilidade de descrição dos eventos tradicionais por outra via que não seja a da linguagem e outros pressupostos cognitivos humanos, assim como a determinação do modo de apresentação do fenômeno quântico a partir das escolhas experimentais dos cientistas, dão a indicação de que teorias do conhecimento como a de Kant merecem ao menos uma reavaliação, tanto no que respeita à validade atual de alguns de seus pressupostos, quanto no que diz respeito a possíveis aplicações não-ortodoxas de seus requisitos de cientificidade. Nesse sentido, o fato de o aparato experimental estar implicado na descrição completa do fenômeno quântico, implicaria, em última instância, uma interferência incontornável da cognição do investigador (o qual forja tanto a teoria formal quanto o aparelho de medida) no conhecimento do fenômeno observado? Essa parece ser a constatação feita pelos teóricos de Copenhague, quando lemos passagens como as que se segue:

Por fim, porém, é preciso ter sempre uma vez mais clareza quanto ao fato de a realidade sobre a qual podemos falar não ser nunca a realidade “em si”, mas uma realidade conhecida ou até mesmo, em muitos casos, uma realidade configurada por nós. Se objetarmos contra essa última formulação que há finalmente de qualquer modo um mundo objetivo, completamente independente de nós e de nosso pensamento que evolui ou pode evoluir sem a nossa intervenção e ao qual visamos propriamente com a pesquisa, então precisa ser contraposto a essa objeção

inicialmente tão elucidativa que **já a expressão “há” provém da linguagem humana e, com isso não pode significar bem algo que não estaria de maneira alguma ligado à nossa capacidade cognitiva.** (Heisenberg, W. 1942, p.34, ênfase minha.)

Não é difícil perceber, portanto, que as primeiras décadas do século XX foram marcadas por uma série de descobertas que revolucionaram a física e que foram igualmente responsáveis por uma crise nas ciências que teve também consequências para a epistemologia. Desse modo, tanto o *problema da realidade objetiva*, quanto o *problema da medida* e o *problema da objetividade conceitual* ou formal, derivadas do desenvolvimento da teoria quântica em seu encadeamento histórico, como vimos acima, apresentam-se em condições que tem iguais consequências para a filosofia transcendental. O princípio de incerteza de Heisenberg, o qual estabeleceu claros limites à aplicação de conceitos caros à física tradicional, também nos mostrou que princípios como o de causalidade, a depender do contexto em que seja aplicado, não tem o mesmo peso de validade na determinação dos fenômenos, dada a impossibilidade, por exemplo, de se descrever a trajetória passada de um elétron em um experimento que envolva difração. Além disso, o caráter puramente estatístico estabelecido tanto pelo tratamento matricial erigido por Heisenberg quanto pelas funções de onda de Schroedinger e Dirac também reforçaram a convicção de que a física clássica era incapaz de lidar de maneira satisfatória com o novo campo aberto pela experimentação. Nos valendo de uma expressão de Popper, esses “experimentos recalcitrantes” não foram suficientes para o estabelecimento de uma unanimidade entre os físicos com relação às limitações dos princípios clássicos, de modo que alguns pesquisadores classificam as diferentes vertentes como a corrente *realista* e a corrente *anti-realista* da física quântica, como posições epistemológicas que dizem respeito ao problema da realidade objetiva dos fenômenos quânticos.

Note que o modo como Kant teorizou acerca da ciência, sobretudo acerca do caráter de objetividade nela contido se vê prejudicado diante do desenvolvimento histórico que apontamos acima. É preciso que estejamos atentos ao fato de que a resolução kantiana do problema da objetividade implica que a cientificidade de um conhecimento qualquer se dá segundo a concordância desse conhecimento com um conjunto de regras que orientam a investigação empírica a partir de conceitos, regras as quais não encontram na mecânica quântica uma aplicação necessária, justamente por serem as situações empíricas inadequáveis a elas. O projeto kantiano para o estabelecimento de uma teoria geral do conhecimento objetivo exposta no capítulo anterior se vê prejudicada principalmente pelos seguintes pontos: 1) a limitação na aplicabilidade objetiva de leis da física clássica à situação experimental em física quântica implica na limitação à aplicabilidade objetiva dos princípios kantianos que fundamentam a

possibilidade do conhecimento objetivo. Disso se segue que 2) existe uma assimetria entre descrição causal e espaço-temporal em teoria quântica que atinge o cerne da teoria kantiana da possibilidade do conhecimento científico contida na *Analítica dos Princípios*; Além disso 3) a retomada da teoria atômica seguida de uma elucidação cada vez mais assertiva sobre a composição do átomo pela teoria quântica invalida a teoria da matéria contida nos MAN. Antes de qualquer tentativa de aproximação dos problemas da física contemporânea a partir da teoria do conhecimento de Kant, é preciso entender como os próprios físicos estenderam o seu escopo de investigação estritamente científico-experimental para questões epistemológicas ligadas à completude da explicação teórica fornecida pela teoria quântica, assim como o posicionamento dos filósofos de inclinação “analítica” com relação à teoria do conhecimento científico de Kant.

2.2. A crítica dos empiristas lógicos à teoria kantiana do conhecimento objetivo

Não obstante o desenvolvimento da nova física e suas implicações para a teoria do conhecimento científico de Kant, no final do século XIX e início do século XX a epistemologia tradicional passa por uma série de reformulações que envolveram uma nova concepção da lógica e uma guinada rumo a questões de linguagem em detrimento de questões de cunho metafísico, que acontecem concomitantemente ao desenvolvimento da teoria quântica. Como expusemos no primeiro capítulo, a teoria kantiana do conhecimento científico ou objetivo pressupunha uma espécie de indispensabilidade da metafísica para o conhecimento humano de maneira geral, de modo que este domínio do saber humano conteria as aspirações mais fundamentais as quais o homem naturalmente quer conhecer e que dão unidade e completude teórica à pesquisa empírica engendrada nas ciências. Contudo, é sempre importante ressaltar que a metafísica à qual Kant almejava fornecer as bases se diferenciava da metafísica tradicional sobretudo pelo método nela empregado e pelo crivo da crítica daquele impulso natural da razão em sua dialética interna. Essa metafísica renovada teria as condições para estabelecer os princípios filosóficos fundamentais subjacentes à própria atividade científica, sobretudo na física, a partir dos MAN, e nas outras ciências de maneira geral a partir de sua teoria dos juízos na KrV, uma vez que agora ela não mais se preocuparia em fornecer um sistema que desse conta da essência última das coisas, tal como a ontologia tradicional, mas se ocuparia de uma analítica da faculdade humana de conhecer ao estabelecer os limites os quais determinam até onde pode essa faculdade alcançar um conhecimento de maneira independente da experiência.

Apesar do grande número de filósofos e obras que compuseram o assim denominado positivismo ou *empirismo lógico*, podemos destacar como uma das principais características

que orientaram o pensamento daqueles que de alguma maneira se associaram a esse movimento teórico uma tendência a tratar os problemas filosóficos em âmbito científico e vice-versa, e uma forte descrença de que a metafísica pudesse fornecer algum conhecimento significativo com relação à realidade. Como podemos ler em *A concepção científica do Mundo*, de Carnap, Neurath e Hahn, a atitude dos filósofos que se reuniram no assim chamado círculo de Viena era bastante radical em relação à metafísica, de modo que “mostrou-se cada vez mais nitidamente que o objetivo comum a todos era não apenas uma atitude livre de metafísica, mas antimetafísica.” (1929, p. 5). Desse modo, se Kant acreditou ser possível uma espécie de adaptação da metafísica aos resultados da ciência, ou seja, que ela pudesse ser feita “ao modo das ciências” e assim pudesse fornecer os princípios *a priori* que possibilitam a própria aplicação da matemática à experiência, os filósofos de Viena defendiam um banimento completo da metafísica e da teologia dos assuntos científicos de maneira geral:

A concepção científica do mundo *desconhece enigmas insolúveis*. O esclarecimento dos enigmas filosóficos tradicionais conduz a que eles sejam parcialmente desmascarados como pseudoproblemas e parcialmente transformados em problemas empíricos sendo assim submetido ao juízo das ciências empíricas. A tarefa do trabalho filosófico consiste nesse esclarecimento de problemas e enunciados, não, porém, em propor enunciados “filosóficos” próprios. O método deste esclarecimento é o da *Análise Lógica*. (Carnap (et all), 1929, p. 6. Ênfase dos autores.)

Ainda que Kant tenha sido crítico a uma confiança no poder da razão em erigir sistemas metafísicos os quais pudessem atingir algum âmbito de objetividade, pois, do contrário, consistiam sempre em sistemas concorrentes, sua teoria da possibilidade de um conhecimento totalmente *a priori* foi contabilizada como pertencendo a uma mesma aspiração da qual compartilharam os metafísicos tradicionais. Note que os *juízos sintéticos a priori puros*, isto é, aqueles que dariam a condição de possibilidade de outros *juízos sintéticos a priori*, são uma classe de juízos tomados por Kant como totalmente independentes da experiência, e, portanto, erigidos exclusivamente pela faculdade de conhecer, os quais teriam um status de validade apodítica justamente por sua origem não empírica. Esse ponto é bastante criticado no texto citado acima, pois, segundo seus autores, o criticismo kantiano teria uma espécie de “metafísica oculta” ou “velada” implícita na teoria, ainda que fosse crítica em relação à metafísica escolástica. A concepção científica do mundo, portanto, “não admite um conhecimento incondicionalmente válido a partir da razão pura, juízos sintéticos a priori, tais como os que estão à base da teoria do conhecimento kantiana, e, mais ainda, de toda ontologia e metafísica pré e pós-kantianas” (1929 p. 11). No lugar da tentativa de se erigir um sistema metafísico que dê conta das diferentes classes de juízos empregados nas ciências, os empiristas lógicos optaram pela análise lógica dos enunciados empíricos contidos nas ciências a partir do emprego da lógica

formal oriunda da análise dos fundamentos da aritmética, herdados de Frege, Russell, Whitehead, Peano e outros.

O ponto que nos interessa aqui é: por que a teoria dos juízos kantiana foi encarada pelos empiristas lógicos como contendo algo de semelhante ao modo de fazer metafísica que Kant enfaticamente criticava? Os juízos sintéticos *a priori* consistiriam em uma classe especial de juízos os quais seriam capazes de ampliar o conhecimento de maneira *a priori*, ao mesmo tempo em que fariam referência à experiência, seja empírica, seja possível. Contudo, devemos perceber que, ainda que haja essa referência à experiência na teoria dos juízos de Kant, a crítica dos empiristas lógicos se voltou sobretudo ao caráter *a priori* da definição kantiana de conhecimento verdadeiro ou objetivo, assim como ao seu *idealismo transcendental*, de modo que “não resta mais lugar para os juízos sintéticos *a priori*” pois “a possibilidade de conhecimento não mais se baseia em que a razão imprima sua forma ao material, mas em que o material seja ordenado de um determinado modo” (1929, p. 15). De maneira geral, a crítica dos empiristas lógicos e daqueles que de certa maneira os influenciaram ou estiveram no seu horizonte teórico próximo baseia-se em que as ciências e domínios do saber aos quais a teoria kantiana do conhecimento buscou fornecer fundamentação filosófica evoluíram tanto conceitual como experimentalmente. Nesse sentido, Russell⁵⁴ afirmou que:

A geometria não euclidiana havia minado o argumento da estética transcendental. Weierstrass havia demonstrado que o cálculo diferencial e integral não requer o conceito do infinitesimal, e que, portanto, quanto hajam dito os filósofos em matérias tais como a continuidade do espaço, o tempo e o movimento, deve considerar-se como totalmente errôneo. Cantor eliminou a contradição do conceito de número infinito, acabando assim tanto com as antinomias de Kant como com grande parte das de Hegel. Finalmente, Frege demonstrou detalhadamente como a aritmética pode deduzir-se da lógica pura, sem a necessidade de ideias nem axiomas novos, refutando dessa maneira a afirmação de Kant de que “ $7 + 5 = 12$ ” é sintético. (Russel, in Ayer (comp.), 1959, p. 37)

Sob essa perspectiva, portanto, não haveria mais lugar para uma filosofia transcendental na teoria do conhecimento, haja vista os resultados das ciências particulares, da matemática, e da lógica demonstrarem cuidadosamente que alguns dos paradigmas sob os quais se apoiavam a teoria kantiana do conhecimento objetivo haviam acertadamente sido substituídos por outros, de modo que a invalidação daqueles acarretaria igualmente na invalidação desta última. Como vimos no primeiro capítulo, a teoria kantiana do espaço e do tempo, bem como o fundamento da justificação da validade dos juízos matemáticos na geometria a eles associados, baseou-se na geometria euclidiana e na física newtoniana, assim como em sua relação com o cálculo

⁵⁴ Não estamos afirmando aqui que Russel pudesse ser considerado um empirista lógico, mas sim um dos grandes influenciadores, do ponto de vista teórico de sua fundamentação da lógica e da aritmética.

diferencial algumas das noções mais basilares utilizadas por Kant na *Análitica dos Princípios* para viabilizar uma explicação da possibilidade de aplicação da matemática aos fenômenos foram *continuidade* e *infinitesimais*, e como mostra a citação de Russell apresentada acima, naquela época já era possível demonstrar a ausência de necessidade dos usos desses termos na fundamentação da aritmética e das geometrias não euclidianas. De maneira semelhante, a química contemporânea se apoia fortemente no modelo atômico oriundo da teoria quântica, de modo que a recusa de Kant em aceitar a teoria atômica como verdadeira, assim como a tentativa de se executar uma “dedução do éter” na qual se tenta demonstrar a validade do uso desse conceito na física, não podem ser tomadas como contendo nenhuma validade objetiva diante do cenário científico dos séculos XIX e XX. Qualquer tentativa de atualização da teoria kantiana do conhecimento devia, portanto, lidar com essas contraposições, de modo que os neokantianos teriam que no mínimo rever as suas asserções diante delas. Tal é também a principal base argumentativa dos filósofos do círculo de Viena contra uma tentativa de retomada da teoria kantiana do conhecimento como uma teoria viável à explicação da possibilidade do conhecimento científico e do conhecimento de maneira geral:

A análise epistemológica dos conceitos principais da ciência natural tem livrado sempre mais estes conceitos de *misturas metafísicas* que aderiram a eles desde tempos primitivos. Especialmente os conceitos de *espaço*, *tempo*, *substância*, *causalidade*, *probabilidade* foram purificados por Helmholtz, Mach, Einstein e outros. As doutrinas do espaço absoluto e do tempo absoluto foram superadas pela teoria da relatividade [...] Além disso, substituíram-se leis da natureza, tidas como rigorosas, por leis estatísticas, e, com base na teoria quântica, até mesmo aumentam as dúvidas quanto à aplicabilidade do conceito de uma regularidade estrita aos fenômenos nas menores regiões espaço-temporais. (Carnap (et all), 1929, p. 15. Ênfase dos autores.)

Para Carnap, a falha da teoria dos juízos de Kant surge de uma confusão nas distinções entre *analítico* e *sintético*, e entre *a priori* e *a posteriori*, dado que a primeira teria caráter lógico e a segunda epistemológico⁵⁵. A primeira teria esse caráter meramente lógico por dizer respeito à verdade ou falsidade das proposições empregadas nos juízos, de modo que a verdade ou falsidade de proposições analíticas dependeria somente das relações de significado entre as proposições. De fato, Kant afirmou que o princípio supremo de qualquer juízo analítico é o princípio de não contradição, bastando para assegurar a verdade de um juízo desse tipo não violar esse princípio⁵⁶. A segunda distinção seria de caráter epistemológico por dizer respeito à justificação dos juízos, isto é, à necessidade ou não da referenciação dos enunciados neles contidos à experiência. Os juízos analíticos são sempre *a priori* por nunca exigirem uma

⁵⁵ Veja (CARNAP, R. 1966 p. 177 -183).

⁵⁶ Veja (KrV B 191).

referência à experiência para a sua justificação, de modo que “os significados dos termos implicam a verdade do enunciado, sem referência a nenhum exame do mundo.” (Carnap, 1959 p. 178). Já os sintéticos, pelo contrário, necessitam sempre de uma referência na experiência para a garantia de sua justificação. Ou seja, a distinção entre *a priori* e *a posteriori* diz respeito a uma dependência ou não dos juízos em relação à experiência para a sua justificação e a distinção *sintético* e *analítico* à relação lógica de verdade ou falsidade entre os juízos, enunciados ou proposições. O problema consiste, para Carnap (1966 p. 180), na estranha propriedade dos *juízos sintéticos a priori*, em dizerem respeito ao mundo e ao mesmo tempo gozarem do mesmo caráter de necessidade ou apoditicidade dos juízos analíticos. Ora, se não é da mera relação entre os conceitos que esse tipo de juízo é validado, é preciso então recorrer a um terceiro termo, que é a noção de *intuição* apresentada por Kant, cujo exemplo paradigmático é dado na geometria. A questão é que qualquer teorema que se siga dos axiomas da geometria é imediatamente certo (válido) por seu caráter *a priori* e igualmente válido por sua referência imediata a uma intuição (conhecimento empírico ou *a posteriori*). Se esse é o caso, então é inconcebível, ao contrário das ciências, que uma modificação nos paradigmas da geometria tornasse inválido um axioma qualquer da geometria euclidiana, dado seu caráter estritamente *a priori*. O problema para Carnap é que à época de Kant não haviam ainda sido descobertas geometrias não-euclidianas e, portanto, não se fazia a distinção entre *geometria matemática* e *geometria física* presente nos tempos atuais. Para Carnap, a geometria matemática pode ser *analítica* e *a priori*, mas não seria possível dizer também que é sintética, dado que ela consistiria unicamente em um “sistema dedutivo simples baseado em certos axiomas que não tem que ser interpretados em referência a nenhum mundo existente”, ou seja, toda a geometria euclidiana pode ser obtida por via dedutiva a partir do estabelecimento de determinadas propriedades estruturais a partir das quais pode-se derivar logicamente uma série de teoremas do espaço oriundas daquela geometria:

Essa geometria não diz absolutamente nada sobre o mundo. Ela diz apenas que, se um certo sistema de relações tem certas propriedades estruturais, o sistema terá outras certas características que se seguem logicamente da estrutura assumida. Geometria matemática é uma teoria de estrutura lógica. (Carnap, R. 1966 p. 181)

Já a *geometria física* seria a geometria aplicada a problemas do mundo real, isto é, a utilizada pelos físicos para descrever aspectos e propriedades do espaço real e estruturas pertencentes a esse espaço, de modo que usar o termo “geometria” em um mesmo sentido seria a fonte do erro tanto de Kant quanto de alguns geômetras do século XIX, como Riemann, segundo Carnap. Tal erro se evidenciaria caso se observe que existe uma espécie de polissemia

dos conceitos geométricos na geometria matemática, os quais podem ser interpretados de diversas maneiras, isto é, podem ser definidos tanto algébrica quanto axiomáticamente, o que implica uma infinidade de interpretações possíveis, ou seja, podem ser tomados tanto num sentido “puro” como num sentido aplicado. Assim, atribuir a propriedade de analiticidade e aprioricidade à geometria matemática não constitui um erro, porém, ao atribuir a ela a característica de sinteticidade, ocorre a mistura inadvertida entre geometria matemática e geometria física, dado que esta última somente possuiria uma aplicação concreta a objetos do mundo atual. Nesse sentido, não é possível aceitar a existência de um tipo especial de juízos presente nas ciências empíricas e na geometria, quais sejam, os *juízos sintéticos a priori*, uma vez que o maior exemplo paradigmático desse tipo de juízo para Kant foi tratado erroneamente como tendo as suas diferentes aplicações pertencido a um mesmo domínio teórico. O erro de Kant, então, consistiria em tomar um domínio em que a justificação dos juízos é de caráter essencialmente lógico com outro em que a justificação dos juízos se dá em terreno prioritariamente empírico.

Moritz Schlick também se apoia nos avanços da ciência para dizer que a teoria do conhecimento Kantiana não é mais adequada, sobretudo no que diz respeito ao seu idealismo transcendental. A distinção kantiana entre “fenômeno” e “coisa em si” parece a Schlick não ter mais lugar, dado que os avanços da física teriam revelado algo do próprio mundo empírico, e não de algum aspecto relacionado ao nosso aparato cognitivo, do que se segue para o filósofo da ciência que “daí que o físico não tenha que apelar à filosofia kantiana; suas comprovações conduzem ao mundo exterior empírico que todos conhecemos, não a um mundo transcendente, seus elétrons não são entidades metafísicas [...]” (Schlick, (in Ayer, org.), 1959 p. 108). Parece, a partir da análise dessa posição de Schlick, que o realismo ingênuo seja uma posição epistemológica adotada pelo empirismo lógico, uma vez que as descrições dos dados obtidos pela ciência seriam tomadas como representações de aspectos da própria realidade. O ponto de vista na análise lógica do conhecimento científico é posto no lugar de qualquer tentativa metafísica ou transcendental de se realizar essa tarefa, de modo que Carnap chega a dizer que “ante ao juízo inexorável da nova lógica, toda a filosofia em sentido antigo, seja que se relacione com Platão, Tomás de Aquino, Kant [...] resulta ser não somente falsa em seu conteúdo, senão logicamente insustentável, e portanto, carente de sentido” (Carnap, (in Ayer, org.) 1959 p. 140).

Friedrich Waismann, por sua vez, assim como Carnap, aponta para o erro de não se fazer uma distinção correta entre as duas naturezas de geometria as quais vimos acima tratadas por Carnap, de modo que a perplexidade de Kant em relação à possibilidade de se haver juízos

sintéticos a priori na geometria teria derivado dessa confusão (in Ayer, 1959 p. 364). A matemática, segundo esse ponto de vista, perderia seu caráter de necessidade absoluta assim que aplicada ao âmbito empírico, do que se segue que não haveria nenhum caráter de necessidade associado a juízos sintéticos tal qual havia pensado Kant em sua teoria dos juízos na geometria e na física. Hans Hahn critica a noção de uma origem *a priori* do conhecimento dizendo que, na realidade, trata-se de uma atribuição dessa origem a leis que são ordinariamente formuladas a partir da observação (Hahn, (in Ayer, org.), 1959 p. 156/157), de modo que a explicação da possibilidade de determinação dos fenômenos pela razão humana via matemática a partir de teorias metafísicas seria fruto da atribuição de uma certa superioridade da razão e dos conhecimentos racionais em detrimento do conhecimento empírico. Hahn propõe então que “não há outro modo de sair dessa situação senão retornando ao ponto de vista puramente empírico, à opinião de que a observação é a única fonte dos conhecimentos e dos fatos” (*ibid.*), contudo, aponta que atribuir à experiência os fatos da lógica e da matemática, tal qual fizeram alguns empiristas antigos, também é um erro a ser evitado. A saída de Hahn consiste em estabelecer duas classes de enunciados, os que expressam algo acerca dos fatos e os que expressam as regras as quais regem as leis de aplicação das palavras aos fatos, tal que a lógica seria a responsável por esses últimos, enquanto enunciados sobre a experiência teriam sua verificabilidade apoiada somente nos fatos (*ibid.* p. 161). Disso se segue que a tradição epistemológica teria misturado essas duas classes de enunciados, de onde se originariam as diversas confusões, no fundo de origem linguística, que se observa nas teorias clássicas do conhecimento. Com relação à matemática, a posição tomada por Hahn é de que, assim como na lógica, os enunciados matemáticos são tautológicos e puramente analíticos, tal como a fundamentação lógica da aritmética empreendida por Frege e Russel pode demonstrar de maneira satisfatória.

Fica bastante claro, portanto, que o posicionamento dos empiristas lógicos em relação às teorias tradicionais do conhecimento, oriundas sobretudo da modernidade, é de uma profunda aversão à possibilidade de tratamento dos problemas de filosofia da ciência em âmbito metafísico, baseando-se sobretudo no desenvolvimento das ciências nos séculos XIX e XX e no desenvolvimento da lógica e da filosofia da linguagem como instâncias muito mais adequadas para se tratar dos problemas epistemológicos. A principal crítica ao trabalho de Kant se concentra em sua teoria dos juízos e da verificação deles, bem como em sua proposta idealista para a explicação do modo de interação entre a cognição humana e os objetos de conhecimento, ainda que se trate de um idealismo diferente do proposto, por exemplo, por George Berkeley.

A estreita relação entre as teorias epistemológicas clássicas e o *satus quo* das ciências em sua época, tal qual se passa em Kant com relação a geometria euclidiana e a física newtoniana seria o principal “calcanhar de Aquiles” daquelas teorias, pois o seu âmbito de validade se extinguiria conjuntamente com o desenvolvimento particular daquelas ciências com o decorrer dos anos. A análise lógica dos enunciados científicos seria, sob esse ponto de vista, a tarefa mais adequada a que o epistemólogo deveria se voltar caso quisesse se livrar da ausência de significado dos problemas epistemológicos e metafísicos tradicionais. Assim, a teoria kantiana da *construção na intuição pura* e do *sintético a priori* na matemática e na geometria teria sido desbancada basicamente a partir dos trabalhos de Bolzano, Frege e Russel no âmbito da fundamentação filosófica da lógica e da aritmética, Hemholtz, Poincaré e Hilbert no âmbito da geometria, e da teoria da relatividade de Einstein e o desenvolvimento da física quântica no que diz respeito à teoria kantiana dos juízos na física e nas ciências aplicadas de maneira geral⁵⁷. Esses são os argumentos mais fortes contra a possibilidade de uma retomada da teoria kantiana do conhecimento diante do cenário científico da primeira metade do século passado. Qualquer tentativa de inclinação neokantiana no sentido de uma atualização da filosofia transcendental diante desse contexto, portanto, deve ser capaz de responder a essas dificuldades.

Contudo, devemos nos perguntar se seria realmente adequado enquadrar a teoria do conhecimento científico de Kant entre os filósofos da tradição citados, por exemplo, por Hahn, haja vista a radical mudança no método da metafísica proposto por Kant que a diferencia diametralmente do modo como era pensado o problema da objetividade por aqueles filósofos. É nesse sentido que uma caracterização do projeto geral kantiano de fornecer fundamentação filosófica ao conhecimento científico surge como uma etapa importante para uma possível resposta às críticas dos empiristas lógicos e para a possibilidade de se pensar uma atualização da filosofia transcendental face ao desenvolvimento das ciências. Além disso, é preciso rememorar que o posicionamento da escola lógico-empirista não foi unânime entre os filósofos que se propunham a pensar uma teoria dos enunciados científicos.

Sabe-se que Karl Popper, por exemplo, era crítico da teoria do conhecimento científico de Carnap e dos positivistas lógicos de maneira geral em diversos aspectos, sobretudo com relação à noção de *graus de confirmação* e *graus de probabilidade* contidas na teoria de Carnap⁵⁸ e a confiança na possibilidade de uma fundamentação lógica do conhecimento

⁵⁷ Confira o trabalho de J. Alberto Coffa (1993), no qual ele explora com detalhes a história do desenvolvimento da tradição semântica de Kant a Carnap. Para mais detalhes, vide bibliografia.

⁵⁸ Sobre essa discussão, veja o trabalho de Alex Michalos (1971). Para mais detalhes, vide bibliografia.

científico tal qual professavam os positivistas lógicos. Carnap diferenciava dois tipos de probabilidade, uma de caráter meramente lógico e outra de caráter estatístico para tratar de problemas como o da inferência indutiva⁵⁹. A probabilidade de caráter estatístico faria parte da linguagem-objeto das ciências, enquanto a probabilidade de caráter lógico seria a metalinguagem dessa linguagem-objeto, divisão que implicaria, segundo Carnap (1966 p. 39), numa melhor fundamentação de uma lógica indutiva da ciência, dado que o problema da indução tal qual formulado por Hume, por exemplo, levaria a incongruências em relação aos enunciados científicos justamente por essa confusão entre os dois tipos de probabilidade, o que implicaria em atribuir à experiência algo que seria parte do domínio da lógica⁶⁰. Popper era crítico do movimento positivista lógico devido a dois aspectos principais: 1) o critério radical de oposição dos positivistas lógicos com relação à metafísica e aos problemas filosóficos de maneira geral, a partir da crença de que seria possível alcançar nas ciências enunciados absolutamente verdadeiros, enquanto na metafísica não; 2) com relação a possibilidade de que a lógica formal pudesse fundamentar definitivamente os enunciados científicos a partir de uma “lógica indutiva”. Com relação ao primeiro aspecto, Popper assevera que os positivistas lógicos não puderam apresentar um claro “critério de demarcação” que diferenciasse o caráter empírico ou não-metafísico de uma teoria particular, da matemática, da lógica e da metafísica, ao estabelecerem que os únicos problemas significativos deveriam poder ser reduzidos a problemas de experiência ou empíricos, sob pena de serem rotulados como pseudoproblemas, “vazios” ou sem significado real.

Ao proceder dessa maneira, segundo Popper “os positivistas, em sua ânsia de aniquilar a metafísica, aniquilam, com ela, a Ciência Natural” (1959 p. 37), dado que, ao estabelecerem que os enunciados universais derivados das proposições empíricas “atômicas” seriam desprovidos de justificação por não consistirem em enunciados “genuínos”, igualariam o status dos enunciados da ciência natural aos enunciados metafísicos que seriam desprovidos de sentido, como vimos acima. Com relação ao segundo aspecto, muito proximamente relacionado com o primeiro, Popper afirma que “a ciência empírica parece caracterizar-se não apenas por sua forma lógica, mas, além disso, por seu método peculiar” (ibid. pg. 41), ou seja, uma teoria do conhecimento científico deveria levar em consideração o método e o objetivo da pesquisa que emprega esse método na elaboração de suas conclusões acerca do saber científico, e não

⁵⁹ Veja (Carnap, R., 1966, cap. 2 e 3).

⁶⁰ Veja Jammer, M. (1974 p. 11).

tratá-lo de um ponto de vista puramente formal, como se fosse possível reduzir as diferentes nuances da atividade científica a critérios lógicos de demarcação.

O problema dessa análise “logicista” dos enunciados científicos, segundo Popper, está na exigência de decidibilidade dos enunciados para que possam ser admitidos como científicos, isto é, a possibilidade de se afirmar acerca de sua verdade ou falsidade tomando a experiência como o ponto a partir do qual essa decisão deve ser tomada, uma vez que daí surgiria a contradição entre necessidade e contingência dos enunciados empíricos oriunda de Hume. Popper aponta também a necessidade de que as experiências subjetivas, como o sentimento de convicção, sejam separadas da análise das relações lógicas objetivas dos enunciados científicos, delegando o estudo das experiências subjetivas somente ao âmbito da psicologia, e não da teoria do conhecimento, como parece ser o caso da noção de “graus de convicção” que um enunciado científico supostamente portaria. Disso se segue que a convicção jamais poderá ser um critério quanto a objetividade dos enunciados científicos e que a capacidade intersubjetiva de teste deve substituí-la como um critério mais adequado, o que quer dizer que, diferentemente do que asseveravam os positivistas lógicos. A *falseabilidade* de um enunciado científico parece a Popper, portanto, um critério de demarcação muito mais eficiente do que a *verificabilidade* dos enunciados científicos, como queriam os positivistas lógicos, por propiciar que não se caia no erro apontado acima de igualar os enunciados científicos aos lógicos e metafísicos:

[...] se os enunciados básicos devem ser, por sua vez, suscetíveis de teste intersubjetivo, *não podem existir enunciados definitivos em ciência* – não pode haver, em Ciência, enunciado insuscetível de teste e, conseqüentemente, enunciado que não admita, em princípio, refutação pelo falseamento de algumas das conclusões que dele possam ser deduzidas. (Popper, K., 1958 p. 49. Ênfase do autor).

Trata-se, portanto, de tomar os enunciados científicos a partir de um critério unilateral de decidibilidade, isto é, de acordo com a possibilidade de falseá-los, ao invés de exigir que os enunciados científicos sejam categoricamente decidíveis. Nesse sentido, não se exigiria que qualquer enunciado científico tivesse que ser submetido a teste para que seja aceito, mas sim que se apresente a aptidão desse enunciado em ser submetido a teste, isto é, nas palavras de Popper “recuso-me a aceitar que existam enunciados que devamos resignadamente aceitar como verdadeiros, simplesmente pela circunstância de não parecer possível devido a razões lógicas, submetê-los a teste” (ibid. pg 50). Assim, não haveria enunciados universais injustificáveis pela simples característica da apoditicidade lógica, como se queria afirmar a partir da tese de que as proposições atômicas seriam os pontos de partida empíricos irrefutáveis a partir dos quais se enunciariam os universais. Caberia, portanto, identificar a teoria do

conhecimento científico com uma teoria do *método* científico que se projeta para além da análise meramente lógica dos enunciados das ciências, na qual se levaria em consideração a escolha dos métodos e dos objetivos almejados a partir dessa escolha, uma vez que as teorias científicas não podem ser tomadas pelo simples ponto de vista de que comporiam um conjunto de enunciados capazes de satisfazer condições lógicas, mas como domínios do saber humano nos quais as decisões acerca do modo como serão manipulados os enunciados científicos também contam para uma apreciação de sua objetividade. Assim, análises puramente lógicas que não levam em conta o modo como as ciências se desenvolvem e se modificam, e que igualmente não levam em consideração a substituição de certos enunciados como resultado da característica fundamental de revisibilidade inerente a eles, não expressariam uma lógica do conhecimento científico de maneira suficiente.

A análise lógica da inferência indutiva, a qual os positivistas lógicos estabeleceram como o método científico propriamente dito, pareceu a Popper, portanto, um procedimento improfícuo. Primeiramente porque o princípio de indução não pode ser tomado como meramente lógico, isto é, como passível de ser obtido a partir de transformações lógicas, pois nesse caso não haveria problema da indução, dado que o procedimento se assemelharia aos métodos de dedução lógica. Além disso, não pareceu a Popper uma boa saída tratar o problema em termos de uma lógica das probabilidades, a qual trata dos enunciados científicos a partir da noção de graus de probabilidade os quais determinariam uma maior ou menor assertividade das hipóteses científicas. A saída de Popper, como vimos, consiste na submissão indefinida da hipótese aos mais diferentes testes a fim de averiguar “até que ponto ela foi corroborada” (1958 p. 275), ou seja, qualquer enunciado científico deve poder ser falseado por experimentos novos. Sob esse ponto de vista, o caráter revisional da ciência cumpre um papel tão importante para a análise lógica do método científico quanto a sua capacidade de descrição objetiva dos fenômenos.

Popper elabora então uma saída própria para o problema da indução de Hume, pois não aceitava nem a saída dos positivistas lógicos nem a saída de Kant via atribuição de uma validade *a priori* do princípio de indução (1958, p. 29). O primeiro passo de Popper foi dividir o problema da indução em diferentes classes: 1) o problema do senso comum; 2) o problema lógico de Hume e 3) o problema psicológico de Hume. A formulação de senso comum do problema da indução surge da crença de que nossos enunciados sobre eventos futuros se justificariam pela repetição paulatina das observações passadas, de onde se inferiria o enunciado universal específico acerca delas. Daí surge a formulação lógica do problema de

Hume: estamos justificados em inferir de exemplos passados a necessidade de ocorrência da regra em eventos futuros? E, finalmente, a formulação psicológica, a qual se pergunta acerca da característica subjetiva da *crença* e da *confiança* injustificadas que temos na expectativa da validade futura daqueles enunciados. A proposta de Popper é então que se faça a tradução dos termos subjetivos ou psicológicos contidos nas formulações acima expostas em termos objetivos, isto é, elaborar o problema lógico em termos formais e estender a sua solução ao problema psicológico a partir do princípio de que “o que é válido em lógica também é válido em psicologia” (Popper, 1972, p. 17). A partir da solução do problema lógico, portanto, resolve-se o problema psicológico, de modo a evitar a resposta dada ao problema por Hume, qual seja, que o *hábito*, seria o responsável por nossa convicção naqueles enunciados e assim o irracionalismo com relação ao conhecimento científico. Popper reformula o problema lógico da indução tomando a justificação dos enunciados universais ou “teorias explanativas universais” como passível de confirmação ou refutação a partir de exemplos na experiência ou “asserções de teste”, de modo que sua justificação jamais poderia ser obtida pela repetição incessante de asserções de teste, mas poderiam haver razões empíricas para justificar a alegação de que uma teoria explanativa universal é falsa, a saber, a verdade de uma asserção de teste que implique na falsidade daquela (1972 p. 18). Disso se segue, segundo o filósofo, que “devemos encarar todas as leis ou teorias como hipotéticas ou conjecturais”, de modo que a escolha de uma teoria específica entre outras teorias concorrentes se daria pela capacidade de resistência dessa teoria às asserções de teste a ela aplicadas. Popper foi, portanto, partidário da concepção de que não haveria um problema da indução propriamente dito, dado ser possível um tratamento da lógica da pesquisa científica sem ter que se recorrer a uma suposta “lógica da indução”, como queriam os empiristas lógicos:

A indução é uma trapalhada e como pode ser o problema da indução resolvido, de maneira negativa, mas não menos direta, vê-se que a indução não representa parte integral em epistemologia ou no método da ciência e no crescimento do conhecimento. (Popper, K. 1972 p. 88)

Uma vez supostamente não havendo nada no método científico tal qual uma inferência indutiva, malogram as tentativas de se estabelecer uma lógica da probabilidade que dê conta da explicação daquelas inferências. Contudo, Popper não nega a importância das determinações probabilísticas no conhecimento científico e que elas constituem uma dificuldade para a sua própria teoria, uma vez que os enunciados probabilísticos se mostrariam “*impérvios ao falseamento estrito*” (1958 p. 160). Primeiro o filósofo distingue entre probabilidade numérica e probabilidade não-numérica, a primeira constante da definição matemática de probabilidade

e a segundo dizendo respeito a enunciados gerais acerca da possibilidade da ocorrência de um evento qualquer, para então proceder com a análise desse conceito a partir de uma contraposição à noção de possibilidade lógica em detrimento de uma visão *frequencial* da probabilidade. Não reproduziremos aqui o tratamento matemático que se estende ao longo do Capítulo VIII do texto de 1958, bastando-nos destacar o fato de que aqui, mais uma vez, Popper se opõe ao tipo de tratamento dado ao problema por Waismann e Carnap, por exemplo (1958 pgs. 164-165).

Percebe-se, de maneira geral, que o filósofo inglês foi crítico da postura logicista dos filósofos de Viena, pois era cético em relação à possibilidade de uma formalização lógica completa dos enunciados científicos, sobretudo por partir de um problema acerca de um tipo de inferência supostamente indispensável para a prática científica, a qual Popper insistia não consistir em um problema genuíno. Como vimos, Popper aponta na postura dos positivistas lógicos uma contradição de princípio na postura antimetafísica adotada por eles, dado hipostasiarem determinados enunciados universais como indemonstráveis, assim como ocorre com os enunciados da metafísica. Porém, assim como os filósofos de Viena, Popper também não estava disposto a aceitar o tipo de resposta dado ao problema a partir de uma teoria da validade *a priori* do princípio de indução e de causalidade, tal qual fez Kant. O estudo das controvérsias entorno do problema da indução revela que, apesar dos diversos motivos para a rejeição do criticismo kantiano como uma teoria epistemológica aceitável, os empiristas do século passado tiveram severas dificuldades em realizar seu projeto de uma “visão científica do mundo” que pudesse fundamentar logicamente a teoria e a prática científicas como um todo, tal que a situação dos problemas epistemológicos, como consequência da revisão e rejeição a Kant, parece ter retornado ao estágio em que se encontrava pelas consequências impostas pelo trabalho de Hume. Nesse sentido, as definições de analiticidade e sinteticidade, indução e dedução lógicas, fundamentação filosófica do conhecimento científico e problemas de linguagem como significado, sentido e referência tornaram-se centrais para os filósofos do século XX. Assim, apesar dos potentes trabalhos de Frege e Russel em sua fundamentação lógica da aritmética e da matemática como um todo, o logicismo oriundo do sucesso dessa empreitada, como nos mostrou Karl Popper, não teve o mesmo sucesso ao tentar reduzir os problemas epistemológicos a pseudoproblemas a partir de seu critério de demarcação de significação daqueles problemas. De maneira semelhante, a postura realista contida na tese atomista dos enunciados científicos de Carnap se mostrou insuficiente a Popper, o qual propôs um novo tipo de realismo via uma crítica do logicismo presente no empirismo do início do século passado.

Um outro exemplo de oposição às teses empiristas com relação ao conhecimento científico, bem como à própria teoria kantiana, ocorre em Quine. O filósofo critica contundentemente a divisão entre enunciados ou proposições analíticos e sintéticos, bem como a posição epistemológica reducionista com relação aos enunciados científicos de maneira geral, asseverando serem estes dois dogmas empiristas dos quais derivam as principais dificuldades enfrentadas por esses filósofos, dificuldades as quais, no fundo, podem ser dirimidas caso os abandonemos sem reservas. Kant define os juízos analíticos como aqueles em que o predicado já está contido ou é implícito na definição do sujeito, enquanto os sintéticos não. Quine afirma que “essa definição tem dois defeitos: ela se limita a enunciados da forma sujeito-predicado e recorre à noção de estar contido, que é deixada em nível metafórico” (Quine, W.V.O, 1953 p. 38). No lugar dessa definição, Quine dividiu a noção de analiticidade em duas classes de enunciados, quais sejam, os *logicamente verdadeiros* e os que dependem da noção de *sinonímia*. A primeira classe consiste em enunciados nos quais qualquer reinterpretação dos seus componentes não o falsifica, isto é, ele permanece verdadeiro diante de qualquer reinterpretação dos componentes que não sejam partículas lógicas (p. ex. “e”, “não”, “se” etc.). O exemplo de Quine para a primeira classe de enunciados é “nenhum homem não casado é casado”. A segunda classe contém componentes não lógicos os quais podem ser substituídos por sinônimos como em “nenhum solteiro é casado”, onde “solteiro” é equivalente a “homem não casado” e pode substituí-lo sem prejuízos para a verdade do enunciado. Essa última classe, para o filósofo, carece de uma definição apropriada, pois, em última instância, ela depende da definição de sinonímia. O problema, para Quine, está na definição lexicográfica de sinonímia, a qual não seria suficiente para explicar a analiticidade derivada da sinonímia, como em “homem não casado” e “solteiro”. A questão aqui é que a sinonímia é colocada “por definição”, ou seja, se apoia na própria noção de sinonímia para explicá-la (1953 p. 45). Quine dá então exemplos em que a substituição de termos sinônimos acontece *salva veritate* mas que não preservam a analiticidade do enunciado, ou seja, consegue mostrar que tomar a relação de sinonímia como implicando necessariamente na analiticidade do enunciado é um procedimento no mínimo duvidoso. Esse procedimento não é capaz de nos revelar o significado intrínseco de analiticidade, de onde o filósofo encaminha sua resolução do problema a partir de uma analogia entre a noção de “regra semântica” e “postulado”, a qual revela um sentido pragmático, isto é, extralinguístico, da noção de analiticidade, pois a relação entre sinônimo e definição é por vezes estabelecida pelo uso.

Tanto o dogma da separação entre analítico e sintético quanto o do reducionismo têm, para Quine, raízes idênticas: a crença de que a verdade de um enunciado pode ser decomposta em um componente linguístico e um componente factual, isto é, a experiência que corrobora ou não para a validação dos enunciados. A partir dessa decomposição, segundo o dogma reducionista, seria possível tomar isoladamente cada um dos enunciados de uma teoria científica particular e decidir acerca de sua confirmação ou invalidação diante de um conjunto de experiências, enquanto Quine acredita que “nossos enunciados sobre o mundo exterior enfrentam o tribunal da experiência sensível não individualmente, mas apenas como um corpo organizado” (1953 p. 65). Quine toma essa posição pela constatação de que a invalidação de certos componentes enunciativos de uma teoria acarreta na invalidação de outros, pela cadeia lógica envolvida entre os componentes da teoria, de modo que é sempre possível, pela reavaliação de alguns dos enunciados que compõem a teoria, a reavaliação de outros, a ponto de redistribuir os valores de verdade e assim reajustar a teoria, de modo que “nenhuma experiência particular está vinculada a algum enunciado no interior do campo”, e disso se seguiria não haver algo como um “conteúdo empírico” de um enunciado que o validasse ou invalidasse, ou seja, é sempre possível a adaptação da teoria diante de experiências limite. Assim, Quine afirma que:

[...] é tolice procurar uma fronteira entre enunciados sintéticos, que se baseiam de maneira contingente na natureza, e enunciados analíticos, que são válidos aconteça o que acontecer. Qualquer enunciado pode ser considerado verdadeiro, aconteça o que acontecer, se fizermos ajustes drásticos o suficiente em outra parte do sistema. [...]. Inversamente, pela mesma razão, nenhum enunciado está imune à revisão. Até mesmo a revisão da lei lógica do terceiro excluído foi proposta como meio para simplificar a Mecânica Quântica; e que diferença há, em princípio, entre essa alteração e a alteração pela qual Kepler substituiu Ptolomeu, Enstein substituiu Newton, ou Darwin substituiu Aristóteles? (Quine, W.V. O., 1953 p. 67)

Sob esse ponto de vista, existiria uma linha tênue entre os enunciados considerados científicos e aqueles que não são considerados como tal, havendo apenas uma diferença de grau entre eles, no que diz respeito à “nitidez” com que apresentam a sua referência empírica. Quine usa a metáfora de uma rede para se referir ao conjunto teórico de uma ciência particular, tal que essa rede conteria no centro aqueles enunciados que apresentam uma referência empírica mais nítida, ou, nos termos de Hume, questões de fato, enquanto aqueles que fazem parte da borda da rede estariam mais sujeitos ao contraexemplo de experiências recalcitrantes. Essas experiências recalcitrantes podem, segundo o autor, ser acomodadas na rede argumentativa a partir de revisões pontuais dos enunciados que a compõem. Nesse sentido, Quine toma um posicionamento com relação a teoria do conhecimento científico distinta tanto da de Popper quanto da dos empiristas lógicos, ao assumir que as questões de ontologia e de ciência natural

compartilhariam de uma natureza semântica semelhante que diferiria apenas em grau, ou seja, seriam igualmente postulados culturais, de modo que o “mito do objeto físico” para o qual os enunciados científicos seriam uma espécie de classe privilegiada seria também um desses *postulados culturais* oriundos do senso comum, assim como qualquer outro enunciado. A distinção entre analítico e sintético, ou entre enunciados que teriam algum tipo de estrutura semântica mais assertiva do que outros, segundo Quine, deriva igualmente de “nossa inclinação vagamente pragmática para ajustar uma fibra do tecido da ciência ao invés de outro” (1953 p. 71), e não de uma natureza linguística particular de um enunciado em relação a outro.

Fica claro, portanto, que Quine pretendeu chamar a atenção para uma característica estritamente pragmática da teoria do conhecimento científico como um todo, mostrando que as distinções entre diferentes tipos de enunciados ou proposições, caras à maioria das discussões epistemológicas desde o trabalho de Kant, assentariam, no fundo, em postulados culturais, os quais podem ser revisados e terem as experiências recalitrantes que surgem com o tempo acomodadas no interior da “rede” argumentativa que constitui as ciências, isto é, nem o formalismo lógico nem o rigor matemático empregado nas provas e construções das teorias científicas seriam um fator distintivo entre alguma qualidade especial desse tipo de enunciado e algum “defeito de forma” dos enunciados não científicos. Assim, Quine afirma que, ao apontar a ineficiência da distinção entre analítico e sintético, podemos encaminhar a discussão acerca dos enunciados científicos rumo a um “*pragmatismo mais completo*” do que aquele empregado por Carnap, Lewis e outros, no que diz respeito às escolhas entre diferentes formas linguísticas para tratar daqueles enunciados.

Percebe-se, portanto, a partir dessa tese quineana do “mito do objeto físico” que a questão acerca da justificabilidade e referenciabilidade do conhecimento científico tomou um caminho de cunho realista entre os teóricos do empirismo lógico. A fundamentação lógica dos enunciados científicos seria então a saída dos empiristas lógicos para uma teoria da ciência epistemologicamente mais eficiente. Contudo, Popper mostrou que tal visão científica do mundo, bem como sua postura logicista com relação aos enunciados, carecia de sentido, uma vez que seu critério de demarcação incluía num mesmo domínio, contraditoriamente, tanto os assim chamados “enunciados científicos” quanto os enunciados metafísicos por eles rejeitados. Popper aponta então para a necessidade do estabelecimento de um novo critério de demarcação mais adequado e que levaria em consideração o caráter revisional dos enunciados científicos, os quais, segundo o filósofo, deveriam ser tomados sempre como hipóteses passíveis de

falseamento, característica tal que distinguiria um enunciado genuinamente científico de outros enunciados quaisquer.

Os enunciados científicos, portanto, não seriam dotados de uma forma lógica a qual os fariam imunes de serem falseados, isto é, não seriam verdades lógicas incontestáveis. Se Popper apresentou um critério de demarcação menos radical que o dos empiristas lógicos, Quine parece ter tentado extinguir os critérios de demarcação do domínio da fundamentação dos enunciados científicos, ao apresentar a proposta de que, no fundo, todos os enunciados, científicos ou não, são postulados culturais os quais são convenientemente ajustados no interior da rede que compõe as estruturas teóricas a fim de “acomodar” as experiências recalcitrantes que surgem no decorrer do desenvolvimento das ciências, ou seja, não haveria um privilegiamento de certos tipos de enunciados em relação aos outros, os enunciados científicos seriam apenas mais eficazes como “dispositivo para fazer operar uma estrutura manipulável no fluxo da experiência”(1953 p. 69), diferindo da ontologia apenas segundo “o grau em que facilitam nosso manuseio da experiência sensível” (ibidem, p. 70). Fica prejudicada, portanto, a tese de que os enunciados científicos pertenceriam a uma classe particular de enunciados que conteriam um grau de objetividade maior do que outros por dizerem respeito ou por conterem algo da experiência empírica, mediata ou imediatamente. Essa tese, de cunho realista, pretendeu afirmar que os enunciados científicos gozariam de uma natureza linguística particular justamente porque a experiência corroboraria para a validade daqueles enunciados. Note, porém, que o desenvolvimento da teoria quântica trouxe um impedimento forte a esse posicionamento realista ao colocar em questão a própria teoria do objeto ou, se quisermos, o caráter realista daquilo que chamamos de dado empírico. É nesse sentido que uma aproximação antirrealista dos problemas epistemológicos da mecânica quântica parece profícua e dá a indicação de um caminho coerente para a assimilação de correntes epistemológicas tradicionais, tais como filosofia transcendental de Kant, a esses problemas.

2.3. As tentativas de atualização da filosofia transcendental face ao desenvolvimento da teoria quântica

O presente capítulo teve como tarefa principal mostrar que um novo terreno no campo experimental implicou na necessidade de se repensar os limites da aplicação dos conceitos tradicionais que, em última instância, significou a restrição de seu escopo de validade. De maneira semelhante, a centralidade do papel de um sujeito cognoscente para a economia do conhecimento científico de maneira geral não foi tomada nem pelos cientistas, nem pelos

empiristas lógicos ou os assim chamados “filósofos analíticos” como uma perspectiva teórica aceitável, sob a acusação de incidir numa visão psicologista da prática científica, ou numa espécie de intromissão do subjetivismo nas ciências, responsável pela maioria dos problemas epistemológicos os quais a própria ciência seria capaz de lidar, sem a necessidade do recurso a posições filosóficas clássicas. Sob a ótica dos empiristas lógicos, portanto, seria claramente possível estabelecer teorias da ciência que não estivessem pautadas sob a perspectiva da dicotomia sujeito-objeto e suas implicações, de modo que o próprio sucesso das formalizações matemáticas seria indício suficiente da falta de necessidade do envolvimento de uma teoria do sujeito para a explicação da possibilidade do conhecimento científico naquele domínio da experiência. Procuramos mostrar acima que o desenvolvimento da física no século XX trouxe aos cientistas uma série de problemas, os quais tentamos defender se tratarem de problemas relacionados à *objetividade* da teoria quântica, tanto em seu aspecto semântico-linguístico quanto em seu aspecto epistêmico, cuja proposta de solução dada pela interpretação de Copenhague envolveu a renúncia pelas teorias clássicas do conhecimento e a tentativa de erigir princípios epistemológicos adequados ao estado da ciência no século XX. Tomando a filosofia transcendental de Kant como exemplo paradigmático de uma teoria do conhecimento moderna clássica amplamente influenciada pelo estado da ciência em sua época, procuramos mostrar que ela se apoia em paradigmas semântico-epistêmicos cuja experiência veio a demonstrar serem no mínimo passíveis de revisão.

Diante dessa alteração radical de conceitos científicos e epistemológicos clássicos, a pergunta que surge naturalmente é: não seria incorrer em um anacronismo ingênuo a tentativa de se pensar a prática científica contemporânea à luz da filosofia transcendental de Kant? E principalmente: as alterações de paradigmas surgidas a partir do novo terreno no campo da experiência não seriam motivo suficiente para refutar uma teoria do conhecimento objetivo amplamente baseada no paradigma científico moderno? A assunção de posições que posteriormente se mostraram errôneas, como por exemplo a falsidade da teoria atômica presente tanto nos MAN como no OP, não é motivo suficiente para o abandono daquela teoria? A filosofia da linguagem não se mostrou capaz de tratar os principais problemas epistemológicos sem a necessidade de recorrer a dicotomias como a contraposição entre sujeito e objeto para se explicar a possibilidade do conhecimento? Sob esse ponto de vista, qualquer tentativa de atualização da filosofia transcendental de Kant soa no mínimo como anacronismo, quando não como uma tentativa desesperada de “salvar” a teoria a qualquer custo.

Contudo, devemos também nos perguntar: a filosofia da ciência contemporânea, bem como a assim chamada “filosofia analítica”, foram capazes de resolver a questão da fundamentação filosófica do conhecimento científico pós teoria quântica? Pôde a prática científica contemporânea se livrar de uma vez por todas do papel do investigador e de sua contribuição para a economia do conhecimento científico como um todo? A formalização dos enunciados científicos a partir do emprego da lógica foi suficiente para garantir a explicação completa de sua possibilidade? Diante da impossibilidade de se livrar da linguagem ordinária para se comunicar os eventos quânticos – como apontou Bohr – é possível renunciar aos posicionamentos epistemológicos clássicos sem prejuízo para a explicação da possibilidade do conhecimento objetivo? Caso a resposta a essas últimas questões seja negativa, nos perguntamos então: sob que condições poderia a filosofia transcendental de Kant ser retomada para se tratar dos problemas epistemológicos suscitados pela teoria quântica? E ainda, como ela se mostraria útil para resolver os problemas acerca da objetividade ligados ao desenvolvimento da mecânica quântica?

A historiografia sistemática de Patrícia Kauark-Leite (2012), oferece aos pesquisadores uma excelente perspectiva acerca das diferentes tentativas de atualização e aplicação da filosofia transcendental diante dos problemas epistemológicos ligados à teoria quântica. Kauark-Leite divide os diferentes intérpretes que tentaram uma atualização da filosofia transcendental em três eixos principais (Kauark-Leite, P. 2012 p. 17): 1) “os que mantêm imutáveis os *a priori* kantianos, sob a condição que seu domínio de aplicação seja restringido”; 2) “os que consideram uma relativização dos *a priori* e orientam seu trabalho pela procura por novos “*a priori funcionais*” inscritos num contexto transcendental, ainda que não propriamente kantiano”; 3) “os programas de pragmatização dos *a priori*” os quais seguem a linha proposta pelo segundo eixo e aos quais a filósofa da ciência defendeu em sua tese. Essas diferentes leituras de uma possível aplicação da filosofia transcendental para se tratar de problemas surgidos com a teoria quântica tentam, cada uma ao seu modo, investigar a pertinência teórica dos princípios *a priori*, seja enquanto tomados sem grandes modificações, seja a partir de uma reformulação deles, a fim de adequá-los à nova situação experimental. Segundo Kauark-Leite, a relação entre teoria quântica e linguagem ordinária dá a indicação da possibilidade, a partir do viés interpretativo proposto por Bohr, de se pensar uma dimensão performativa, pragmática, relacionada ao problema da comunicação dos fenômenos quânticos que procuramos apontar no tópico anterior, a qual pode ser útil para “interpretar o papel complementar dos conceitos teóricos nos contextos experimentais em teoria quântica”. Assim, a possibilidade de se atualizar

a filosofia transcendental aparece na obra de Kauark-Leite como viável tanto pela possibilidade de uma aproximação pragmático-transcendental ligada ao problema contextual da teoria quântica, quanto pela noção de limitação de nossas possibilidades enquanto sujeitos cognoscentes presente tanto na teoria kantiana quanto na teoria quântica a partir dos limites impostos pelo princípio de complementaridade de Bohr.

Assim como Kant impôs limites ao alcance de aplicação dos nossos conceitos a determinado domínio da experiência, a teoria quântica, segundo a filósofa, apresentou diferentes condições de limitação ao nosso conhecimento dos fenômenos quânticos, os quais se impõem como barreiras ao uso dos nossos conceitos e princípios tradicionais para se “determinar” os fenômenos quânticos. Seriam eles, portanto: 1) o postulado quântico; 2) o princípio de correspondência; 3) a regra de Born e a interpretação probabilística da função de onda; 4) as relações de incerteza e 5) o princípio de complementaridade. Todas essas condições em conjunto delimitariam a fronteira entre o “mundo clássico” e o “mundo quântico”, e igualmente do uso das regras tradicionais. A indissociabilidade entre a possibilidade de comunicação dos experimentos quânticos e a linguagem ordinária, bem como o postulado de Bohr de que a descrição dos experimentos deve ser feita sempre em termos clássicos a fim de garantir uma inambiguidade no relato experimental, dão a indicação de que a leitura pragmático-transcendental dos problemas epistemológicos em teoria quântica pode ser frutífera:

Considerando a linguagem ordinária como um jogo, jogado também pelos cientistas em sua prática de comunicar um resultado experimental, um novo senso de objetividade física deve ser considerado. **É uma objetividade não mais subjetivamente determinada por uma consciência universal, como a pensava Kant, mas intersubjetivamente limitada pelos contextos experimentais** que devem sempre ser comunicados. (Kauark-Leite, P. 2012 p. 20. Tradução minha. Ênfase minha.)

Apesar da nítida rejeição da teoria kantiana do conhecimento científico tanto pelos cientistas quanto pelos filósofos, como vimos acima, esse posicionamento não representou, como podemos ver a partir da obra de Patrícia Kauark-Leite (2012), uma unanimidade entre os epistemólogos que se propuseram a pensar os novos desafios epistemológicos surgidos com o desenvolvimento da teoria quântica. Sob diferentes perspectivas, esses epistemólogos se propuseram a pensar uma atualização da teoria kantiana diante do novo cenário teórico-experimental, fato que remonta à questão de qual versão interpretativa da teoria kantiana seria a mais adequada para a realização daquela tarefa de atualização; ou seja, diante da multiplicidade de vieses interpretativos do criticismo (psicológico, epistemológico, pragmático,

semântico, para citar alguns), qual seria a interpretação capaz de melhor lidar com as contraposições apontadas acima? Karl Popper certamente diria que nenhuma delas seria adequada. De qualquer modo, é possível elencar alguns elementos que corroboram para uma atualização coerente da teoria kantiana do conhecimento científico face ao cenário da teoria quântica apresentado anteriormente.

O primeiro ponto seria a possibilidade de uma reconsideração “ingênua” do idealismo transcendental diante das inúmeras evidências da existência de um âmbito de objetos que escapa aos nossos sentidos imediatos. Dito de outra maneira, a própria existência de uma realidade inaudita (tal qual a dos “objetos atômicos” e entidades subatômicas) reforçaria a tese de que a cognição humana é o “filtro” a partir do qual o diverso da experiência é determinado. Note que a experiência sensorial corriqueira jamais se apresenta a nós como um amontoado de átomos interagindo uns com os outros, o que não implica na verdade da afirmação de que a matéria não é constituída de átomos, ou seja, haveria uma espécie de realidade subjacente ao domínio das experiências cotidianas a qual seria inacessível à cognição humana de maneira imediata. Assim, posso dizer que o sal de cozinha é composto por cristais formados pelo arranjo simétrico de átomos de sódio e cloro, porém, a experiência imediata que tenho desse composto é completamente diferente da representação molecular dele. Mas, não seria esse um fato que corroboraria diretamente com a tese realista, isto é, da existência independente dos objetos em relação à cognição humana, uma vez que esses objetos transcendentais à cognição imediata de fato existem? Com relação a este ponto, não devemos nos esquecer de que o idealismo transcendental não é uma posição epistemológica tal qual o idealismo problemático de Descartes, para quem a realidade objetiva é posta em dúvida como método de investigação, nem tal qual o idealismo empírico de Berkeley, segundo o qual a própria *existência empírica* dos objetos – é importante frisar – dependeria de um sujeito que os apreenda. A perspectiva idealista transcendental assume que “nós só conhecemos dos objetos aquilo que neles colocamos”, isto é, só é possível uma apreensão dos objetos enquanto fenômenos, ou seja, enquanto diversidade sensível conformada pelas regras pertencentes ao aparato cognitivo humano, e nada diz respeito à realidade empírica daqueles objetos “em si”. De um ponto de vista ingênuo, portanto, a própria noção de átomo seria já encarada como fenomênica, não tendo nenhuma relação como o conceito-limite de númeno. Nesse sentido, a própria dependência do instrumento de medida para a manifestação dos fenômenos quânticos a partir da escolha subjetiva do investigador acerca de qual atributo deseja experimentar, a qual os teóricos de Copenhague enfatizaram como o papel indissociável do sujeito no processo experimental seria

um fator que corroboraria para a retomada da perspectiva transcendental, ainda que a contragosto, como vimos, daqueles eminentes físicos.

Sabemos, contudo, que um dos principais pontos que levaram os empiristas lógicos a rejeitarem a posição kantiana se deveu ao desenvolvimento de novas concepções acerca do espaço e do tempo, em contraposição à noção kantiana de que essas entidades pertenceriam à “forma pura de nossas intuições sensíveis”, o que seria refutado prontamente pela teoria da relatividade geral de Einstein, a qual recentemente, diga-se de passagem, foi mais uma vez corroborada pela detecção de ondas gravitacionais, ou seja, um fator que endossa a tese de que o espaço e o tempo são entidades que possuem realidade objetiva. Contudo, como mostrou Rubem Braga (1992) em um texto simples, porém perspicaz, a própria geometria desenvolvida por Riemann, a qual está nas bases da teoria da relatividade, apresenta uma clara distinção entre o espaço concebido como entidade absoluta e a métrica desse espaço. O próprio Kant não nega a existência de um espaço físico no qual os objetos ocupam lugares, mas nega a possibilidade de que possamos ter dele uma experiência direta, assim como podemos com os objetos *no* espaço. Lembremo-nos de que, para o filósofo alemão, o espaço é pensado como pré-condição da nossa apreensão dos objetos, estes como algo separado de nós mesmos como sujeitos, não podendo, portanto, ser derivado de relações entre as próprias coisas, as quais só podem ser concebidas a partir daquela representação prévia. Frise-se que essa concepção do espaço como forma pura é uma *representação* que não implica, por nenhum meio argumentativo, que não exista um espaço objetivo de maneira independente do sujeito, pois tal admissão seria o mesmo que recair num tipo de idealismo tal qual o de Berkeley, o que Kant tentou ao máximo evitar e até mesmo buscou apresentar uma refutação (B 275- 286). É preciso, portanto, uma avaliação mais precisa dos pressupostos básicos do *idealismo transcendental* e de como Kant o opôs ao *realismo transcendental*, assim como apresentou o *realismo empírico* como oposição ao *idealismo empírico*. Assim, é importante ter em mente, para uma boa avaliação da pertinência da filosofia transcendental no debate contemporâneo da filosofia da ciência, que Kant adotou o idealismo transcendental, por um lado, e o realismo empírico de outro, de modo a manter a afirmação da existência objetiva das entidades empíricas independente do sujeito cognoscente, sendo apenas a apreensão e determinação conceitual dependentes do aparato cognitivo humano, e daí a noção de fenômeno.

De qualquer modo, e independente das diferentes dificuldades que o sistema deve inevitavelmente enfrentar, parece-nos um ponto fora de questão o fato de que é impossível falar das coisas do mundo, bem como apreendê-lo, a não ser pela perspectiva do animal humano. O

incontornável fato de que é por meio de nossa linguagem e dos nossos códigos, regras gramaticais e, em última instância, cosmovisão, que nós determinamos o mundo, parece coadunar com a constatação de Bohr de que mesmo os eventos quânticos não podem deixar de ser descritos a partir do ponto de vista usual da experiência comum humana, isto é, devem ser descritos em termos da linguagem ordinária. A questão que se coloca então é até que ponto somos capazes de cumprir com as demandas epistemológicas tradicionais, uma vez que o contexto experimental não permite a aplicação irrestrita da própria física que subjaz ao contexto no qual aquelas epistemologias foram erigidas. Ainda tomando de forma ingênua os pressupostos do idealismo transcendental em analogia com o modo como Bohr tratou o problema da interpretação dos eventos quânticos, podemos dizer que o resultado apresentado pelo aparelho de medida nada mais é do que o fenômeno quântico pensado não como uma entidade independente, mas como a manifestação de uma característica fenomênica de um algo que sempre escapa à determinação completa, o qual só pode ser descrito a partir do conceito de *númeno*, pensado em sentido negativo.

Por outro lado, o espectro de linhas observado a partir da difração da luz emitida por gases em altas temperaturas dá uma espécie de assinatura que é diferente para cada tipo de gás utilizado no experimento, o que parece indicar uma certa característica objetiva pertencente a cada elemento de maneira individualizada⁶¹. Um realista como Popper veria num fato como esse indício mais que suficiente para aceitarmos se tratar de uma característica inerente à própria constituição objetiva dos gases observados, enquanto Bohr diria que a escolha experimental determinou o modo como aqueles atributos se apresentaram a nós, de modo que o aparato experimental deve ser tomado como um constituinte do fenômeno observado. Não podemos negar que, para que um resultado se apresentasse experimentalmente, algo de materialmente dado teve que se apresentar, como o raio luminoso, o fóton, o elétron, ou qualquer que seja o “objeto quântico” observado, o que implica que “algo real” deve ter afetado os aparelhos de detecção. Porém, – e é o ponto no qual os intérpretes de Copenhague insistem – isso não significa que qualquer dos atributos elencados na experimentação pertençam efetivamente à entidade quântica quando não observada, dado dependerem dessa escolha experimental particular.

⁶¹ Referimo-nos aqui aos experimentos em espectroscopia, tal como o trabalho de Crookes na identificação do Tálcio (1861).

Assim, uma proposta de atualização ingênua da filosofia transcendental tomaria a situação experimental apontada acima como suficiente para se afirmar que, assim como Kant entendeu que só conhecemos das coisas aquilo que nelas colocamos, a dependência do aparato experimental na teoria quântica revelaria a mesma posição, sem alterações. Desse modo, se admitiria sem restrições a realidade empírica do objeto quântico, mas a idealidade transcendental dos atributos conceituais derivados da aplicação da teoria ao fenômeno observado, opondo-se assim ao realismo transcendental dos atributos – posição que admitiria a pertença dos atributos aos objetos quânticos inobservados, e que a experimentação seria a “descoberta” desses atributos – e ao idealismo empírico segundo o qual a própria existência do objeto quântico seria produto da cognição humana. De maneira geral, portanto, a perspectiva ingênua de atualização da filosofia transcendental para o contexto da teoria quântica aceita os seguintes termos: 1) átomos e partículas subatômicas são entidades reais; 2) resultados de medidas e atributos dinâmicos (descritos analogamente à maneira clássica) são fenomênicos. Isso implica em aceitar que o modo constitutivo da cognição humana, presente na teoria kantiana do conhecimento, cumpriria um papel fundamental na interpretação do fenômeno quântico.

O principal problema desse tipo de abordagem, como vimos, é que nem os próprios intérpretes e principais fundadores da interpretação *standard* da teoria quântica estariam dispostos a aceitar a validade de qualquer posição epistemológica clássica diante da originalidade da situação experimental, ainda que haja indícios textuais convincentes da adesão a certos pressupostos clássicos por parte dos eminentes físicos, sobretudo a partir da atribuição do caráter probabilístico da teoria a uma limitação da cognição humana. Popper acreditou que isso seria uma intrusão demasiada do subjetivismo na teoria, de modo que o caráter probabilístico ou estatístico da descrição não exerceria uma relação necessária com a limitação do conhecimento humano, dado que ele pode ser tomado como pertencendo objetivamente ao mundo físico, como o filósofo procurou demonstrar em suas principais obras a partir de uma noção particular de probabilidade oriunda de seu tratamento ao problema da indução.

Uma segunda aproximação possível da filosofia transcendental a esses problemas é o caráter supostamente idealista contido no problema da medida. Uma vez que o modo como o fenômeno quântico irá se apresentar depende do modo como é organizado o experimento, como por exemplo, os experimentos que atestam a característica corpuscular do elétron, como o *efeito fotoelétrico*, *espalhamento Compton* e a *câmara de Wilson* e os experimentos que atestam a sua característica ondulatória, como a *difração de elétrons*, o *efeito bremsstrahlung* e os *raios x*

característicos, a noção de “objeto quântico”, “entidade quântica”, e “atributo quântico” não podem mais ser entendidos de um ponto de vista realista, haja vista ser impossível afirmar da entidade quântica qualquer tipo de atributo que esteja fora de um contexto experimental, isto é, afirmar que aqueles atributos pertençam a uma entidade quântica inobservada. A descrição completa de um elétron segundo a interpretação de Copenhague, portanto, deve levar em consideração uma descrição do próprio contexto experimental, que inclui o aparato experimental e as condições experimentais nas quais o experimento é realizado. A afirmação de que “o elétron percorre uma trajetória” faz sentido numa câmara de nuvem, mas não faz o mínimo sentido num experimento de difração. Nesse sentido, a afirmação kantiana de que “só conhecemos das coisas aquilo que nelas colocamos”, mote da “revolução copernicana” de Kant que ilustra seu idealismo transcendental, parece também guardar alguma semelhança com a posição da escola de Copenhague, sobretudo com relação a Bohr.

O caráter intrinsecamente contextual envolvido na descrição das propriedades físicas de um sistema quântico evidenciado pelos físicos de Copenhague suscitam questões epistemológicas clássicas, como a pertença ou não dessas propriedades aos sistemas quânticos inobservados. Dificuldades inerentes à aplicação do princípio de causalidade aos eventos experimentais observados e a outros princípios clássicos da própria física, como buscamos mostrar neste capítulo, indicam que a situação experimental em teoria quântica impõe severos limites à teoria kantiana do conhecimento científico, mas o insucesso das teorias de caráter puramente formal em fundamentar filosoficamente a possibilidade do conhecimento objetivo em teoria quântica dão ensejo à possibilidade de buscar caminhos epistemológicos alternativos. As perspectivas neokantianas de atualização da filosofia transcendental diante do desenvolvimento das ciências contemporâneas se inserem nessa busca a partir de diferentes perspectivas e vieses interpretativos, cuja escolha determina o modo como a teoria responde às dificuldades colocadas pela própria situação experimental. Diante desse fato, é necessário que, antes da tomada de qualquer viés interpretativo da teoria do conhecimento de Kant para uma tentativa de colaboração com os debates em filosofia da ciência contemporânea, se faça uma avaliação das posições epistemológicas dos próprios físicos face aos impasses epistemológicos surgidos das tentativas de dar unidade teórica ou erigir uma “imagem de mundo” coerente e coletivamente aceita.

3. O PROBLEMA DA OBJETIVIDADE NA TEORIA QUÂNTICA

3.1. Variáveis ocultas e o “colapso” da função de onda: o problema da objetividade na teoria quântica

O desenvolvimento da teoria quântica desde o início até meados da primeira metade do século passado trouxe uma série de questões metodológicas, teóricas e epistemológicas que permearam a prática da ciência normal. Um dos exemplos mais notáveis daquilo que Popper chamou de “crise de interpretação” na teoria quântica está no desacordo acerca da existência de uma *realidade objetiva* para além do contexto experimental de observação entre dois dos maiores físicos da época, quais sejam, Bohr e Einstein⁶². Derivam dessa problemática os principais aspectos do que na presente investigação estamos chamando de “problema da objetividade”, o qual pretendemos detalhar nos tópicos que compõem este capítulo. O cerne da questão da objetividade na teoria quântica diz respeito à impossibilidade de aplicação de leis físicas clássicas na explicação dos fenômenos quânticos, aspecto o qual levou à dissensão entre diferentes físicos à época acerca da completude da teoria quântica para a explicação dos fenômenos observados.

De um lado, físicos como Bohr e Heisenberg aceitavam que atributos como posição e velocidade só podiam ser descritos em um contexto experimental específico, isto é, só se dariam quando a medição é realizada, e nesse sentido, não há mais que se falar em uma trajetória de uma partícula diante da ausência de significado que esse termo possui no contexto da teoria quântica. Por outro lado, Einstein e físicos mais conservadores se recusaram a renunciar à ideia de que existem atributos físicos independentemente de um contexto experimental, mesmo no âmbito da teoria quântica, ou seja, se a descrição de atributos conjugados como momento e posição, trajetória e velocidade se mostra impossível (do ponto de vista determinístico) a partir das leis da teoria quântica, ela deve estar incompleta. O argumento contido no famoso artigo E.P.R. de 25 de março de 1935⁶³ contra a ideia de que a teoria quântica nos daria uma descrição completa da realidade, parte da noção de não-comutatividade entre duas grandezas físicas, presente, por exemplo, na descrição matricial de Heisenberg, onde a ordem como são feitas as medições de uma entidade quântica podem alterar radicalmente o resultado experimental almejado. Para os físicos, essa característica tem duas implicações importantes, quais sejam, a primeira, que “a descrição da realidade dada pela função de onda na mecânica quântica é

⁶² Veja Popper, K. (1989 p. 14)

⁶³ Sigla que significa os nomes de seus autores, Einstein, Podolsky e Rosen. Para mais detalhes, veja a bibliografia.

incompleta” e a segunda, que as duas grandezas físicas em questão não podem ter realidade simultânea. Os físicos concluem pela incompletude da descrição da realidade pela função de onda porque ela não cumpriria com o principal critério para a completude de uma teoria física, qual seja “todo elemento da realidade física deve ter uma contraparte na teoria física”. Nesse sentido, os adeptos da incompletude da teoria quântica chamavam atenção para a necessidade de que as teorias físicas tivessem um correspondente empírico a partir do qual fosse possível avaliar a relevância de uma teoria física:

Qualquer consideração séria de uma teoria física deve levar em conta a distinção entre a **realidade objetiva**, a qual é independente de qualquer teoria, e conceitos físicos com os quais a teoria opera.” (E.P.R, 1935 p. 778. Ênfase minha).

Se a teoria quântica não podia descrever com completude aqueles aspectos da realidade, deveria então haver certas “variáveis ocultas” as quais poderiam vir a ser obtidas tanto a partir de um refinamento da teoria quanto de um refinamento de nossos meios de observação, tal que se a função de onda é capaz de prever com certeza uma quantidade física sem perturbar o sistema o qual se deseja conhecer, então deve haver um correspondente na realidade para essa quantidade, ainda que não possa ser dada experimentalmente, isto é, deve haver *variáveis ocultas* inerentes a esses sistemas físicos, as quais não são “alcançadas”, por assim dizer, através dos recursos experimentais disponíveis à época. Desse modo, o artigo E.P.R. pretendeu mostrar que a dissimetria ente os conceitos fundamentais da física clássica e a situação experimental em física quântica não se deveria a uma característica intrínseca ao fenômeno quântico, isto é, ligado à sua própria natureza, mas sim a limitações ligadas ao alcance teórico da nova física que, em última instância, estaria incompleta, apesar de apresentar resultados que se impunham com validade objetiva, presentes sobretudo na descrição formal da função de onda normalizada, a qual é capaz de prever com assertividade determinadas grandezas físicas (ainda que de maneira não-simultânea) como se pretendeu provar. Assim, se para os teóricos de Copenhague o que acontece entre o estado inicial de um sistema e o momento da medição não faz nenhum sentido para a descrição das grandezas físicas desse sistema, para Einstein e seus seguidores existiriam variáveis ocultas nesse meio termo que determinariam o comportamento experimental observado no ato da medição. Nesse sentido, o atributo quântico pertenceria ao sistema físico, ainda que inobservado, e não seria apenas o resultado de um arranjo experimental dependente da escolha do observador.

Os físicos da escola de Copenhague, por sua vez, viam na capacidade de previsibilidade da teoria (ao menos a nível probabilístico) um indicativo se não de sua completude, ao menos de sua validade objetiva como teoria física bem estabelecida, isto é, a capacidade descritiva da

função de onda indica a sua aplicabilidade como um instrumento de investigação coerente que, apesar de não dizer nada acerca de uma “realidade profunda” pertencente ao próprio estado de coisas, afigurava-se como uma boa ferramenta de descrição dos eventos contextualmente apresentados. Nesse sentido, não há, para os físicos da escola norueguesa, uma realidade física propriamente dita da qual a teoria seria uma espécie de representação, haja vista o próprio contexto experimental estar implicado como parte constituinte da própria descrição dos eventos observados, ou seja, o caráter contextual da descrição da propriedade física implica na “impossibilidade de qualquer separação nítida entre o comportamento dos objetos atômicos e a interação com os instrumentos de medida que servem para definir as condições em que os fenômenos aparecem”(Bohr, N. 1949 p. 51). Note, portanto, que essa dissensão entre os físicos ilustra precisamente a situação de crise epistemológica envolvida na descrição objetiva dos fenômenos quânticos e que aqui estamos chamando de “problema da objetividade”.

Assim, um primeiro aspecto importante do problema diz respeito a o que acontece entre o estado inicial de um sistema quântico e o resultado obtido pelo arranjo experimental: para uma parte dos físicos, a impossibilidade de se descrever uma trajetória para o elétron, ainda que em um experimento de difração as marcações no anteparo apresentasse características pontuais, isto é, particulares, indicava a incompletude da teoria quântica, portanto, haveria variáveis ocultas que determinariam o resultado experimental, mas não estariam ao alcance de nossa capacidade de descrição atual; para outra parte, a crença na existência de variáveis ocultas derivaria de nossas demandas cognitivas clássicas. No entanto, a impossibilidade de corresponder com as demandas clássicas não significou a essa parcela dos físicos a possibilidade de um abandono delas na *comunicação* dos eventos quânticos: ainda que seja impossível corresponder com aquelas demandas cognitivas, a comunicação dos resultados deve ser feita em termos clássicos. Assim, segundo esse ponto de vista, não há como descrever o que acontece entre o estado inicial e o resultado experimental, de modo que nesse estado intermediário o elétron assumiria todas as possibilidades descritas pela função de onda; ao interagir com o aparato experimental, portanto, a função de onda “colapsaria” em uma daquelas possibilidades, e o resultado experimental, por exemplo, a marcação pontual de uma chapa fotográfica, corresponderia à efetivação de uma daquelas possibilidades. A partir desse ponto, a questão que se coloca é, como descrever esse resultado experimental sem a necessidade de se corresponder com demandas causais de explicação? O formalismo matemático, a partir de propriedades não-comutativas e de caráter probabilístico, daria conta de uma descrição formal objetiva, apoiada por uma decisão metodológica de abrir mão das demandas clássicas e entender

a divergência dos resultados experimentais como elementos que comporiam uma descrição completa do fenômeno, ou seja, como complementares. Nesse sentido, nada aconteceria no estado intermediário mencionado, de modo que o fenômeno quântico deveria ser entendido como a composição entre o evento observado e o próprio aparato experimental.

Um segundo aspecto importante, portanto, diz respeito não simplesmente a uma divergência de caráter teórico ou conceitual/comunicacional, mas à divergência em relação aos resultados experimentais acerca de um mesmo evento quântico. O exemplo paradigmático da dualidade onda-partícula ilustra claramente o problema da divergência experimental, dado que o aspecto ondulatório nunca pode se dar ao mesmo tempo que o aspecto corpuscular, e daí a dependência do arranjo experimental na determinação do aspecto observado. Aqui, mais uma vez, as demandas cognitivas clássicas impõem ao cientista que haja uma definição categórica da natureza do fenômeno, uma vez que atribuir definições contrárias a uma mesma entidade não está de acordo com princípios fundamentais da lógica clássica. Assim, diferentes arranjos experimentais levam a resultados diferentes, uma situação sem precedentes na física clássica. Nesse sentido, como expressar a natureza definitiva do evento quântico diante da ausência de uma representação geral dele? Do mesmo modo, como lidar com a impossibilidade de uma descrição causal no espaço e no tempo da situação experimental? Esse aspecto causou bastante estranheza entre os físicos, e como afirmou Bohr (1949 p. 47), “Einstein expressou uma profunda preocupação quanto ao grau em que a explicação causal no espaço e no tempo era abandonada na mecânica quântica”. Esse segundo aspecto, portanto, remonta à questão acerca da própria noção de realidade necessária a um bom funcionamento das ciências, prejudicada pela estranha situação experimental da época, ou seja:

[...] a interação finita entre o objeto e os instrumentos de medida, condicionado pela própria existência do quantum de ação, acarreta a necessidade de uma **renúncia definitiva ao ideal clássico de causalidade** e de uma **revisão radical de nossa atitude perante o problema da realidade física**. (Bohr, N. 1949 p. 53. Ênfase minha)

Não é difícil perceber que a problemática descrita aqui implica em problemas epistemológicos os mais diversos. No decorrer do presente capítulo, exploraremos com mais detalhes a natureza desses problemas e sua relação com demandas epistemológicas clássicas, a fim de delimitar melhor o problema principal de nossa investigação. Nesse ínterim, uma questão que se coloca é: qual o lugar das posições epistemológicas clássicas diante do problema da objetividade na teoria quântica? Como veremos, existe uma séria dificuldade na atribuição de qualquer posição epistemológica clássica aos teóricos de Copenhague, haja vista haver evidências textuais que dão indicação tanto de inclinações realistas quanto antirrealistas por

parte dos físicos da escola norueguesa. Ou seja, a resposta à questão acerca da realidade objetiva dos atributos, isto é, se eles pertenceriam ou não às entidades quânticas inobservadas, levou a uma série de posições epistemológicas que serão mostradas a seguir. Assim, a antiga questão acerca da natureza da interação entre cognição humana e objeto cognoscível retorna ao seio da física de maneira pungente.

3.2. As diferentes correntes epistemológicas em teoria quântica e a interpretação de Copenhague

O início do século XX é o palco no qual se desenvolvem tanto novas concepções filosóficas acerca da teoria da ciência (pautadas numa guinada ao empirismo e ao logicismo, bem como numa preocupação mais centralizada em problemas relativos à linguagem) como novas concepções científicas no âmbito da física, as quais levaram ao problema principal que estamos abordando. Esse problema concentrou-se principalmente entorno da questão acerca da existência efetiva ou independente das entidades quânticas, sejam atômicas ou subatômicas: as propriedades observadas a partir da interpretação do formalismo matemático, bem como a partir da experimentação instrumental, pertenceriam à própria entidade quântica independentemente desses modos de determinação? É possível falar em um “mundo macroscópico” e um “mundo microscópico” ao qual pertenceriam aquelas entidades? É importante ressaltar aqui que o formalismo matemático nunca foi o ponto de maior desacordo entre os físicos, pelo contrário, consistia no ponto em que concordavam mais prontamente; o problema, portanto, residia na interpretação desse formalismo, ou seja, como lidar com a questão de que a escolha experimental determina os atributos observados?

Questões como essas dividiram os físicos em diferentes vertentes de interpretação do fenômeno quântico, e neste ponto, a relação entre epistemologia e física evidenciou-se como nunca. Um primeiro problema diz respeito à realidade independente dos atributos observados. Devemos rapidamente lembrar que, em termos da epistemologia moderna, realismo é a posição epistemológica que aceita que a existência dos objetos e suas propriedades independem de um sujeito que os observa, enquanto a escola idealista aceita o contrário, isto é, que eles dependem de um sujeito observador dotado de faculdades responsáveis pelo modo como aquelas propriedades o aparecem. Com bem se sabe, Einstein era reticente com relação à teoria quântica justamente por seu caráter probabilístico e antirrealista, derivado da dificuldade em se falar da pertença de atributos quânticos a entidades quânticas independentes do contexto experimental. A escola antirrealista, para a qual alguns intérpretes direcionaram o pensamento da escola de

Copenhague⁶⁴ – da qual fizeram parte Bohr e Heisenberg – por sua vez, assumiu que a existência do fenômeno quântico estaria condicionada ao aparelho de medida, cujas propriedades deveriam ser levadas em conta no momento de descrever tal classe de fenômenos. Assim, o objeto quântico passaria a existir somente enquanto observado, de tal modo que as propriedades atribuídas a ele não as pertenceriam independentemente do contexto experimental no qual está inserido. Sob essa perspectiva, poderíamos pensar que os físicos de Copenhague estivessem assumindo uma espécie de idealismo com relação aos fenômenos quânticos, dado que a existência deste estaria condicionada à observação; contudo, em diferentes textos, os físicos deixaram claro que a sua proposta consiste, quando não numa reformulação, num total abandono das posições epistemológicas tradicionais.

Max Jammer (1974) vê o ano de 1926 como aquele em que a teoria quântica teria tido a sua formalização matemática basilar estabelecida, a partir da qual teriam se desenvolvido as diferentes interpretações acerca do significado dela. O primeiro passo, segundo Jammer, teria sido dado por Heisenberg, a partir do desenvolvimento de sua *mecânica matricial*, a qual teria sido “*a primeira teoria consistente do fenômeno quântico*”. Em seguida, o trabalho de Schrödinger acerca das equações de onda e teoria da perturbação temporalmente dependentes foi capaz de mostrar que a regra de quantização poderia ser substituída por certas funções de espaço, do que descobriu posteriormente haver uma equivalência matemática entre seu formalismo e o de Heisenberg. A completude do sistema teria sido desenvolvida por John Von Neumann, o qual formalizou a teoria quântica como “um cálculo de operadores hermitianos em um espaço de Hilbert”, mostrando assim que o formalismo de Heisenberg e Schrödinger seriam casos particulares dessa formalização mais geral. Desse modo, Heisenberg, Schrödinger e Neumann teriam sido os responsáveis por estabelecer as bases formais da teoria quântica. Além do estabelecimento de um formalismo coerente, a teoria quântica teve a sua força argumentativa como teoria física bem estabelecida suplementada pela capacidade de descrição dos já conhecidos fenômenos de dispersão, bem como pela caracterização do efeito fotoelétrico. Não obstante essas aplicações que reforçaram a convicção de que a teoria de fato funcionava, a teoria do elétron de Dirac, que deu aplicação prática às ideias de Heisenberg e Schrödinger, bem como o *princípio de exclusão* de Pauli, permitiram aos físicos desenvolverem uma boa visão do fenômeno de periodicidade dos elementos, a partir da qual foi possível estabelecer uma leitura mais completa desse aspecto (Jammer, M. 1974 p. 22). Nesse sentido, a formalização

⁶⁴ Como veremos no próximo capítulo, existe uma dificuldade interpretativa em se associar uma posição epistemológica categórica aos físicos de Copenhague.

matemática da teoria quântica mostrou-se capaz de resolver uma série de problemas herdados das duas décadas anteriores, mas a principal questão a qual os físicos e filósofos da ciência se voltaram, como dissemos, concentrou-se na interpretação desse formalismo. A questão acerca dos pressupostos formais que garantiriam o estabelecimento de uma teoria científica bem formulada já vinha sendo estudada pelos empiristas lógicos e por alguns filósofos que se dispuseram a estudar a linguagem de maneira geral, como uma questão que se voltou basicamente para a relação entre o caráter formal das teorias e o mundo objetivo ao qual elas se dirigem. Assim, Carnap, por exemplo, estabeleceu como princípio que os termos não-lógicos contidos na formalização de uma teoria física poderiam ter seu significado objetivo garantido por sua referência a uma experiência, de modo que aqueles que não tivessem uma tal referência poderiam ser excluídos do conjunto teórico formal, sem prejuízos para a teoria como um todo. Contudo, como aponta Jammer, as teorias ondulatórias conteriam uma série de conceitos não interpretados, que, não obstante essa característica, seriam capazes de descrever determinados aspectos da experiência de maneira efetiva:

O novo formalismo da mecânica ondulatória a qual Schrödinger estabeleceu contém em suas proposições de alto-nível um número de termos não interpretados, tal como a função de onda, mas tornam possível deduzir certas proposições de nível menor que envolvem parâmetros os quais poderiam ser associados com concepções empíricas significativas tais como energia e comprimentos de onda. (Jammer, M. 1974 p. 24)

Se não há problemas em relação à consistência do formalismo matemático, a que propriamente se deve a questão da consistência da teoria como um todo? Segundo Popper (1982) tratar-se ia de uma “crise de compreensão” motivada sobretudo por uma “*intrusão do subjetivismo na física*” e pela ideia de que a teoria quântica teria dado um retrato completo da realidade (visão de Copenhague), e que, portanto, teria alcançado a finalidade da física como ciência. Ambas as asserções seriam derivadas, segundo Popper, de posições antirrealistas e positivistas com relação ao conhecimento científico, as quais o filósofo se opôs durante toda sua carreira acadêmica, sobretudo às contraposições idealistas com relação ao realismo científico. Além dessa origem, mas igualmente associada à “intrusão subjetivista” estaria a posição de alguns físicos – até mesmo o próprio Einstein – de que o caráter probabilístico da teoria teria alguma ligação com as limitações da cognição humana, isto é, “esta nova física probabilística foi durante muito tempo considerada como estando ligada à nossa falta de conhecimento” (1982 p. 26), ou seja, um aspecto subjetivo do conhecimento humano do mundo. Esses dois fatores, segundo o filósofo inglês, seriam a causa das dissensões com relação ao problema da interpretação dos fenômenos quânticos, oriundos sobretudo da epistemologia

moderna a partir de Descartes e de todo o idealismo que se desenvolveu a partir daí. Desse modo, Popper afirma que:

Os dois [aspectos] juntos levaram a uma rejeição positivista, idealista ou subjetivista do realismo, motivada pela crença de que uma *física fundamental e irreduzivelmente estatística tinha de ser explicada por uma barreira fundamental e irreduzível ao nosso conhecimento (subjetivo)* – barreira (as relações de incerteza) que, por seu turno, é objetiva, sem dúvidas, mas sem deixar de ser uma barreira àquilo que um sujeito pode conhecer. (Popper, K. 1982 p 26. Colchetes nossos.)

Popper acreditou, portanto, ser possível interpretar esse caráter estatístico não como um problema ligado às limitações do conhecimento humano, mas como algo objetivo, isto é, pertencente à própria natureza das coisas. Contudo, entre os físicos, a interpretação acerca da função de onda não tinha chegado a um ponto de concordância completa, isto é, seria a função de onda a expressão de uma característica objetiva dos fenômenos quânticos, ou faria parte restritamente do modo como o homem conhece? Qual seria a natureza própria das partículas subatômicas, por exemplo, quando não medidas? O problema da *realidade objetiva* diz respeito, portanto, ao caráter ontológico dos problemas filosóficos suscitados pelo desenvolvimento da nova física. A manifestação do fenômeno quântico se dá, obviamente, de maneira física, isto é, materialmente localizada; porém, os físicos de Copenhague se recusaram a admitir que os atributos observados experimentalmente pudessem pertencer ao “objeto quântico” de maneira independente. Por outro lado, as diversas aplicações objetivas da teoria quântica não seriam indícios suficientes de que ela no fundo esteja tratando de atributos pertencentes de maneira intrínseca a entidades que subjazem ao modo como experimentamos o mundo corriqueiramente, ou seja, ela não versaria acerca do “mundo real”? Se fosse possível construir um aparelho que nos permitisse a observação de entidades quânticas, não seria a imagem da entidade nessa espécie de microscópio imaginado o produto do arranjo que compõe o aparelho e do dado empírico que o afeta? A velha dicotomia sujeito-objeto e as posições epistemológicas daí advindas ressurgem para perturbar a tranquilidade do bem estabelecido convencionalismo científico; a questão é então se essa dicotomia é bem formulada ou se deveria ser abandonada em prol ou da formulação de uma nova epistemologia, ou do tratamento dos problemas epistemológicos em termos de uma teoria da linguagem.

Nick Herbert (1985 pgs. 31-39) dividiu os físicos de acordo com sua orientação epistemológica a partir de diferentes teorias da realidade objetiva: 1) a interpretação de Copenhague, segundo a qual não é possível falar numa “realidade profunda” para além da observação; 2) a visão de Heitler e Capra, na qual o universo é tomado como um todo indiviso em que todas as partes, incluindo o domínio dos fenômenos quânticos, fazem parte de um todo

contínuo, não havendo assim uma clara fronteira entre o observador e o observado nesse domínio de eventos; 3) a interpretação dos mundos possíveis, à qual aderiram Davies, DeWitt e Everett, na qual se afirma que a realidade quântica seria parte de um desses mundos possíveis; 4) a lógica quântica, na qual a principal consideração diz respeito aos limites da lógica tradicional diante dos fatos quânticos os quais seriam tão revolucionários que a mera substituição de conceitos antigos por novos não é suficiente, isto é, o mundo quântico seguiria uma lógica própria, fora do nosso alcance cognitivo; e finalmente, 5) os neo-realistas, os quais assumem que as qualidades observadas experimentalmente pertencem ao objeto, isto é, o mundo seria constituído de “objetos comuns” independentemente de estarem ou não sendo observados. Cada uma dessas vertentes derivaria, ressalvadas as suas diferenças específicas, de dois grandes grupos teóricos com relação ao problema ontológico (ou objetual), quais sejam, os que aceitam uma “ontologia ortodoxa” e os que a ela se opõem, sendo estes últimos compostos principalmente pelos neo-realistas.

Como apontou Herbert (1985 pgs. 150-151), ainda que a maioria dos físicos tenha optado por relegar o problema ontológico aos filósofos, é possível dizer que eles aderem a um posicionamento em comum, que diz respeito à situação de uma entidade quântica não medida, qual seja, a de que “dois objetos quânticos num mesmo estado quântico são fisicamente idênticos”, desaparecendo assim com a diferença entre descrição estatística e descrição individual (que considera a entidade quântica separadamente). Nesse sentido, “anteriormente à ocorrência de uma medição todas as possibilidades de um elétron não medido são possibilidades vivas”, isto é, no caso de uma partícula como um elétron num experimento de difração, no “percurso” que vai da fonte ao anteparo, ele não estaria se deslocando numa direção especial, mas sim, em todas as direções possíveis. Em contraposição, os neo-realistas assumem que o caráter estatístico conferido pela aleatoriedade dos fenômenos quânticos não se deveria a uma total ausência de leis, mas de “causas ocultas” ou “variáveis ocultas” a serem evidenciadas pelo refinamento da teoria em busca de uma maior completude, ou seja, a função ondulatória forneceria uma descrição estatística de fenômenos quânticos em conjunto, mas daria uma descrição irreduzivelmente incompleta de fenômenos quânticos isolados.

Oswaldo Pessoa Júnior (2003 p. 5), por sua vez, fala em quatro interpretações básicas da teoria quântica, partindo do exemplo didático do problema da dualidade onda-partícula: 1) a interpretação ondulatória, a qual assume que, anteriormente à detecção, o objeto quântico é tomado como uma onda, e a partir do momento em que é detectado ele apresenta características pontuais, análogas à de uma partícula; 2) a interpretação corpuscular, segundo a qual o fóton e

o elétron seriam na realidade partículas, o que se evidencia pela detecção, de modo que não existiria uma onda associada ao processo de propagação; 3) a interpretação dualista-realista, na qual o fenômeno quântico conteria ambas as características, e isso não consistiria propriamente num problema de contradição; e 4) a interpretação da complementaridade de Bohr, na qual o fenômeno quântico seria concebido como uma onda, e o aspecto corpuscular observado se deveria ao postulado quântico, que imprime uma descontinuidade intrínseca dos processos quânticos. Já Max Jammer, dividiu as diferentes escolas sem se concentrar propriamente em suas posições epistemológicas, mas sobretudo no modo como os físicos construíram formalmente as suas teorias: 1) a interpretação eletromagnética de Schrödinger; 2) a interpretação hidrodinâmica de Madelung; 3) a interpretação probabilística de Born, e, finalmente, 4) a interpretação da dupla solução de De Broglie.

Dissensões como essas levam ao terceiro aspecto do problema da objetividade que apontamos acima, qual seja, o problema da *objetividade conceitual*, isto é, a ausência de um conjunto teórico completo a partir do qual se diga que a teoria quântica fornece uma imagem consistente do mundo em que vivemos⁶⁵. Entretanto, trabalhos como o de Von Neumann (1920), matemático que tentou estabelecer os pilares da teoria quântica a partir da noção de espaço de Hilbert, dão uma dimensão da possibilidade de se falar em uma teoria quântica como ciência bem estabelecida e convencionalmente aceita. Não há dúvidas, que fique claro, de que a teoria quântica possui um alto nível de justificação teórica e principalmente de aplicações práticas, como no caso da química (como veremos), portanto, o que está em jogo aqui não é a consistência teórica da nova física, mas sim os diversos aspectos epistemológicos envolvidos no seu desenvolvimento e principalmente relacionados ao problema da realidade objetiva das entidades quânticas, ponto de maior dissensão entre os diferentes colaboradores. A existência efetiva dos átomos e das partículas que o compõem também não está em discussão, dado que existem inúmeros experimentos que comprovam a sua existência; porém, a questão que se coloca é se essa existência pode ou não ser admitida de maneira independente dos experimentos e aparelhos a partir dos quais é possível experimentar esses fenômenos, ou seja, que os átomos e partículas elementares existem não é um ponto de dissensão – apesar de já ter sido até meados do século XIX – mas que existam enquanto inobservados é um ponto a ser discutido e a serem avaliadas as consequências disso para as teorias do conhecimento. Não obstante essa

⁶⁵ Não estamos nos referindo aqui à questão do formalismo descrito nos parágrafos anteriores, mas sim a uma interpretação coerente desse formalismo que fosse capaz de apresentar uma visão de mundo aceita de maneira absoluta pelos físicos.

multiplicidade de interpretações, as próprias experiências no âmbito quântico apresentavam diferenças significativas a depender do aspecto e do arranjo que se pretendia fazer para observar, ou seja, as dissensões não diziam respeito somente aos conjuntos teóricos, mas também aos experimentos realizados. Diante desse pluralismo interpretativo, Niels Bohr parece ser quem mais detidamente se esforçou para estabelecer um ponto de vista epistemológico que desse conta das inúmeras experiências recalcitrantes que colocavam em dúvida não só a completude da teoria quântica – uma vez que os processos quânticos eram evidentes – mas também a eficiência dos conceitos epistemológicos tradicionais.

Niels Bohr refletiu em diversas ocasiões sobre as consequências que o novo âmbito da experiência impôs aos conceitos da física clássica, consistindo em uma de suas principais preocupações a necessidade de uma “revisão dos fundamentos para uma aplicação inambígua de nossos conceitos elementares, necessária à compreensão dos fenômenos atômicos” (Bohr, N. 1957 p. 7). Para uma representação adequada do fenômeno quântico, devem ser levadas em consideração três condições advindas da própria constituição desses fenômenos: 1) “por mais que os fenômenos transcendam o âmbito da explicação física clássica, a descrição de todos os dados deve ser expressa em termos clássicos” (Bohr, N. 1957 p. 50) 2) é impossível “qualquer separação nítida entre o comportamento dos objetos atômicos e a interação com os instrumentos de medida” (Bohr, N. 1957 p. 51) e 3) “os dados obtidos em diferentes condições experimentais devem ser considerados complementares, no sentido de que só a totalidade dos fenômenos esgota as informações possíveis sobre os objetos” (Bohr, N. 1957 p. 54). A primeira dessas condições está ligada à limitação de nossa linguagem ao domínio dos objetos os quais fazem parte do conjunto de nossa experiência cotidiana, isto é, que podem ser descritos pela física clássica. Ainda que os fenômenos quânticos transcendam o âmbito de aplicação de conceitos fundamentais da física clássica, como por exemplo a impossibilidade de explicação causal no espaço e no tempo na determinação do *momento* e da *posição* de uma partícula subatômica, a sua descrição não escapa da necessidade de ser expressa numa linguagem cotidiana. Gostaríamos de direcionar essa primeira condição ao problema da *objetividade conceitual* da física quântica, enquanto a segunda segue a denominação empregada pelo próprio físico, qual seja, diz respeito ao problema *observacional* da teoria quântica, semelhante àquilo que aqui chamamos de *problema da medida experimental*. A terceira condição, que surge como uma solução aos problemas observacional e conceitual da física quântica, é o *princípio de complementaridade*, o qual Bohr viu como capaz de solucionar os principais problemas relativos à ambiguidade intrínseca no relato dos fenômenos quânticos, além de tê-lo estendido

como princípio explicativo de outras áreas do conhecimento humano, como a biologia e até mesmo a psicologia.

O princípio de complementaridade é definido pelo físico de diferentes formas, mas todas elas guardam uma intenção mais geral, a qual buscaremos caracterizar a seguir. Bohr define *complementaridade* da seguinte maneira: 1) referindo-se à teoria quântica, “*expressão lógica* de nossa situação no que tange à *descrição objetiva* nesse campo da experiência” (ênfase nossa) (Bohr, N. 1957 p. 94); 2) a complementaridade “aponta para as *condições lógicas* da *descrição* e da *compreensão* da experiência” (ênfase nossa) (Bohr, N. 1957 p. 115). 3) caracteriza as condições para uma *descrição inambígua* das experiências. 4) generalização coerente do princípio de causalidade (Bohr, N. 1957 p. 34). Parece surgir dessas diferentes definições a impressão de que Bohr estivesse pensando um *princípio de significação* para o comportamento dos fenômenos quânticos, se quisermos, um *princípio semântico* para a descrição objetiva do experimento físico. A regra geral desse princípio é que fenômenos obtidos sob condições experimentais diversas, cujos resultados apresentam características mutuamente excludentes, devem ser encarados como complementares, isto é, “somente a totalidade daqueles fenômenos esgota as informações possíveis sobre os objetos” (Bohr, N. 1957 p. 51). Diante disso, podemos fazer a seguinte leitura: o *problema da objetividade* só pode ser resolvido caso estejamos dispostos a aceitar a *condição lógica* de que proposições mutuamente excludentes sejam tomadas como uma só proposição para qual se deve dirigir a questão de sua validade, de modo que a valoração de cada uma das proposições não tenha influência na valoração da proposição que as engloba.

Podemos ilustrar essa situação pensando dois conjuntos, um conjunto C_n que contém a descrição das condições experimentais ($C_1, C_2, C_3...$) e um conjunto P_n que compreende as proposições que se seguem daquelas condições experimentais e indicam as propriedades dos fenômenos obtidos sob aquelas condições ($P_1, P_2, P_3...$). Desse modo, a descrição completa do fenômeno quântico, de acordo com a interpretação de Copenhague, envolveria uma relação entre os conjuntos C_n e P_n , a qual poderia ser descrita por exemplo, por $C_1 (P_1, P_2, P_3...)$. Ainda que a verdade de P_1 implique na falsidade de P_2 , a conjunção entre P_1 e P_2 continua sendo verdadeira, segundo o princípio de que a verdade de P_n não depende da coerência lógica entre as proposições individuais, o mesmo valendo para as demais proposições do conjunto P_n . A condição lógica da passagem de C_n para P_n é a de que a validade lógica da descrição do experimento quântico só pode ser mantida se mantivermos a validade lógica de proposições mutuamente excludentes em uma linguagem proposicional clássica. Desse modo, o físico pode

afirmar que “a luz é uma onda e uma partícula”, desde que tome a exclusão mútua dos predicados como complementares na descrição do objeto observado, isto é, a luz é ambos, a depender da condição experimental com a qual você produz o fenômeno:

Como modo de expressão mais apropriado, defendi a aplicação exclusiva da palavra fenômeno para se fazer referência a observações efetuadas em **circunstâncias especificadas**, incluindo uma descrição de todo o dispositivo experimental. (Bohr, N. 1957 p. 51)

Assim, para Bohr, o fenômeno quântico não é aquilo que aparece ao dispositivo experimental, mas sim o conjunto formado pelo próprio dispositivo e o comportamento observado. A descrição do experimento em termos causais só é possível quando o fenômeno pode ser subdividido (Bohr, N. 1957 p. 10), isto é, quando a ação envolvida no experimento é muito grande em relação à constante h , caso contrário, é impossível desconsiderar a ação dos instrumentos de medida, o que implica na impossibilidade de descrição mecânica usualmente completa do fenômeno. O *problema observacional* apresenta, portanto, um caráter ontológico da experiência no âmbito quântico, de modo que o princípio de complementaridade serve para “simbolizar a limitação fundamental, encontrada na física atômica, da existência objetiva de fenômenos independentemente dos meios de sua observação”(ibidem). À primeira vista, a afirmação acima parece fazer retornar o velho problema epistemológico acerca da *idealidade* ou *realidade* dos fenômenos físicos, contudo, Bohr é reticente em tratar esses problemas ao tom da filosofia tradicional⁶⁶. O problema em relação ao uso dos conceitos tradicionais para se tratar de uma classe inteiramente nova de fenômenos está em que aqueles conceitos estão limitados a situações corriqueiras, nas quais valem os princípios da mecânica e da epistemologia clássicas. Assim, o físico afirma que:

“(…) até na grande era da filosofia crítica dos cem anos anteriores, tratou-se apenas de saber até que ponto era possível fornecer argumentos *a priori* em favor da adequação da localização espaço-temporal e da conexão causal da experiência, mas nunca de generalizações racionais ou limitações intrínsecas dessas categorias do pensamento humano.” (Bohr, N. 1957 p. 80)

Portanto, deve-se ter bastante cuidado na associação do princípio epistemológico de Bohr, qual seja, a *complementaridade*, com qualquer posição filosófica clássica, pois, para o físico, a situação experimental se apresentou como algo tão inédito que exigiria de fato um tratamento próprio e uma revisão dos limites de aplicação de nossos conceitos tradicionais. Nesse sentido, Bohr vê na distinção entre *conhecimento objetivo* e *crença subjetiva* uma atitude vaga, comum tanto à escola empírica como à escola crítica da filosofia tradicional (Bohr, N.

⁶⁶ No tópico 4.2 o leitor encontra a análise de um debate entre diferentes intérpretes do pensamento de Bohr acerca da disputa entre realismo e idealismo na mecânica quântica.

1957 p. 103). O desenvolvimento da nova física traria consigo então a necessidade de “uma atenção adequada à instauração da distinção objeto-sujeito”, e uma revisão de posições epistemológicas basilares da filosofia tradicional, o que implica na afirmação de que “a noção de um sujeito último, bem como de concepções como realismo e idealismo, não tem lugar na descrição objetiva tal qual a definimos”⁶⁷ (Bohr, N. 1957 p. 100). A fundamentação da objetividade da descrição na teoria quântica envolve, portanto, uma mudança radical do modo como se entende o significado do próprio conceito de *conhecimento*, tão logo se esteja diante de fenômenos como processos atômicos individuais (Bohr, N. 1957 p. 32), e Bohr é bastante claro na ênfase de que a nossa comunicação cumpre um papel fundamental para a globalidade do nosso conhecimento, do que se segue que uma análise da linguagem se mostra mais proveitosa do que dilemas filosóficos tradicionais, à medida em que propicia uma oportunidade para testar o alcance de nossos conceitos elementares⁶⁸ (Bohr, N. 1985 p.1). O instrumento utilizado para que se possa alcançar uma descrição objetiva da experiência é a linguagem comum, portanto, o principal interesse do físico nessa linguagem é de “como se pode preservar a objetividade quando aumentam as experiências que vão além dos acontecimentos da vida cotidiana” (Bohr, Niels 1985 p. 85), uma vez que não pode prescindir dela na descrição dos eventos experimentais. A necessidade de comunicação dos eventos quânticos em termos da física clássica não implica, contudo, na adesão a teorias do conhecimento clássicas.

Apesar dessa evidente relação entre objetividade e concordância linguística presente na investigação filosófica de Bohr, existe um nível de objetividade ligado à irreversibilidade inerente ao conceito de observação, isto é, o dado experimental observado no aparato se apresenta como uma “informação inambígua”, a qual pode ser tomada por objetiva, uma vez que na descrição dos diferentes experimentos não é feita nenhuma referência a um observador particular (Bohr, Niels 1985 p. 3). A física quântica é plenamente capaz de corresponder com as demandas racionais de completude e consistência, isto é, a formalização matemática, ainda que essencialmente estatística, conduz a resultados que dão conta da explicação, por exemplo, da estabilidade dos átomos. Portanto, a matemática pura não deve ser encarada como um ramo apartado do conhecimento em geral, mas como um refinamento da linguagem usual (Bohr, Niels 1960 p. 9), capaz de fornecer os instrumentos apropriados à representação quando existe imprecisão na linguagem corriqueira. Assim, Bohr afirma que:

[...] pela simples **evitação da referência ao sujeito consciente**, que permeia a linguagem cotidiana, o uso de símbolos matemáticos assegura a inambiguidade de definição exigida pela descrição objetiva. (Bohr, N. 1957 p. 86. Ênfase minha.)

⁶⁷ Lembre-se aqui da teoria kantiana da apercepção originária.

⁶⁸ Neste ponto, o físico parece se alinhar ao desenvolvimento da filosofia analítica que ocorria no mesmo período.

Mesmo havendo tal confiança no poder de descrição objetiva da linguagem matemática, ela é diametralmente oposta ao modo como a filosofia do século anterior encarou a bem-sucedida aplicação da matemática na física newtoniana, isto é, como princípios *a priori* necessários a qualquer descrição da experiência, dado que seu caráter essencialmente estatístico não permite fazer qualquer previsão acerca do estado futuro do sistema de referência. O estudo sobre a aplicação da matemática aos fenômenos perde assim a característica de tomar a matemática como um domínio especial do conhecimento humano em relação ao modo como este se relaciona com a experiência, isto é, se antes os juízos matemáticos eram tidos como intrinsecamente necessários e universais, hoje eles podem ser lidos como uma sofisticada ferramenta linguística para a descrição objetiva dos fenômenos, visão que não nos obriga a nos comprometermos com nenhuma posição epistemológica clássica.

Existe assim a indicação de uma regularidade própria dos fenômenos atômicos, a qual não se explica pela existência prévia de princípios que permitam uma descrição do fenômeno que corresponda com a demanda lógica de necessidade, nem com a recorrência à explicação causal ao modo determinista, mas sim pela tomada em conjunto das diferentes situações experimentais que, ainda que mutuamente excludentes, segundo o princípio de complementaridade, constituem o conhecimento completo do objeto subatômico em sua totalidade. Essa regularidade é bastante notória nas aplicações que a teoria quântica, e com ela a teoria atômica, tiveram principalmente na química, sobretudo no que diz respeito à explicação das proporções as quais as substâncias apresentam nas diferentes reações, e em muitas outras aplicações, como a análise espectroscópica e a teoria de grupos. Os cálculos estequiométricos são feitos baseando-se nos modelos atômicos que em última instância são resultado do desenvolvimento da experimentação em física atômica, da qual a mecânica quântica constitui uma parte muito importante. Isso quer dizer que os modelos atômicos não são resultado de um único experimento que determinou qual a estrutura possível do átomo, mas sim de uma série de experimentos que tomados em conjunto resultaram numa visão unificada, que só perde a característica intrínseca de ambiguidade, inescapável na tradução dos fenômenos quânticos em linguagem usual, caso sejam vistos como complementares, ainda que seus diferentes resultados sejam contraditórios entre si (Bohr, Niels 1960 p. 18). O problema da objetividade na teoria atômica não está, portanto, associado ao funcionamento e aplicação da teoria a domínios práticos do conhecimento humano, mas sim numa necessidade de coerência interna entre os diferentes colaboradores, no momento de *descrever* os experimentos, ou seja, a situação

experimental em que o físico se encontra é um fator determinante para a *descrição objetiva* dos experimentos, uma situação sem precedentes na física clássica:

No estudo dos fenômenos atômicos, contudo, nós somos apresentados a uma situação na qual **a repetição de um experimento com o mesmo arranjo pode levar a gravações diferentes**, e experimentos com diferentes arranjos podem dar resultados que num primeiro olhar parecem contraditórios um ao outro. (Bohr, N. 1960, p.18 tradução minha. Ênfase minha.)

De maneira semelhante, Werner Heisenberg coloca a questão acerca da objetividade da teoria quântica a partir do problema da necessidade de se descrever os fenômenos quânticos com a terminologia da física clássica. O problema reside na impossibilidade de se fazer previsões, ou descrever propriedades como posição e velocidade tal como era possível com o ferramental teórico da física clássica. Esse fator de imprecisão intrínseco à experimentação na nova física deriva de duas fontes principais: a *relação de incerteza* correspondente à medida efetuada e o *erro aleatório* associado às dificuldades da técnica experimental escolhida. As relações de incerteza permitiram “traduzir o resultado da observação na linguagem matemática da teoria quântica”, isto é, incluir na formalização das observações os erros e as incertezas associados à própria atividade experimental. Bohr mostrou ser possível a representação matemática dessas incertezas, mostrando que “o produto das incertezas dos valores medidos da posição e do momento não pode ser inferior à constante de Planck, ou um quantum de ação” (Heisenberg, W. 1996 p.96). O princípio de incerteza implica, portanto, na impossibilidade de se reduzir o erro da medida de atributos de dois valores a um limite inferior ao da constante de Planck, e dado que essa constante representa a unidade mínima de ação de qualquer fenômeno quântico, então sempre existirá uma incerteza associada a qualquer medição de atributos de um fenômeno quântico dessa natureza. Como essa formalização matemática tem caráter essencialmente estatístico, ela até pode ser enunciada em termos caros à filosofia clássica, porém, ela não poderá corresponder a uma descrição que contemple as exigências deterministas de verificação, tais como uma descrição causal no espaço e no tempo. Tomando o exemplo da dualidade onda partícula, podemos perceber o porquê dessa impossibilidade: a marcação no anteparo mostra características pontuais associadas a partículas, no entanto, o fenômeno de difração é puramente ondulatório, o que torna impossível descrever uma trajetória passada daquilo que se apresentou ao anteparo como “partícula”, uma vez que não podemos falar efetivamente numa “trajetória” de uma onda.

A possibilidade de se expressar o aparato experimental e o que se observa em termos da física clássica não garante a expressão de uma regra bem definida e que possa prever casos

futuros com assertividade, “mas o que se deduz de uma tal observação é uma função de probabilidade, uma expressão matemática que traz consigo tanto enunciados sobre possibilidades ou tendências, como também afirmações sobre nosso conhecimento de fatos” (Heisenberg, W. 1957 p. 23). Essa característica puramente probabilística indica a impossibilidade de objetivar completamente o resultado de uma observação experimental, uma vez que a inclusão das afirmações sobre nosso conhecimento de fatos implicaria numa interferência subjetiva nos acontecimentos. Heisenberg é bastante claro (Heisenberg, W. 1957 p. 24), no entanto, ao afirmar a restrição do domínio de objetos aos quais a física atômica se dirige em sua investigação, de modo que o sujeito não está incluído nesse domínio, isto é, “o elemento subjetivo contido na função de probabilidade pode ser em prática desprezível quando comparado com a faceta objetiva”. Porém, os elementos de incerteza associados à influência da interação com os instrumentos podem ser rotulados ora como objetivos, isto é, como independentes do observador – sendo considerados como uma “simples consequência da descrição em termos da física clássica” – ora como subjetivos, com a condição de que esse elemento subjetivo se refira à *incompletude* de nosso conhecimento. Tendo isso em vista, Heisenberg afirma que “após a ocorrência dessa interação, a função de probabilidade passa a conter o elemento objetivo da tendência e, também, o elemento subjetivo do conhecimento incompleto” (Heisenberg, W. 1957 p. 24). Desse modo, a função de onda descreve um horizonte de eventos possíveis, cujo caráter objetivo pode ser testado pela repetição dos experimentos por um grande número de vezes em que sua descrição leve em conta as incertezas advindas do caráter subjetivo. Contudo, assim como para Bohr, é preciso ter cautela em relação a considerar esse caráter subjetivo como associado a qualquer posição epistemológica clássica em relação ao conhecimento, dado que o caráter inédito do novo campo da experiência exigiria igualmente um tratamento epistemológico igualmente novo:

Se quisermos descrever o que ocorre em um evento atômico, deveremos compreender que o termo “ocorre” **pode somente ser aplicado à observação, e não ao estado de coisas entre duas observações consecutivas.** *Aquele termo diz respeito à componente física do ato de observação, mas não à psíquica,* e podemos dizer que a transição do “possível” ao “real” toma lugar **tão logo a interação do objeto com o instrumento de medida (e, portanto, com o resto do Mundo) tenha se realizado; ele nada tem a ver com o ato de registrar o resultado por parte da mente do observador.** (Heisenberg, W. 1957 p. 25, ênfase minha.)

A dificuldade acerca do modo como a epistemologia clássica tratou o problema está em considerar impossível uma descrição objetiva do mundo separada de qualquer referência a nós mesmos (Heisenberg, W. 1957 p. 26), de modo que essa crença tornou o critério de objetividade uma característica fundamental com a qual tem que corresponder qualquer conhecimento

genuinamente científico. A teoria atômica não toma, portanto, a mente do físico como parte do fenômeno atômico, e isso garante a ela um caráter de objetividade próprio, ainda que isso não signifique que não haja um elemento subjetivo envolvido na própria atividade de medir um fenômeno, ou seja, que a descrição não é completamente objetiva. Isso não significa, contudo, que a mente humana tome parte de algum modo na constituição própria do objeto do experimento, ou seja, a pergunta sobre a independência ou dependência do fenômeno em relação ao aparato experimental não implica na pergunta acerca da realidade ou idealidade dos fenômenos ao modo clássico.

Heisenberg parece dar a indicação de uma objetividade baseada mais em uma intersubjetividade do que em uma descrição objetiva do mundo apartada do sujeito, haja vista a presença de um intrínseco caráter subjetivo na descrição dos fenômenos. Desse modo, de acordo com os moldes da epistemologia clássica, de um lado temos um sujeito, do outro um fenômeno e entre eles um aparelho de medida que dá alguma informação qualitativa ou quantitativa sobre o fenômeno, tal que a ocorrência deste último depende do modo como foi planejado o experimento por parte do sujeito. É fácil inferir daí, então, que há uma relação entre o próprio sujeito e o fenômeno observado, uma vez que o planejamento e a construção das condições experimentais foram feitos por um sujeito (Heisenberg, W. 1957 p. 27). Contudo, como também apontou Bohr, a melhor maneira de se explicar a estabilidade dos átomos está na teoria quântica, e isso pode ser visto em sua ampla aplicação em outras áreas do conhecimento, ou seja, a existência do objeto átomo não depende das condições da cognição humana, ainda que qualquer estudo sobre suas propriedades implique numa conseqüente interferência, produto da interação do fenômeno com o aparelho de medida.

Heisenberg percebeu que a situação da física em sua época indicava a ocasião para se repensar a dicotomia clássica entre “eu” e “mundo” (da qual derivariam as demais teorias do conhecimento modernas) situando na tendência fundada por Descartes a fonte histórica da dificuldade em se interpretar a teoria quântica, devido ao modo como essa interpretação do mundo influenciou a formação dos cientistas⁶⁹. Com isso, a teoria quântica leva em consideração que a ciência é feita por homens, mas é capaz de operar sem ter que mencionar na teoria mesma algo sobre o sujeito, assim como Newton mostrou ser possível com seu trabalho. O problema está nos pressupostos epistemológicos assumidos pelos filósofos para explicar a

⁶⁹ Heisenberg afirma a permanência dessa mesma cosmovisão “*durante os três séculos que a Descartes se seguiram*”, de onde também afirma a posição contrária que Einstein tomou em relação à aceitação da interpretação de Copenhague da teoria quântica (Heisenberg, W. 1957 p. 44).

“realidade” ou o “mundo”, isto é, estabelecer as condições de objetividade do conhecimento, de modo que o ponto de vista cartesiano implicou em três tipos de concepções *realistas*, todas elas orientadas por um fio condutor comum: “nós “objetivaremos” uma afirmação se mantivermos que seu conteúdo independa das condições sob as quais ela possa ser verificada” (Heisenberg, W. 1957 p. 44). Segundo afirma o físico, o *realismo metafísico* derivaria da concepção cartesiana de *res-extensa*, da qual se inferiria que “as coisas com extensão existem”; o *realismo dogmático* assumiria que toda assertiva que diz respeito ao mundo material pode ser objetivada, enquanto o *realismo prático* assumiria que algumas observações podem ser objetivadas, como por exemplo afirmações sobre a vida prática. Heisenberg viu, diante do desenvolvimento da nova física, a necessidade de se abandonar os pressupostos do realismo dogmático, ao passo que o realismo prático sempre fez e sempre fará parte da ciência. De maneira semelhante, o realismo metafísico deve ser abandonado devido às dificuldades quanto ao uso de conceitos como “existir”, “pensar” e “ser”, aos quais sempre foi difícil dar uma definição objetiva, e que encontraram no decorrer da história da filosofia diversas correntes de pensamento que tentaram dar conta desse tipo de problema. Percebe-se, portanto, uma insatisfação com o modo como a filosofia tradicional tratou do problema do conhecimento, não sendo mais possível utilizar os mesmos meios para tal fim:

A tese filosófica, de que todo conhecimento é essencialmente baseado na experiência, conduziu por fim a um postulado que diz respeito à clarificação 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. (Heisenberg, W. 1957 p. 46)

Essa insatisfação com o tratamento epistemológico clássico motivou Heisenberg a refletir sobre um novo modo de tratar o problema do conhecimento que resultou numa posição epistemológica peculiar, a qual poderia talvez ser associada a um tipo de teoria dos mundos possíveis ou o que poderíamos chamar de “*pluri-realismo*”, uma vez que assume a existência de diferentes instâncias de uma mesma realidade. Como o nome indica, essa posição epistemológica assume que existem diversas “camadas” da realidade –as quais se exemplificam na equivocidade dos conceitos⁷⁰– para as quais tão logo surja a pergunta acerca de suas conexões nomológicas, a resposta a essa pergunta implica na inserção dessas conexões em uma determinada “camada” da realidade. Cada teoria acerca da realidade apresenta a sua conexão nomológica própria – o que significa que a camada da realidade na qual se inserem os fenômenos quânticos teria suas conexões nomológicas particulares as quais difeririam daquelas

⁷⁰ Heisenberg afirma que “*Os conceitos são, em certa medida, pontos privilegiados, junto aos quais as diversas camadas da realidade são entrelaçadas umas com as outras*”. (Heisenberg, 1949 p. 12)

da linguagem cotidiana – de modo que a linguagem, no ínterim de erigir essa conexão, ora busca um refinamento dos conceitos que os torne cada vez mais precisos, ora busca formar um esquema fixo de regras de ligação entre conceitos e desses com os conteúdos da experiência, de modo que seja possível decidir acerca da verdade ou falsidade deles. Contudo, essa precisão dos conceitos implica num inevitável empobrecimento deles, pois “em contraposição às palavras da linguagem habitual, as palavras de uma tal linguagem técnica só continuam se ligando a regiões de conexão totalmente determinadas” (Heisenberg, 1949 p. 12).

Percebe-se assim que a noção de realidade que Heisenberg está empregando está associada com o alcance descritivo da linguagem, ou seja, cada realidade é determinada pela delimitação das conexões nomológicas dos conceitos polissêmicos que tem por consequência a ineficiência deles para determinar outras regiões da realidade, tornando-os restritos àquela realidade particular. Tanto o ato de precisar quanto o ato de sistematizar a linguagem em busca de viabilizar uma descrição objetiva do fenômeno quântico constituem, para Heisenberg, “*apresentações estáticas*” da realidade, pois elas envolvem a renúncia à polissemia dos conceitos. O oposto da apresentação estática, a *apresentação dinâmica*, toma o “caráter frutífero” dos conceitos em detrimento de sua precisão, de modo que o conteúdo de suas proposições não está orientado pela necessidade de que elas sejam um retrato fiel da realidade, mas sim, que “forme um embrião” que sirva como ponto de partida para outras cadeias de pensamento com suas conexões nomológicas particulares (Heisenberg, W. 1942 p. 14). Heisenberg associa o seu ponto de vista a uma noção semelhante à de *potência* que Aristóteles empregou em sua *Metafísica*, isto é, o caráter probabilístico da teoria quântica teria uma ligação objetiva com a realidade, não sendo assim derivada exclusivamente da limitação de nossa linguagem e cognição. Assim, os atributos estatisticamente determinados acerca de um fenômeno quântico indicariam em potência aquilo que experimentalmente se realiza como ato no processo de medição. Esse modo de tratar o problema pode ser visto como solução para a questão da limitação de nossos conceitos fundamentais, haja vista eles dizerem respeito a uma camada particular da realidade, de modo que a sua aplicação a outros domínios é limitada justamente por essa relação intrínseca com a noção de realidade corriqueira:

Para nós, a evolução nomológica no espaço e no tempo não é mais o esqueleto fixo do mundo, mas antes apenas uma conexão entre outras que é destacada do tecido de conexões que denominamos o mundo por meio do modo como nós a observamos, por meio das questões que dirigimos à natureza. (Heisenberg, W. 1942 p. 9)

Assim, se devemos ser reticentes em atribuir à interpretação da escola de Copenhague posições epistemológicas clássicas, tais como o idealismo, devemos também nos perguntar,

sobretudo pela análise do texto filosófico mais tardio de Heisenberg, se realmente podemos chamá-los de antirrealistas, pois, como se apresentam as evidências textuais, o físico alemão fala em diferentes “camadas” de uma mesma realidade. O “acesso” às diferentes camadas da realidade estaria condicionado pelo alcance de nossa linguagem, de tal modo que as regras formais dessa linguagem teriam que sofrer mudanças ou, se quisermos, refinamentos que permitissem alcançar essas camadas mais complexas da realidade. Note, portanto, que o Heisenberg tardio, apesar de se manter reticente com relação ao uso dos conceitos tradicionais, parece ter tentado elaborar uma teoria da realidade que desse conta de lidar com os aspectos recalcitrantes da teoria atômica, ao passo que Bohr parece não ter querido avançar a tal ponto, limitando-se em estabelecer um princípio lógico de interpretação dos fenômenos a nível da linguagem ordinária. De qualquer modo, a indissociabilidade entre o fenômeno observado e o arranjo experimental não significou aos físicos de Copenhague a necessidade de se incluir uma teoria do sujeito ou teoria da cognição humana à teoria quântica, baseados no fato de que, como vimos, o formalismo matemático e as aplicações práticas da teoria seriam provas suficientes de sua objetividade. Note, portanto, que não é possível descrever fenômenos quânticos a partir das leis da física clássica, porém, é possível descrever fenômenos clássicos a partir da teoria quântica, o que levou os intérpretes de Copenhague a acreditarem ter completado a física a partir da teoria quântica⁷¹. Desse modo, o problema da realidade objetiva é também um problema acerca dos limites da nossa linguagem, isto é, aquilo que entendemos por realidade estaria também condicionado à riqueza de nosso vocabulário, ou, se quisermos, da nossa capacidade descritiva e interpretativa do mundo, uma vez que algumas experiências parecem escapar completamente dos limites nomológicos de nossa gramática.

A grande consequência que o advento da teoria quântica causou à epistemologia tradicional diz respeito, portanto, à limitação do uso de conceitos tradicionais e da tomada de certos pressupostos para se considerar a objetividade do conhecimento científico. Diante de novos domínios da experiência física, os cientistas se viram frente a uma situação na qual as condições de objetividade do conhecimento devem ser ou reconsideradas ou rejeitadas, de modo que, como afirmou Heisenberg, “somos às vezes obrigados a usar nossos conceitos de uma maneira injustificada e desprovida de sentido”⁷². Assim, a epistemologia tradicional se vê confrontada com o fato de que nem todo enunciado sobre a natureza pode ser logicamente esclarecido, isto é, em um domínio particular dos fenômenos naturais existem enunciados

⁷¹ Um dos principais pontos criticados por Popper em “A teoria dos quanta e o cisma na física”.

⁷² Heisenberg, 1957 p. 47.

autoexcludentes ou autocontraditórios e que ainda assim dizem algo sobre os fenômenos de maneira significativa. O erro na postura de se erigir certos princípios gerais com relação ao conhecimento da experiência reside justamente em não levar em consideração que esta pode, a todo momento, apresentar novas situações às quais não há aplicação necessária deles, isto é, “jamais podemos saber, de antemão, que limitações deverão ser impostas na aplicabilidade de certos conceitos quando a estendemos [a natureza] a partes pelo uso de técnicas mais elaboradas.” (Heisenberg, 1957 p. 47).

A aplicabilidade dos conceitos tradicionais é condicionada pelo desenvolvimento técnico, pois o refinamento deste implica num “alargamento” da experiência, o qual acaba por impor os limites de aplicação deles. Como não é possível prever o estado futuro de um evento em escala quântica com o mesmo vigor da física tradicional, não é possível saber se esses conceitos terão sempre a mesma validade em experiências futuras, que podem até mesmo contradizê-los. Esta condição, contudo, não exime os teóricos da física quântica de um exame da situação epistemológica que expusemos acima, pois o problema de se tornar objetiva a teoria quântica como um todo esbarra, como vimos, com a necessidade de se expressar os fatos observados em termos clássicos que, conseqüentemente, encontram-se num domínio da experiência em que a linguagem comum é empregada segundo certos princípios lógicos. A fixidez desses princípios é o ponto crucial da crítica erigida pela escola de Copenhague às exigências para uma descrição objetiva do fenômeno quântico. Vemos, assim, que Bohr e Heisenberg compartilharam alguns pontos de vista em comum com relação às conseqüências epistemológicas advindas da teoria quântica. Entre eles poderíamos citar: 1) em relação ao conhecimento científico, a nossa linguagem cotidiana está restrita a um domínio de significância que é limitado pelo alcance do poder de descrição da física clássica. 2) devido a 1, os experimentos que atestam a teoria quântica só podem ser descritos em termos clássicos. 3) disso se segue que a objetividade dos enunciados da teoria quântica não pode ser avaliada segundo a sua concordância ou não, seja com demandas lógico-formais, seja com demandas normativas, da epistemologia e física clássicas, respectivamente. Diante do que foi exposto no decorrer da presente investigação, podemos apresentar o modo como Bohr e Heisenberg trataram o problema da objetividade na teoria quântica como se resumindo a três aspectos fundamentais:

1. *Problema conceitual ou semântico*: A descrição dos experimentos deve ser feita em termos clássicos. Contudo, o fenômeno quântico não pode ser avaliado segundo regras

da semântica da linguagem ordinária. Como é possível estabelecer uma semântica que fundamente a objetividade linguística na descrição do fenômeno quântico?

2. *Problema da medida experimental*: O problema observacional indica que fenômeno e aparato experimental são indissociáveis. Em última instância, a relação entre o sujeito e o aparato experimental também deve ser levado em conta. Qual a teoria epistemológica mais adequada para explicar a relação sujeito-objeto na teoria quântica?
3. *Problema da realidade objetiva*: Qual o atual status da ontologia diante do desenvolvimento da teoria quântica? Um fenômeno quântico existe de maneira independente? Existem orbitais atômicos “vazios”? As relações de simetria indicam uma ordenação própria da natureza?

O princípio de complementaridade de Bohr (que decorre do princípio de incerteza de Heisenberg) contém a essência da interpretação epistemológica da teoria quântica que norteou as investigações da escola de Copenhague, as quais buscaram dar conta da concordância objetiva do conhecimento científico que se mostra particularmente evasivo a determinações conceituais caríssimas ao entendimento humano, como causalidade e não-contradição. Porém, ainda que entre as interlocuções com a filosofia por parte dos dois físicos haja uma notável confluência, Heisenberg parece mais disposto a fundamentar uma teoria do conhecimento com base na teoria quântica do que Bohr, ainda que este último tenha visto aplicações do princípio de complementaridade em várias áreas do conhecimento, como biologia e psicologia. Heisenberg se compromete com uma teoria da *realidade objetiva*, enquanto Bohr parece mais preocupado em estabelecer um princípio interpretativo (complementaridade) que permita a concordância intersubjetiva entre os colaboradores da teoria, ou seja, com uma teoria da *objetividade conceitual*. Desse modo, se Bohr está mais preocupado em responder à primeira questão acima em detrimento das outras duas, Heisenberg parece erigir tanto uma teoria da conceituação ou da linguagem científica quanto uma teoria do conhecimento que não envolva mais a admissão de princípios epistemológicos rígidos ou “fixos”.

Contudo, devemos nos perguntar ainda se a epistemologia pós teoria quântica foi mesmo capaz de fornecer substitutos à altura das teorias do conhecimento clássicas, ou ao menos indicar de maneira definitiva a sua invalidade. Existe uma forte tendência a tomar o papel indissociável do sujeito que observa e a coisa observada presente na física quântica como um indicativo de que talvez o *idealismo* (seja transcendental, seja empírico) possa ser uma posição epistemológica adequada para responder à segunda questão exposta acima; contudo, é preciso perceber que existe uma diferença, para os físicos, entre *descrever* o fenômeno quântico, isto é,

tornar o experimento comunicável em uma comunidade de seres que compartilham de uma mesma linguagem, e *experimentar* esse mesmo fenômeno, isto é, ainda que o fenômeno dependa do aparelho de medida para que seja “percebido”, não haveria aí nenhuma dependência desse fenômeno em relação ao sujeito no que diz respeito à sua existência. Desse modo, a objetividade da linguagem matemática garantiria a total independência do fenômeno em relação ao sujeito, ainda que no âmbito descritivo do experimento. O problema da realidade objetiva é, portanto, o tema central de onde surgem as questões epistemológicas da teoria quântica, e para qual tem se voltado boa parte dos pesquisadores que estudam o surgimento de problemas filosóficos no seio da teoria quântica. Desse modo, Patrick Heelan (1965) afirma:

A mecânica quântica levantou de forma aguda três problemas aos quais vão no coração da relação entre o homem e a natureza por meio da ciência experimental: (1) a **objetividade pública da ciência**, isto é, seu valor como ciência universal para todos os investigadores; (2) a **objetividade empírica de objetos científicos**, isto é, a habilidade do homem para construir um modelo espaço-temporal preciso ou causal de sistemas microscópicos; e finalmente (3), a **objetividade formal da ciência**, isto é, seu valor como uma expressão do que a natureza é independente de ser um objeto de conhecimento humano. Esses são três aspectos do que é geralmente chamado “**a crise da objetividade**” ou “a crise do realismo” na física moderna. (HEELAN, P. 1965 p. IX. Tradução minha. Ênfase minha.)

Assim, os princípios de complementaridade e incerteza constituem a chave teórica do modo como Bohr e Heisenberg lidaram com o choque entre os novos e os clássicos paradigmas, de modo que a complementaridade pode lidar com a questão que acima determinamos como comunicacional, e o princípio de incerteza, que insere um conteúdo puramente subjetivo na descrição dos fenômenos quânticos, é o ponto de partida para novas concepções epistemológicas que lidam com a parte epistêmica e ontológica da nova física. É de se pensar, como vimos acima, até que ponto a tentativa desses físicos corresponde a uma derrocada total da epistemologia tradicional e até que ponto ela fornece uma teoria completa capaz de substituir e explicar a possibilidade do conhecimento científico com a mesma potência com que se podia fazer sob a perspectiva determinista da ciência. Contudo, tentativas de retomada do tratamento tradicional do conhecimento científico deverão sempre enfrentar a consequência incontornável do novo fato científico, isto é, um novo conjunto de fenômenos da experiência antes inalcançados, os quais obrigam que a epistemologia se refaça a fim de dar conta desse novo terreno na experiência.

3.3. O problema da realidade objetiva: ontologia e teoria quântica

O problema da realidade objetiva, em linhas gerais, pode ser entendido como o âmbito das questões ontológicas ligadas à teoria quântica, como por exemplo, a pertença dos atributos

às entidades quânticas inobservadas. A resposta positiva ou negativa a essa questão indica a posição epistemológica adotada pelo intérprete em relação à existência independente das entidades quânticas. Nesse sentido, é possível falar em duas vertentes principais: 1) *realista*: os atributos quânticos observados experimentalmente continuam pertencendo às entidades quânticas em situações não-experimentais, isto é, independentemente de encontrarem-se ou não em um contexto experimental. 2) *antirrealista*: não é possível falar na existência de atributos quânticos inobservados, isto é, o contexto experimental determina o modo de manifestação do atributo quântico, de modo que a descrição desse atributo está condicionada à descrição do aparato experimental escolhido. Questões como essa estão ligadas à ausência de uma “visão de mundo” completa, tal qual era possível a partir da mecânica clássica, como por exemplo a ideia mecanicista de que o mundo é regido por regras bem estabelecidas, onde as diferentes partes do mecanismo corroborariam para a finalidade do todo. Por consequência, a epistemologia teve que passar a lidar com novas perspectivas acerca da própria justificação do conhecimento objetivo e da relação fundamental entre enunciado científico e objeto ou dado empírico. Nesse ínterim, as discussões que se passaram entre os filósofos de inclinações realistas e os empiristas lógicos concomitantemente ao desenvolvimento da teoria quântica são um dado histórico importante para o entendimento do modo como os eventos científicos foram levados em consideração ao se optar por uma posição epistemológica específica.

Segundo a escola realista, a descrição dos eventos quânticos versa acerca de entidades reais às quais essa descrição se refere. Basta que observemos, por exemplo, as aplicações práticas da teoria quântica nos diversos âmbitos do conhecimento e da vida prática do homem, para nos convenceremos, segundo essa posição, de que existe um mundo quântico independente do aparato cognitivo, conceitual e experimental do homem. Esse é, como vimos, um dos aspectos da leitura de W. Heisenberg⁷³ que o afastam de Bohr e que colocam em xeque a possibilidade de se falar em uma “interpretação de Copenhague”, dada essa divergência interpretativa. De modo semelhante, mas com argumentos diferentes, Karl Popper defendeu o realismo em mecânica quântica apontando um suposto equívoco na interpretação do caráter eminentemente estatístico da teoria e a uma intromissão inadvertida do subjetivismo, fazendo retornar questões antiquadas desnecessárias sobre a relação clássica entre sujeito e objeto no conhecimento. Assim, esse caráter estatístico seria revelador não de uma limitação relacionada

⁷³ Ainda que, como se sabe, o físico adote posições diferentes em diferentes textos, que dão a entender também que Heisenberg tenha adotado uma posição antirrealista com relação aos atributos quânticos inobservados. Note, por exemplo o que ele diz em *A parte e o todo* (pg. 24) sobre o caráter desprezível do papel do observador diante do caráter objetivo da teoria em suas aplicações.

à cognição humana, mas a uma característica objetiva dos eventos quânticos, isto é, pertencente à própria natureza daqueles eventos.

A questão, portanto, não seria acerca da existência independente ou não dos atributos quânticos em relação à cognição humana, mas da impossibilidade de tratar o problema a partir de conceitos epistemológicos clássicos, ainda que, na descrição dos eventos, os conceitos físicos clássicos sejam imprescindíveis (posição, momento etc.). De qualquer modo, os intérpretes de inclinações realistas não estão dispostos a aceitar que a teoria quântica não verse acerca de uma “realidade profunda” ou que não se possa falar de um “objeto quântico” propriamente dito que exista de maneira independente, tal como assevera a interpretação de Copenhague. Contudo, é preciso ter bastante cuidado ao rotular determinadas escolas e filósofos como “realistas”, haja vista seus projetos envolverem diferentes fases e posicionamentos que se alteraram com o decorrer de suas carreiras, de modo que, por uma questão de prudência, é preciso analisar com mais cuidado o posicionamento das escolas.

Richard Healey (1989) se mostrou insatisfeito com a “interpretação de Copenhague”. Segundo o filósofo da ciência, existiriam pelo menos duas versões daquilo que ele chama de “a visão ortodoxa da mecânica quântica” que teria sido estabelecida por Bohr e que comporia uma visão antirrealista da mecânica quântica, a qual ele se opõe: 1) versão fraca da interpretação: baseada no postulado de projeção, um princípio controverso o qual pretende especificar como o estado quântico de um sistema muda como o resultado da medida de uma variável dinâmica nesse sistema (ibid. pg. 11), isto é, o ato de medir altera o estado quântico do sistema. 2) versão forte: nós não podemos aplicar a mecânica quântica a uma interação de medida individual como um todo, mas no máximo a um conjunto de interações similares. Nesse sentido, a mecânica quântica não deve ser tomada como descrição da realidade microscópica, mas apenas nossas observações intersubjetivamente comunicáveis dela, donde derivaria uma visão pragmática da prática científica. Nessa visão, a mecânica quântica não teria nada a dizer sobre um mundo no qual nenhuma observação tem lugar e dependendo do que exatamente é tomado como requisito para uma observação, “pode ser que não haja nada para dizer sobre nosso mundo antes que haja entidades tais quais humanos capazes de observá-lo” (ibid. pg. 18). Richard Healey apresenta convicções contrárias à visão antirrealista da escola de Copenhague ao afirmar que “é um objetivo primário da ciência explicar fenômenos no mundo natural; nossas observações só são interessantes até onde elas nos dão acesso a alguns desses fenômenos” e que, portanto, há critérios objetivos para avaliar a adequação de uma explicação científica os quais não tem nada a ver com uma preferência psicológica por “modelos mentais figuráveis”.

Nesse sentido, a descrição de um resultado experimental seria a descrição de um atributo pertencente objetivamente a uma entidade quântica, não meramente como um atributo intersubjetivamente comunicável, mas como a explicação de um fenômeno natural.

Assim, uma primeira aproximação realista da teoria quântica asseveraria que entidades quânticas como elétrons, prótons e átomos são objetos comuns, no sentido de que pertencem objetivamente ao “mundo real”, quer sob observação ou não. Disso se segue que as situações experimentais estranhas ao nosso modo corriqueiro de enxergar o mundo indicariam a possibilidade de que um refinamento futuro de nossas experiências seria capaz de nos apresentar novas experiências que superariam aquelas dificuldades (como a pergunta acerca da natureza intrínseca do elétron) e que completariam a teoria definitivamente, correspondendo assim com as nossas demandas cognitivas clássicas. Note que essa posição em relação aos eventos quânticos vem das definições epistemológicas clássicas de realismo e que compõe aquilo que alguns estudiosos chamam de *realismo científico* em suas diferentes matizes⁷⁴: as teorias e conceitos científicos servem para explicar uma realidade física subjacente e transcendente aos conceitos, de modo que os termos teóricos nela contidos podem não se referir a entidades físicas diretamente observáveis, sem que isso signifique a ausência de um referente real na experiência. O grande problema do realismo científico diante da mecânica quântica está na falta de adequação ou de aplicabilidade de regras e demandas clássicas para uma descrição “completa” do evento quântico.

Se, de fato, ao descrever o fenômeno quântico estamos dando uma descrição de um atributo objetivo da entidade quântica, por que esse atributo se apresenta de maneira diferente em diferentes experimentos? Deveria se esperar de uma característica objetiva, que ela se apresentasse igualmente de maneira independente do aparato experimental forjado para sua observação. Além disso, o que explicaria a impossibilidade de previsibilidade, ou de uma descrição causal dos eventos quânticos, dado que essas demandas são possíveis em se tratando de qualidades objetivas de entidades corriqueiras?

Uma saída possível às contraposições ao posicionamento realista em mecânica quântica, além de apelar para a sua aplicabilidade prática, seria uma separação das demandas deterministas tradicionais da tese de que os atributos pertencem aos objetos quânticos inobservados. Nesse sentido, afirmar a impossibilidade de previsibilidade ou de uma descrição causal em nada afetaria a afirmação da existência independente dos atributos quânticos

⁷⁴ Veja, por exemplo, Leplin, J. (org) (1984). Para mais detalhes, consultar a bibliografia.

inobservados. Ainda assim, a dificuldade acerca da reprodutibilidade dos experimentos permanece um problema com o qual os realistas têm que lidar e que constitui o principal argumento a favor de uma tese antirrealista com relação aos eventos quânticos. De qualquer modo, o debate epistemológico acerca do realismo científico no início do século XX lidou com o fato de que a ciência passou a ter relação com uma série de afirmações teóricas acerca de entidades inobserváveis do ponto de vista da experiência corriqueira, e que, além disso, possuía caráter notadamente estatístico. É nesse ponto que a antiga tese realista acerca da verdade do conhecimento objetivo como relacionada à sua adequação empírica, isto é, à sua capacidade de denotar algo no mundo real, ou uma relação de referência direta entre um enunciado e um referente empírico mostrou-se abalada diante do desenvolvimento da nova física, e abriu espaço para outras formulações da posição realista.

3.4. O problema da medida: antirrealismo e idealismo na mecânica quântica

Apresentamos no tópico anterior um dos posicionamentos possíveis acerca da questão da realidade objetiva dos atributos quânticos, qual seja, o posicionamento *realista*. Cabe agora examinar a pertinência do posicionamento contrário, isto é, *antirrealista*, em relação ao problema da objetividade na teoria quântica no aspecto do problema que mais corrobora com tal posicionamento em relação ao conhecimento científico e à situação experimental em teoria quântica: o problema da *medida experimental* e o lugar do idealismo nessa discussão. Destacávamos acima que um dos aspectos mais decisivos acerca da avaliação da objetividade da teoria quântica enquanto ciência bem estabelecida consistiu na ausência de uma das características tida como de grande importância para a validação de sua objetividade: a ausência de uma “visão de mundo” coerente que pudesse ser aceita de maneira coletiva e unânime. Antes do desenvolvimento da mecânica ondulatória de Schrödinger, portanto, é difícil afirmar que a mecânica quântica contasse com uma visão de unidade mais ampla, o que se evidencia sobretudo pela presença de diferentes interpretações do fenômeno quântico as quais não permitiam uma descrição do estado de uma entidade quântica com a precisão demonstrada pela equação de Schrödinger para o elétron de um átomo de hidrogênio.

Se na epistemologia tradicional a dissensão entre diferentes pontos de vista era de caráter meramente teórico, na mecânica quântica, além de teórico, era também de caráter experimental, isto é, a divergência de posicionamentos era também atestada pela presença de diferentes resultados experimentais face a um mesmo fenômeno de observação. Se antes, como dizia Kant, na disputa entre dois pontos de vista teóricos distintos a experiência dá a última

palavra, durante o período de desenvolvimento da mecânica quântica os físicos não puderam contar com esse ponto privilegiado ocasionado pela experiência com relação aos fenômenos macroscópicos. Experimentos de colisão entre partículas, o efeito fotoelétrico e o efeito Compton, por exemplo, atestavam características corpusculares aos elétrons enquanto experimentos de difração e espectroscopia atestavam características ondulatórias. Situações como essas levaram os físicos de Copenhague a tomar o seguinte ponto de vista: os atributos quânticos observados dependem da escolha experimental, a qual determina o modo como o fenômeno quântico se apresentará.

A equação de Schrödinger e a interpretação probabilística da função de onda de Max Born permitiram aos cientistas uma avaliação não-determinante dos eventos quânticos ao descrever uma coleção estatística, ou se quisermos, uma *densidade de probabilidade* (Ψ^2) a qual representaria, por exemplo, a possibilidade de que o elétron se encontre em determinada região do espaço. O assim chamado “colapso da função de onda”, portanto, seria a realização local, ou a efetivação de uma daquelas posições possíveis no espaço a partir da interação da função de onda com o aparato experimental particularmente escolhido pelo investigador. Antes da ocorrência da observação experimental, portanto, o elétron não pode corresponder – devido às implicações das relações de incerteza – com a demanda clássica do estabelecimento de sua posição no espaço, sob pena de aumentar indefinidamente a imprecisão relativa à medida de qualquer outro atributo físico que se deseje conhecer. Ao realizar a medida, no entanto, o elétron aparece numa única posição, isto é, num único local pontualmente localizado. Nesse sentido, a concretização de uma das possibilidades que a função de onda apresentava inicialmente representa a redução da dispersão probabilística nela contida a uma função de onda localizada. Antes do ato de medição, é impossível atribuir ao elétron características pontuais, como momento e posição, portanto, a atribuição de uma realidade objetiva independente a essas características se apresenta diante de dificuldades teóricas difíceis de contornar. É nesse ponto que posicionamentos antirrealistas como o idealismo passam a fazer sentido aos epistemólogos e físicos, ainda que em minoria com relação a posições realistas em relação ao conhecimento científico no âmbito da mecânica quântica. Isso porque, como vimos, não é necessário, segundo alguns como Popper, atribuir ao caráter probabilístico uma limitação relacionada ao sujeito observador, ou ainda, que os atributos inobservados estariam em um estado de superposição onde todas as possibilidades se apresentariam ao mesmo tempo, tornando-se pontuais no ato de

medição⁷⁵. Contudo, parece difícil contornar a ideia de que é por meio do nosso aparato cognitivo que temos acesso ao mundo, o que não implica necessariamente na afirmação de que a existência efetiva dos fenômenos que o compõem dependa de nossa cognição para que possuam realidade objetiva. De qualquer modo, esse parece ter sido um dos principais pontos que fizeram alguns estudiosos da teoria quântica atribuir à escola de Copenhague a alcunha de alguma espécie de tendência idealista, ainda que tal atribuição seja objeto de controvérsias e dissensões.

No tópico 3.2 apresentamos diversas razões para afirmar a necessidade de alguma reserva na atribuição possível de qualquer posição epistemológica clássica à assim chamada “interpretação de Copenhague”. Naquela ocasião, apresentamos evidências textuais que mostram que tanto Bohr quanto Heisenberg eram reticentes em endossar até mesmo o modo de tratamento dos problemas epistemológicos da teoria quântica em termos clássicos. Contudo, algumas passagens mostram que a noção de realidade e sua relação com a cognição humana aparentemente guardam algum parentesco com posições idealistas. Diante dessas dificuldades, alguns leitores preferem falar em uma “interpretação da complementaridade” ao invés de uma “interpretação de Copenhague”, haja vista haver discordâncias teóricas entre os próprios físicos que compunham a escola. Porém, um fator em comum permite aos leitores uma visão de conjunto comum a ambos: a solução tanto ao problema da *medida experimental* quanto da *objetividade conceitual* passam pelo princípio de complementaridade e têm estreita relação com a necessidade de descrição dos eventos a partir de termos clássicos; a exceção se dá com relação ao problema da *realidade objetiva*, onde, como vimos, Heisenberg parece adotar algum tipo de “multirrealismo” (texto de 1942) que não está presente nos textos de Bohr. Contudo, ainda com relação a Bohr, alguns intérpretes enxergaram alguma nuance de realismo na filosofia do físico, em contraposição a outros que atribuem a Bohr tendências idealistas até mesmo de cunho kantiano.

O ponto de partida de Bohr, contrariamente a Einstein e físicos de tendência neorrealista, está na aceitação de que a física quântica só permite uma descrição indeterminista dos fenômenos microfísicos, de modo que nenhuma experiência futura ou refinamento instrumental, como queriam os teóricos que aceitavam a existência de variáveis ocultas, será capaz de corresponder de alguma maneira com as demandas deterministas clássicas. A partir

⁷⁵ Em *A teoria dos quanta e o cisma na física*, Popper defende treze teses (1956, pgs. 63-96) sobre a possibilidade de uma interpretação realista da mecânica quântica.

disso, Bohr entendeu que uma descrição inambigua dos eventos quânticos a partir da predicação de suas propriedades só pode ser feita com a precondição arbitrária de que os meios de observação e os observados são ou se dão de maneira separada ou independente. Isso não significa, como intentamos mostrar, um retorno a posições clássicas envolvendo a dependência do fenômeno observado com relação ao observador, mas somente diz respeito às *condições lógicas* para a inambiguidade na descrição dos eventos quânticos, expressada no princípio de complementaridade. A grande limitação a uma aproximação kantiana de Bohr, portanto, está na impossibilidade de uma descrição ao mesmo tempo causal e espaço-temporal atestada pelo princípio de incerteza, a qual fere o cerne do esquema kantiano de descrição dos fenômenos. De maneira análoga, Bohr asseverava a necessidade da renúncia por uma “demanda costumeira por visualização” ou figuração dos eventos quânticos a partir de imagens do “objeto” ou dos processos quânticos em questão, ainda que isso não significasse um abandono total dessa demanda, haja vista serem as imagens e representações pictóricas os meios através dos quais é tornada possível uma interpretação dos fenômenos experimentais. Era necessário, para o físico, que elas fossem entendidas como abstrações ideais, no sentido de que elas não representariam uma realidade profunda ou “em si mesma” dos objetos. Associada a essa dificuldade na renúncia de representações imagéticas advindas de demandas clássicas, Bohr entendeu a indispensabilidade de noções como causalidade, espaço e tempo para uma descrição bem definida das propriedades físicas dos experimentos, mesmo diante das dificuldades apresentadas acima. Coloca-se assim um impasse que dificulta uma apreciação precisa do posicionamento de Bohr, como destacam Folse e Faye:” apesar da própria concepção de Bohr de sua filosofia não ter sido algo que pudesse ser expressado em termos de categorias da filosofia tradicional de realismo e idealismo, a sua filosofia é pertinente a esses debates.” (1994, pg. XIX. Tradução minha). Assim, alguns leitores como Folse, Favrholt e e Krips veem em Bohr um posicionamento *realista*, enquanto outros como Faye veem um claro posicionamento *antirrealista*.

David Favrholt viu na necessidade apontada acima (a respeito da necessidade do uso de conceitos clássicos para uma descrição inambigua) que a possibilidade dessa descrição inambigua tanto na física quanto na linguagem ordinária estariam baseadas na separação entre sujeito e objeto. Nesse sentido, segundo Favrholt: “nenhuma descrição inambigua seria possível se não pudéssemos desenhar uma linha de separação entre sujeito e objeto em um sentido em que seja capaz de referir a objetos e nossos arredores sem referência a sua representação subjetiva” (1994, pg. 80. Tradução minha.). Assim, um dos aspectos que

garantiriam a objetividade e descritibilidade inambigua dos fenômenos em física quântica seria a possibilidade de abster-se de uma descrição da cognição envolvida no processo de medida.

Favrholdt afirma ainda que:

[...] a impossibilidade de se falar de coisas sem uma separação nítida entre sujeito e objeto indica que **nem o materialismo nem o idealismo são posições possíveis**: Nós não podemos entender ou aplicar designações de coisas independentemente das noções de tempo e espaço, e não podemos dar vida a princípios lógicos sem aplicá-los em descrições sobre nossa situação de observação. (1994, pg. 95. Tradução minha, ênfase minha.).

Jan Faye, por sua vez, remontando o debate à disputa entre Bohr e Einstein acerca da completude da teoria quântica (sobretudo exposta no famoso artigo EPR), defende uma leitura *antirrealista* para o posicionamento de Bohr em relação à mecânica quântica. O posicionamento *realista* assumiria, segundo o autor, duas teses fundamentais: 1) existe um mundo independente da mente; 2) nossa noção de verdade é um conceito não-epistêmico, ou seja, a verdade de um enunciado ou crença não consiste na nossa capacidade cognitiva de estabelecer se ele é ou não verdadeiro. Desse modo, os realistas assumiriam que o mundo contém um conjunto de regras ou leis pré-estabelecidas para as quais a tarefa do investigador seria a de encontrar o modo correto de descrevê-las. Já os *antirrealistas* assumiriam outras duas teses, sendo a segunda subdividida: 1) a noção de verdade é um conceito epistêmico; 2a) Não há um mundo independente da mente (antirrealistas subjetivos); 2b) Há um mundo independente da mente, isto é, estados de coisas são objetivos (antirrealistas objetivos). Segundo esse último posicionamento, portanto, estados de coisas confeririam verdade a enunciados apenas porque enunciados sobre eles são verificáveis ou demonstráveis, isto é, os antirrealistas objetivos, entre os quais o autor vê o posicionamento de Niels Bohr, assumiriam uma teoria do conhecimento empirista, porém, não-realista (1994 p. 97-98).

O argumento de Faye para defender tal leitura passa pela análise do modo como Bohr se posicionou após o artigo EPR em relação à tese fundamental subjacente aos paradoxos apresentados, qual seja, a de que “enunciados atribuindo propriedades a objetos atômicos são significativos, mesmo quando é empiricamente impossível para nós determinarmos se tal predicação é ou não verdadeira”. A resposta de Bohr, segundo Faye é que “a atribuição de propriedades a objetos atômicos é sem significado se é, em princípio, impossível para nós justificarmos a verdade de tal atribuição.” Daí a necessidade apontada pelo físico de que o formalismo da mecânica quântica tenha que se aplicar a condições experimentais definidas, ou que a atribuição de propriedades a objetos atômicos dependa do contexto experimental em que se encontre o evento quântico observado, e por esse motivo, Bohr seria essencialmente um

antirrealista objetivo. Faye buscou chamar atenção ao fato de que a querela entre Bohr e Einstein dizia respeito à justificabilidade dos enunciados científicos, e não propriamente uma disputa de cunho ontológico acerca da realidade quântica:

A disputa entre realismo-antirrealismo em mecânica quântica não diz respeito a se objetos atômicos são reais ou não, mas a que tipos de enunciados, alegadamente se referindo a tais entidades, podem legitimamente reivindicar ter o status de conteúdo discursivo verdadeiro (1994, pg. 99. Tradução minha, ênfase minha).

A leitura antirrealista objetiva de Faye tem a vantagem de assumir uma postura antirrealista em Bohr sem atribuir a ele alguma tendência ao idealismo clássico, ao passo que mostra uma preservação da noção de estados de coisas objetivos cuja descrição inambigua depende da separação apontada por Favrholt entre sujeito e objeto, de modo que podemos fazer referência ao objeto sem nos referir à nossa representação deles, sem que isso signifique assumir uma postura realista, dado que a noção de verdade para Bohr seria de caráter epistêmico. A diferença fundamental estaria em que a validação dos enunciados dependeria de um contexto experimental definido, ou seja, não estaria relacionada a uma referência desses enunciados a contextos pertencentes aos próprios fenômenos de maneira independente, porém, não haveria uma dependência desses fenômenos com relação ao sujeito como assevera a tese 2a dos realistas. Esse ponto de vista parece mais seguro do que a atribuição de uma postura idealista clássica ao físico, dado que existem diferentes motivos para crer que nem mesmo o próprio Bohr viu o seu ponto de vista segundo categorias caras ao tratamento epistemológico clássico. De maneira semelhante, uma leitura puramente realista da teoria do conhecimento científico de Bohr face à mecânica quântica parece desprovida justificção, haja vista a impossibilidade da independência dos meios de observação na atribuição de propriedades ao objeto atômico. Essa última característica marcante nos leva a crer que as leituras antirrealistas se alinham melhor ao posicionamento epistemológico de Bohr do que as leituras realistas. Tal parece ser também uma leitura adequada quando analisamos alguns textos de W. Heisenberg, ainda que, em algum sentido, seja possível observar também a presença de uma espécie de realismo modificado. É o que se percebe, por exemplo, na seguinte passagem:

Todos os oponentes da interpretação de Copenhague estão de acordo sobre um ponto. Segundo eles, **seria desejável retornar-se ao conceito de realidade da física clássica**, ou para fazermos uso de um termo filosófico mais geral, à *ontologia do materialismo* [...] **isso, todavia, é impossível, ou, pelo menos, não é inteiramente possível, devido à natureza dos fenômenos quânticos** [...] acreditamos que não faça parte, de nossa tarefa, formular nossos votos sobre como os fenômenos atômicos devem ser. Nada podemos fazer além de tentar entendê-los. (Heisenberg. W. 1958 p. 77-78. ênfase minha).

Patrick Heelan explorou o modo como se desenvolveu a leitura de Heisenberg dos problemas epistemológicos da teoria quântica durante toda sua carreira. É certo, segundo Heelan, que entre os primeiros textos de Heisenberg é possível encontrar passagens em que o físico corrobora com a noção bohriana de que propriedades físicas em teoria quântica só existem enquanto observadas, (Heelan, 1965 p. 138). Nesse sentido, é possível identificar entre os primeiros escritos filosóficos do físico uma tendência à aceitação de teses antirrealistas, alguns deles onde Heelan identificou até mesmo posições racionalistas ao modo platônico, onde haveria, segundo o intérprete, uma distinção entre empiricamente real e racionalmente real na definição de realidade adotada pelo físico. No entanto, é possível perceber a partir da análise dos textos iniciais de Heisenberg empreendida por Heelan que Heisenberg não renunciou a uma concepção empirista com relação à realidade, de modo que “um aspecto da conversão filosófica de Heisenberg é corretamente descrito como a descoberta de um significado novo e essencialmente empirista (ou fenomenalista) para a realidade.” O intérprete vê, além de uma clara influência platônica e aristotélica no decorrer do *corpus* filosófico de Heisenberg, a possibilidade de se pensar temas kantianos ligados ao pensamento do físico. Um exemplo estaria na crença na existência de leis universais e necessárias da natureza (ibid. pg. 152), além de que toda a problemática acerca da fundamentação da possibilidade de uma ciência da natureza no pensamento de Heisenberg teria origens seminais kantianas. O primeiro dos aspectos citados ficaria evidente na crença de Heisenberg em uma “equação da matéria” que conteria uma teoria unificada que explicaria a existência de todas as simetrias observadas na natureza, como por exemplo a constância da velocidade da luz; essa teoria unificadora seria capaz de correlacionar a física newtoniana, a ciência do calor e a teoria quântica, as três áreas da física que revelariam algo de substancial na natureza. É nesse ponto que Heelan vê uma semelhança entre o projeto kantiano contido nos MAN e o projeto de Heisenberg em explicar a possibilidade de simetrias observadas na física. De todo modo, é possível perceber que essa atribuição de uma simetria própria à natureza, como é possível observar em todo o texto de 1942, segue tendências à adesão da noção de potência aristotélica. Dito isso, é preciso perceber que também é perfeitamente possível uma leitura antirrealista da filosofia de Heisenberg, como afirma Heelan:

Heisenberg conclui que o verdadeiro objeto da mecânica quântica não é a natureza, mas a “a relação do homem com a natureza”, isto é, **a união sujeito-objeto ocorrendo no ato de observação**. Como consequência, surge **um novo tipo de realidade numenal na qual sujeito e objeto não podem ser separados um do outro**, a qual ele chamou de *dinamis*, *potência* ou *tendência objetiva*.” (Heelan, P. 1965 p. 153. Ênfase minha. Tradução minha.)

Notemos que essa relação entre sujeito e objeto descrita na citação acima em nada compartilha de uma visão idealista do conhecimento. A problemática do conhecimento, tanto para Bohr (como vimos a partir da leitura de Faye), quanto para Heisenberg (como afirmou Heelan), diz respeito ao *nosso conhecimento dos fatos* e não aos fatos eles mesmos. Assim, por exemplo, ao tratar do papel da função de onda na descrição das propriedades de um experimento em teoria quântica, Heisenberg afirmou que “essa função de probabilidade representa a mistura de duas coisas, em parte um fato, e em parte o nosso conhecimento desse fato.” (1958 p. 20). O primeiro aspecto estaria relacionado a um fato uma vez que essa função retornaria um valor unitário, ou seja, assertivo, acerca do evento, por exemplo, a posição e a velocidade iniciais de um elétron em uma câmara de Wilson. O segundo aspecto diria respeito ao nosso conhecimento sobre esse evento, pois estaria relacionado à precisão da medida experimental que poderia variar de um pesquisador para outro, ou seja, atestaria uma característica subjetiva relacionada às limitações do nosso conhecimento do evento. Outro aspecto importante ligado à limitação do nosso modo de conhecer está em que “o conceito de função de probabilidade não permite uma descrição do que ocorra entre duas observações consecutivas.” (ibid. pg.24), isto é, não existe outro meio de descrever as propriedades de um evento quântico que não esteja relacionado a uma observação experimental restrita.

Contudo, essa dependência do arranjo experimental não pareceu a Heisenberg indicar nenhuma dependência do próprio investigador, assim como para Bohr a separação entre sujeito e objeto requeria já no âmbito da física clássica atestaria o caráter objetivo das observações, ainda que não dos atributos descritos. Nesse sentido, Heisenberg afirmou que as incertezas associadas ao processo de medida “podem ser rotuladas de objetivas, dentro dos limites em que elas possam ser consideradas como uma simples consequência da descrição em termos da física clássica e pelo fato de independem do observador.” Mais uma vez, não há, assim, a necessidade de uma referência ao investigador na descrição dos eventos quânticos, de modo que “elas podem ser consideradas como subjetivas, dentro dos limites em que se refiram ao nosso conhecimento incompleto do mundo” (ibid, ibid.), e não de uma possível dependência do próprio objeto ou evento quântico propriamente dito em relação ao sujeito cognoscente. Por outro lado, Heelan e inúmeros outros intérpretes parecem estar corretos ao afirmar a possibilidade de uma aproximação transcendental à escola de Copenhague, quando nos atentamos a passagens como a seguinte:

Nossa situação concreta, o trabalho de pesquisa em física atômica, é usualmente o seguinte: desejamos entender um certo fenômeno, queremos reconhecer como esse fenômeno decorre das leis gerais da Natureza. Portanto, aquela parte de matéria, ou

de radiação, que toma parte no fenômeno, é o “objeto” natural no tratamento teórico e **deveria ser separado**, nesse respeito, **dos instrumentos utilizados no estudo do fenômeno**. Isso de novo realça o **elemento subjetivo na descrição dos eventos atômicos, pois o instrumento de medida foi construído pelo observador, e temos que nos lembrar que aquilo que observamos não é a Natureza em si, mas, sim, a Natureza exposta ao nosso método de questionar**. (Heisenberg, W. 1958 p. 27. Ênfase minha)

Um dos pontos mais importantes no debate acerca do problema da medida experimental em teoria quântica está, portanto, no lugar da consciência na determinação ou na descrição dos eventos experimentais. Se entre os físicos de Copenhague a questão acerca da modificação do dado experimental pela mente do pesquisador toma um papel secundário, ainda que não haja a admissão de um realismo ao modo clássico, para o físico Eugene Wigner a consciência humana cumpre uma função fundamental na determinação do dado experimental. Alguns intérpretes atribuem a essa posição com relação ao problema da medida uma interpretação mentalista ou subjetivista da teoria quântica derivaria da “interpretação de Princeton”, liderada por von Neumann, que atribuía um papel central para a consciência humana na determinação do fenômeno quântico. Em linhas gerais, esse viés interpretativo aceita que a consciência humana cumpriria um papel determinante para o assim chamado colapso da função de onda, que consiste, como abordamos acima, na redução da coleção probabilística representada na função de onda a uma única possibilidade que se efetivaria na ocasião da medida experimental. O ponto de partida da posição de Wigner, assim como o dos intérpretes de Copenhague, é a relação entre aparato experimental e objeto de observação na física quântica (Wigner, 1967 p. 187), de modo que a medida do estado do objeto se reduziria à medida do estado do próprio aparato, o que implicaria que o processo de medir só se concluiria quando o resultado da cadeia de medidas implicada nesse processo “entra na nossa consciência” (ibid. p. 197). Para o físico, portanto, o papel da consciência teria sido negligenciado pela maioria dos físicos, os quais, acostumados com a capacidade de determinação objetiva da física clássica, não teriam dado a devida atenção ao fato de que o desenvolvimento da teoria quântica teria trazido novamente aos holofotes o papel indispensável da consciência no processo de conhecimento.

Assim, para Wigner, a nossa inaptidão em determinar as propriedades da mente humana seria uma barreira a ser superada para o próprio estabelecimento da “natureza das realidades universais nos tempos presentes”. O ponto de vista adotado por Wigner está ligado à sua concepção de que a realidade da consciência teria um grau de evidência superior ao da realidade material, isto é, “a realidade de minhas percepções, sensações, e consciência é imediata e absoluta. A realidade de qualquer outra coisa consiste na utilidade de pensar em seus termos; essa realidade é relativa, e muda de objeto a objeto, de conceito a conceito” (ibid. p. 199).

Negligenciar o papel da consciência, portanto, é uma atitude que ou deriva de nossa falta de conhecimento acerca desse importante fenômeno ou de uma escolha baseada no preconceito científico com relação aos fenômenos mentais. Para Wigner, contudo, é importante perceber que “quando a província da teoria física foi estendida para abranger fenômenos microscópicos, o conceito de consciência veio à foro novamente: não era possível formular as leis da mecânica quântica em um sentido completamente consistente sem referência à consciência” (Wigner, 1967b, p. 172).

Note, portanto, que Wigner dá um passo a mais na concepção do papel do observador em direção a um ponto de vista idealista do conhecimento em física quântica do que os físicos de Copenhague. Se para Bohr e Heisenberg a descrição do fenômeno quântico podia prescindir de uma referência ao sujeito cognoscente, para Wigner, a consciência é parte integrante do fenômeno quântico diante da cadeia de medidas implicada pelo fato de que a escolha experimental determina a propriedade observada. Nesse sentido, a descrição do evento experimental implica na descrição do aparato de medida, que em última instância é forjado pelo observador que é, portanto, o último elo dessa cadeia. Portanto, segundo o físico húngaro, avanços no conhecimento do papel da consciência no conhecimento implicariam em avanços no nosso próprio conhecimento da matéria e na definição de “realidade”. É preciso ressaltar, contudo, que apesar de ter adotado esse ponto de vista flagrantemente idealista do conhecimento, Wigner não buscou endossar uma teoria da alma em sua relação com o corpo ou com os corpos materiais, mas sim que “a vida e a consciência são fenômenos os quais tem vários efeitos nos eventos ao nosso redor”. (Wigner, 1978 p. 272). De qualquer modo, os textos filosóficos de Wigner são um dos exemplos mais icônicos do posicionamento idealista na mecânica quântica.

Por fim, devemos notar que o posicionamento antirrealista da escolha de Copenhague não implica necessariamente na adesão a um ponto de vista idealista em relação ao conhecimento, o que fica evidente quando o comparamos a um ponto de vista estritamente idealista tal como o de Wigner. Assim, as leituras de Faye e Favrholt parecem se adequar melhor ao posicionamento da escola de Copenhague ao mostrarem haver ali tanto um flagrante posicionamento antirrealista que não implica nem num idealismo nem num realismo ao modo clássico, mas sim, segundo a leitura de Faye, num *antirrealismo objetivo*, e conforme Favrholt, num problema relacionado à verdade de nossas afirmações acerca do fenômeno quântico, e não do fenômeno ele mesmo, tal que nem o posicionamento realista nem o materialista cabem na discussão. Vimos, portanto, que dicotomias como idealismo-realismo, materialismo-

racionalismo, e em última instância, a análise do conhecimento a partir da concepção dual sujeito-objeto fizeram parte da discussão dos físicos e foram centrais no tratamento do problema da objetividade, mas foram tomadas com bastante reservas pelos intérpretes de Copenhague.

3.5. O problema da comunicabilidade: aspectos pragmáticos do problema da objetividade na teoria quântica

Buscamos caracterizar nos dois tópicos anteriores dois aspectos do problema geral da objetividade na teoria quântica que dizem respeito a questões de ordem ontológica e epistêmica, isto é, que se referem aos atributos e propriedades das entidades quânticas inobservadas e a relação entre conhecimento humano, cognição humana ou ainda consciência humana e objeto de conhecimento. O problema da realidade objetiva e o problema da medida em teoria quântica, portanto, conduziram a um tratamento das questões dali oriundas via recurso a posições epistemológicas caras à epistemologia tradicional. Contudo, como buscamos ressaltar em diferentes ocasiões, apesar de que os intérpretes de Copenhague admitissem a necessidade de que os eventos experimentais em teoria quântica tivessem que ser descritos em termos clássicos, isto é, apesar da estranheza característica de certos experimentos a nível microscópico, seus resultados deveriam ser descritos em termos usados tanto na física clássica como na experiência cotidiana, o mesmo não foi admitido em relação ao tratamento clássico a questões epistemológicas (veja, por exemplo, Bohr, 1957 p. 100). Por mais que comentadores como Heelan vissem no Heisenberg tardio, por exemplo, uma influência marcante da filosofia kantiana, é preciso perceber que existem várias passagens nas quais tanto o físico alemão quanto Bohr rejeitam categoricamente posições epistemológicas clássicas, sobretudo sob a alegação de que a nova situação experimental inédita exigiria explicações epistemológicas igualmente inéditas. Assim, a atribuição de posições como realismo, antirrealismo e idealismo é complicada e deve ser feita com reservas, ainda que, em certo sentido, os intérpretes de Copenhague não tenham podido escapar de aderir a elas, como é possível identificar em diferentes momentos. Diante desse impasse, uma saída possível está em entender que tanto o problema da realidade objetiva quanto o problema da medida experimental revelam uma faceta pragmática do problema geral da objetividade na teoria quântica, a saber, a questão do contexto experimental e da comunicabilidade dos resultados entre os diferentes colaboradores. A necessidade de uma descrição inambigua dos experimentos revela, portanto, a impossibilidade de se escapar das próprias condições inerentes à nossa linguagem e comunicação objetiva, necessária para a própria inteligibilidade coletiva dos resultados obtidos:

[...] a explicação do arranjo experimental, e o registro das observações devem ser fornecidos em **linguagem clara**, adequadamente suplementada pela terminologia física técnica. Essa é uma **exigência lógica** evidente, já que **a própria palavra “experimento” refere-se a uma situação em que possamos dizer uns aos outros o que fizemos e o que aprendemos.** (Bohr, N. 1953 p. 91)

Bohr apresenta o princípio de complementaridade como uma alternativa tanto lógica quanto semântica para lidar com os paradoxos experimentais da teoria quântica a fim de alcançar uma descrição inambigua dos resultados experimentais, contudo, o princípio de complementaridade não se restringe aos aspectos formais envolvidos na descrição. O contexto experimental, determinante do modo como as propriedades observadas se apresentam, levava a diferentes resultados, de modo que a questão principal dizia respeito mais a como comunicar aqueles resultados com o fim de compatibilizá-los de maneira coerente, do que elucidar categoricamente a natureza essencial do objeto observado. É nesse sentido que a afirmação de Heisenberg de que em teoria quântica estamos lidando mais com nosso conhecimento sobre o objeto do que com o próprio objeto faz total sentido: ao compatibilizar resultados contrários, o princípio de complementaridade transpõe o problema acerca de uma possível incompletude da teoria quântica que se revelaria na impossibilidade de determinação do fenômeno quântico em conformidade com demandas cognitivas tradicionais e na própria diversidade dos resultados experimentais para uma questão relacionada à comunicabilidade dos resultados experimentais de maneira inambigua, portanto, uma questão que não diz respeito à própria natureza do “objeto” observado. A questão se volta, portanto, para a natureza da justificação e significabilidade de nossas asserções acerca dos resultados experimentais ao invés de uma elucidação do objeto quântico propriamente dito, haja vista essa última intenção limitar-se aos contextos experimentais. Contudo, o fato de que estamos lidando com a justificabilidade e significabilidade do nosso conhecimento acerca dos eventos experimentais e não acerca deles mesmos não é um fato suficiente para validar um tratamento estritamente semântico-formal do problema, devido à inadequação da situação experimental a princípios lógicos e epistemológicos tradicionais, ou seja, relacionados à verdade e à adequação empírica dos enunciados acerca deles. Além disso, o projeto lógico-empirista de fundamentação do conhecimento científico, de cunho realista, falha em sua intenção de estabelecer aquilo que Popper chamou de *critério de demarcação* do conhecimento científico e do que não poderia ser assim considerado, como fica claro na tese carnapiana da dupla linguagem, abrindo assim o caminho para abordagens pragmáticas do conhecimento científico, as quais podem ser úteis para se pensar o problema da objetividade na teoria quântica. Nesse sentido, o papel de destaque dado por Bohr à linguagem ordinária atesta a possibilidade de que o tratamento dos problemas

advindos da situação experimental da teoria quântica possa se dar por via de uma análise da linguagem e dos fatores pragmáticos a ela inerentes, em detrimento de um tratamento puramente ontológico ou epistemológico, os quais levam às dicotomias expostas acima.

O aspecto do contexto experimental e o papel atribuído ao princípio de complementaridade na comunicação dos resultados experimentais são, portanto, fatores que indicam haver elementos pragmáticos na prática científica em teoria quântica. O ponto de vista pragmático da análise do conhecimento científico se volta, portanto, para os critérios e condições para o estabelecimento de um patamar *intersubjetivo* de atribuição da veracidade dos enunciados, em detrimento da assunção de que a fundamentação lógica, as noções correspondenciais baseadas na adequação empírica entre enunciado e referente, bem como as teorias da justificação baseadas em aspectos puramente formais, seriam suficientes para explicar a possibilidade do conhecimento científico em sua totalidade.

Segundo a via aberta pela pragmática linguística desde J. Austin e P. Grice, as teoria pragmatistas com relação ao conhecimento científico buscam pôr em evidência o caráter de concordância coletiva como fator chave para a objetividade e para o funcionamento normal das ciências, o qual não é alcançado a partir de um suposto “lugar privilegiado” dos enunciados científicos na legitimação do conhecimento com relação a enunciados de outro tipo qualquer, mas sim, a partir de fatores convencionais e de regras de ação que possibilitam a prática científica. Nesse sentido, a concepção pragmática convencionalista com relação à verdade do conhecimento científico, por exemplo, entende o conjunto teórico de uma ciência como sistemas estáveis de crenças, o qual alcança tal estabilidade a partir de sua “capacidade de resistir a provas experimentais e a sua concordância interna” (Dutra, L. 2001 p. 63). A crise epistemológica da teoria quântica revelou, acima de qualquer outra revolução na ciência, que o modelo tradicional acerca da verdade do conhecimento baseada no sucesso do programa científico moderno falha necessariamente diante da própria impossibilidade em se falar em um “objeto” no sentido corriqueiro de nossa experiência cotidiana. Por isso, a leitura realista segundo a qual nossos enunciados científicos são uma representação de aspectos pertencentes a uma “lógica interna” da própria natureza, ou ainda reveladores de leis naturais pertencentes ao mundo de maneira objetiva constitui um ponto de vista cultural oriundo do modo como a epistemologia moderna se desenvolveu. Além disso, a própria alteração de paradigmas e a derrocada de enunciados antes tidos como leis, tal como estudado por T. Kuhn, representam uma forte evidência acerca do caráter consensual da vigência daqueles enunciados enquanto regras para o funcionamento da ciência normal. A análise habermasiana da noção de *pretensão*

de validade mostra que, apesar de haver na ciência um conjunto de argumentos que se justificam a partir de inferências lógicas e que cumprem uma função importante para o conhecimento científico, não é por uma via puramente dedutiva que esses argumentos ganham a força de enunciados verdadeiros, mas sim a partir de um conjunto contextual complexo no qual os atos de comunicação estão envolvidos.

Assim, para Habermas “os argumentos substanciais servem para aceitar ou criticar pretensões de validade [...] os argumentos substanciais são elucidações e justificações, conseqüentemente, unidades pragmáticas nas quais se combinam não proposições, mas atos de fala” (Habermas. J. 1978 p. 148). A partir dessa definição, tomando o contexto experimental como um fator fundamental do conhecimento científico na teoria quântica, podemos perceber que o princípio de complementaridade buscou dar conta das condições de comunicabilidade do conhecimento científico como um critério de inambiguidade que pode ser visto como uma condição para a elaboração de enunciados verdadeiros, não num sentido correspondencial ou inferencial, mas num sentido pragmático associado à adesão coletiva à verdade daquele enunciado em uma comunidade específica que contém um programa de pesquisa específico. Nesse sentido, o princípio de complementaridade garantiria as condições para que um enunciado com pretensão de validade seja validado, contudo, essa validação não possui caráter puramente formal, isto é “a veracidade dos proferimentos está situada numa dimensão diferente da veracidade dos enunciados”.

Como vimos, a situação de crise envolvida no desenvolvimento da teoria quântica mostrou que a verdade de um enunciado acerca de uma propriedade quântica, por exemplo, os atributos dinâmicos do elétron, não pode corresponder com a demanda pela verdade lógica dos enunciados, como atestado por qualquer situação experimental paradoxal (p. ex. dualidade onda partícula, ação à distância, momento magnético de spin etc.), por isso, a afirmação de Habermas parece se adequar melhor à situação experimental da teoria quântica porque vai no sentido contrário de uma tentativa de determinação objetiva dos enunciados em direção a uma validação intersubjetiva deles baseada nos aspectos pragmáticos envolvidos na ação de comunicação dos eventos experimentais, aspecto posto em destaque por Bohr. A análise pragmática da situação experimental em teoria quântica revela que os paradoxos só se mantêm caso se pretenda corresponder com as demandas clássicas de validação do conhecimento. Assim, suponhamos que desejamos julgar a veracidade dos enunciados “o elétron é uma partícula” e “o elétron é uma onda”. Sob a perspectiva do experimento de difração de elétrons por Davisson e Germer (1927), o primeiro enunciado é falso e o segundo é verdadeiro, enquanto sob a perspectiva da

trajetória de um elétron em uma câmara de Wilson o primeiro é verdadeiro e o segundo falso. Note que, aqui, a verdade e a falsidade desses enunciados são atribuídas de acordo com a situação experimental particular no qual eles são aplicados, ou seja, a resposta acerca do que o elétron é, é contextual. O paradoxo se coloca a partir do momento em que se reivindica a univocidade da predicação contida no enunciado, ou seja, quando se requer que predicções contrárias não possam se referir a um mesmo referente, isto é, o conteúdo epistêmico expressado pelo princípio do terceiro excluído. Caso substituamos essa demanda lógica pelo princípio de que situações experimentais contrárias, contraditórias ou paradoxais são complementares, isto é, que na descrição dos atributos quânticos os diferentes resultados experimentais se somam para uma descrição mais completa do atributo, o paradoxo é relegado a um segundo plano, qual seja, só se coloca caso aceitemos as demandas da cognição corriqueira.

Note que esse não é um princípio puramente lógico ou um princípio acerca da verdade formal do conhecimento, mas tem um caráter prático, envolvido com a questão da funcionalidade do conhecimento científico em seu caráter normativo, ou seja, ele não serve para dissolver o paradoxo por via lógica – haja vista a contradição lógica se manter independente do princípio de complementaridade – mas por via prática, ao estabelecer um *princípio operacional* que permite que os enunciados envolvidos na descrição dos eventos façam sentido dentro de um programa de pesquisa que tem um itinerário próprio, ou seja, que possibilita o sucesso na reivindicação de veracidade daquele conhecimento na comunidade e no contexto experimental envolvido. Assim, a incontornável necessidade de que a descrição dos eventos experimentais seja feita a partir de conceitos clássicos só se livra das implicações lógicas e epistemológicas ali contidas se a verdade dos enunciados denotados na descrição não depender de sua adequação com a experiência, mas da adequação com um princípio pertencente a um programa de pesquisa que afirma que “*somente a totalidade dos fenômenos esgota as informações possíveis sobre objetos*”. O fato de diferentes arranjos experimentais levarem a diferentes resultados está em desacordo com a demanda determinista pela univocidade das definições, mas passa a fazer parte da prática normal da teoria quântica a partir da aceitação do princípio de complementaridade. A resposta de Bohr a EPR não é experimental ou teórica, tal como o teorema de Bell, mas é, por outro lado, de caráter prático e diz respeito a uma mudança de perspectiva em relação ao conhecimento e não à possibilidade de refinamento de uma teoria incompleta. Pelo contrário, Bohr acreditava na completude da teoria quântica mesmo diante de seu caráter eminentemente estatístico, sobretudo diante das aplicações da teoria em áreas

importantes do saber humano, tais como a química e a biologia. O argumento da aplicabilidade prática da teoria quântica, portanto, é de central importância para a defesa de sua completude a partir da observação de seus resultados naquelas ciências. Aqui, mais uma vez, o argumento não vai em direção de uma reivindicação da completude formal da teoria, mas da eficiência de sua aplicação, portanto, do uso prático que a teoria recebe nas diferentes áreas em que é aplicada.

A dicotomia realismo-antirrealismo se origina, portanto, da demanda tradicional de um isomorfismo entre enunciado e dado experimental para a atribuição de validade objetiva ao conhecimento. Estando a veracidade em uma dimensão diferente da verdade de um enunciado, segundo a proposta de Habermas, a noção de realidade não pode ser pensada como algo separado de um “enunciado verdadeiro” (1971 p. 124), isto é, a atribuição de veracidade é um fator fundamental na definição de realidade, e não a comparação do enunciado com uma realidade independente dele a partir da qual se verifica a sua adequação isomórfica. Esse ponto de vista ilustra bem a condição de veracidade de um enunciado tomada a partir da dependência do contexto experimental em teoria quântica: se o aparato de medida forja o modo como a propriedade se apresenta, a veracidade da descrição dessa propriedade não pode ser pensada a partir de uma separação entre os enunciados contidos na descrição e o objeto sobre o qual eles versam, mas o enunciado mesmo já é parte da própria definição do objeto, uma vez que a descrição do próprio aparato de medida entra na descrição da propriedade de maneira completa, isto é, compõe a propriedade experimental. A veracidade dos enunciados se dá não porque eles se adequam à situação experimental específica, mas porque *compõem* a própria situação experimental, e daí o caráter contextual intrínseco na descrição inambigua das propriedades experimentais.

Caso os enunciados sejam pensados como entidades separadas dos eventos experimentais, a variação na resposta experimental implica na variação da veracidade dos enunciados, implicando necessariamente nas ambiguidades contidas na assimetria entre demanda clássica e resultado experimental não clássico. Assim, aceitação dessa verificação contextual dos enunciados tem como condição a assunção de condições operacionais de origem prática, necessárias para o funcionamento normal da ciência diante daquelas situações experimentais “adversas”. Essas condições dão o conjunto mínimo de assunções necessárias ao bom funcionamento da ciência, no sentido de permitir que se avance na pesquisa teórica e experimental de maneira racionalmente coerente, isto é, publicamente aceita. Um exemplo claro de uma dessas condições é representado na interpretação probabilística da função de onda e,

como dissemos, no princípio de complementaridade, bem como nas condições experimentais previamente estabelecidas. O exemplo didático da partícula na caixa mostra que, se não existe o consenso de que a função de onda independente do tempo se aplica a uma região circunscrita do espaço, é impossível derivar dali uma solução finita para a função de onda, ou seja, não só a física quântica, mas a ciência de um modo geral, está repleta de exemplos da necessidade dessas assunções consensuais com fins práticos. Um dos núcleos centrais da tese que pretendemos defender a partir da presente investigação consiste em mostrar que esse caráter pragmático da teoria quântica é particularmente evidenciado em sua aplicação na química, ponto o qual abordaremos mais adiante.

De qualquer modo, o que fica evidente do estudo que erigimos no presente tópico é que a assunção de determinadas posições epistemológicas acerca do problema da objetividade na teoria quântica passa por uma teoria da verdade, da justificação e da referência dos nossos enunciados com relação à descrição dos resultados experimentais, e que, diante da inadequação da situação experimental a demandas cognitivas clássicas, tal como a necessidade de uma descrição em termos clássicos caso se pretenda que ela seja inambigua, uma saída possível a esse problema consiste no abandono de programas de fundamentação do conhecimento científico de caráter estritamente formal, os quais hipostasiam uma diferença qualitativa entre enunciados científicos e não-científicos que leva a problemas incontornáveis e que ofuscam a dimensão pragmática do conhecimento científico.

Por fim, esse ponto de vista pragmático não pretende excluir das condições de normatividade da ciência os critérios semânticos de veracidade dos enunciados, isto é, em determinada dimensão do nosso processo de atribuição de veracidade, a correção lógica, a correspondência com as regras gramaticais e a nomologia das linguagens cumprem um papel fundamental para aquele processo, contudo, elas não devem, sob essa perspectiva, ser encaradas como suficientes para o erigir daquela fundamentação. Nesse sentido, repensar a constituição de uma semântica adequada ao tratamento dos problemas epistemológicos da teoria quântica é uma questão central para a presente pesquisa, haja vista o estabelecimento de uma semântica puramente formal ter já se mostrado uma estratégia falha no tratamento dessas questões, ou seja, a crença na possibilidade de uma fundamentação puramente formal do conhecimento científico face à teoria quântica é já de início uma estratégia improfícua devido ao déficit conceitual representado na própria dificuldade em se definir a noção de objeto, tornando assim inviáveis teorias semânticas baseadas em uma noção de adequação empírica ou em uma teoria correspondencial da verdade dos enunciados.

Conclusão da parte I

A parte I da presente investigação buscou apresentar a teoria do conhecimento científico de Kant como uma teoria geral do conhecimento objetivo, primeiramente mostrando como essa teoria foi capaz de oferecer uma fundamentação que desse conta das condições de possibilidade ou de justificabilidade dos diferentes conhecimentos tidos por Kant como genuinamente científicos, bem como apresentar as condições para a cientificidade daqueles que ainda não alcançaram. Posteriormente, e com vistas a alcançar o problema central dessa investigação, buscamos explorar as limitações dessa teoria do conhecimento científico diante do desenvolvimento das ciências, sobretudo da teoria quântica, haja vista as diversas implicações que seu desenvolvimento aportou para as teorias do conhecimento científico modernas. O principal resultado da Parte I foi então: 1) existe uma teoria do conhecimento objetivo apresentada na KrV, a qual pode ser mapeada como um projeto pertencente ao *corpus kantiano* como um todo; 2) Essa teoria deve lidar com as implicações epistemológicas do desenvolvimento das ciências às quais se voltou, sobretudo da teoria quântica, haja vista as limitações impostas pela nova física tanto à física newtoniana quanto à teoria do conhecimento objetivo de Kant. 3) É possível que ela seja aplicada a determinados problemas daí oriundos, haja vista o próprio itinerário de atualização da filosofia transcendental diante do desenvolvimento da teoria quântica ter mostrado que tal possibilidade se torna viável sob diferentes tipos de abordagens.

O capítulo 1 voltou-se para a elucidação do modo como Kant encarou o sucesso de algumas áreas do saber humano em detrimento de outras, e como ele respondeu a uma das principais perguntas que caracteriza a estrutura argumentativa desses saberes: como são possíveis *juízos sintéticos a priori*? Expus como essa resposta envolveu uma estreita relação entre a teoria do conhecimento de Kant e a geometria euclidiana, o cálculo diferencial, a física newtoniana e a química. Desse modo, ao mesmo tempo que o filósofo pretendia apresentar as condições de objetividade do conhecimento apresentados nesses diferentes domínios do saber humano, pretendia também mostrar que essas condições estão intimamente ligadas ao modo constitutivo das faculdades humanas, ou seja, a epistemologia kantiana se apresentou ao mesmo tempo como um sistema formal do conhecimento objetivo e como uma teoria das faculdades humanas envolvidas no processo de determinação conceitual do mundo, o que se evidencia no papel que a cognição cumpre para o conhecimento como um todo, pelos procedimentos de construção na intuição pura, síntese em geral e esquematismo. Apresentamos a teoria do conhecimento de Kant, portanto, como uma teoria do conhecimento científico, uma vez que

este serviu de modelo tanto teórico como metodológico para a elaboração de sua teoria do conhecimento objetivo e que a busca pela fundamentação filosófica do conhecimento científico é idêntica à sua busca pela fundamentação dos princípios da cognição humana.

Justamente a respeito desse último aspecto da teoria é que surgiram algumas interpretações que levaram alguns dos principais filósofos que se seguiram a Kant a avaliá-la como no mínimo errônea, quando não totalmente inválida: a postura idealista de Kant derivaria de seu tratamento supostamente psicológico do problema do conhecimento, de modo que a nova situação das ciências e da própria epistemologia, enquanto filosofia da linguagem, teriam dado a ocasião para o abandono de todas as teorias do conhecimento tradicionais, incluindo a de Kant. Esse foi um dos temas principais do capítulo 2. As principais críticas dos empiristas lógicos consistiram no modo como Kant entendeu e apresentou a sua teoria dos juízos, sobretudo a divisão entre juízos analíticos e sintéticos *a priori*, a qual pareceu aos filósofos do “círculo de Vienna”, como tendo sido estabelecida a partir do paradigma científico da época de Kant, o que implicaria que o desenvolvimento das ciências e da filosofia da linguagem posteriores, como dissemos no parágrafo acima, implicariam na derrocada da teoria do conhecimento objetivo do filósofo. Contudo, como procuramos mostrar a partir do trabalho de Karl Popper, a assim chamada “filosofia analítica” estaria longe de ser estabelecida como um domínio definitivamente fundamentado. Isto em grande parte porque o projeto dos empiristas lógicos (sobretudo Carnap) de reduzir os problemas de fundamentação da ciência e da teoria do conhecimento à lógica fracassou, além do que o surgimento de novos domínios de investigação em filosofia da linguagem que exploram aspectos não-formais do conhecimento e da linguagem, como o pragmatismo linguístico, mostrou que existem outros domínios que não o meramente lógico-formal os quais cumprem funções tão importantes quanto as leis da lógica para a verificação, justificação e, em última instância, comunicação dos conhecimentos, seja científicos, seja da linguagem ordinária, os quais devem ser levados em consideração ao se pensar na filosofia da linguagem de maneira geral.

Nesse sentido, o capítulo 2 explorou as limitações da teoria do conhecimento científico de Kant diante do desenvolvimento da ciência posterior, onde pudemos entender que as implicações epistemológicas derivadas do desenvolvimento da teoria quântica impuseram limitações tanto à aplicação da física newtoniana aos fenômenos de ordem microscópica quanto à epistemologia moderna, sobretudo kantiana, em relação aos seus principais princípios explicativos da possibilidade de conhecimento objetivo. Contudo, esse desenvolvimento esteve longe de estar isento de dissensões teóricas e experimentais que resultaram na necessidade

incontornável de se repensar problemas e posições teóricas caras ao domínio clássico da epistemologia, de modo que toda uma tradição de filósofos da ciência e epistemólogos, expostos, por exemplo, no trabalho da professora Patrícia Kauark-Leite (2012), propuseram-se a pensar alternativas de aplicação da filosofia transcendental àqueles problemas, seja de maneira mais ortodoxa, seja a partir de propostas de atualização não-ortodoxas que se mostraram altamente profícuas. Assim, a crise epistemológica da teoria quântica deu ensejo ao retorno de tratamentos clássicos ao problema da objetividade. Porém, é preciso ter cautela ao se pensar essa possibilidade de retorno, haja vista o desenvolvimento de geometrias não-euclidianas, da possibilidade de fundamentação do cálculo sem as noções de espaço-tempo, da teoria da relatividade e da própria teoria quântica, como buscamos enfatizar⁷⁶.

O capítulo 3 buscou mostrar que a dificuldade em se atribuir aos físicos da época qualquer posição epistemológica clássica dá a indicação da possibilidade de uma saída pragmática como alternativa a qualquer escolha de posições clássicas. De um lado, alguns intérpretes viram a possibilidade de se atribuir à escola de Copenhague uma postura realista em relação ao conhecimento científico, baseados em evidências textuais que mostram a presença de tal posicionamento em diferentes momentos; por outro lado, a ênfase na inseparabilidade entre aparato experimental e propriedade física no ato de observação, deu ensejo para que outros intérpretes enxergassem nessa assunção uma postura antirrealista com relação ao conhecimento científico por parte dos físicos da escola bohriana. Dificuldades acerca da atribuição de uma posição epistemológica definitiva à escola de Copenhague mostram a possibilidade viável de se pensar o modo como os problemas epistemológicos da teoria quântica foram ali tratados via uma pragmática do conhecimento objetivo evidenciada sobretudo no princípio de complementaridade de Bohr. Nesse sentido, diante da impossibilidade de se corresponder com demandas cognitivas clássicas, ainda que necessariamente tenha que ser descrita a partir de conceitos clássicos, a situação experimental, intrinsecamente contextual, justamente por essa característica, exigiu o estabelecimento de princípios operacionais que permitissem uma comunicação inambigua dos resultados experimentais, isto é, regras de funcionamento estritamente relacionadas com a prática da ciência normal, ou seja, que nos permitem pensar uma dimensão pragmática no tratamento dos problemas epistemológicos pelos físicos de Copenhague.

⁷⁶ Esse aspecto foi ressaltado sobretudo por B. Russel, como vimos no tópico 2.2.

Esse viés pragmático, contudo, não exclui do nosso escopo de investigação o domínio semântico envolvido na própria comunicação dos eventos experimentais. Queremos com isso dizer que, apesar de a história do tratamento dos problemas ter apresentado dificuldades relativas a um tratamento puramente formal dos enunciados científicos, isso não significa que uma guinada à pragmática tenha solapado de uma vez por todas a possibilidade de se avaliar a construção de uma semântica que dê conta de lidar com demandas naturalmente envolvidas na análise linguística da fundamentação nomológica da nossa linguagem no conhecimento científico. Assim, questões como *verdade* e *justificação*, que envolvem a relação entre enunciado científico e conteúdo proposicional, ou, em linhas gerais, as relações de *referência* entre proposição e objeto, não estão de um todo excluídas das análises acerca da possibilidade do conhecimento objetivo pelo fato de a filosofia da linguagem ter apresentado em seu desenvolvimento mais recente uma guinada à pragmática⁷⁷. Talvez uma semântica de caráter não estritamente formal, que leve em consideração o caráter epistêmico envolvido na determinação conceitual da natureza pelo homem, bem como os aspectos convencionais envolvidos na aceitação coletiva das teorias, possa ser uma alternativa.

⁷⁷ Nesse sentido, filósofos como Robert Brandom têm explorado proficuamente a fronteira entre semântica e pragmática como uma possibilidade viável para as análises linguísticas.

PARTE II:**UMA LEITURA SEMÂNTICO-PRAGMÁTICA DA FILOSOFIA
TRANSCENDENTAL DE KANT APLICADA AO PROBLEMA DA OBEJTIVIDADE
NA TEORIA QUÂNTICA**

4. CRÍTICA COMO SEMÂNTICA TRANSCENDENTAL

4.1. O problema da caracterização geral da teoria kantiana do conhecimento objetivo

Com o desenvolvimento da prática científica na modernidade, a resposta ao problema do conhecimento objetivo apoiou-se fortemente no modelo das ciências como principal exemplo de conhecimento bem-sucedido. No primeiro capítulo, dedicamos nossa atenção ao modo como esse problema é caracterizado em Kant como uma teoria geral do conhecimento objetivo baseada sobretudo nos resultados das ciências particulares como modelos de conhecimento onde uma classe particular de condições são atendidas, permitindo que se ateste a sua validade objetiva, sendo a concordância entre os diferentes colaboradores um indício importante da cientificidade de um saber. Sob essa perspectiva, Kant buscou evidenciar o que havia de especial nos saberes objetivos que os diferenciariam dos demais e buscou aplicar essa característica aos demais domínios do saber humano, nos quais supostamente não se havia alcançado um grau consensual de objetividade, como, por exemplo, questões disputadas em metafísica. Como vimos, o modo como Kant entendeu a objetividade dos saberes particulares envolveu sua complicada teoria da cognição humana como um todo, em especial a sua teoria dos juízos. Nesse sentido, as ciências compartilhariam de um modo peculiar de elaboração e referenciação dos juízos que os demais ramos do saber não compartilhariam. Por esse motivo, para os fins pretendidos com a presente investigação, faremos uma digressão no sentido de um retorno à teoria do conhecimento científico kantiana a fim de caracterizá-la como uma semântica transcendental, para então aplicá-la ao problema da objetividade nos capítulos 5 e 6.

Primeiramente, o conhecimento científico é aquele em que os princípios são expostos de maneira inteiramente *a priori*, não sendo permitido conter entre eles nenhuma inferência dedutiva advinda de um princípio de partida empírico. Além disso, os princípios que compõem uma ciência sistemática são passíveis de reunião em um inventário que constitui o corpo de uma ciência particular; a reunião sistemática desses princípios constitui as ciências particulares e as caracteriza pela natureza do objeto investigado. Ela é diferente da reunião sistemática de princípios empíricos, ou um agregado de conhecimentos empíricos particulares, que tem importância prática, porém, não constituem uma ciência no sentido rigoroso kantiano. A capacidade de adiantar os fenômenos consiste na marca distintiva de um conhecimento genuinamente científico em relação a conhecimento empírico particular, haja vista a segunda valer somente para casos particulares. Daí a necessidade de que os princípios de uma ciência genuína sejam expostos de maneira *a priori*, do contrário, não valeriam de maneira necessária

e universal, ou seja, eles não podem ser a mera reunião de um conjunto de observações particulares a partir das quais se deduz o adiantamento dos fenômenos. Portanto, deve ser possível estabelecer as condições fundamentais que viabilizam o erigir de uma ciência, uma vez que toda ciência parece compartilhar daquelas marcas distintivas mais gerais. Essas condições fundamentais envolvem por um lado o estabelecimento das regras, e por outro um conjunto de procedimentos operacionais que asseguram a aplicabilidade dessas regras. Com relação à matemática pura e à geometria, a cientificidade é garantida pela necessidade e universalidade contidas na expressão da regra, e o procedimento operacional chama-se *construção na intuição pura*. Com relação à matemática aplicada, como no caso do uso do cálculo diferencial na física newtoniana, os princípios puros do entendimento estabelecem as regras para a determinação matemática dos fenômenos, e o procedimento operacional é a referência dos juízos às condições de possibilidade de objetos empíricos em geral, ou experiência possível. Além dessas características gerais, o estabelecimento dos princípios metafísicos que atestam a aplicabilidade dos princípios do entendimento à experiência levado a cabo nos MAN, consistiram numa tentativa de provar a origem *a priori* daqueles princípios devido a sua aplicação necessária à experiência segundo as categorias.

É necessário ressaltarmos ainda que o conhecimento científico é apenas uma parte da totalidade das tarefas para as quais a razão naturalmente se volta, ou seja, o conhecimento da natureza é parte de um projeto maior da razão humana no sentido de alcançar a totalidade das condições acerca do conhecimento dos condicionados. O entendimento é faculdade das regras e a razão é a faculdade de subsumir a regras. Note, portanto, que a crítica envolve necessariamente uma teoria das faculdades intelectivas do homem (razão, entendimento, sensibilidade etc.), pois o ato de conhecer em Kant pressupõe a *ação espontânea* do entendimento como a contraparte *a priori* da experiência para a economia do conhecimento humano. Assim, a teoria do conhecimento objetivo de Kant passa por uma teoria das faculdades, cujas operações podem facilmente ser constatadas no texto de Kant: a determinação do sentido interno pelo entendimento; a relação entre imaginação, entendimento e sensibilidade no esquematismo e a relação entre entendimento e razão na função que os princípios da razão exercem em relação à totalidade do conhecimento empírico mostram que existe um conjunto de operações, ou uma espécie de “jogo entre as faculdades”, as quais interagem entre si. Assim, a explicação da possibilidade dos conhecimentos necessários que a razão alcança na geometria euclidiana passa pela teoria kantiana da sensibilidade e do entendimento (1.2) e a explicação da

possibilidade do uso do cálculo para se determinar a experiência na física newtoniana passa por uma explicação do modo de operação do entendimento com os princípios puros (1.3).

Do ponto de vista do projeto mais amplo da razão, existe uma correlação entre seus usos teórico, prático e estético, que se verifica no papel mediador exercido pela *faculdade de julgar* como a ponte entre o “abismo inevitável” que se estabelece entre o uso teórico e prático da razão resultante da *segunda antinomia*. Há, portanto, alguns elementos que nos permitem apresentar as condições mais gerais de um conhecimento objetivo em Kant; contudo, a longa tradição de interpretação da obra crítica de Kant diverge em relação a uma caracterização geral de suas intenções teóricas. Sabemos que o projeto crítico como um todo envolve não só a elucidação das regras subjacentes ao conhecimento humano de fenômenos, mas também uma moral e uma estética da razão; contudo, acreditamos ter sido possível rastrear na relação entre as obras de Kant e as ciências de sua época a busca pelo estabelecimento das condições de objetividade de qualquer domínio do saber humano, isto é, teórico, prático e estético. Nesse sentido, as questões que ilustram essa intenção geral são, por exemplo, como posso afirmar com objetividade qualquer regra em relação à natureza? Como posso afirmar com objetividade a validade universal de um princípio moral? E ainda, como posso afirmar com objetividade a validade universal de um juízo estético? Essa intenção, apesar de ter se consolidado no período crítico da filosofia kantiana, é algo rastreável já na década de sessenta do *corpus* kantiano (1.1).

É nesse papel intermediário exercido pela terceira crítica que se observa que a completude do sistema kantiano da razão teórica, do ponto de vista do seu projeto mais amplo, envolve tanto a busca pela completude das condições, expressada na ideia transcendental, como a sensação de completude gerada pelo princípio de conformidade a fins material da faculdade de julgar. A conformidade a fins envolve uma espécie de sentimento de absoluta adequação de todas as coisas a uma finalidade, de modo que a descoberta de uma relação necessária na natureza implica um sentimento de prazer resultante da constatação da adequação. A identificação de uma conexão exaustiva existente na natureza e o sentimento de conformidade dela resultante são ideias reflexionantes necessárias para a completude do conhecimento determinante do entendimento, *como se (als ob)* a completude almejada nas ideias transcendentais fosse satisfeita quando o investigador observa no exemplo particular a aplicação da regra *a priori*. Assim, por exemplo, um astrônomo apresenta os cálculos que apontam para a data de um eclipse num tempo futuro; exatamente no tempo determinado pelo astrônomo, o eclipse ocorre; as leis que permitiram que o investigador determinasse o instante da ocorrência do fenômeno indicam então haver na natureza uma espécie de organização, da

qual se infere a noção de que tudo que pertence à natureza cumpre com um fim. Essa ideia causa uma sensação no astrônomo que o faz sentir um certo prazer na correspondência exata entre a regra e a ocasião empírica, pois aquela foi posta *antes*, isto é, *a priori*. Haveria, portanto uma contribuição da faculdade de julgar teleológica envolvida na *práxis* das ciências, pois estas seriam parte de um projeto maior da razão no sentido de conhecer a natureza como um todo, isto é, a totalidade do conjunto da experiência possível. O sentimento de conformidade a fins aparece como um indicativo de que aquele conhecimento exprime verdadeiramente as leis da natureza, contribuindo como um fator pragmático na adesão coletiva por parte dos colaboradores particulares, os quais testam por si mesmos o conhecimento apresentado de modo a confirmar a sua aplicação como uma regra que exprime uma lei ou regularidade da natureza. Essa contribuição pragmática deve ser levada em conta ao se apresentar a totalidade das condições envolvidas no ato de conhecer em Kant, isto é, na evidenciação das condições para que um saber possa ser tomado como ciência.

Um quadro geral para a explicação da possibilidade de um conhecimento científico, segundo a teoria da ciência kantiana, pode ser esboçado como se segue: 1) *Condições formais*: existem um conjunto de princípios sem os quais a aplicação da matemática à experiência não é possível. As condições lógico-transcendentais contidas nos conceitos puros e nos princípios fundamentam a aplicabilidade da matemática à experiência, garantindo assim, a possibilidade da física da natureza. 2) *Condições materiais*: intuição, matéria, referência empírica e a relação desses conceitos com as formas que condicionam a sensibilidade. 3) *Condições operacionais*: a prova transcendental da objetividade de um juízo passa por uma explicação da interação entre as faculdades envolvidas no ato de conhecer. Além disso, certos comandos como “as categorias não têm outro uso a não ser a sua aplicação a objetos da experiência” e “conceitos sem intuição são vazios” indicam haver procedimentos operacionais básicos para que se alcancem as condições formais e materiais. 4) *Condições intersubjetivas*: caráter pragmático associado ao conhecimento que “entrou para o caminho seguro da ciência”: adesão coletiva, ação colaborativa, assentimento universal. Além disso, a expressão da lei como uma regra da natureza e de sua finalidade e o sentimento daí decorrente se mostram como fatores presentes no ato de validar a objetividade de um conhecimento no escopo da tarefa da razão em sentido amplo. As ciências das quais tratamos no primeiro capítulo corresponderiam com essas quatro demandas⁷⁸. Com relação às intenções teóricas da metafísica tradicional, ela não pode cumprir

⁷⁸ A química, como vimos, deixava de cumprir o requisito de que sejam apresentados seus princípios de maneira *a priori*. Há nela princípios empíricos que orientam sua atividade e que permitem a reprodução dos conhecimentos ali contidos, como por exemplo, procedimentos para a preparação de uma solução, ou para a execução de um

com as três primeiras condições, ainda que goze da última: nesse sentido, a mera adesão coletiva não pode ser a única condição a ser satisfeita para a cientificidade de um conhecimento, ainda que tenham como efeito a conferência de um certo grau de objetividade, a qual poderíamos chamar de objetividade local, cuja adesão ocorre para um certo grupo particular. Aí está a origem das dissensões acerca de questões disputadas em metafísica e da divergência entre as escolas, cujo desacordo, apesar da objetividade local, atesta a sua falta de cientificidade⁷⁹. Esse grau de objetividade é diferente do que ocorre quando as outras três condições são satisfeitas, de modo que a quarta condição surge como a confirmação da satisfatibilidade das demais condições, e o assentimento coletivo não se dá apenas de maneira local.

Apesar desses fatores que permitem uma caracterização geral do projeto crítico de Kant, uma série de dificuldades surgem das diferentes tentativas de análise de conceitos como “a priori”, “em si”, “puro”; elas surgem também do modo como Kant caracteriza os juízos e de como entendeu características como “analiticidade” e “sinteticidade”, e principalmente pelo fato da teoria da validade objetiva de juízos em Kant envolver uma teoria das faculdades humanas. A longa tradição de interpretação da filosofia kantiana, sobretudo em relação ao seu projeto principal, diverge significativamente acerca de sua natureza intrínseca. Não foram poucas, portanto, as tentativas de sistematizar uma interpretação que pudesse dar conta da forma muitas vezes confusa e truncada com que Kant expunha as suas teorias, bem como de estudar de maneira exegética os pontos positivos e negativos delas. Nesse sentido, poderíamos destacar pelo menos quatro principais linhas de interpretação da filosofia crítica de Kant: 1) metafísica: Kant estava no fundo erigindo uma teoria metafísica do nosso modo de conhecer e do mundo como um todo, isto é, o principal projeto de Kant consistiu em construir uma teoria metafísica que desse conta dos principais problemas ontológicos herdados da tradição, ainda que a partir de uma renovação de seu método, ou seja, a metafísica nunca teria deixado de ser para Kant a principal aspiração cognitiva do homem e a *KrV* seria a própria metafísica renovada. 2) mentalista-psicologista: a teoria do conhecimento de Kant é no fundo uma teoria da mente e de nossas faculdades psíquicas como um todo, isto é, Kant estaria preocupado em descrever e

experimento de queima e pesagem e descrições qualitativas de substâncias e compostos. A ausência de um caráter quantitativo mais preciso deve ter sido um dos fatores que levaram Kant a não creditar à química o grau de cientificidade: somente com o trabalho de Lavoisier foi possível estabelecer melhor a relação entre as quantidades das substâncias na formação de compostos, sobretudo pela elucidação do papel do oxigênio nas reações químicas. Assim, de acordo com o quadro geral acima, ela não poderia cumprir com a primeira condição, mas cumpriria com as outras três.

⁷⁹ Contudo, pode haver também no conhecimento científico tal tipo de objetividade, porém, num contexto estritamente kantiano, a divergência entre teorias científicas diferentes é solúvel, ao contrário das questões disputadas em metafísica. Em última instância, a experiência é que decide entre duas teorias científicas concorrentes, enquanto em metafísica não se pode contar com esse recurso.

explicar o modo como nossas faculdades funcionam ou operam quando o sujeito busca conhecer algo sobre o mundo. Nesse sentido, a Crítica da Razão Pura seria uma espécie de “teoria da representação mental objetiva”⁸⁰, isto é, do modo como a cognição humana e suas representações mentais se relacionam com o mundo; 3) epistemológica: Kant teria na verdade erigido uma teoria do conhecimento objetivo, a qual, apesar de levar em consideração as faculdades humanas e tentar estabelecer os princípios que as orientam, tais como a sensibilidade e o entendimento, não conteria um apelo psicológico propriamente dito; 4) semântica: Kant teria na verdade se preocupado mais com uma teoria do significado do que qualquer uma das alternativas anteriores, isto é, a *Doutrina Transcendental dos Elementos* conteria fundamentalmente uma teoria da referência e uma teoria do significado objetivos, tal que seria possível se falar em uma espécie de *semântica transcendental* a qual conteria as regras para se estabelecer a significância e verificabilidade de nossos enunciados a partir dela.

Devido ao fato de falharem em alguns aspectos na descrição do projeto crítico e serem bem-sucedidos em outros (a depender do ponto de partida tomado como interpretação do sistema), nenhum dos quatro vieses interpretativos acima está de um todo correto nem de um todo errado, ainda que, como dissemos, alguns deles tenham maior vantagem na hora de lidar com as contraposições à teoria do que outros. De fato, Kant tinha um grande apreço pelas questões metafísicas e sua indispensabilidade para o conhecimento humano, assim como tratou da forma das faculdades humanas e construiu uma teoria do conhecimento científico levando em consideração as ciências da época, mas nenhum desses fios condutores interpretativos parece conter de maneira exclusiva a intenção teórica principal de Kant. Apesar dessa divergência interpretativa acerca da intenção teórica principal de Kant, acreditamos ser possível afirmar que existe ali uma teoria do conhecimento objetivo que pode ser classificada como uma teoria do *significado objetivo*, portanto, como uma *semântica*. Nos esforçaremos, contudo, para mostrar que existe uma contraparte *pragmática* dessa semântica a qual habilita uma aproximação da filosofia transcendental aos problemas epistemológicos que nos propomos a tratar. Por uma questão metodológica, portanto, apresentamos adiante o porquê de acreditarmos ser a filosofia transcendental uma teoria semântico-pragmática do conhecimento objetivo para em seguida tornar viável a aproximação dessa semântica ao problema da objetividade na teoria quântica. O quadro geral das críticas ao sistema kantiano do conhecimento objetivo apresentado anteriormente mostrou que a maioria delas entendeu aquele sistema como um modo retrógrado

⁸⁰ Veja, p. ex. Hanna, R. 2001. *Introdução*.

de se pensar a teoria do conhecimento científico, haja vista o desenvolvimento e mudança de orientação presentes nas próprias ciências nas quais se apoiava. É nesse sentido que filósofos como A. Coffa, Z. Loparic e R. Hanna buscaram mostrar que há uma linhagem teórica entre Kant e o novo modo de tratamento ao problema do conhecimento científico erigido sobretudo pelos empiristas lógicos e filósofos da linguagem do final do século XIX e início do século XX, habilitando assim, como intentamos mostrar, a teoria kantiana do conhecimento objetivo ao tratamento de problemas epistemológicos surgidos com o desenvolvimento daquelas ciências. A leitura semântica surge, nesse sentido, como um viés interpretativo da teoria kantiana capaz de lidar com essas críticas ao mostrar que boa parte dos problemas com os quais elas lidam estavam presentes, ainda que de maneira seminal, no projeto kantiano de fornecer uma teoria do significado objetivo do conhecimento humano em geral.

Diante de tais dificuldades as quais a teoria do conhecimento objetivo de Kant deve encarar, a proposta de leitura da filosofia transcendental como uma *semântica do conhecimento objetivo* pode ser uma alternativa viável às críticas dos empiristas lógicos e principalmente como alternativa à acusação de psicologismo. Buscaremos mostrar que a principal linha de investigação semântica da filosofia transcendental pode ser abarcada sob o título de uma *semântica cognitiva*, ou seja, uma linha que buscou compatibilizar os aspectos psicológico e semântico da filosofia transcendental, ainda que, devemos ressaltar, Loparic não tenha se comprometido verdadeiramente com uma tese psicológica. Nesse sentido, a linha semântico-cognitiva da filosofia transcendental se dividiria entre aqueles que desejaram uma compatibilização, como Hanna, e aqueles que desejaram uma completa separação, como Loparic, entre aqueles dois aspectos sem dúvidas presentes na teoria do conhecimento de Kant. Contudo, o ponto mais importante dessa linha de interpretação consistiu em mostrar que existiria uma linhagem histórica entre os principais problemas e o modo de abordá-los a qual remonta a Kant. Sob essa perspectiva, a teoria do conhecimento de Kant seria pioneira no modo de tratamento de problemas envolvendo a análise linguística do conhecimento objetivo, e nesse sentido se apresentaria como uma *semântica*, e não como uma metafísica do conhecimento. Assim, essa semântica apresentaria uma teoria dos juízos que conteria uma teoria da verdade, da referência e da justificação, para as quais apresentaremos os elementos mais gerais que as comporiam. Além disso, apresentaremos a proposta de que essa semântica transcendental conteria um dispositivo auxiliar de validação, portanto um elemento pragmático de sua semântica do conhecimento objetivo, baseada em sua KU, a qual acreditamos ser um viés ainda não tentado. Gostaríamos de chamar esse viés interpretativo de uma hipótese de interpretação

a partir da qual a teoria do conhecimento objetivo de Kant pode ser lida como contendo um aspecto *semântico-pragmático*: ao mesmo tempo que consiste em um conjunto de regras que definem formalmente um conhecimento bem-formado daqueles que não são bem-formados, portanto, que contém elementos lógicos de fundamentação do conhecimento objetivo, ela conteria também um elemento pragmático relacionado às noções de certeza e convicção, o qual não deve ser negligenciado ao se tomar a economia da tarefa crítica de Kant como um todo, em relação ao conhecimento determinante. Esse aspecto, o qual representa um dos principais pontos da tese que pretendemos defender, será explorado com mais detalhes no decorrer da parte II.

4.2. A tradição de leitura da filosofia transcendental como semântica

Uma das principais estratégias dos comentadores que propuseram uma leitura semântica do criticismo kantiano consistiu em mostrar que existem razões suficientes para vincular a origem dos principais problemas os quais fizeram e ainda fazem parte do itinerário filosófico dos assim chamados “filósofos analíticos”, aos problemas tratados por Kant em sua teoria geral do conhecimento objetivo. Coffa viu uma linha mestra da origem dos problemas de filosofia da linguagem contemporâneos que vai de Kant a Carnap; Loparic buscou, em sua obra sobre a semântica de Kant, entender uma certa familiaridade de origem entre as teorias filosóficas de Ernst Mach e Kant, assim como Hanna se esforçou para apresentar as questões que estiveram presentes de maneira germinal na teoria kantiana como fonte dos principais problemas tratados pelos analíticos, de Frege a Quine. Sob esse viés interpretativo, a filosofia analítica teria surgido da própria necessidade em se criticar e abandonar a teoria filosófica kantiana, e, de fato, entre os principais lógico-matemáticos do final do século XIX e os empiristas lógicos do início do século XX, encontramos vários que tiveram como ponto de partida uma crítica ao sistema filosófico kantiano para a elaboração das bases de suas novas teorias do conhecimento e tratamento dos problemas filosóficos fundamentais sob uma nova perspectiva. Assim, a crítica ao *a priori*, seguida do estabelecimento de um novo significado de juízos *a priori* que envolveu os enunciados científicos tratados pelos empiristas lógicos, o abandono da noção de juízos sintéticos *a priori* e da teoria da verdade e do significado kantianos, consistiu num dos principais pontos de contraposição que impulsionaram o desenvolvimento da filosofia analítica. Nesse sentido, os leitores do criticismo enquanto semântica procuraram mostrar que, diante da própria crise enfrentada pela filosofia analítica no que diz respeito às suas origens e significado, talvez seja interessante ao menos uma retomada crítica do sistema filosófico de Kant para uma

avaliação do problema da linguagem, da verdade e da justificação do conhecimento científico sob uma perspectiva alternativa, na qual o kantismo não se mostra obsoleto diante dessas questões de cunho analítico. Desse modo, a crítica de que Kant teria tratado problemas estritamente relacionados à linguagem e à teoria do significado como um todo a partir de especulações meramente metafísicas ou psicologistas enfraquece quando se mostra que existe uma origem, ainda que seminal, entre os problemas analíticos contemporâneos e a filosofia transcendental.

Se levarmos em consideração que a proposta de leitura semântica de Loparic foi elaborada como a primeira parte de sua tese de doutorado, defendida em 1982, podemos afirmar que ele é se não o pioneiro, um dos pioneiros em propor essa linha interpretativa. O trabalho de Loparic surge de sua tese de que haveria uma linhagem kantiana no trabalho de Ernst Mach, e por isso desenvolveu a sua leitura semântica como um aporte para a conclusão dessa tese. Assim como os demais intérpretes da filosofia transcendental como semântica, Loparic viu uma linha mestra dos problemas semânticos que vai de Kant aos primeiros positivistas lógicos. A principal tese da interpretação semântica de Loparic é que o projeto crítico kantiano pode ser lido como uma “teoria da solubilidade de problemas inevitáveis da razão especulativa e uma teoria da pesquisa científica no campo da natureza” (2002 p. 4), a qual estaria sistematizada em uma semântica transcendental. Loparic parte do que chamou de “teorema da solubilidade”, o qual afirma a decidibilidade de todos os problemas impostos naturalmente por nossa razão, ou seja, é possível dar uma resposta definida a todos, e para o qual é exigida uma teoria *a priori* da referência e da verdade caso se queira prová-lo. A teoria da referência é abordada por Loparic a partir da noção kantiana de *construção*, enquanto a teoria da verdade estaria fundamentada nos princípios *a priori* do entendimento. A partir da leitura de que Kant teria sido adepto, ainda que implicitamente, de um tipo de *inatismo disposicional*, Loparic assevera que a faculdade da razão pode ser lida em Kant como uma espécie de “dispositivo para a solução de problemas” para o qual Kant apresentou uma teoria da solubilidade.

Nesse sentido, o projeto kantiano de impor limites à razão humana, no intuito de delimitar seu alcance, pode ser lido como a tentativa de se estabelecer quais tipos de problema a razão humana é capaz de resolver. Assim, todos os problemas que dizem respeito à experiência são, em tese, passíveis de resolução, uma vez seja possível que sejam dados na intuição interna ou externa, ou seja, existe sempre a possibilidade de se referir a solução desses problemas a uma experiência possível. Esse critério de demarcação entre problemas solúveis e insolúveis se baseia em grande parte naquilo que tencionamos ter mostrado no capítulo 1 da

presente investigação, a saber, na *eficácia heurística*, como afirma Loparic, da matemática grega (em especial a geometria) e da física newtoniana. Como bem se sabe, a resposta à questão que orientou o projeto crítico de fornecer as condições de possibilidade do conhecimento científico, qual seja, como são possíveis juízos sintéticos *a priori*, fundamentou-se, segundo Loparic, em uma condição formal e duas condições semânticas. A condição formal consiste em que os juízos estejam em conformidade com o princípio de não-contradição; a primeira condição semântica é que os “conceitos não-lógicos que ocorrem numa proposição sintética tenham referência e significado objetivos” e por fim, a segunda condição semântica é que a garantia da possibilidade dos juízos sintéticos *a priori* seja dada pela possibilidade de “interpretação objetiva ou sensível de sua forma lógica” (2002 p. 23). A partir dessas três condições, é possível afirmar, segundo Loparic, que a semântica transcendental de Kant, desenvolvida na *analítica transcendental* é uma “teoria semântica a priori da satisfazibilidade das formas lógicas produzidas pelo entendimento.” (ibidem). Toda a construção semântica de Kant acerca da nossa capacidade para resolver problemas fundamentais assenta na tentativa de se decidir acerca desses problemas inatamente postos como fins necessários da razão, a imortalidade da alma, a liberdade e Deus. Essa semântica funcionaria, portanto como uma espécie de gramática que daria as regras de separação entre os problemas decidíveis e indecidíveis da razão, estabelecendo assim quais deles possuem significado e quais não, além de estabelecer as condições formais de significabilidade para aqueles passíveis de tê-lo.

Assumindo a existência de problemas necessários da razão teórica, assume-se conseqüentemente haver um aparato cognoscente inato para a razão humana. Lembremo-nos de que a função básica das ideias transcendentais colocadas por Kant na *Dilética* era o de dar unidade ao conhecimento empírico adquirido pelo entendimento, ou seja, a busca pela totalidade incondicionada das condições dos condicionados aparece aqui como uma espécie de dispositivo natural da razão, sendo a crítica o procedimento que a impede de estabelecer resoluções dogmáticas a essa busca natural. A leitura de Loparic é de que “deve haver um conhecimento operacional inato” da razão, “determinado por um certo número de mandos e de regras para operar” (2002 p. 85), o qual é posto em atividade a partir do *input* dado pela afecção sensível. Sob esse ponto de vista, haveria dois fins básicos orientadores da faculdade cognoscente do homem, quais sejam, “representação de dados por meio de leis matemáticas e empíricas, e por meio de sistemas desses dados” (2002 p. 88). Por isso, Loparic vê no inatismo disposicional kantiano uma espécie de teoria do “autômato espiritual movido a representações”, levando em consideração, é claro, que esse autômato é autoconsciente. Curiosamente, Loparic

chega a fazer uma analogia entre o sistema operacional do conhecimento humano e a palavra ‘software’ (ibidem p. 94), para assim distingui-la de suas características psicofisiológicas, as quais buscou evitar. No capítulo 5 da presente investigação, apresentamos com mais detalhes a leitura semântica de Loparic a fim de colher dela aquilo que pode ser aplicado ao problema principal da investigação como um todo.

Robert Hanna, por sua vez, desenvolveu (2001) uma interpretação a qual chamou de “semântica cognitiva” de Kant, na qual tenta compatibilizar as leituras psicológica e semântica da filosofia transcendental, por entender que ambas expressariam corretamente as intenções teóricas do filósofo alemão. O comentador parte de uma análise da noção de representação para mostrar que ela possui o duplo aspecto de ser ao mesmo tempo uma *teoria da representação mental objetiva* e uma teoria dos conceitos, juízos e da verdade, portanto, também uma semântica ou teoria do significado.

Segundo Hanna (2001 p. 43), a teoria semântico-cognitiva de Kant pode ser expressa a partir de duas teses básicas que, tomadas em conjunto, dão o pano de fundo da teoria: o “transcendentalismo representacional”, ou seja, a tese de que as representações são produto de faculdades humanas inatas, e o “idealismo cognitivo” que assume a tese de que os objetos do conhecimento humano são fenômenos, de modo que o idealismo transcendental se constituiria dessas duas teses. Assim, a resposta à pergunta “como são possíveis juízos sintéticos *a priori*”, ou o que Hanna chamou de “o problema modal” de Kant, resolveria ao mesmo tempo a questão acerca da possibilidade do conhecimento enquanto representação mental objetiva e o problema da possibilidade de se conhecer algo da experiência a partir de juízos *a priori*, como ocorre nas ciências aplicadas.

A teoria semântico-cognitiva de Kant exigiu, portanto, uma explicação da origem das representações e do modo de aplicação das mesmas a objetos da experiência. O transcendentalismo representacional seria, segundo Hanna, o modelo teórico de explicação da tese epigenética de Kant com relação a origem de nossas representações que, como sabemos, seriam produto da atividade espontânea da razão sob o diverso recebido pela sensibilidade. Nesse sentido, Hanna, assim como Loparic e Kitcher, vê em Kant uma espécie de inatismo no qual “a fonte da estrutura subjacente do conteúdo do conhecimento é um conjunto de capacidades inerentes de sintetizar ou processar informações sensoriais” (2001 p. 58).⁸¹ Assim,

⁸¹ Loparic chamou essa escolha teórica de Kant de um tipo de “inatismo disposicional” o qual é posto em ação graças ao *input* sensorial fornecido pelo diverso empírico, assim como Hanna, de maneira semelhante, falou em “protocolos dedicados” os quais entram em atividade pela mesma razão, o que, segundo ele, corresponderia a um “inatismo de capacidade” em contraposição a um “inatismo de conteúdo” que pode ser observado em alguns filósofos racionalistas antecessores de Kant

a resposta à questão central do acordo necessário entre representações humanas e objetos da experiência passa pela explicação epigenética da origem das representações. Segundo Hanna, há aqui um traço explícito da característica semântica de intencionalidade da faculdade de conhecer, à qual subjazem “duas estruturas transcendentais formais complementares abrangentes de uma representação mental objetiva” (2001 p. 77), quais sejam, a apercepção originária e o “algo definido em geral = X” ou o objeto intencional. A intencionalidade da semântica kantiana, por sua vez, seria dada em sua teoria dos conceitos, mais especificamente em sua teoria dos conceitos empíricos. Segundo a teoria kantiana, por conterem a “nota característica” (*Merkmal*) de diversos objetos particulares, portanto, diferentemente das intuições empíricas, por se reportarem a diversas representações, os conceitos empíricos seriam os responsáveis por determinar o diverso informe da sensibilidade, o qual, inicialmente, ainda que já tenha afetado a sensibilidade, consiste em uma representação confusa, convertendo-a em uma representação mais clara para nós, qual seja, o fenômeno. Em linhas gerais, os conceitos (puros e empíricos) seriam como regras que definem a representação objetiva, de modo a possibilitar a formação de uma “representação semanticamente universal, intersubjetivamente comunicável.” (2001 p. 88), ou seja, o juízo.

Note, portanto, que Hanna situa o problema semântico no interior do tratamento psicológico que Kant deu às nossas faculdades e a relação entre elas para explicar a possibilidade das representações. A questão de como podem as representações mentais referirem-se aos objetos da experiência é para Hanna um problema fundamentalmente semântico, que conduz ao problema modal apontado no parágrafo anterior. Se a filosofia transcendental ou idealismo transcendental, entendido como a conjunção das teses do transcendentalismo representacional e do idealismo cognitivo, pode ser lida como uma semântica cognitiva, então ela deve conter as regras ou “condições precisas que possibilitam a criação de todo significado cognitivo”, os quais, segundo o comentador, são de dois tipos, quais sejam, “formais ou lógicos” e “materiais”.

Além dessas condições, é importante nos atentarmos ao fato de que Hanna, ao explorar a natureza da teoria dos juízos de Kant (2001 p. 89 e seguintes), procurou destacar a presença de um conteúdo subjetivo no julgamento do conteúdo de um juízo por parte do sujeito, isto é, existe em Kant uma dimensão subjetiva acerca da consideração da verdade ou falsidade de um juízo, ou seja, algo da dimensão do *assentimento* por parte dos sujeitos particulares na consideração da objetividade ou não de um juízo, a qual difere do conteúdo proposicional expressado por esse juízo. Nesse sentido, parece plausível poder se falar em um conjunto de

regras semânticas que dizem respeito somente ao conteúdo linguístico-formal do conhecimento e de uma dimensão que envolve o *ato* ou a atitude de um partícipe do processo de objetivação dos juízos com relação a esse conteúdo, o que dá uma forte indicação de que realmente possamos falar em uma dimensão pragmática da teoria semântica de Kant, ainda que esse não tenha sido o foco de Hanna na obra de 2001. Apesar da possibilidade em se falar desses dois âmbitos, é preciso admitir, porém, que a separação entre os dois não é bastante clara a partir do modo como Kant expôs sua teoria.

O primeiro fator de familiaridade ou semelhança teórica que Hanna buscou explorar entre Kant e os filósofos analíticos consistiu na crença de que a lógica de alguma maneira estruturaria o mundo da experiência humana, ou seja, possibilitaria a própria experiência cognitiva coerente a partir de um conjunto de regras que, no fundo, podem ser encaradas como uma espécie de sintaxe do pensamento (2001 p. 111). No entanto, um fator distintivo fundamental, o qual consiste numa das principais críticas a Kant, seria uma espécie de *psicologismo* em relação à teoria da lógica por ele desenvolvida, o qual é veementemente rejeitado pelos filósofos analíticos a partir de Frege. Esse psicologismo consistiria sobretudo em atribuir à cognição humana, e não meramente à linguagem, o conter inerentemente determinadas formas e propriedades de caráter lógico, tal como a forma dos juízos ou as categorias. Assim, se para Kant a lógica estruturaria o mundo da experiência porque a cognição humana o estruturaria (a tese principal do idealismo transcendental), para os analíticos isso se deve apenas à estreita ligação entre a lógica e a linguagem. A tentativa dos analíticos de deslocar a lógica de qualquer viés psicológico ou “mentalista”, tal qual Frege e Moore propuseram, acaba por recorrer, segundo Hanna, a uma posição platonista das formas lógicas ao admitir a existência de um domínio que não é nem mental nem empírico, ao qual pertenceriam as regras lógicas ou a lógica propriamente dita. O problema dessa abordagem, portanto, consistiria em que ambos, tanto Kant como os analíticos, aceitam a transcendentalidade da lógica, uma vez que ambos admitem a existência dela enquanto condição de possibilidade da cognição do mundo da experiência, porém, os analíticos não dão uma boa alternativa ao suposto psicologismo da tese kantiana do caráter transcendental da lógica.

A estratégia de Hanna é então mostrar que a lógica transcendental de Kant é fundamentalmente antipsicologista, ou seja, apesar de mentalista, a teoria da lógica de Kant não reduz a lógica à psicologia empírica ou experimental, ponto principal da crítica de Frege e que seria “o verdadeiro problema do psicologismo lógico” segundo o comentador. Sob essa perspectiva, a tábua dos juízos deve ser encarada como uma “gramática profunda do

pensamento e do juízo” (2001 p. 122), a qual forneceria as regras para a formulação adequada (logicamente válida) dos juízos ou fórmulas bem formadas, eliminando assim todas as tentativas de formulação de juízos inconsistentes, ou o que Hanna chamou de “absurdos cognitivos”⁸², e não propriamente uma teoria da constituição cognitiva “formal-fisiológica”, digamos assim, do sujeito de conhecimento. A distinção kantiana entre *lógica geral pura* e *lógica aplicada* seria então prova suficiente de que Kant teria sido o primeiro antipsicologista da história da filosofia com relação à teoria da lógica, adiantando Frege e outros. Portanto, a concepção de que a teoria da lógica de Kant seria produto de um entendimento errôneo da natureza da lógica por ser pré-fregeana seria no mínimo produto de uma má interpretação daquela teoria, sobretudo porque o projeto de redução da aritmética à lógica operada por Frege não obteve de um todo a completude que o matemático desejara. Nesse sentido, Hanna afirma que:

De fato, considerando a conhecida contradição nos fundamentos da teoria dos conjuntos exposta pelo paradoxo de Russell; considerando o status filosófico obscuro até de teorias dos conjuntos não-paradoxais como a teoria de Zermelo-Fraenkel; e considerando o primeiro teorema da incompletude de Gödel [...], segue-se que o logicismo de Frege é altamente questionável. Segundo esse modo de ver as coisas, então, o fato de que a lógica de Kant é pré-fregeana não precisa ser encarado como necessariamente uma deficiência. (Hanna, R. 2001 p. 124-125)

A caracterização da lógica geral de Kant como uma “doutrina normativa a priori da sintaxe lógica” (2001 p. 123) seria o indicativo de que tal lógica seria para Kant de conteúdo meramente intencional, e não extensional, ou seja, de caráter estritamente normativo e sem comprometimento com a relação de referência dos juízos aos objetos reais do mundo ou à validade objetiva desses juízos em sua relação com o mundo dos objetos. Em contraste com a lógica geral pura, a lógica transcendental se preocuparia com a questão da referencialidade objetiva dos juízos, isto é, determinaria os valores de verdade de um juízo de acordo com a experiência ou a possibilidade dela. Nesse sentido, o termo ‘validade objetiva’ estaria intimamente relacionado à noção de ‘realidade objetiva’, segundo Hanna, de modo tal que o primeiro termo significaria algo como “a noção de que uma representação se refere ou se aplica a objetos possíveis”, enquanto o segundo diria respeito à aplicação da representação a objetos reais, isto é, atualmente existentes, portanto, a lógica transcendental seria de conteúdo extensional. Ambos os termos estariam relacionados, na teoria semântica de Kant, ao conteúdo semântico dos juízos e representações com relação ao seu significado, ou seja, a sua “referencialidade objetiva” (2001 p. 129).

⁸² A abordagem de Loparic, por sua vez, fala numa tentativa de distinção, por parte de Kant, entre “problemas significativos” ou solúveis e problemas sem significado, ou insolúveis, da razão.

Assim, por dizer respeito a um domínio de objetos possíveis, a teoria do significado de Kant estaria relacionada à sua teoria dos mundos possíveis⁸³. Tal teoria dos mundos possíveis estaria apoiada na separação entre juízos logicamente bem formados, porém “pobremente possíveis”, ou seja, sem uma referencialidade ao mundo real ou facilmente realizáveis, e aqueles bem formados ou “objetivamente possíveis” por fazerem referência a objetos possíveis no mundo real. O critério de significabilidade da lógica geral pura, portanto, é que o juízo seja logicamente coerente, isto é, formulado de acordo com as formas lógicas do pensamento em geral, e isso define a consistência interna do juízo, ou seja, ele pode ser pensado, ainda que não seja realizável na experiência concreta, o que implica na possibilidade de se formular fórmulas bem formadas sem validade objetiva, mas com coerência lógica, caso em que o juízo deve ser considerado vazio. É possível, portanto, falar em *significado lógico e possibilidade real* dos juízos. Assim, por exemplo, as categorias conteriam significado lógico, portanto diriam respeito à possibilidade lógica dos objetos contidos no juízo, porém não teria possibilidade real, isto é, nelas os objetos são apenas pensados, ainda que ela seja condição de possibilidade de pensar os objetos, ou seja, não dão a possibilidade material dos objetos, caso em que o entendimento seria capaz de intuir, algo que Kant veementemente nega. O elemento que completa a teoria do significado de Kant, segundo Hanna, é o fato de que o critério de possibilidade da experiência está estritamente vinculado à cognição humana, isto é, a noção de objeto possível diz respeito à possibilidade desse objeto com relação à mente humana, e não à possibilidade desse objeto em relação a uma outra cognição possível, ou seja, ela é *antropocêntrica* (2001 p. 137).

A partir das observações acima, Hanna foi capaz (2001 págs. 141-145) de apresentar um conjunto de critérios auto recursivos que permitiriam avaliar a validade objetiva de um juízo qualquer de acordo com a teoria da lógica de Kant. Mais à frente, estaremos aptos a testar a aplicabilidade desse tipo de proposta tal como a de Loparic e Hanna para a resolução de problemas epistemológicos contemporâneos. Cumpre destacar aqui, mais uma vez, que a importância central dos trabalhos de Coffa, Loparic e Hanna consistiu em mostrar a possibilidade de se falar em uma teoria do significado, referência e verdade da filosofia transcendental, reabilitando assim a teoria kantiana ao debate epistemológico contemporâneo ao mostrar a relação estreita entre os problemas para os quais os analíticos reivindicaram um modo de tratamento inédito e o pioneirismo de Kant na escolha de tal abordagem, ressalvadas,

⁸³ Ponto em comum entre Hanna e Brittain Jr., os quais veem em Kant um tipo particular de teoria dos mundos possíveis o qual se diferenciaria do de Leibniz pelo fato de Kant considerar esses mundos como transcendentalmente ideais, ao passo que Leibniz os considerava metafisicamente reais.

é claro, as diferenças particulares de ambas as teorias para se evitar qualquer tipo de anacronismo.

Note que, se for possível o tratamento da filosofia transcendental enquanto semântica transcendental, seja como uma *teoria da resolução de problemas*, seja como uma *semântica cognitiva*, os principais alvos de crítica que a teoria do conhecimento de Kant deve enfrentar ganham ao menos um novo terreno no qual podem ser avaliadas não mais sob o título geral de *idealismo transcendental*, e assim, se não escapar, ao menos apontar um novo modo de abordagem daquelas críticas que não dizem respeito somente ao posicionamento epistêmico de Kant em relação à independência ou não dos objetos com relação à cognição humana, assim como a acusação de psicologismo.

Ao contrário de Hanna, Loparic buscou não compatibilizar, mas se afastar de qualquer leitura psicológica da tarefa crítica kantiana, do que podemos dizer que Loparic não tentou estabelecer uma interpretação semântico cognitiva de Kant, ainda que não tenha podido escapar de tratar a sua leitura semântica em termos de “sistema cognitivo”. Contudo, ambos têm em comum a tentativa de estabelecimento de uma semântica que contenha regras auto recursivas, isto é, a partir das quais se possa avaliar os casos particulares dos juízos, enunciados ou proposições, como se queira chamar, ainda que Loparic, diferentemente de Hanna, não explicitasse essas regras por meio de axiomas.

4.3. Semântica transcendental e cognição humana

No tópico anterior buscamos explorar as principais pesquisas que se voltaram para um estudo da filosofia transcendental de Kant sob a perspectiva de que ela pode ser entendida como uma semântica do conhecimento objetivo ou semântica transcendental. Em linhas gerais, as tentativas de se estabelecer esse modo de interpretação buscaram construir uma leitura semântico-cognitiva da filosofia transcendental, isto é, entenderam o projeto crítico de Kant como uma semântica que ao mesmo tempo constrói uma teoria da cognição humana e de seu funcionamento interno. Nesse sentido, é possível dizer que Kant teria erigido uma espécie de “gramática da cognição”, a qual conteria uma *sintaxe*, ou um conjunto de operações básicas, baseada em sua concepção da lógica transcendental, e uma semântica, baseada em sua teoria da verdade, referência e significado de maneira geral. O principal objetivo da linha semântico-cognitiva de interpretação da filosofia transcendental foi, quando não compatibilizar, separar totalmente a semântica transcendental de uma possível interpretação psicológica da teoria kantiana do conhecimento, a fim de livrá-la da pecha de psicologismo da qual a acusaram

Moore e outros filósofos de cunho lógico-empirista. Contudo, aqueles intérpretes não puderam prescindir de considerar os elementos da teoria semântica de Kant a partir de sua relação com a teoria das faculdades, contida intrinsecamente como um elemento fundamental de sua teoria, de modo que pensar uma semântica transcendental em termos puramente formais parece ultrapassar os limites da própria intenção teórica de Kant com a KrV. De qualquer modo, é bastante evidente que existe em Kant uma teoria das faculdades, e parece igualmente convincente haver em Kant uma teoria da validade objetiva dos juízos a qual pode ser lida como uma semântica. Logo, passamos brevemente a nos perguntar quais seriam os elementos basilares dessa teoria semântica, assim como qual seria o modo de operação dessa semântica a partir da relação entretida entre as faculdades que compõem a cognição humana.

O primeiro ponto a se explorar deriva da constatação de que Kant concebe três faculdades fundamentais do homem, a *faculdade de conhecer*, a *faculdade de desejar*, e a *faculdade de sentir prazer e desprazer*, as quais cumprem cada uma sua função em relação a uma atividade particular do homem, a primeira relacionada à atividade teórica da razão, a segunda à sua atividade prática, e a terceira à sua atividade estética. Foquemos, nesse momento, na faculdade de conhecer. A faculdade de conhecer (*Erkenntnisvermögen*) seria um título dado para abarcar um conjunto de outras faculdades que comporiam a totalidade da cognição humana, a *razão*, o *entendimento* que equivale à *faculdade de julgar* (determinante), a *imaginação* e a *sensibilidade*. Como bem se sabe, a faculdade de conhecer é posta em ação ao receber o estímulo sensível advindo da experiência, ocasião na qual executa espontaneamente a atividade de síntese do diverso da sensibilidade convertendo-o em representação consciente. Para isso, a faculdade de conhecer se vale de um conjunto de regras subsidiadas pelo princípio superior de síntese, as quais podem ser listadas a partir da análise do entendimento como *apercepção originária*, *tábua dos juízos*, *tábua das categorias*, *esquemas transcendentais* e *princípios puros do entendimento*, enquanto a razão conta com *ideias transcendentais* e *ideais da razão pura*. Esse é o quadro mais geral do modo como Kant listou as faculdades e as regras operacionais dessas faculdades com relação ao ato humano de conhecer.

Nosso ponto de vista é o de que apenas o que aqui estamos chamando de *regras operacionais*, conteriam propriamente a semântica transcendental de Kant, sendo as faculdades a origem e executoras dessas regras. Nesse sentido, a semântica transcendental rigorosamente falando seria composta por *tábua dos juízos*, *tábua das categorias* e *princípios puros do entendimento* ou a *lógica transcendental* como um todo, de modo que o posicionamento epistêmico de Kant no que diz respeito à relação entre sujeito e mundo ficaria delegado à sua

teoria das faculdades, ou seja, ao idealismo transcendental propriamente dito. Por esse ponto de vista, o núcleo da semântica transcendental estaria contido nas regras operacionais, enquanto o idealismo transcendental e com ele a teoria das faculdades serviria como uma espécie de base teórica que serviria para dar coesão a essa semântica enquanto *transcendental*, isto é, que mostra como é possível a obtenção de certos conhecimentos.

O idealismo transcendental serviria como a seguinte asserção de base: só conhecemos das coisas aquilo que nela colocamos, ou seja, só podemos conhecer as coisas enquanto fenômenos. A apercepção originária serviria como o *princípio lógico* basilar da semântica transcendental: todo o diverso das representações possíveis deve reunir-se em um sujeito⁸⁴. Esse princípio lógico dá o significado de uma regra simples para a elaboração de qualquer juízo ou asserção, qual seja, de que é impossível executar qualquer tipo de elaboração como tal caso não seja previamente sintetizado pelo sujeito em que tudo se reúne, ou seja, é impossível haver uma representação qualquer que não seja *para* um sujeito.

Subsidiada por esse princípio supremo de síntese está a teoria geral dos conceitos da semântica transcendental: conceitos são representações universais que servem para reunir diferentes representações sob uma representação comum, isto é, conceitos são como regras lógicas que servem para a composição do múltiplo. Os conceitos podem ser divididos em duas classes, quais sejam, conceitos puros e empíricos, de modo que o conteúdo de ambos é determinado pelo pertencimento a uma das duas classes. A análise de um conceito empírico revela outros conceitos empíricos ou o que Kant chamou de notas características do conceito, enquanto a análise de um conceito puro revela simplesmente a sua unidade sintética formal. Disso se segue a teoria do significado e da referência de Kant: conceitos sem intuições são vazios, intuições sem conceitos são cegas. A referência fundamental de um conceito empírico são os objetos da experiência, enquanto a referência de um conceito puro é sempre uma intuição pura, de modo que os conceitos puros tomados por si mesmo são sempre vazios de conteúdo. O critério basilar de objetividade de Kant, portanto, é que os conceitos se refiram a uma intuição, seja pura, seja empírica.

Como vimos no capítulo 1, a objetividade dos juízos da geometria, por exemplo, está na referência dos seus conceitos a intuições puras, a partir do procedimento de construção. Além

⁸⁴ Explorei detalhadamente a teoria kantiana da apercepção transcendental em minha dissertação de mestrado. Vide: Feitosa, J.R.A. “A teoria kantiana da autopercepção na Crítica da Razão Pura” (2016), onde defendo a tese de que a apercepção originária cumpre uma função meramente lógica na teoria do conhecimento de Kant, e não metafísica ou psicológica /mentalista.

desse procedimento, qualquer outro juízo com intenção de validade objetiva obedece a um sistema de construção geral. Os juízos são formados a partir da síntese entre os conceitos, podendo ser esta síntese pura ou empírica. A síntese empírica dos conceitos tem como produto juízos empíricos, ou *a posteriori*, enquanto a pura, juízos *a priori*. Ora, juízos podem ser analíticos ou sintéticos, de modo que o princípio supremo dos juízos analíticos é o princípio de não contradição e o dos juízos sintéticos é a referência a uma experiência possível. Possível, por sua vez, é qualquer experiência ou representação que possa ser dada segundo as regras que possibilitam a experiência, ou seja, as regras operacionais da semântica transcendental. Disso se segue uma estrutura geral de construtibilidade de juízos acerca da experiência ou para qualquer tipo de representação conceitual.

A semântica transcendental é regida por uma lógica transcendental composta por uma espécie de gramática que apresenta suas regras de composição coerente de juízos baseada na relação entre representação conceitual e referência objetiva. Lembremo-nos de que essa lógica transcendental tem um objetivo claramente definido: determinar a origem, o âmbito e o valor objetivo de conceitos que possam referir-se *a priori* a objetos (A 157). Em um primeiro estágio estão as representações conceituais empíricas, as quais tem sua referência objetiva garantida de maneira imediata, dado que se referem a um objeto da intuição empírica; em um segundo estágio estão as representações conceituais que não se referem imediatamente a uma intuição empírica, mas podem se referir *a priori* a uma intuição pura ou a uma experiência possível, o que garante a elas a possibilidade de dizer algo *a priori* de maneira objetiva acerca de algum aspecto do mundo; e finalmente, em um terceiro estágio estão as representações conceituais que não se referem nem a uma intuição empírica nem a uma intuição pura, para as quais está reservado o conjunto referência formado pelas ideias transcendentais. Assim, a base da teoria da referência da semântica transcendental é resumida na afirmação de que uma formação bem formada de juízos sobre a experiência se dá pela aplicação de representações conceituais a conjuntos-referência compostos por diferentes tipos de intuições que dão conteúdo semântico, isto é, preenchem o significado daquelas representações conceituais. Existem, portanto, três conjuntos-referência básicos para qualquer representação conceitual: 1) intuições puras; 2) intuições empíricas; 3) experiência possível⁸⁵. A essas condições que regulam as relações de referência objetivas existe uma estrutura que pretende resumir as funções lógicas primordiais

⁸⁵ Existe uma séria dificuldade envolvida na assunção da possibilidade de referenciação conceitual à experiência possível, que em grande parte deriva da falta de clareza de Kant na definição de “experiência possível”. No capítulo seguinte, apresentamos de maneira mais detalhada como ela está sendo tomada na presente investigação.

que determinam as regras de boa formação dos juízos e conceitos (tábua dos juízos e conceitos), em referência às quais pode-se avaliar a consistência formal dos juízos e eliminar aqueles mal-formados ou destituídos de sentido⁸⁶, além de um conjunto de princípios que orientam a aplicação efetiva dos diferentes tipos de juízo ao conjunto da experiência (os esquemas e os princípios puros do entendimento).

Note, portanto, que, diante da estrutura que resumimos acima, é possível falar em uma teoria dos conceitos, da referência e do significado que compõem a semântica transcendental, a qual conteria basicamente as consequências que se seguem: 1) Todo juízo analítico, desde que não se contradiga, é tautológico. 2) Juízos sintéticos *a posteriori* são verdadeiros se e somente se não são compostos de conceitos vazios. 3) Juízos sintéticos *a priori* são verdadeiros se e somente se fazem referência a uma experiência possível. 4) Juízos analíticos *a posteriori* não têm significado. 5) Juízos metafísicos têm significado, mas não tem referência. Perceba, portanto, que não basta que um juízo tenha significado para que seja válido objetivamente, isto é, é possível que um juízo seja lógico e gramaticalmente bem formado, porém sem referência, portanto, válido subjetivamente ou no máximo intersubjetivamente⁸⁷.

Neste ponto, gostaríamos de estabelecer uma diferença que é aparentemente contraditória, mas que faz sentido dentro da teoria kantiana do conhecimento objetivo, sobretudo se nos atentarmos à semântica dos juízos de gosto contidos na KU, qual seja, entre validade intersubjetiva e validade objetiva, a qual assentaria basicamente na questão do referente dos juízos. Os juízos válidos objetivamente têm significado, referência e assentimento universal, os válidos intersubjetivamente somente significado e assentimento universal, mas não referência, ficando assim a sua validade restringida ao âmbito daqueles que assentem e à coerência lógico gramatical dos juízos, de modo que jamais obtém uma objetividade irrestrita e universal. Isso é o que propriamente, a nosso ver, diferencia um saber escolar de um saber universal pensado segundo a visão iluminista de conhecimento de Kant. Assim, o assentimento constitui um ponto importante na semântica transcendental de Kant, a qual estudaremos mais detidamente no próximo tópico. Por ora, é importante perceber que a possibilidade de se pensar um juízo exclui a possibilidade de que valha objetivamente, mas não que possa ser concebido intersubjetivamente. Com relação aos conceitos transcendentais, sua validade objetiva assenta

⁸⁶ Veja, por exemplo: Hanna, 2001 p. 123.

⁸⁷ Aqui, a distinção entre validade objetiva e realidade objetiva, apresentadas por Hanna, mostra-se útil para entender a diferença entre a objetividade de um juízo com referente na experiência e a objetividade de um juízo metafísico.

na condição de possibilidade que eles proporcionam para outros conceitos e juízos, de modo que no caso desse tipo de conceitos o referente continua sendo a experiência possível.

Do que foi dito, vale lembrar que, se a lógica geral dá as regras fundamentais do puro pensar, ou as regras lógicas inerentes a qualquer juízo sintaticamente correto, a lógica transcendental, além de pressupor essa lógica geral, também se preocupa com o conteúdo semântico das regras lógicas, entendidas aqui não somente como regras formais dos juízos, mas como condições fundamentais da própria “aplicação” do conhecimento humano ao diverso da experiência, daí que a tarefa de separar totalmente a teoria da cognição de Kant de sua semântica parece ser algo impossível, contudo, mostrar que Kant era contrário a uma psicologização da lógica é algo muito fácil e Hanna conseguiu expor essa característica de maneira muito clara, como mostramos no tópico anterior. O que temos que nos atentar aqui é que se a teoria do conhecimento objetivo de Kant funciona como uma semântica, é possível analisar qualquer juízo que seja formulado por um falante particular e submetê-lo àquelas regras a fim de avaliar a sua objetividade. Assim, qualquer juízo que seja deve se adequar a pelo menos uma ou mais categorias e a pelo menos uma ou mais formas do juízo, o que confere a apoditicidade reivindicada por Kant para as regras formais de sua lógica transcendental⁸⁸.

4.4. Elementos pragmáticos da semântica transcendental de Kant

Como apontávamos no capítulo 1, uma das principais características de um saber que entrou para o caminho seguro de uma ciência está na concordância entre os diferentes colaboradores daquele domínio particular dos saberes. Também apontávamos no tópico anterior a possibilidade de se pensar uma validade intersubjetiva enquanto assentimento universal ou coletivo, indicando assim uma possível dimensão pragmática da semântica transcendental⁸⁹. Mas, seria possível falar em uma dimensão propriamente pragmática da teoria do conhecimento objetivo de Kant? A semântica transcendental dá as regras para a elaboração de juízos ou, se quisermos parafrasear Loparic, “problemas significativos” da razão humana a partir de uma teoria dos conceitos, juízos, referência e verdade, porém, existem ainda fatores complementares que, a nosso ver, podem ser interpretados por um viés pragmático na teoria de Kant. Enquanto

⁸⁸ Até este ponto, essa afirmação continua sendo válida, porém a manutenção dessa validade será avaliada quando tentarmos aplicá-la aos problemas epistemológicos da teoria quântica nos próximos capítulos.

⁸⁹ Um ponto interessante a ser destacado na semântica transcendental de Kant, e que corrobora com uma certa dimensão pragmática do conhecimento objetivo a ser explorada adiante, é que as fórmulas dos juízos de *modalidade* são o único conjunto de fórmulas que dizem respeito à intencionalidade do formulador do juízo, isto é, diz respeito ao modo como os juízos são considerados por aquele que julga, e não ao conteúdo propriamente dito, característica que Kant tratou como o “valor de cópula” entre os juízos.

fatores complementares, eles devem dar subsídio à noção de convicção atrelada à noção de verdade de Kant, bem como à noção de *assentimento universal* apresentada na KU em sua ligação com a faculdade de julgar em seu uso reflexionante. Nesse sentido, haveria na consideração da verdade de um juízo, que aqui equivalemos a um enunciado, uma dimensão intencional do significado pelo falante ou por aquele que enuncia o juízo e por parte dos interlocutores. É preciso, contudo, ter cautela ao atribuir a Kant o comprometimento com teses pragmáticas tais quais o *convencionalismo*, de modo que erigimos nossa chave de leitura como uma hipótese de interpretação a ser testada diante das evidências textuais.

É certo que, sob um primeiro ponto de vista, a característica pragmática do assentimento aparece na obra de Kant de maneira negativa. Lembremo-nos, por exemplo, da passagem dos *Prolegômenos* na qual Kant afirma que “quando o discernimento e a ciência declinam, apelar então, e não antes, para o senso comum, eis uma das sutis invenções dos tempos novos” (Prol AA 04: 11/12) assim como afirmou que “este apelo não é mais do que uma referência ao juízo da multidão, aprovação de que corará o filósofo, mas o engenho popular triunfa e é arrogante” (ibidem). Estas passagens mostram claramente a preocupação de Kant com a possibilidade de um juízo ou pensamento se passar como verdadeiro ou objetivo às custas do apelo popular, o qual, ainda que necessário para a validação objetiva, não é suficiente. Da mesma forma, lembremo-nos de que uma das condições de objetividade de um enunciado é que seja posto a teste público, isto é, apresentado diante do tribunal da razão coletiva (B 779), o qual decide pela veracidade ou não do juízo apresentado. Essa conotação negativa do assentimento aparece de maneira mais evidente na segunda sessão da *Disciplina da Razão Pura*, onde o filósofo trabalha com a noção de uso polêmico da razão, isto é, o uso que dela se faz quando se afirma uma proposição da qual a falsidade não pode ser provada de maneira apodítica, isto é, “defesas de proposições contra as negações dogmáticas das mesmas”. Tal postura em relação ao enunciado consiste em uma espécie de disputa que, segundo Kant, teria a própria natureza ou providência imposto aos homens para fins da correção de seus juízos, de modo que “o que está aqui em litígio não é a coisa, mas o tom. Pois vos resta sempre o meio de falar a linguagem de uma fé sólida, que a razão mais severa autoriza, mesmo quando tendes que abandonar a da ciência” (B 772). Ora, percebam que é bastante evidente nesta passagem que Kant fala primeiramente em um “tom” o qual está em disputa em detrimento especificamente da coisa da qual se fala, e em seguida fala de um “meio de falar a linguagem de uma fé sólida” ainda que tenha que se deixar de lado a ciência. Parece-nos bastante claro aqui que Kant está se referindo a características não conceituais do ajuizamento, isto é, parece se referir claramente ao modo

como o juízo é proferido e não propriamente das regras semânticas segundo as quais adquirem significado. De maneira semelhante, Kant afirmou, se referindo aos partidários do ponto de vista de que Deus não existe como inimigos dos interesses da razão, que se “[...]chamais em socorro o público, que não percebe nada dessas especulações sutis, tornai-vos ridículos” (B 775), denunciando mais uma vez a sutileza envolvida em recorrer ao apelo do assentimento público como recurso para passar um argumento como válido objetivamente.

Ainda nesse tópico da *Disciplina*, Kant afirma haver a natureza implantado no ser humano uma espécie de insinceridade, a qual no fim serviria, como tudo na natureza, para o aperfeiçoamento moral do homem; contudo, quando tal insinceridade se converte em falsidade ou em dissimulação, quando se pretende fazê-lo ao se expressar um pensamento especulativo, a razão nada tem a ganhar com isso, pelo contrário, esconde as imperfeições e falsidades do argumento com um “verniz de evidência” oriundo da vaidade privada, que só favorece àquele que sustenta suas afirmações desse modo. Como consequência dessa postura em relação ao discurso especulativo, as pretensões dos que assim agem “coçam-se com a vaidade dos outros, ajudada pelo consentimento público e as coisas acabam por chegar ao ponto a que as teriam conduzido bem mais cedo a maior sinceridade de espírito e lealdade” (B 777). Este ponto a que Kant alude, é claro, é perceber que nenhum dos dois lados alcançou um conhecimento definitivo acerca do que se especulava. Perceba, portanto, que o apelo ao senso comum aparece em Kant como um artifício negativo para os interesses da razão, como uma característica claramente pragmática da especulação filosófica, pois envolve fatores como a disposição do falante em ser sincero em suas colocações, assim como esse apelo ao senso comum envolve uma escolha ou inclinação dos ouvintes a corresponder com o que é dito.

Além dessas características pragmáticas de assentimento coletivo, senso comum ou apelo popular, e aquelas que envolvem uma certa disposição do falante, como sinceridade e dissimulação, as quais são apresentadas por Kant como prejudiciais à tarefa especulativa da razão, Kant também voltou sua atenção para a questão da *convicção* e da *crença*, características que igualmente fazem parte do domínio pragmático da linguística e da epistemologia. Kant caracteriza a crença ora como persuasão, ora como convicção, sendo que quando a crença repousa em princípios subjetivos, isto é, ligados à natureza do sujeito que julga, ela é considerada como persuasão, e quando repousa em princípios objetivos, isto é, válidos para todos os envolvidos na avaliação do juízo ou situação, então ela é convicção (KrV B 848). A convicção, portanto, faz parte da adesão coletiva a determinado enunciado, juízo, teoria, situação empírica etc., como válido objetivamente, e nesse sentido é que nos referíamos no

título deste tópico a uma dimensão pragmática da semântica transcendental, como um dispositivo auxiliar de validação dos juízos, para os quais a semântica dá as condições formais de validade. De qualquer modo, o critério de referencialidade dos juízos à experiência ou a um objeto consiste no ponto onde os juízos particulares podem ser retificados e torna possível se chegar a uma convicção, não por mera adesão, mas por bom senso. Nesse sentido, a postura especulativa de querer fazer de uma simples persuasão uma convicção consiste num ato igualmente prejudicial aos fins da razão. Note que Kant fala em termos de como o juízo é *considerado* pelo falante, e não que o juízo por si só conteria propriamente elementos formais que garantiriam a sua validade objetiva.

Essas características que denotam uma disposição subjetiva do indivíduo cognoscente em relação ao conhecimento aparecem também no parágrafo segundo da *Antropologia*, onde Kant fala em três tipos de egoístas, o lógico o estético e o moral, sendo o primeiro o que mais nos interessa aqui. Segundo o filósofo, o egoísta lógico “tem por desnecessário examinar seu juízo também pelo entendimento dos outros, como se não necessitasse de forma alguma dessa pedra de toque”(Anth AA 07: 129), ficando claro aqui mais uma vez se tratar de uma *postura* com relação ao conhecimento por parte do sujeito cognoscente, ou seja, evidenciando o ponto em que estamos insistindo, uma dimensão pragmática da teoria do conhecimento de Kant e, mais especificamente, como veremos logo adiante, de sua semântica transcendental. Por ora, tomemos como exemplo dessa característica a leitura da seguinte passagem da *Antropologia* na qual a preocupação de Kant com elementos pragmáticos do conhecimento fica bastante clara:

Precisamente por isso é um *atreuimento* fazer em público uma afirmação contra a opinião geral, mesmo dos entendidos. Tal manifestação do egoísmo se chama *paradoxo*. Não é uma ousadia que arrisca afirmar algo correndo o risco de que não seja verdadeiro, mas de que seja aceito somente por poucos. (Anth. AA 07: 130. Itálicos do autor.)

Aventávamos acima a possibilidade de se falar em uma perspectiva pragmática da filosofia transcendental no escopo dos juízos de gosto os quais Kant explorou na terceira crítica (KU). Contudo, como estamos defendendo a possibilidade de se falar em um conteúdo pragmático da semântica transcendental, é importante ressaltar que o escopo da interpretação semântica não se restringe ao que Kant desenvolveu na KrV. Loparic, por exemplo, estendeu a sua interpretação semântica aos juízos de gosto, bem como a outros domínios da filosofia kantiana, como, por exemplo, a doutrina do direito. Gostaria, portanto, de explicar meu ponto de vista de que existe uma dimensão pragmática da semântica do conhecimento objetivo de

Kant, como disse acima, como um *dispositivo auxiliar* que pode ser exposto a partir da função mediadora que a KU cumpre em relação aos domínios prático e teórico da razão⁹⁰.

Como bem se sabe, Kant delegou a esta última obra a tarefa de avaliar se haveria princípios *a priori* para a faculdade de julgar entendida como uma faculdade autônoma que se situaria entre o entendimento e a razão como uma faculdade mediadora entre essas duas outras faculdades. Assim, se o entendimento é a faculdade de conhecer por via da determinação conceitual do diverso, e a razão é a faculdade de pensar acerca desse diverso, a faculdade do juízo ou faculdade de julgar aparece em Kant como uma faculdade não-determinante, ou seja, meramente reflexionante e responsável por nossos juízos de gosto. Nesse sentido, a faculdade do juízo estaria relacionada com a propriedade do ânimo de sentir prazer e desprazer, não cumprindo assim nenhuma função com relação ao conhecimento de maneira estrita. Contudo, devemos nos ater mais de perto ao significado da função mediadora da faculdade do juízo, sobretudo em relação aos juízos determinantes.

Kant divide a filosofia em duas grandes áreas, a saber, a filosofia da natureza e a filosofia da moral, correspondendo a ambas, respectivamente, os conceitos de natureza e de liberdade e, igualmente, dois domínios no território correspondente ao campo disponível à nossa faculdade de conhecimento (KU AA 05: XVII), o da legislação prática e das inferências a partir de princípios no domínio das ciências da natureza. Existiria, portanto, uma coexistência dos dois tipos de legislação num mesmo campo⁹¹, sem que um domínio intervenha no outro, como mostrou a discussão sobre as *Antinomias* na *Dialética Transcendental*. Nessa parte da KrV, Kant mostrou que existe um conflito em se pensar a liberdade como causalidade livre independentemente da causalidade da natureza, uma vez que como somos coisas pertencentes a ela, devemos estar igualmente submetidos à sua causalidade assim como as demais coisas que fazem parte do conjunto da natureza. A solução de Kant é atribuir à faculdade da liberdade um domínio no campo do suprasensível, de modo que, ainda que em nada alargue nosso conhecimento teórico acerca desse campo, podemos ao menos conhecer que existe de fato uma razão prática que se estende para além da cadeia causal natural. Haveria, portanto, “um abismo intransponível entre o domínio do conceito de natureza, enquanto sensível, e o do conceito de liberdade, com o suprasensível, de tal modo que nenhuma passagem é possível do primeiro

⁹⁰ Tratei desse tema de maneira mais detida em um artigo submetido à revista *Kínesis* (Unicamp). Veja Feitosa, J.R.A (2021).

⁹¹ Kant usa essa metáfora com conceitos da geografia tanto para descrever o alcance dos conhecimentos dos homens na KU, assim como fala em “ilha” e “fronteiras” na KrV.

para o segundo” (KU AA 02: XIX/XX), e daí Kant vê na faculdade de julgar uma potencial passagem para esse “abismo”.

Sob esse ponto de vista, a passagem seria proporcionada por um princípio que permitisse pensar uma ligação entre a faculdade de conhecer e a faculdade de apetição, o qual seria causa do sentimento de prazer e desprazer que o homem experimenta diante da efetividade de determinadas leis que coloca à natureza e a si mesmo, qual seja, o *princípio de conformidade a fins formal da natureza*. Por ora, não nos deteremos aqui numa explicação de como Kant deduziu este princípio para a faculdade de julgar, bastando a nós no momento nos atentarmos à sua definição mais geral, bem como à noção de *necessidade comparativa* associada a esse princípio, pois ali está o viés pragmático que insistimos em apontar.

O princípio de conformidade a fins formal da natureza, em linhas gerais, pode ser entendido como um princípio que apresenta à razão uma espécie de conexão intrínseca na natureza, segundo a qual tudo o que nela acontece se dá segundo fins, isto é, nada ocorreria de maneira aleatória e tudo se passaria “como se” (*als ob*) a natureza e tudo o que está nela contido tivesse sido planejado para que as ocorrências naturais sejam executadas de maneira regular, ou seja, como se uma espécie de inteligência assim tivesse pensado a natureza como um todo em que cada parte corrobora para uma finalidade útil. Nesse sentido, cada elemento da natureza em suas transformações e ocorrências em geral teria a sua utilidade e finalidade pré-determinadas, de modo que nada seria supérfluo ou fora de lugar, ou seja, são *conforme a fins*. Não é difícil perceber como esse princípio serve como bússola orientadora para o conhecimento da natureza, sendo um fator muito presente na cosmovisão moderna e, sobretudo, iluminista, a concepção de que a natureza se regularia tal qual uma máquina, com leis fixas e bem estabelecidas. Assim, o investigador da natureza se depara como uma infinidade de leis empíricas as quais não encontram termo devido a própria infinidade de fenômenos que se apresentam na experiência e suas diferentes conexões causais. Desse modo, a síntese dessas leis em um conjunto a partir do qual o investigador pode pensar uma unidade na natureza é “*pressuposta e admitida*” (KU AA 02: XXXIII), ou seja, a multiplicidade de leis empíricas é sempre contingente por não poderem ser conhecidas *a priori*, portanto, o princípio de conformidade a fins cumpre essa função de fornecer à cognição humana a ideia de uma unidade na natureza.

Mas, particularmente em que sentido esse princípio cumpriria uma função pragmática para a semântica do conhecimento objetivo? A partir do ponto de vista que estamos propondo,

se nos atentarmos ao fato de que a aplicação desse princípio como unificador (não-determinante) de uma multiplicidade de leis empíricas, como as presentes em uma ciência particular, implica num *sentimento de prazer* pela efetividade na execução da lei, percebemos que esse sentimento se apresenta como um elemento não-gramatical, ou não-linguístico, de confirmação da objetividade daquele saber particular. A confirmação de uma lei a partir de um experimento tem a sua objetividade garantida pela efetividade da relação entre juízo e referente, a qual é explicada a partir das regras presentes na semântica transcendental, e igualmente pelas relações de verdade e justificação nela presentes; a essa confirmação se ajunta um sentimento de prazer advindo da faculdade do juízo – a qual é responsável justamente por subsumir o exemplo particular à regra universal – que se apresenta como um indício de *certeza* da efetividade da aplicação da regra, e nesse sentido é que dizemos haver aí um elemento pragmático auxiliar do ato de confirmação da objetividade da regra. Se a natureza em si realmente é regida ou orientada a partir da regra que a ela aplicamos, é algo que está fora da alçada de nossa cognição, mas que podemos assim pensar tendo em vista a realização dos fins teóricos da razão é algo que Kant viu como essencial para a prática científica e cognoscente de maneira geral.

Sob essa perspectiva, poderíamos falar na objetividade de um juízo como se passando em diferentes etapas, sendo a correção lógico-gramatical a primeira, a efetividade da relação entre juízo e referente empírico a segunda, e a terceira o sentimento de prazer advindo da ideia de conformidade a fins formal da natureza que serve como um dispositivo auxiliar às outras duas etapas. Essa característica meramente auxiliar deste princípio, segundo o modo como Kant o pensou, se deve ao fato de que ele cumpre uma função *reflexionante* para a economia da cognição humana como um todo, diferentemente do entendimento que com seus conceitos *determina* a natureza, isto é, a unifica a partir de regras a partir das quais é possível um *conhecimento* dela. Esse princípio pode ser pensado em analogia com a função que as *ideias transcendentais* cumprem para a razão teórica enquanto orientadoras do fim natural de se obter a totalidade das condições para os condicionados, de modo que o princípio de conformidade a fins daria a sensação de que tal totalidade fora alcançada:

Ora, este conceito transcendental de uma conformidade a fins da natureza não é nem um conceito de natureza, nem de liberdade, porque não acrescenta nada ao objeto (da natureza), mas representa somente a única forma segundo a qual nós temos que proceder na reflexão sobre os objetos da natureza com o objetivo de uma experiência exaustivamente interconectada [...] **Daí que nós também nos regozijemos** [...], como se fosse um acaso favorável às nossas intenções, quando encontramos uma tal unidade sistemática sob leis empíricas [...] (KU AA 02: XXXIV. Ênfase nossa)

É exatamente nesse regozijar-se que reside o sentimento de prazer advindo não apenas da descoberta, mas, mais importante do que isso, da *confirmação* da objetividade de um saber, de modo que “a descoberta da possibilidade da união de duas ou de várias leis da natureza empíricas [...] é um prazer digno de nota, muitas vezes até de uma admiração sem fim, ainda que o objeto deste nos seja bastante familiar” (KU AA 02: XL). É importante ressaltar, contudo, que existe uma diferença entre o sentimento de prazer estético, o qual é imediato e ligado à experiência com a coisa, do sentimento de prazer advindo do conhecimento determinado do objeto a partir de conceitos, o qual advém da nossa atividade teórica e que é representado como fim da natureza, e não simplesmente como complacência na forma, como no caso estético (KU AA 02: L).

Sob essa perspectiva Kant afirma que nesse caso em que a conformidade a fins não é produto da mera complacência na forma, a conformidade a fins é tomada como *objetiva*, ainda que essencialmente o domínio estético seja o âmbito principal da faculdade do juízo e que essa objetividade seja meramente formal. Isso quer dizer que, diferentemente de um juízo de gosto, a conformidade a fins objetiva é tomada como válida para mais de um sujeito cognoscente, mas não, como no caso estético, a partir de uma necessidade subjetiva oriunda do *sensus communis* (KU AA 02: 157).

Não é difícil perceber que, a extremidade da “ponte” que relaciona as legislações da natureza e da liberdade voltada para o entendimento como conhecedor determinante da natureza está na crítica da faculdade do juízo teleológica, e esse é o ponto no qual estamos insistindo haver uma função auxiliar em relação à faculdade de conhecimento. Os exemplos utilizados por Kant na KU para exemplificar o princípio de conformidade a fins objetivo da natureza são de caráter matemático, isto é, o filósofo aponta na capacidade de resolução de diversos problemas particulares, presente, por exemplo, nos teoremas e nas regras para a produção de figuras geométricas, como uma fonte de prazer ao sujeito cognoscente ao se observar a efetividade desses princípios na resolução daqueles problemas (KU AA 02: 273).

Diante da distinção entre faculdade do juízo estética e teleológica, devemos esclarecer a diferença entre o princípio de conformidade a fins estético e o teleológico, e apontar qual entre eles cumpriria uma função pragmática auxiliar da faculdade de conhecer. O ponto mais importante a ser destacado aqui é que Kant concebeu uma representação estética e uma representação lógica do princípio de conformidade a fins:

Numa crítica da faculdade do juízo, **a parte que contém a faculdade do juízo estética é aquela que lhe é essencial**, porque **apenas esta contém** um princípio que a faculdade do juízo coloca como princípio inteiramente *a priori* na **sua reflexão sobre a natureza**, a saber, o princípio de uma conformidade a fins formal da natureza segundo as suas **leis particulares (empíricas) para a nossa faculdade do conhecimento, conformidade sem a qual o entendimento não se orientaria naquelas**. (KU AA 02: LI. Ênfase minha.)

Note, portanto, que a parte estética é a essencial numa KU, de modo que a parte teleológica dá o caso particular em que tal regra reflexionante de caráter regulativo se aplica a casos reais, isto é, a objetos do mundo, ainda que de maneira não-determinante, “deixando a critério da faculdade de juízo estética a tarefa de construir no gosto a adequação desse produto (da sua forma) às nossas faculdades de conhecimento” (ibidem), de modo que falar em uma contribuição da faculdade do juízo estética para a faculdade de conhecer não nos parece ultrapassar os limites textuais da filosofia kantiana. Nesse sentido, a faculdade de julgar teleológica se vale de um princípio oriundo da faculdade de julgar estética, com a única diferença que naquele primeiro domínio o princípio é tomado como tendo uma aplicação efetiva no mundo real, ainda que isso de fato não aconteça de maneira determinante. O ponto o qual queremos alcançar com a presente argumentação é que a estética da faculdade de julgar é que dá a contribuição pragmática para a teoria do conhecimento de Kant ou o que aqui estamos tratando como uma semântica transcendental.

Devemos admitir que as noções de *assentimento universal* e *necessidade comparativa* às quais fizemos referência nos parágrafos anteriores dizem respeito ao ajuizamento estético, mas, pelas razões expostas nesse parágrafo, acreditamos ser possível, ao menos analogicamente, comparar esse tipo de necessidade com aquela presente na concordância entre os pares ao se tratar da confirmação da efetividade de um saber empírico. Afinal, em que sentido propriamente Kant se refere a esse tipo de necessidade?

Referindo-se à modalidade do juízo de gosto, Kant estava preocupado, assim como grande parte da tarefa teórica de toda sua carreira, no modo como podemos alcançar a objetividade de um juízo de gosto: segundo o filósofo, por sua natureza não determinante, primeiramente a partir da pressuposição de um sentido comum (KU AA 02: 65); em um segundo passo, porque “conhecimentos e juízos, justamente com a convicção que os acompanha, têm que poder comunicar-se universalmente”, ou seja, a pressuposição de um sentido comum deve ser admitida como “a condição necessária de comunicabilidade universal de nosso conhecimento a qual tem de ser pressuposta em toda lógica e *em todo princípio dos conhecimentos que não seja cético*”. Note que Kant estende a comunicabilidade de nossos

juízos e sua relação com a noção de convicção a todos os conhecimentos, e não exclusivamente aos juízos de gosto, de onde inferimos a noção que aqui estamos tentando apresentar como hipótese de leitura. Um outro fator que destaca o ponto que estamos abordando é que existiria nos juízos de gosto um “*sentimento comunitário*” a partir do qual aquele que profere um juízo de gosto está autorizado a exigir dos interlocutores assentimento universal. Esse sentimento comunitário dá a indicação da existência de uma espécie de “*senso comum*” o qual Kant entendeu como uma pressuposição de que aquilo que ocorre na faculdade de representação de um sujeito humano particular deve se passar também em outro semelhante, de modo a evitar subjetivismos prejudiciais à objetividade dos juízos. Haveria, para o filósofo alemão, algumas máximas que orientam o sentido comunitário não só nos juízos de gosto, mas na atividade cognitiva humana em geral (KU AA 02: 158). Dentre elas, nos chama a atenção a segunda, qual seja, “*pensar pelos outros*”, a qual consiste em “*fazer um uso conveniente*” da faculdade de conhecimento, bem como “*refletir sobre seus juízos de um ponto de vista universal*” (ibidem: 160). Lembremo-nos de que, no que diz respeito aos juízos determinantes do domínio do entendimento, uma das principais características de um conhecimento bem-sucedido objetivamente está na concordância entre os diferentes colaboradores, como dissemos acima, portanto, essa máxima não está restrita somente ao âmbito dos juízos de gosto, como a própria função mediadora da faculdade de julgar indica uma relação entre essa faculdade e a faculdade de conhecer.

Fica evidente, assim espero, que o que foi tratado neste tópico até aqui tenha dado uma indicação de que, ainda que Kant não tenha tratado dos aspectos que aqui apontamos como pragmáticos em relação à sua teoria do conhecimento objetivo de maneira sistemática, podemos dizer que, pela própria função mediadora exercida pela faculdade do juízo, é possível falar numa dimensão pragmática como um dispositivo auxiliar à faculdade de conhecimento, sobretudo no que concerne aos conceitos de *convicção*, *certeza* e *assentimento*, além é claro de noções psicológicas, ou das quais poderia se falar que exigem uma certa “*disposição do espírito*”, como *sinceridade* e *dissimulação*, como apontamos acima. Sobretudo no emprego teleológico do princípio de conformidade a fins, vê-se a utilidade desse princípio da faculdade de julgar para a prática científica como um todo, uma vez que este, como vimos, dá unidade à multiplicidade infinita de princípios empíricos possíveis nas ciências particulares. Por esse viés, a semântica transcendental apresentaria os aspectos lógico-formais, do que e como é possível ao homem conhecer, enquanto a faculdade do juízo, em sua relação com a faculdade de conhecer, daria ao pesquisador a sensação de que as leis que ele emprega no conhecimento da natureza são

efetivamente produto não só do entendimento, mas a confirmação de que a natureza é organizada, o que em suma quer dizer que a natureza é conforme a fins. Nesse sentido, o princípio de conformidade a fins cumpriria uma função semelhante à que cumpre uma ideia transcendental qual seja, servir como um princípio regulativo que orienta a faculdade de conhecer em sua busca por uma unidade completa de seus conhecimentos.

Um outro aspecto importante que o viés pragmático que estamos apontando evidencia é a diferença entre necessidade intersubjetiva e necessidade objetiva a qual apontamos no tópico anterior. A necessidade intersubjetiva é sempre baseada no simples assentimento, o qual não deriva da constatação da efetividade da relação entre juízo e referente, ou “cópula” entre enunciado e o objeto o qual ele denota, ou seja, não assenta na convicção, mas na persuasão, tal qual Kant as entendeu. A necessidade objetiva, por sua vez, primeiro ocorre pela constatação da efetividade da cópula entre enunciado e objeto, e disso deriva o assentimento dos demais, isto é, esse assentimento não deriva da possibilidade de se construir um juízo ou teoria a partir da articulação logicamente coerente dos enunciados para os quais se obtém posteriormente persuasão, mas sim da própria constatação da impossibilidade de refutação do juízo diante da evidência empírica. Assim, duas ou mais pessoas podem estar objetivamente convictas da presença de determinado objeto apresentado em sua sensibilidade, mas não podem estar convictas da existência de uma entidade metafísica, ou seja, nesse último caso, elas só podem estar persuadidas da existência de uma tal entidade e cultivarem a crença coletiva nessa entidade, mas nunca objetivamente convictas. Perceba, portanto, que a noção de certeza e convicção nunca é um fator subjetivo em Kant, isto é, derivado simplesmente da subjetividade do indivíduo cognoscente, ainda que a subjetividade seja sua fonte. O uso público da razão exige não só o compartilhamento dos juízos perante outros sujeitos cognoscentes, mas exige também uma certa *postura* do falante acerca do modo como defende as suas colocações, isto é, se ele as pensa como indubitavelmente corretas independentemente da opinião dos demais, se ele é um egoísta lógico, apresenta um empecilho para o progresso da razão. Nesse sentido, é possível falar, além de uma pragmática do conhecimento objetivo, também em uma espécie de ética do discurso presente em Kant, a qual consiste em sua principal crítica ao escolasticismo de sua época como uma tendência a conceder objetividade aos conhecimentos pelo mero assentimento.

No capítulo 5, abordaremos o modo como acreditamos ser possível que esse dispositivo pragmático auxiliar ao domínio determinante do conhecimento teórico kantiano possa servir como um caminho para uma avaliação transcendental do problema da objetividade da teoria

quântica, especificamente em relação ao problema comunicacional. Por ora, o presente tópico buscou apresentar esse viés interpretativo de modo a destacar que é possível pensar essa dimensão pragmática associada à semântica transcendental, e como ela contribuiria para a economia total da tarefa teórica da razão em Kant. Passamos agora a apresentar uma hipótese de aplicação da semântica transcendental em relação ao aspecto formal do problema da objetividade da teoria quântica.

5. SEMÂNTICA TRANSCENDENTAL E O PROBLEMA DA OBJETIVIDADE NA TEORIA QUÂNTICA

5.1. Semântica transcendental e teoria quântica

Buscamos explorar no capítulo 3 o problema da objetividade na teoria quântica em seus diferentes aspectos, e no capítulo 4 expusemos em linhas gerais as principais características da leitura semântica da filosofia transcendental. Um primeiro aspecto no qual apoiamos nossa defesa de uma aproximação possível da semântica transcendental está em sua capacidade em lidar com duas principais críticas, oriundas sobretudo de filósofos de inclinação analítica, associados a estudos de cunho lógico-linguístico, como por exemplo os assim chamados empiristas lógicos ou positivistas lógicos: a primeira, relacionada à teoria kantiana dos juízos, assevera que essa teria seria de caráter metafísico, portanto, em muito apartada de uma análise puramente linguística dos juízos e das relações de significado envolvidas em nossa prática linguística; a segunda, de que Kant teria, com sua teoria das faculdades, incluído na análise dos juízos, proposições, conceitos, etc. uma teoria do sujeito, portanto, introduzido discussões e teses de caráter puramente psicológico num âmbito de discussão que deveria ser de caráter puramente lógico-linguístico. Ao mostrar a origem seminal das discussões acerca da linguagem, das relações de verdade e justificação e da objetividade do discurso em Kant, a leitura semântica da filosofia transcendental foi capaz de dirimir as acusações de psicologismo e de comprometimento com teses metafísicas na teoria do conhecimento de Kant, ainda que haja ali uma clara relação com uma teoria das faculdades e da cognição. Essa leitura, portanto, habilita uma retomada da filosofia transcendental para lidar com problemas linguísticos e epistemológicos vigentes no cenário filosófico do início do século XX.

Um outro aspecto importante diz respeito à possibilidade de se pensar uma semântica não realista (não extensional) e não puramente formal diante da falha de empreitadas lógico-empiristas na tentativa de uma fundamentação puramente lógica do discurso, e dos novos aspectos não-formais e de igual importância para esse discurso, expostos a partir da “virada pragmática” da filosofia da linguagem contemporânea. Ao levar em consideração o papel do sujeito para a totalidade da economia do conhecimento objetivo, a semântica transcendental lida não somente com o caráter objetivo das regras lógico-formais que estabelecem o discurso coerente, mas também com as regras intersubjetivas que constituem as condições mínimas para o emprego da cognição humana no conhecimento, sem que com isso se envolva com teses de cunho psicológico.

Como buscamos mostrar no capítulo 3, o problema da objetividade na teoria quântica resumiu-se em três aspectos principais interrelacionados: a dependência do contexto experimental na manifestação das propriedades físicas observadas trouxe a questão acerca da pertença ou não de tais propriedades à entidade quântica estudada de maneira independente do contexto experimental, isto é, pertenceriam tais propriedades à entidade quântica inobservada? Mostramos haver sérias dificuldades inerentes à adoção de posições epistemológicas clássicas suscitadas pela colocação desse problema, haja vista os teóricos de Copenhague, por exemplo, mostrarem contrariedade à adoção dessas posições diante da inediticidade do contexto experimental e teórico da física à época. Se, por um lado, a dependência do contexto experimental parece apontar para um inalienável papel do sujeito na determinação dos fenômenos, o que indicaria uma guinada ao idealismo, de outro, o sucesso na determinação de propriedades objetivas das entidades quânticas, como na elucidação da estrutura atômica, parecia apontar a pertença objetiva daquelas propriedades, ou seja, corroboraria para um posicionamento realista com relação às propriedades físicas descritas pela teoria quântica.

Nesse ponto, diante da dificuldade em se estabelecer um posicionamento fixo a favor de um dos dois lados, parece uma alternativa mais viável entender o levantamento desses problemas como uma questão de linguagem, isto é, de comunicação dos eventos experimentais de maneira inambigua, como quis apontar Bohr ao estabelecer o princípio de complementaridade como condição para um relato inambíguo dos experimentos. Sendo, por esse ponto de vista, uma questão linguística ou de comunicação, em detrimento de uma tentativa de estabelecimento da essência do fenômeno quântico propriamente dito, existe lugar para se pensar as relações de verdade, significado, referência, e os critérios pragmáticos na atribuição de validade objetiva na comunicação dos resultados experimentais em teoria quântica, a partir de uma semântica que, pelas características descritas acima, não pode ser de caráter puramente formal. É nesse sentido que, assumindo alguns pressupostos de base, a semântica transcendental possa servir como um ponto de vista possível para se avaliar o problema da objetividade na teoria quântica.

Retomemos, portanto, esses pressupostos de base, os quais, é importante salientar, tomamos da leitura semântica de Zeljico Loparic⁹². O primeiro deles consiste na recusa em

⁹² Com exceção do aporte pragmático que trazemos à semântica transcendental, é importante destacar que estamos aqui aceitando como assertiva e profícua a tese semântica de Loparic, a quem pertence todo o mérito de elaborar a teoria completa do significado de Kant em seus diferentes aspectos. Contudo, não queremos comprometer o filósofo com nenhuma das teses aqui defendidas, das quais o professor Loparic pode até mesmo discordar. Veja, Loparic, Z. 2002. Para mais detalhes, consulte a bibliografia.

aceitar a possibilidade de que os princípios segundo os quais a pesquisa científica opera sejam de caráter puramente lógico-matemáticos, ou seja, a atribuição de objetividade aos enunciados científicos não se esgota em sua fundamentação formal. Nesse sentido, o problema da fundamentação filosófica do conhecimento científico leva em consideração o papel da cognição humana como fator constituinte inalienável para a pesquisa científica, o que consiste numa tese kantiana acerca desse tipo de conhecimento. O segundo pressuposto consiste em interpretar que a assunção do primeiro não significa aceitar que Kant teria, na KrV, erigido uma teoria da subjetividade ou da representação mental, mas sim uma *teoria do significado objetivo* de cunho transcendental, isto é, que versa acerca das condições de possibilidade desse significado *antes* de se referir diretamente aos objetos de investigação. O terceiro, por fim, consiste em entender que o primeiro e o segundo pressupostos fazem parte de uma semântica de cunho *construtivista* em detrimento de uma semântica de cunho *realista*, a qual se destaca desta última, como apontou Loparic, a partir da noção de *interpretação*. Nesse sentido, interpretar significa tanto *associar* conceitos já formados com objetos, como *gerar* um objeto que satisfaça as condições de um conceito a partir do procedimento de construção⁹³.

Assim, a semântica transcendental de Kant tem por um lado uma *teoria do significado e da referência* baseada em seu conceito de construção, e por outro uma *teoria da verdade* que se apoia em um conjunto de princípios *a priori* contidos na *analítica transcendental*. Segundo a leitura de Loparic, portanto, a semântica transcendental é um *programa de pesquisa científica* que consiste numa “teoria a priori da interpretabilidade das representações discursivas que compõem proposições sintéticas sobre representações intuitivas”. Esse programa de pesquisa científica, em acordo com o primeiro pressuposto, assume a razão humana como direcionada à resolução de problemas cognitivos fundamentais, sendo a KrV, portanto, segundo a leitura de Loparic, uma teoria da solubilidade desses problemas⁹⁴: como Kant baseou-se na eficácia heurística da física newtoniana e da geometria euclidiana, o principal requisito de solubilidade de um problema fundamental da razão seria a *referenciação* dos enunciados sobre esses problemas à *experiência possível* (2002 p. 18). O cerne da nossa defesa de uma aplicação da semântica transcendental, do ponto de vista da fundamentação formal da satisfatibilidade de proposições acerca do contexto experimental na pesquisa científica está nessa noção de

⁹³ Na seção 1.2 exploramos o conceito de construção em Kant e como ele se aplica à geometria euclidiana.

⁹⁴ Lembre-se, por exemplo, dos fins teóricos da razão e do papel das ideias transcendentais para a totalidade do conhecimento empírico, expostos na Dialética Transcendental.

referência à experiência possível, portanto, buscaremos a caracterizar mais precisamente no que se segue.

A validade objetiva de um conceito, segundo a leitura semântico-transcendental de Loparic, é assegurada por sua *sensificação* ou interpretação sensível, isto é, por um lado, a partir da associação dos conceitos a exemplos na experiência, pertencentes ao domínio dos objetos empíricos possíveis, e por outro, a possíveis constructos na intuição pura, como se observa no caso da geometria. Note que a validade objetiva de um conceito envolve o ato espontâneo de construção pelo sistema cognitivo humano, o qual “gera, a partir de operações, todos os membros de ambos os domínios, dos constructos e dos exemplos”, ou seja, a validade objetiva obtida a partir da interpretação sensível dos conceitos envolve a associação desse conceito a uma *intuição possível*, que pode ser tanto um constructo esquemático quanto um exemplo empírico. Perceba que a semântica transcendental não adota uma tese da *referência direta* das proposições a objetos da experiência, isto é, a preenchibilidade do significado objetivo de um conceito não se dá por sua referenciação imediata à intuição empírica, mas sim de maneira mediata, isto é, a partir de esquemas e exemplos, os quais tem uma contraparte *gerada* pelo aparato cognitivo humano, e é justamente este aspecto que diferencia a semântica transcendental de uma semântica puramente formal. Na semântica transcendental, “a teoria do objeto faz parte da teoria do significado e da verdade, e não do mundo ou das coisas elas mesmas” (2002 p. 135) isto é, a relação de referência entre o conjunto de nossas representações e algo em geral não é algo fora da consciência, mas um produto de nosso próprio sistema cognitivo (2002 p. 121). Portanto, a teoria do objeto da semântica transcendental, de acordo com a diferença entre os domínios de sensificação dos conceitos, concebe uma distinção entre *objetos possíveis* e *objetos efetivos*, sendo os primeiros “meramente possíveis ou vazios”, cuja possibilidade assenta em sua construtibilidade, e os segundos “sensações acompanhadas de consciência”.

Existe ainda a distinção, presente na própria semântica kantiana, entre *possibilidade lógica* e *possibilidade real*, que afirma uma independência entre condições lógico-formais e condições materiais para a validação objetiva de conceitos, ou ainda, para tornar o conteúdo dos conceitos *objetivamente real*. Outra distinção importante, tomada da semântica transcendental de Loparic, entre *problemas objetuais* e *problemas sistêmicos*, nos permite situar inicialmente o problema geral da objetividade na teoria quântica como pertencente à ordem dos problemas objetuais, mais especificamente à classe dos problemas de caráter tanto matemático quanto empírico, ou seja, acerca de objetos da experiência, por um lado, e da deficiência na

determinação de propriedades extensionais e intensionais relativos à representação figurativa de grandezas, por outro. Aventamos a possibilidade de aplicação da diferença entre *objetos possíveis* e *objetos efetivos* ao problema objetual da teoria quântica, mostrando que, por cumprirem diferentes regimes de verificação, estariam relacionados a critérios formais de possibilidade igualmente diferentes.

Disso se segue que a noção kantiana de objeto envolve uma semântica construtivista na qual o aparecimento é tomado como uma construção que é produto de operações cognitivas a partir de *regras de produção empírica* que dão as condições universais de construtibilidade de objetos. Aqui, aparece na leitura semântica de Loparic um ponto muito importante para a associação que estamos tentando fazer na presente investigação: a noção de *objeto sensível*, tomada segundo a lógica da referenciação da semântica transcendental, é entendida como uma “classe aberta de aparecimentos construtível por meio de operações executadas de acordo com uma regra geral”, ou seja, “extensões abertas de aparecimentos reproduzíveis por um procedimento geral”. Note, portanto, que a sensificação de um enunciado a fim de torná-lo válido objetivamente ou significativo, sob o ponto de vista da noção de referenciação *a priori* à experiência possível, não envolve a referência a um objeto empiricamente dado, mas sim à *regra de construção* desse objeto numa intuição possível, regra a qual é expressa no próprio conceito subjacente ao enunciado como uma *classe aberta* ou *extensões abertas* de aparecimentos. Nesse sentido, seria preciso avaliar a validade objetiva do conteúdo proposicional de asserções acerca de entidades quânticas, diante do problema da realidade objetiva dos atributos e do problema do contexto experimental em geral, sob a perspectiva de sua referenciação à experiência possível e a objetos possíveis, isto é, *ainda* não efetivos.

A cópula entre enunciado e referente em um enunciado empírico envolve a sensificação dos conceitos ali presentes a partir de exemplos na experiência, ou seja, “a definição kantiana de conceito de experiência pressupõe os perceptos já construídos” (2002 p. 137); a mesma cópula com relação a enunciados *a priori* ocorre a partir da sensificação dos conceitos ali presentes a partir da construção ou geração do objeto numa intuição pura, ou seja, não diz respeito à referenciação direta a um objeto previamente construído. Essa noção de classe aberta está claramente presente na teoria kantiana dos esquemas transcendentais, isto é, o esquema é uma “condição formal e pura da sensibilidade” o qual é distinto da imagem por não ter por objetivo uma intuição singular, ou seja, é a “representação de um processo geral da imaginação para dar a um conceito a sua imagem” (B 179). A semântica transcendental, sob esse aspecto

de sua teoria da verdade e da referência, aparece, portanto como uma espécie de teoria semântica metateórica do significado.

A partir das asserções acima, problemas como o da dualidade onda-partícula só podem ser adequadamente tratados sob a ótica da filosofia transcendental caso haja uma devida separação entre problemas de ordem lógico-formal e problemas de ordem ontológica ou epistêmica. Nesse sentido, por exemplo, se, do ponto de vista lógico, um elétron não poderia ser considerado, sem contradição, onda e partícula ao mesmo tempo, então, a falta de validade lógica dessa proposição não só invalidaria a teoria do elétron como também implicaria a inexistência efetiva do elétron. Ora, isso significa justamente transferir o problema lógico da contradição para o problema ontológico da existência, ou ainda, admitir que regras lógicas são capazes de determinar a possibilidade ontológica. Nesse contexto, devemos nos perguntar, em que medida a contradição lógica implica na impossibilidade da existência de determinado atributo ou entidade ou na invalidade de determinados enunciados acerca deles. Além disso, devemos nos perguntar também em que medida é necessário corresponder com as demandas cognitivas clássicas diante do caráter não clássico da experimentação quântica, ainda que a comunicação dos resultados tenha que ser feita em linguagem usual. Nossa aposta é que uma teoria transcendental do significado poderia ser capaz de compatibilizar os dois âmbitos do problema, porém, caso o limite desses âmbitos esteja bem determinado.

Procedamos com a análise do seguinte juízo: “o elétron é onda e partícula”. Sabemos que essa afirmação é fonte de um dos principais problemas epistemológicos da mecânica quântica por indicar uma possível contradição inerente à interpretação e descrição dos principais experimentos de difração e detecção do elétron⁹⁵. De um ponto de vista lógico, o problema consiste basicamente na atribuição de predicados contrapostos a um mesmo objeto, ao mesmo tempo. Contudo, é preciso notar que *contraposição* é um conceito que exprime um significado diferente de *contradição*. Nesse sentido, tomando o predicado “onda” como ‘A’ e “partícula” como ‘B’, não existe contradição em dizer que o elétron é A e B, pois não há nenhum meio de inferir que B é igual a $\sim A$, ou seja, são predicados contrapostos, mas não contraditórios.

Com efeito, se tomarmos o juízo acima como *problemático* no sentido kantiano, isso significa que não há uma contribuição para o conteúdo do juízo, de modo que se atribui à

⁹⁵ Note que essa afirmação (muito utilizada para fins didáticos na explicação da estranheza da mecânica quântica frente a demandas lógicas tradicionais) ilustra um problema mais significativo do que a contradição lógica, que diz respeito a diferentes resultados experimentais a depender da configuração experimental adotada. Porém, convém neste ponto que o analisemos de um ponto de vista lógico.

afirmação ou à negação um valor apenas possível, ou seja, o elétron é tomado na afirmação acima *possivelmente* como A ou como B. É certo que isso não resolve a questão acerca de se o elétron é A ou B, mas transpõe o problema para o nível modal da possibilidade lógica, isto é, é logicamente possível afirmar que ele seja um dos dois a depender de seu comportamento experimental. A questão aqui, portanto, é que a possível contradição lógica não exclui a possibilidade lógica da existência de uma entidade. É claro que para Kant a possibilidade entendida como um *postulado*, isto é, uma explicação da categoria de possibilidade que, por sua vez, nada acrescenta ao conceito do objeto, é um princípio que regula a investigação empírica do entendimento e que postula a necessidade de que o conceito para o qual se avalia a possibilidade esteja de acordo com as condições formais da experiência. Contudo, o ponto para o qual estamos chamando atenção é que a condição lógica não é condição suficiente para se atestar a possibilidade do objeto. Vejamos o que Kant afirma a respeito deste tópico:

É certo que **é condição lógica necessária**, que tal conceito não encerre contradição, **mas não suficiente**, longe disso, **para constituir a realidade objetiva do conceito**, isto é a **possibilidade de um objeto** tal qual é pensado pelo conceito (KrV B 268. Ênfase minha.)

O exemplo dado por Kant é o da construção de uma figura formada por duas linhas retas, construção proibida segundo as regras da geometria euclidiana. Ora, o fato de que duas linhas retas não podem formar uma figura não resulta de uma contradição, pois o conceito de “linha reta” e de “contorno” dessas linhas não contém a negação do conceito “figura”, assim como é o caso de “onda” não conter a negação de “partícula”, isto é, não é o caso que $B = \sim A$. Nesse sentido, “a impossibilidade não assenta no conceito em si mesmo, mas na sua construção no espaço, isto é, nas condições do espaço e sua determinação” (ibidem). Sob essa perspectiva, a condição espacial impeditiva para se pensar a possibilidade do conceito de elétron seria seu comportamento espacial ao mesmo tempo corpuscular e ondulatório, portanto, uma condição que não é lógica. Esse caso é diferente, portanto, da classe de conceitos para os quais, embora não exista contradição, não há a possibilidade de se reivindicar realidade objetiva, haja vista “assentarem sobre a experiência e suas leis conhecidas” (B 278). No exemplo que estamos abordando, existem leis que descrevem muito bem o comportamento ondulatório, assim como são capazes de determinar o comportamento corpuscular no âmbito da física clássica, de modo que o problema diz respeito ao modo como o fenômeno se apresenta na experimentação.

Avancemos um pouco mais nos princípios da semântica transcendental e atentemo-nos ao “*esquema da possibilidade*”, o qual consiste num “acordo da síntese de representações diversas com as condições do tempo em geral” e notemos que a existência sucessiva de

contrários não invalida a possibilidade da existência de uma coisa, o que é o caso experimental representado pelo juízo acima acerca do comportamento experimental do elétron. Além disso, devemos nos atentar ao fato de que na semântica transcendental o princípio de contradição tem sua validade como princípio direcionada aos juízos analíticos do tipo $A=A$, de modo que “pertence unicamente à lógica, porque só vale para conhecimentos considerados simplesmente como conhecimentos em geral, independentemente de seu conteúdo”(KrV A 151), o que não é o caso do juízo acima, o qual se enquadra na classe dos juízos sintéticos *a priori*, dado que atribui a um sujeito um predicado que não está nele contido e que não pode ser dele extraído de maneira analítica e que está nitidamente dizendo respeito ao conteúdo representacional ao qual o juízo faz referência. O princípio de contradição, segundo Kant, “não é um fundamento determinante da verdade do nosso conhecimento”, ou seja, ele nada diz sobre a verdade do conhecimento sintético. Este último, por sua vez, é determinado pelo princípio supremo dos juízos sintéticos, o qual afirma que “as condições de possibilidade da experiência em geral são, ao mesmo tempo, condições de possibilidade dos objetos da experiência e têm, por isso, validade objetiva num juízo sintético *a priori*” (B 197). Note, portanto, que, pelo fato de nos juízos sintéticos a cópula entre sujeito e predicado se dar de forma que o segundo é algo totalmente diverso do que é pensado no primeiro, essa relação nunca é nem de identidade nem de contradição (B 194).

Nesse sentido, a noção de *experiência possível* pode ser bastante útil para se avaliar o caráter probabilístico das descrições formais em teoria quântica. A princípio, podemos perceber que a experiência possível é o conjunto em que todas as nossas representações estejam contidas, isto é, esse conjunto deve incluir também os predicados contraditórios acerca dos objetos possíveis. Um objeto possível, portanto, é aquele que é concebível enquanto estando de acordo com as condições de possibilidade da experiência em geral, de modo que tanto o predicado ‘A’ quanto o ‘B’ estão de acordo com a experiência possível, uma vez que a sua atribuição *a priori* a um mesmo objeto não é contraditória e nem regida pelo princípio de contradição. Assim, tanto as afirmações acerca do aparentemente contraditório caráter dual do elétron quanto o caráter probabilístico dos atributos parecem ser compatíveis com a teoria da referência presente na lógica transcendental. O mesmo não acontece caso tomemos possibilidade lógica como possibilidade real, dado que esse posicionamento implica na impossibilidade ontológica como derivada da incoerência lógica.

Como nos mostra Loparic (2002 p. 22), assim como a possibilidade de conceitos é assegurada por sua referência, seja ao conjunto das intuições puras, seja ao conjunto dos objetos

possíveis, a possibilidade de um objeto, por sua vez, deve satisfazer ou condições conceituais ou condições intuitivas, de modo que o objeto deve ser “construtível, sintetizável ou exibível na intuição pura ou empírica”. Note que esse é um critério de significatividade acerca dos juízos sobre objetos possíveis, e não uma condição ontológica ligada à possibilidade da existência do objeto. Um objeto possível, portanto, pode ser concebido sem que se apresente atualmente numa intuição, ou seja, “não se deve confundir objetos possíveis com objetos efetivos” (ibidem), como é o caso de objetos matemáticos. Ora, não é exatamente esse o caso quando falamos de algumas propriedades ou atributos quânticos? Se tomarmos o caso da experimentação com elétrons, podemos dizer que essa entidade quântica é um constructo matemático, o qual é um objeto possível, mas que passa a ser um objeto efetivo quando altera as propriedades do aparato de medição. O nosso ponto aqui é que o problema da dualidade onda-partícula, portanto, é igualmente dual do ponto de vista lógico e epistemológico, pois diz respeito tanto à coerência lógica quanto à possibilidade de existência ou realidade objetiva dos fenômenos. Assim, se tomarmos contradição lógica como impossibilidade ontológica o problema da dualidade onda-partícula parece longe de chegar a um ponto de dissolução.

Portanto, diante de problemas como o da dualidade onda-partícula, a filosofia transcendental de um ponto de vista semântico pode contribuir para uma avaliação epistemológica da relação entre contradição lógica e possibilidade ontológica a partir das seguintes constatações: 1) o pressuposto lógico-formal não é condição suficiente para se atestar a possibilidade de um objeto ou de um atributo dele; Isso implica imediatamente que: 2) de um ponto de vista modal, a existência sucessiva de contrários não invalida a possibilidade da existência de algo ou de um atributo desse algo; e o mais importante, que: 3) a possibilidade de referenciação de juízos ao conjunto da experiência possível isenta o ajuizador da necessidade de apresentação imediata do referente numa intuição, isto é, a validade de um juízo com referência na experiência possível pode ser atestada pela simples referência às condições da experiência.

Em linhas gerais, essas três constatações nos indicam que as condições de possibilidade da experiência, justamente por não serem condições lógicas no sentido clássico⁹⁶, permitem-nos aventar a possibilidade real de um objeto ou atributo, ainda que este se apresente como conceitualmente contraditório. A impossibilidade da existência de um círculo quadrado,

⁹⁶ Ou seja, trata-se de uma *lógica transcendental*, a qual se ocupa de uma análise da própria faculdade do entendimento, e não apenas da exposição das regras formais da lógica geral.

portanto, não se deve ao caráter oposto das definições de ‘círculo’ e ‘quadrado’, mas sim do fato de que não é possível referenciar um juízo como “há círculos quadrados” a nenhum dos conjuntos-referência apontados acima. É justamente nesse sentido que Kant chamou atenção para a necessidade de uma formulação do princípio de contradição a partir das relações de tempo. Caso sejam tomados “ao mesmo tempo”, predicados contrários são contraditórios; ausente essa condição, são apenas contrapostos. Nesse ínterim, devemos salientar que, diante da diferença entre as condições que asseguram a possibilidade de um conceito e as que asseguram a possibilidade de um objeto segundo a teoria do significado da lógica transcendental, o comportamento do elétron é coerente tanto com as condições conceituais quanto com as condições intuitivas de sua possibilidade, haja vista tanto a consistência teórica do formalismo matemático em sua descrição, quanto as inúmeras evidências empíricas dadas na experimentação e aplicação das teorias.

A partir dos pressupostos apresentados acima, bem como de sua aplicação ao problema pontual da dualidade onda-partícula, podemos admitir que não é necessário tratar o problema da objetividade em termos da essência do fenômeno quântico, mas das condições para uma comunicação coerente e inambigua dos resultados experimentais, isto é, eles podem ser tratados via semântica. Diante do impasse epistemológico resultante do problema da medida, não há que se avaliar as condições de significabilidade das proposições sobre os eventos quânticos tomando o conteúdo proposicional dos enunciados como representações de propriedades pertencentes à própria entidade quântica de maneira independente, ou seja, a partir de uma teoria da referência direta dos enunciados à experiência empírica. O regime de validação de enunciados presente na teoria do significado da semântica transcendental, isto é, a sua teoria da verdade e da referência, permite pensar a formação bem formada de enunciados antes que seja dada uma experiência concreta à qual se refiram. Essa parece ser a situação dos enunciados em teoria quântica, haja vista a dificuldade em se falar em um “objeto quântico”, diante da situação experimental recalcitrante.

Se a teoria da referência da semântica transcendental exige o “preenchimento” do significado por construção no caso de problemas acerca de objetos matemáticos, e se esse é o caso acerca das proposições sobre os objetos em teoria quântica, deve ser possível falar em uma *construção na experiência possível*. Perceba que, sob este ponto de vista, a separação entre possibilidade lógica e possibilidade real ou empírica alcança uma maior completude de significado, uma vez que ambas as demandas são tomadas de um ponto de vista *potencial*, ou, se quisermos nos valer da terminologia kantiana, *esquemático* ou *monogramático*. Sob esta

perspectiva, portanto, teríamos um *caráter potencial da referência objetiva dos juízos* ou proposições, de modo que a “preenchibilidade” de seu significado seria alcançada não por uma relação de referência direta aos referentes quânticos, mas sim por uma legitimação dos procedimentos em relação às regras da semântica transcendental para a construtibilidade de um objeto possível, quais sejam, a dadibilidade numa intuição e a determinação categorial, sempre com a ressalva de que existe uma clara diferença entre objetos possíveis e objetos efetivos, pois, dada essa diferença, desfaz-se a invalidade das condições formais em relação às limitações impostas pela teoria quântica, as quais só se colocam caso elas sejam tomadas como condições de objetos efetivos.

Quando se afirma que a situação experimental da nova física prova que aquelas condições formais não possuem mais validade objetiva, faz-se pela perspectiva da experiência concreta. Nossa perspectiva é que sejam avaliados do ponto de vista do preenchimento de seu significado. Sob uma perspectiva semântica, portanto, o problema se volta não para a construtibilidade de objetos, mas para a construtibilidade de proposições ou juízos acerca dos objetos. O problema acerca da construtibilidade de objetos empíricos foi separado dos requisitos puramente lógico-formais que orientam a construção proposicional, de modo que as condições transcendentais de conformação deveriam ser levadas em conta ao se avaliar a possibilidade do objeto enquanto fenômeno. Contudo, essa perspectiva padecia com a crítica da validade dos princípios *a priori* kantianos diante da nova situação experimental. Agora, a possibilidade de objetos efetivos é separada da possibilidade de objetos possíveis, de modo que a validade objetiva das proposições é avaliada de acordo com as regras de referência a este conjunto-referência e não à experiência imediata. Avalia-se, portanto, as proposições de acordo com as condições para a formação bem formada de juízos acerca dos objetos, e não da formação dos objetos eles mesmos.

A construção de objetos efetivos está condicionada às formas puras do entendimento e da sensibilidade, a construção de juízos acerca de objetos possíveis está condicionada à referência desses juízos àquelas formas que, nesse caso, não resultam na construção efetiva de um objeto e mesmo assim tem sua objetividade garantida. Essa situação é diferente da exigência de que os princípios correspondam a uma situação experimental recalcitrante. Tanto a construção de objetos efetivos como a projeção de objetos possíveis são de cunho idealista, e nesse sentido, com as devidas restrições, a teoria da referência da semântica transcendental compatibiliza as duas classes de problemas. A seguinte passagem de *A semântica*

transcendental de Kant, de Loparic, nos dá uma excelente dimensão acerca da proposta aqui apresentada:

A relação de referência de um conjunto de representações a um algo em geral não deve ser pensada como constituída por algo fora de nossa consciência. A única teoria correta consiste em dizer que **a referência é um produto do nosso sistema cognitivo**. [...] Esse tipo de unidade de aparecimentos, por depender de uma operação sem fim determinado, **representa, de fato, o conceito crítico de um objeto sensível ainda não determinado**, isto é, uma incógnita do entendimento (Loparic, 2002 p. 122).

Loparic defende essa concepção da relação de referência em Kant a partir da noção geral de *objeto transcendental*, o qual seria, em última instância, a consciência de uma função de síntese expressada nas regras que dão unidade aos aparecimentos. Nesse sentido, o objeto transcendental seria uma espécie de referente universal indeterminado, ou “*o pensamento indeterminado de algo em geral*”. O objeto sensível, por sua vez, seria “uma classe aberta de aparecimentos construtível por meio de operações executadas de acordo com uma regra geral” (Loparic, 2002 p. 122). Trata-se, portanto, das condições transcendentais de construtibilidade de um objeto, e não da relação entre representação mental e correlato objetual externo. O que, a meu ver, Loparic parece apontar aqui é que as incógnitas transcendentais relativas a objetos teóricos geram problemas insolúveis caso sejam considerados como objetos apartados da relação que entretêm com o entendimento. Essa dimensão idealista da teoria da referência da semântica transcendental permite-nos visualizar a noção de *construção potencial* como uma operação do entendimento que consiste na referenciação de suas regras não a um objeto dado imediatamente numa intuição, mas a um *referente universal indeterminado*.

Desejamos, portanto, obter informações acerca de eventos que não são dados numa intuição imediata, ou que não se conformam às leis físicas corriqueiras. Contudo, sabemos que tais eventos ocorrem empiricamente, portanto, devem ser dar de acordo com as regras gerais de dadibilidade de objetos à cognição humana. Apesar dessa condição, esses eventos parecem não corresponder com algumas daquelas regras fundamentais, como por exemplo uma descrição ao mesmo tempo causal e espaço-temporal dos eventos quânticos. Porém, isso não quer dizer que os juízos ou proposições expressadas nas teorias sobre aquele objeto sejam inválidas, haja vista sobretudo a coerência do formalismo matemático que versa sobre os eventos. Transfira-se então a avaliação da validade dos princípios a um outro nível, em que os atributos revelados pelo formalismo são potenciais (no sentido kantiano), nos quais não se pretende um adiantamento de tais atributos, mas a atribuição provável deles sob determinadas condições que correspondem às regras de dadibilidade de objetos efetivos: teríamos então um regime semântico diferenciado no qual a validade objetiva da aplicação da regra não seria avaliada pensando-se na

correspondência de um correlato material com regras próprias, capazes, portanto, de invalidar representações ou regras conceituais “inadequadas” à situação experimental, mas na construtibilidade dos atributos em uma experiência possível. A correspondência com as regras que tornam possíveis juízos acerca de atributos potenciais passam a valer quando um *objeto possível*, ou algum desses atributos, vem a ser um *objeto efetivo* para a cognição humana; antes disso, ele seria ou um *objeto concebível* ou um objeto transcendental.

Concordamos com Loparic quando ele afirma que “*em Kant, a teoria do objeto faz parte da teoria do significado e da verdade, e não do mundo ou das coisas elas mesmas*” (Loparic, 2002 p. 135), de modo que a necessidade de preenchibilidade do significado dos conceitos e proposições a partir de sua referência a um dos dois domínios intuitivos no caso de objetos efetivos e ao domínio dos objetos possíveis no caso de intuições inapercebidas indica a possibilidade de se pensar um domínio semântico diferenciado para essa última classe de objetos / atributos. É preciso, contudo, estar atento ao fato de que a classe dos referentes universais indeterminados não é vazia, pois de outro modo seria destituída de conteúdo, o que implicaria na ausência de significado dos conceitos e proposições que a ela se dirigiriam, ou seja, não se trata de uma classe de objetos tais quais os das ideias transcendentais da razão. A pertença dos atributos aos “objetos quânticos” inapercebidos se daria no nível semântico das relações de referência que permitem o preenchimento do significado, e não ao objeto mesmo, pensado como uma entidade independente da cognição humana, pois sua apreensão enquanto fenômeno está sempre condicionada a ela. Essa parece ser também a opinião de Hanna ao admitir que a lógica transcendental teria uma dimensão intencional associada ao seu caráter extensional, isto é, seria de caráter normativo. Lembremo-nos de que, sob esse ponto de vista, validade objetiva e realidade objetiva diriam respeito a conteúdos proposicionais distintos, ou seja, validade objetiva diria respeito à aplicação ou referência de uma representação a um objeto possível, enquanto realidade objetiva à sua aplicação a objetos atualmente existentes.

É nessa linha de interpretação que estamos orientando um regime diferenciado para o tratamento do conteúdo proposicional da interpretação probabilística da função de onda, a qual detalharemos mais adiante⁹⁷. Nossa proposta aqui consiste na admissão de que o conjunto da experiência possível seja tomado como *potencialmente real, potencialmente determinável*, o

⁹⁷ Hanna e Brittain Jr. aventaram a possibilidade de se interpretar a teoria da referência à experiência possível como uma espécie de teoria dos mundos possíveis de Kant, com a ressalva de que, para Kant, esses mundos seriam transcendentemente ideais, enquanto para Leibniz, por exemplo, eles seriam metafisicamente reais

que não impediria esse domínio referencial de fornecer o conteúdo proposicional necessário para a validação objetiva das proposições, e não as regras para a sua realização objetual.

5.2. Semântica transcendental e a função de onda de Schrödinger

O caráter probabilístico expressado na função de onda mostra a impossibilidade de uma descrição determinística de propriedades físicas conjugadas, bem como de uma descrição ao mesmo tempo causal e espaço-temporal delas. Contudo, de um ponto de vista semântico, a função de onda possui significado. A questão é: qual a natureza desse significado? Do ponto de vista de uma semântica realista, ela deve corresponder a alguma propriedade objetiva pertencente ao domínio das entidades sensíveis, de onde ela recolhe o material sensível que “preenche” seu significado. Porém, diante da interpretação probabilística da função de onda, bem como do caráter contextual da manifestação dos fenômenos quânticos, parece difícil aceitar uma relação de referência direta para a função de onda na descrição probabilística de uma propriedade física ou espacial, tal como a posição de um elétron. Isso porque a função de onda não é diretamente observável, sendo a sua interpretação probabilística, apresentada por Born, o único meio de dar a ela algum significado físico. Sendo uma função de estado, ela não nos permite pensar em uma relação de referência aos moldes clássicos, uma vez que seu resultado depende do estado do sistema quântico em questão em relação às probabilidades associadas aos diferentes resultados experimentais. Diante do que foi exposto nos parágrafos anteriores, seria possível, portanto, que a teoria da verdade e da referência da semântica transcendental pudesse lidar com o significado probabilístico da função de onda?

Um primeiro passo estaria na noção de interpretação adotada na semântica transcendental e sua relação com a noção de referenciação à experiência possível. Segundo essa semântica, como vimos, a teoria do objeto faz parte da teoria do significado e da verdade e não dos objetos eles mesmos, assim como a função de onda não lida diretamente com uma noção de objeto, haja vista a escolha experimental determinar as propriedades físicas observáveis de um sistema quântico. Existiria, portanto, segundo essa semântica, diferentes regimes de validação de enunciados a depender do tipo de objeto que esteja sendo tratado, ou seja, objetos possíveis e objetos efetivos.

Dado o caráter não-determinante da função de onda e a impossibilidade de se falar de um objeto de referência direta dessa função na experiência, podemos entender que o tipo de objeto do qual a função de onda expressa um estado pertence ao domínio dos objetos possíveis, para os quais a garantia de sua possibilidade estaria em sua construtibilidade possível. Nesse

sentido, ao descrever a densidade de probabilidade de que um elétron esteja em determinada posição circunscrita do espaço, a função de onda não porta um significado “preenchido” por uma intuição espaço temporalmente localizada, mas sim a possibilidade de que ele esteja em algum lugar naquela região. Note que aqui, segundo o regime da semântica transcendental, a preenchibilidade do significado do conteúdo semântico inerente à determinação de um atributo do elétron pela função de onda estaria na referência às propriedades que possibilitam a experiência, a saber, às relacionadas com nossas demandas de determinação dinâmicas, ainda que seja impossível corresponder com elas de maneira categórica. Assim, a função de onda é capaz de descrever um estado quântico; esse estado quântico, segundo a interpretação probabilística, corresponde a uma densidade de probabilidade; a atribuição de uma interpretação à função de onda dá a ela um significado, o qual não é possível a partir de uma referenciação direta à experiência ou a um “objeto quântico” no sentido determinista do termo; sob a ótica da teoria da verdade e da referência da semântica transcendental, portanto, o sucesso da cópula entre enunciado e referente na relação que a função de onda entretém com o estado que ela descreve seria preenchida por sua referência a uma condição de possibilidade, representada aqui pelo valor que a função de onda assume em determinada circunstância, haja vista a possibilidade da evolução da função de onda com o tempo, ou seja, diz respeito a uma propriedade potencial. Uma questão que se impõe, portanto, é: como tornar interpretável essa representação matemática (discursiva), e mais, que tipo de regime semântico estaria envolvido na fundamentação da significabilidade da função de onda?

Perceba que nossa resposta à questão acima vem se dirigindo à possibilidade de se pensar a preenchibilidade do significado da função de onda (entendida como uma proposição acerca de eventos quânticos específicos) sob a ótica da teoria da referência a uma experiência possível presente na semântica transcendental de Kant. Como nos esforçamos para mostrar no tópico anterior, segundo a interpretação que estamos fazendo dessa teoria da referência, a validade objetiva dos enunciados acerca dos eventos quânticos envolveria – diante da impossibilidade de atribuição de propriedades físicas às entidades quânticas independentemente do contexto experimental – uma teoria da referência e da verdade capaz de abstrair da noção de objeto como referente empírico daqueles enunciados, como uma alternativa aos problemas da realidade objetiva e da medida experimental na teoria quântica. Nesse sentido, a preenchibilidade do significado da função de onda pensada como um enunciado acerca da experiência não diz respeito simplesmente à perfeição do formalismo matemático ali envolvido, uma vez que ela é capaz de descrever algo acerca do sistema quântico escolhido, isto é, não se

trata de uma mera coerência interna da linguagem matemática empregada, dado ser possível, a partir do procedimento de normalização e obtenção de autofunções e autovalores associados a um determinado operador, estabelecer determinadas propriedades de caráter observável, isto é, a função de onda apresenta uma inegável aplicabilidade na determinação de propriedades empíricas experimentais. A questão aqui é que, diante do problema da objetividade apresentado no capítulo 3, não é possível afirmar que a validade objetiva, ou a significabilidade da função de onda esteja associada a essa característica de sua aplicabilidade, seja a ela atribuída por sua capacidade de determinação objetiva ou de referência direta à experiência. Essa característica fica mais evidente quando observamos mais de perto o funcionamento da determinação de observáveis a partir da escolha de operadores adequados à observável que se deseja estudar.

Para ilustrar melhor o modo como estamos entendendo a lógica da significabilidade da função de onda segundo a semântica transcendental, gostaríamos de retomar a discussão acerca da relação entre determinismo clássico e indeterminismo quântico pela comparação entre uma função de onda que descreve o comportamento de uma onda clássica e a função de onda de Schrödinger, a fim de mostrar a relação analógica que a segunda exerce em relação à primeira⁹⁸. Essa ilustração exigirá que exponhamos de maneira simplificada alguns dos procedimentos matemáticos básicos empregados para apresentar de maneira didática o significado da função de onda, portanto, nos absteremos aqui de uma prova rigorosa das expressões apresentadas. Sabemos que, no âmbito clássico, o comportamento de uma onda estacionária, como por exemplo, a vibração de uma corda em um certo período, pode ser descrito a partir de funções simples de grau um, como se segue⁹⁹: $y_1(x, t) = y_0 \text{sen}(kx - wt)$ e $y_2(x, t) = y_0 \text{sen}(kx + wt)$. Note que essas funções descrevem o comportamento de duas ondas distintas, de modo que se quisermos pensar uma sobreposição construtiva dessas duas ondas, podemos escrever essas duas funções como uma só, que representa a onda resultante da sobreposição: $y(x, t) = y_0 \text{sen}(kx - wt) + y_0 \text{sen}(kx + wt)$, pelo que, se isolando o termo comum aos dois lados da soma, temos: $y(x, t) = y_0 [\text{sen}(kx - wt) + \text{sen}(kx + wt)]$; aplicando a essa equação a identidade trigonométrica $\text{sen } \alpha + \text{sen } \beta = 2 \text{sen} \left(\frac{1}{2} \alpha + \beta \right) \cos \left(\frac{1}{2} \alpha - \beta \right)$, temos que $y(x, t) = y_0 2 \text{sen} \left[\frac{1}{2} (kx - wt + kx + wt) \right] \cos \left[\frac{1}{2} (kx - wt - kx - wt) \right]$; fazendo as devidas simplificações, chegamos à seguinte equação: $y(x, t) = 2 y_0 \text{sen}(kx) \cos(wt)$. Note que essa

⁹⁸ Trata-se aqui de uma estratégia bastante comum para se evitar o longo e trabalhoso processo de demonstração da equação de Schrödinger a fim de tornar mais didática a percepção do modo como essa equação descreve a mecânica ondulatória quântica em analogia com a descrição de uma onda clássica.

⁹⁹ Onde 'k'= período e 'w'= frequência angular.

equação é capaz de descrever com bastante precisão o modo como a onda se comporta em qualquer tempo e em qualquer espaço arbitrários, de modo que o termo associado ao seno só depende do modo como a onda se comporta pela variação do espaço, e o termo associado ao cosseno pela variação do tempo, de maneira independente, isto é, a equação acima pode ser representada por duas funções distintas, do tipo: $y(x, t) = f(x)g(t)$.

Se transpusermos analogicamente essa situação ao regime quântico, pensando na função de onda de Schrödinger, teremos a seguinte situação: $\psi(x, t) = \psi(x) \phi(t)$. Substituindo essa relação na equação de Schrödinger dependente do tempo, qual seja, $-\frac{\hbar}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} \psi + U(x)\psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}$ temos a seguinte relação: $\frac{\hbar}{2m} \partial^2 [\psi(x) \phi(t)] + U(x) [\psi(x) \phi(t)] = i\hbar \frac{\partial [\psi(x) \phi(t)]}{\partial t}$. Tomando, finalmente, as derivadas e dividindo ambos os lados por $\psi(x) \phi(t)$, chegamos à seguinte conclusão: $\frac{\hbar}{2m} \frac{1}{\psi(x)} \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} + U(x) = i\hbar \frac{1}{\phi(t)} \frac{\partial \phi(t)}{\partial t}$. Note que, de maneira análoga ao que acontece na descrição do comportamento de uma onda clássica, o lado esquerdo da equação só depende da variação do espaço, e o lado direito só depende da variação do tempo. Contudo, essa relação analógica se limita à capacidade de tratamento do comportamento ondulatório a partir de funções que podem ser tratadas a partir de variáveis independentes, do que se pode notar, pelo lado esquerdo da função acima, se tratar da equação de Schrödinger independente do tempo. É possível mostrar ainda, pela integração do lado direito da equação, que ambos os lados dela correspondem a uma constante, qual seja, 'E', isto é, a energia do sistema em questão. Note, portanto, que assim como a equação de uma onda clássica é capaz de descrever o estado de uma onda clássica a partir da determinação de sua energia cinética e potencial, a equação de Schrödinger é capaz de descrever o estado de energia de um sistema quântico a partir de termos da equação associados tanto à sua energia cinética quanto à sua energia potencial, ambas compondo a energia total do sistema.

Aqui, porém, reside a diferença fundamental entre o tratamento possível para uma onda clássica e impossível para uma onda quântica: enquanto para a primeira é completamente possível a tradução de seus termos matemáticos em grandezas observáveis reais, a segunda envolve números pertencentes ao conjunto dos imaginários, de modo que a única maneira de garantir uma correspondência direta com a experiência, reside na interpretação probabilística apresentada por Max Born. A partir dessa interpretação e de maneira analógica, contudo, é possível estabelecer uma relação entre as soluções da função de onda, chamadas de *autofunções* ou *estados estacionários*, onde todas as probabilidades se apresentam de maneira estatística e

podem ser calculadas como: $|\psi(x, t)|^2 = |\psi(x)|^2 \cdot |\phi(t)|^2 = |\psi(x)|^2 \cdot \left| e^{-i\left(\frac{t}{\hbar}\right)} \right|^2 = |\psi(x)|^2 e^{-i\left(\frac{t}{\hbar}\right)} \cdot e^{-i\left(\frac{t}{\hbar}\right)} = |\psi(x)|^2 \cdot e^0$, ou seja, $|\psi(x, t)|^2 = |\psi(x)|^2$, e daí ao origem da densidade de probabilidade como o quadrado do módulo da função de onda. Note que essa interpretação é capaz de eliminar o fator complexo da equação, tornando possível sua assimilação a grandezas reais, como detalharemos nos parágrafos que se seguem.

O principal ponto que gostaríamos de ter destacado nessa relação entre função de onda clássica e quântica é que esta última só pode corresponder com a experiência em termos clássicos, isto é, lidar com nossas demandas cognitivas a nível clássico, de maneira analógica, e aqui está o ponto que estamos querendo defender: o regime semântico de validação objetiva da equação que descreve o estado de uma onda clássica, além do formalismo matemático coerente, conta com uma correspondência direta na experiência, enquanto que o da onda quântica necessita, além de um formalismo matemático coerente, de um suporte interpretativo fornecido pelo quadrado da função de onda. Essa característica mostra que não há uma relação de correspondência direta entre o conteúdo proposicional contido na função de onda e a grandeza física por ela descrita¹⁰⁰ da mesma maneira que ocorre na física clássica, haja vista o caráter probabilístico dos resultados apresentados. Somente por analogia, portanto, é possível fazer uma correspondência entre a função de onda e propriedades físicas observáveis, isto é, correspondentes com demandas cognitivas clássicas.

O primeiro passo está no procedimento de *normalização* da função de onda: consiste em fazer com que a integral do módulo quadrado da função de onda seja igual a 1, isto é, encontrar uma constante de normalização ‘N’ que multiplicada pela função de onda garante que $\int |\psi(x)|^2 dx = 1$, o que garante que a densidade de probabilidade de que um resultado acerca de uma observável, como por exemplo, a posição de um elétron em um espaço circunscrito, apresente 100% de chance de que o elétron estará naquela posição, ou seja, o procedimento de normalização serve para assegurar que a densidade de probabilidade tenha significado físico. Contudo, esse procedimento, chamado também de *condição de normalização*, dado a função

¹⁰⁰ É claro que a função de onda é capaz de fornecer uma determinação quantitativa, numérica, para a propriedade física que esteja sendo estudada. Queremos com isso dizer que, diante do problema da medida, dificilmente se pode afirmar que essa determinação quantitativa pertença à entidade quântica de maneira objetiva, isto é, independente do contexto experimental em que esteja envolvida. Quando a função de onda “colapsa” (veja 3.1), e somente quando colapsa, pode se dizer que a propriedade indicada pela função de onda se realiza objetivamente. A validade objetiva do conteúdo proposicional, no entanto, pode ser obtida antes que a experiência se realize; é nesse sentido que estamos defendendo a possibilidade de que a validação objetiva do conteúdo proposicional da função de onda, isto é, a atribuição de significado objetivo a ela conferida, possa ser explicada sem ter que se recorrer a uma teoria da referência direta.

de onda envolver números complexos, exige um procedimento matemático auxiliar que envolve o *complexo conjugado* do número imaginário, o qual permite que o postulado de Born tenha significado no conjunto dos reais, ou seja, possibilita que a densidade de probabilidade tenha aplicação na experiência. Para ilustrar esse procedimento, definamos $a = b + c \in \mathbb{R}$ e suponhamos que desejamos obter o quadrado dessa expressão; sabemos então que $a^2 = (b + c)(b + c) = b^2 + 2bc + c^2$. Porém, sabemos que, no regime quântico da função de onda, $\psi(x, t) = \psi e^{-iEt/\hbar} \in \mathbb{C}$; isso quer dizer que, para uma expressão do tipo $z = x + iy \in \mathbb{C}$, não é válida a tentativa de aplicar a propriedade anterior, isto é, não é válida a seguinte tentativa: $z^2 = (x + iy)(x + iy) = x^2 + 2xy + i^2y^2$, dado que em operações envolvendo multiplicação de números complexos não ser comutativa. Disso se segue a necessidade de que se defina o complexo conjugado de números complexos para a realização dessa operação, de modo que o complexo conjugado de 'z' é dado pela mesma expressão com sinal inverso, a qual é multiplicada pela expressão que contém o número complexo: $z^* = (x - iy)$, tal que $z^*z = (x - iy)(x + iy) = x^2 + ixy - ixy - i^2y^2 = x^2 + y^2 \in \mathbb{R}$. Note, portanto, que esse procedimento permite a passagem, ou se quisermos, a tradução de uma expressão que representa uma grandeza que contém um número complexo, tal como um imaginário, para o conjunto dos reais, possibilitando assim que essa grandeza tenha um significado coerente com grandezas físicas reais. Portanto, disso se segue que $|\psi(x, t)|^2 = \psi^*(x, t)\psi(x, t) \in \mathbb{R}$. Perceba que o procedimento de normalização dá uma clara indicação do que aqui estamos chamando de procedimento de determinação analógico de observáveis físicos pela função de onda. As autofunções, que representam as soluções possíveis para a equação de Schrödinger, descrevem os sistemas quânticos em estados estacionários, de modo que os autovalores associados a essas autofunções correspondem aos estados de energia permitidos para aquele sistema em questão. Esses procedimentos permitem, portanto, a atribuição de significado físico à função de onda, porém, dificilmente se pode dizer que eles correspondem à determinação de grandezas pertencentes objetivamente à entidade quântica observada, haja vista o problema da medida experimental apontado no tópico 3.2.

Outro procedimento que ilustra bem o caráter não-determinístico da função de onda, associado ao procedimento de normalização, e que dá a indicação de que o regime semântico de significabilidade do conteúdo proposicional dessa função é diverso a um regime formal de referência e verdade como determinação direta do dado empírico, está no cálculo de *valores esperados* para as grandezas observáveis a partir do postulado de Born. Para tornar nossa exposição mais didática, suponhamos que desejamos saber o valor esperado da velocidade de

uma partícula em um sistema quântico de uma partícula, unidimensional, com o objetivo final de determinar o momento linear dessa partícula, haja vista a dificuldade de se trabalhar com a noção de velocidade no regime quântico. A expressão clássica para o valor médio¹⁰¹ da velocidade é dada por $\langle v \rangle = \frac{d\langle x \rangle}{dt}$, a qual, quando substituída na expressão de Born assume o seguinte formato: $\langle v \rangle = \frac{d}{dt} \int_{-\infty}^{+\infty} x |\psi|^2 dx$, ou seja, $\langle v \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} x \frac{d}{dt} |\psi|^2 dx$. Aplicando-se a regra do produto à equação anterior, temos que $\frac{d}{dt} |\psi|^2 = |\psi^* \psi| = \psi^* \frac{d\psi}{dt} + \frac{d\psi^*}{dt} \psi$. Retomando a expressão para a equação de Schrödinger descrita na página 219, qual seja, $\frac{\hbar}{2m} \frac{1}{\psi(x)} \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} + U(x) = i\hbar \frac{1}{\phi(t)} \frac{\partial \phi(t)}{\partial t}$, e reescrevendo a expressão acima nesses moldes, posicionando o imaginário de modo conveniente, temos que $\frac{d\psi}{dt} = \frac{-\hbar}{i2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{U}{i\hbar} \psi \cdot \frac{i}{i}$, do que se segue que $\frac{d\psi}{dt} = \frac{-i\hbar}{2m} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \frac{i}{\hbar} U\psi$; tomando o complexo conjugado dessa função de onda temos a seguinte expressão: $\frac{d\psi^*}{dt} = \frac{i\hbar}{2m} \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} + \frac{i}{\hbar} U\psi^*$. Finalmente, tomando o quadrado dessa função de acordo com o postulado de Born, chegamos à seguinte expressão: $\frac{\partial}{\partial t} |\psi|^2 = \frac{i\hbar}{2m} \left[\psi^* \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} \psi \right]$. O próximo passo para a determinação do valor esperado da velocidade de uma partícula em um sistema quântico consiste na integração desta última função como expressão da velocidade, ou seja, $\langle v \rangle = \frac{i\hbar}{2m} \int_{-\infty}^{+\infty} x \frac{d}{dx} \left[\psi^* \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} \psi \right] dx$. Para não nos demorarmos muito nessa obtenção dedutiva da expressão da velocidade esperada de um sistema quântico, e finalmente colhermos os resultados filosóficos dessa exposição, depois das devidas simplificações, o resultado dessa integração é o que se segue: $\langle v \rangle = \frac{\hbar}{im} \int_{-\infty}^{+\infty} \psi^* \frac{\partial \psi}{\partial x} dx$. No entanto, como bem se sabe, na mecânica quântica, trabalha-se com *momento linear* 'p' e não com velocidade. Desse modo, $p = mv \Rightarrow \langle p \rangle = m \langle v \rangle$, ou seja, $\langle p \rangle = \frac{\hbar}{i} \int_{-\infty}^{+\infty} \psi^* \frac{\partial \psi}{\partial x} dx$, o valor esperado do momento linear, pode ser obtido a partir da expressão para $\langle v \rangle$. Para visualizarmos a aplicação da interpretação probabilística da função de onda na determinação dessas observáveis, bem como do papel dos complexos conjugados em sua resolução, vamos reescrever as expressões para $\langle x \rangle$ e $\langle p \rangle$ da seguinte forma: $\langle x \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} x |\psi(x, t)|^2 dx = \int_{-\infty}^{+\infty} x \psi^* \psi dx = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi^* x \psi dx$; finalmente, para o momento linear $\langle p \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi^* \left(\frac{\partial}{\partial x} \frac{\hbar}{i} \right) \psi dx$.

¹⁰¹ Daqui em diante, escreveremos o valor médio de qualquer observável entre colchetes '<...>'.

Note, portanto, que o procedimento de obtenção de expressões que dizem respeito a variáveis dinâmicas para um sistema quântico exige que se façam manipulações algébricas a partir do complexo conjugado das funções de onda envolvidas no estudo da grandeza desejada que retornam o valor esperado para a observável física em questão. O mesmo procedimento se aplica à energia cinética, energia potencial e à energia total de um sistema, assim como para os momentos angular e linear, e para um grande conjunto de propriedades que envolvam sistemas quânticos, tais como o momento dipolar de moléculas no domínio da química.

Temos insistido neste tópico que esses procedimentos matemáticos dão a indicação da necessidade da adoção de determinados pressupostos que tem por fim dar conta da necessidade de uma interpretação física da função de onda, o que, a nosso ver, mostra que o regime de atribuição de validade objetiva, ou se quisermos, o regime semântico de significabilidade do conteúdo proposicional da função de onda no caso da determinação do estado de observáveis na experimentação em física quântica deve respeitar, no que diz respeito às relações de verdade e referência que subjazem a atribuição de significado ou interpretabilidade dos resultados experimentais, a uma lógica de funcionamento diferente daquela pensada enquanto representação de propriedades físicas pertencentes à entidade quântica de maneira objetiva, isto é, não envolvem uma teoria da referência direta do conteúdo enunciado ao “objeto” ou propriedade visada.

Nesse sentido, um tratamento semântico-transcendental para a explicação da possibilidade da validade objetiva que o conteúdo proposicional da função de onda necessariamente contém está focado na característica puramente probabilística presente na interpretação de Born da função de onda, a qual dá a ela significado físico. Chamávamos atenção no primeiro parágrafo deste tópico para o fato de que a leitura da filosofia transcendental como semântica a entende como uma teoria do significado objetivo, na qual a teoria do objeto faz parte da teoria da verdade e da referência, não dos próprios objetos, e onde a teoria da interpretação dos enunciados teóricos segundo essa semântica admite a possibilidade de *construção a priori* dos objetos sobre os quais versa, sobretudo os matemáticos. Se aplicarmos essa teoria para uma avaliação hipotética (possível) da interpretação dos enunciados contidos na função de onda, podemos ler os procedimentos descritos nos parágrafos anteriores como o estabelecimento das condições de possibilidade de um objeto de uma experiência possível, isto é, das regras mínimas necessárias para se pensar a possibilidade de determinação analógica dos observáveis, ou seja, as condições de interpretabilidade física do conteúdo proposicional da função de onda. Agora, a apresentação analógica das regras presente nos

procedimentos matemáticos e nos *postulados quânticos*, isto é, a interpretação probabilística, o procedimento de normalização, as autofunções e os autovalores, os operadores e a obtenção de valores esperados para os observáveis pela utilização dos conjugados da função de onda, dão as condições para uma experiência possível, bem como da construtibilidade de propriedades possíveis de objetos, não mais no sentido determinista, isto é, ortodoxamente kantiano do termo, mas sim enquanto ferramentas de significabilidade daquele conteúdo. É certo, contudo, que uma aplicação dos princípios transcendentais diante da situação experimental em física quântica fica prejudicada pela assimetria entre descrição causal e determinação espaço-temporal de propriedades ali presente, entretanto, desde que tomadas sob o prisma de uma lógica do significado que não envolve uma teoria da referência direta, como é o caso do “preenchimento” do significado presente na validação objetiva de proposições na referência de enunciados à experiência possível, pelas condições formais da semântica transcendental é possível explicar a validade objetiva da função de onda nesse fornecimento *a priori* das condições da experiência nela presentes. Não se trata aqui de colocar em questão a validade objetiva da função de onda, sobretudo diante do sucesso demonstrado na formalização matemática da equação de Schrödinger; trata-se especificamente de apresentar uma semântica capaz de explicar a possibilidade dessa patente validade objetiva diante do problema da objetividade apresentado no capítulo 3, ou seja, da interpretabilidade da função de onda diante daquele problema mais geral.

Destarte, a definição de operadores, segundo a avaliação que estamos propondo, envolveria o estabelecimento de condições de interpretabilidade para a função de onda para um observável particular, ao invés da determinação de uma propriedade pertencente à entidade quântica como um atributo independente. O procedimento básico consiste no estabelecimento de um operador que atue na função de onda, a fim de que esta possa retornar um valor que dê alguma informação sobre um observável particular. Assim, uma observável Ω qualquer é definida no regime quântico como um operador $\hat{\Omega}$, que significa o *hermitiano* daquele observável¹⁰². Para os observáveis posição ‘x’ e momento linear ‘p’, por exemplo, os operadores associados à função que descreve esses observáveis são, respectivamente, $\hat{x} = x$ e

¹⁰² É preciso destacar que a aplicação concreta de um autovalor só é garantida caso o operador associado à observável seja hermitiano, o que, por definição, deve corresponder às seguintes condições: Sejam $f(x)$ e $g(x)$ duas funções particulares quaisquer, então, um operador será hermitiano se $\int f^* \hat{\Omega} g dx = [\int g^* \hat{\Omega} f dx]^*$. Aplicando-se a definição do operador a essa condição é possível verificar se ele é hermitiano, porém, não nos deteremos aqui a provar essa propriedade.

$\hat{p} = \frac{\hbar}{i} \frac{d}{dx}$. Uma *equação de autovalor*, então, apresenta-se na forma geral $\hat{\Omega} \psi = w \psi$, onde ‘ w ’ corresponde ao *autovalor* do observável Ω e ‘ ψ ’ uma *autofunção* desse observável. Para exemplificar o procedimento descrito acima, tomemos $\hat{\Omega} = \hat{p}x$; vamos aplicar esse operador a uma função de estado definida como $\psi = e^{\pm ikx}$; logo, temos $\hat{p}\psi = \frac{\hbar}{i} \frac{d}{dx} e^{\pm ikx} = \pm k\hbar e^{\pm ikx} = \pm k\hbar\psi$. Ou seja, ‘ $\pm k\hbar e^{\pm ikx}$ ’ é autofunção de $\hat{p}x$ e ‘ $\pm k\hbar$ ’ é seu autovalor. O resultado prático do estabelecimento de uma equação de autovalor está na obtenção do autovalor da função em questão, pois esta é a observável que é medida em laboratório, ou seja, as observáveis são, por definição, grandezas reais¹⁰³. Assim, se o sistema está em um estado quântico ψ que é autofunção do operador $\hat{\Omega}$, ou seja, $\hat{\Omega} \psi = w \psi$, medidas da observável Ω resultarão em um dos autovalores w , cuja média será $\langle \Omega \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi^* \hat{\Omega} \psi dx$; como $\hat{\Omega} \psi = w \psi$, aplicando a condição de normalização, podemos reescrever a integral como $\langle \Omega \rangle = w \int_{-\infty}^{+\infty} \psi^* (x, t) \psi(x, t) dx = 1$, logo $\langle \Omega \rangle = w$, ou seja, todas as medidas da observável Ω retornam o valor w tal que $w \in \mathbb{R}$.

É preciso estar atento aqui à passagem entre o estabelecimento do autovalor esperado para a observável e a aplicação desse autovalor em uma experiência: a função de onda é capaz de “adiantar”, a partir do cálculo do valor médio esperado para a observável, determinadas propriedades que o estado quântico apresentará, contudo, é preciso estar atento ao significado de adiantar os fenômenos no âmbito da física quântica em comparação com a noção de previsibilidade moderna; como afirmam Eisberg e Resnick a respeito da previsibilidade em física quântica:

[...] o comportamento de uma dada função de onda de um sistema é previsível, no sentido que a equação de Schrödinger para a energia potencial correspondente determinará exatamente sua forma em algum instante posterior em termos de sua forma em algum instante inicial; porém, sua forma inicial não pode ser completamente especificada por um conjunto inicial de medidas, **e sua forma final prevê apenas as probabilidades relativas dos resultados do conjunto final de medidas**. (Eisberg, Resnick, p.188. ênfase minha, colchetes meus.)

A função de onda, portanto, prevê as probabilidades relativas dos resultados do conjunto final de medidas. Nossa questão acerca desse ponto é: como explicar a validade objetiva do conteúdo proposicional da função de onda *antes* da ocorrência da medida, diante do indeterminismo causal evidenciado no princípio de incerteza e na situação experimental de maneira geral? Ou se admite, por um lado, a possibilidade de uma explicação causal em

¹⁰³ Isto é, retornam valores cujos números pertencem ao conjunto dos números reais. Disso não se segue imediatamente, contudo, que digam respeito a propriedades “reais” no sentido epistêmico tratado no capítulo 3.

mecânica quântica (Grete Hermann), ou se admite, por outro lado, pontos de vista alternativos a uma explicação causal diante das dificuldades apresentadas por esse posicionamento teórico. Sob a perspectiva da semântica transcendental, a validade objetiva do conteúdo proposicional da função de onda pode ser explicada tomando o caráter puramente estatístico desse conteúdo na previsão das probabilidades relativas como contendo as regras para uma classe aberta de aparecimentos, as quais dão as condições de construtibilidade do fenômeno quântico em uma experiência possível. A regra estatística contida no conteúdo proposicional da função de onda, portanto, daria o procedimento geral para a reprodutibilidade dos fenômenos quânticos, onde as propriedades físicas em questão (observáveis) seriam tomadas como regras de descrição de *extensões abertas* de fenômenos as quais se realizariam na execução do experimento.

Daí a necessidade da utilização dos procedimentos matemáticos descritos nos parágrafos anteriores: dado não existir a possibilidade de uma determinação direta (causal) dos fenômenos quânticos diante da assimetria entre determinismo clássico e indeterminismo quântico (evidenciado no problema da objetividade), a descrição de observáveis exige a assunção de determinados *postulados* e procedimentos que, como intentamos mostrar, permitem uma espécie de determinação analógica desses observáveis nessa descrição, onde a explicação da possibilidade de previsibilidade estatística passaria por uma teoria do significado objetivo, a nível de explicação epistemológica, em detrimento de uma tentativa de explicação causal-objetiva dessa possibilidade. Temos tentado defender a posição de que, diante da situação experimental presente na física quântica praticada na primeira metade do século passado, a leitura semântica dos problemas epistemológicos dali oriundos permitiria um regime de validação objetiva diferente daquele pensado a partir de uma teoria da referência direta entre conteúdo proposicional e “realidade objetiva” propriamente dita. Tal possibilidade assentaria na referencialidade desse conteúdo proposicional não ao próprio objeto do qual se versa, mais às condições de possibilidade de uma experiência possível.

É certo que os pressupostos kantianos para o estabelecimento de uma ciência genuína sofreram severas restrições diante do desenvolvimento da teoria quântica, não sendo possível, nesse sentido, uma aplicação literal daqueles princípios à situação epistemológica inédita. Contudo, como mostramos neste tópico, é possível interpretar os procedimentos matemáticos empregados nas resoluções possíveis para a função de onda o estabelecimento de condições de interpretabilidade dela, os quais permitiriam a comunicabilidade coerente dos resultados experimentais nela expressados, de modo que o caráter não-determinístico, isto é, intrinsecamente probabilístico das descrições de estado na mecânica quântica, não significariam

a impossibilidade de que possa ser pensada segundo o regime da semântica transcendental, desde que se faça a restrição que estamos apontando, isto é, que a validade das proposições da mecânica quântica sejam entendidas como o estabelecimento de condições de possibilidade de objetos possíveis. Nesse sentido, se na semântica transcendental “a teoria do objeto faz parte da teoria do significado e da referência, e não do mundo ou das coisas elas mesmas”, pode-se dizer de maneira análoga que, na teoria quântica, o conteúdo proposicional da função de onda contém as condições de significabilidade e interpretabilidade desse conteúdo, as quais se referem a uma experiência possível, e não ao mundo ou as coisas elas mesmas. Isso significa que, ao prever as probabilidades relativas dos resultados do conjunto final de medidas, *antes* que a medida propriamente dita se realize, não é possível pensar essa previsibilidade aos moldes das demandas cognitivas clássicas, ou seja, o conteúdo proposicional estabelece, diante de determinadas condições previamente estabelecidas, que condições devem ser cumpridas para que determinado resultado experimental se apresente daquela forma.

Assim, desejamos saber o momento angular de uma partícula subatômica em um sistema com determinadas condições de energia, velocidade e posição. No domínio clássico, todas essas observáveis são propriedades objetivas da partícula em questão; *no domínio quântico, elas transformam-se em condições para a comunicação objetiva dos eventos experimentais*. São condições pseudodeterminísticas que permitem ao investigador prosseguir com a pesquisa empírica diante dos impasses cognitivos apresentados pelos experimentos. No domínio clássico, antes que o experimento se dê é possível prever os valores para aquelas propriedades físicas. No domínio quântico, é possível prever antes que o experimento se dê uma coleção estatística de eventos possíveis que se reduzem a um só quando o evento experimental ocorre, porém, não se trata de previsão de propriedades físicas que pertencem objetivamente à entidade quântica, as de observáveis analogicamente estabelecidos para dar conta de nossa demanda cognitiva clássica. A correspondência com a experiência, nesse caso, é determinada pelas condições experimentais, ou pelos estados quânticos, arbitrariamente escolhidos, o que mostra a incontornável interferência do sujeito na própria determinação do fenômeno quântico. Se não se trata da determinação de propriedades independentes, como explicar a capacidade descritiva da função de onda, ou o grau de objetividade que se observa no sucesso de suas aplicações práticas? A nosso ver, pela lógica que rege a semântica subjacente à prática teórica no domínio quântico, onde a própria prática teórica é trazida ao nível transcendental, ao dar as condições de significabilidade das proposições, e da interpretabilidade e comunicabilidade dos eventos experimentais.

Aventamos assim a possibilidade de analisar as condições de sucesso para uma comunicação inambigua dos resultados experimentais na teoria quântica do ponto de vista formal da teoria da verdade e da referência da semântica transcendental, com foco principal na análise do conteúdo proposicional de enunciados de caráter estritamente probabilístico e como seria possível pensar a atribuição de validade objetiva a nível comunicacional para esse conteúdo proposicional que não contaria, segundo essa leitura, com um referente empírico direto. Nesse sentido, ao estabelecer os princípios heurísticos que permitiriam a interpretação coerente dos dados experimentais de maneira a corresponder analogicamente com as demandas cognitivas determinísticas, a teoria quântica seria ela mesma tomada como uma espécie de semântica transcendental que apresentaria, anteriormente à experiência concreta, as condições para a realização dessa experiência, no ato de referir o conteúdo proposicional não como representação de propriedades objetivas da entidade quântica, mas às próprias regras que fundamentam a construção do fenômeno em uma experiência possível.

Essas asserções constituem nosso esforço na direção de uma fundamentação formal do significado segundo a semântica transcendental, porém, como dissemos anteriormente, ela se completa com a faceta pragmática associada a essa semântica, a qual exploraremos com mais detalhes no tópico que se segue. Neste ponto, interessa-nos a passagem entre o âmbito puramente teórico da teoria quântica para a sua aplicação prática, sobretudo na fundamentação da estrutura atômica e dos usos que essa fundamentação proficuamente encontrou na química moderna. Assim, uma questão que se coloca, diante do que foi dito até aqui, e que diz respeito à problemática relacionada ao problema comunicacional da teoria quântica é: como é possível que a teoria quântica, de caráter puramente probabilístico, fundamente uma ciência de caráter prático como a química, e que apresenta resultados aparentemente determinísticos como os observados nessa ciência? A resposta a essa questão completará nossa defesa de uma análise semântico-pragmática do problema da objetividade.

5.3. Semântica transcendental e o caráter pragmático da teoria quântica na química moderna

Nos tópicos anteriores, nos atentamos mais especificamente aos aspectos formais associados à teoria da verdade e da referência da semântica transcendental no tratamento do problema da objetividade na teoria quântica. Contudo, o tratamento ali empreendido revelou que a relação da experimentação em física quântica (de caráter probabilístico) com a necessidade de uma comunicação inambigua dos resultados experimentais, aponta para uma

dimensão pragmática do problema da objetividade. No presente tópico, pretendemos aplicar as conquistas teóricas dessa leitura semântico-pragmática no caso da química moderna. Nossa aposta é que o aspecto pragmático do problema da objetividade da teoria quântica pode ser avaliado de maneira profícua a partir das aplicações que esse novo ramo da física apresentou para a teoria atômica e com ela a sua aplicabilidade na química moderna. Assim, por meio dessa discussão, teremos condições de dar unidade aos aspectos formal e pragmático da semântica transcendental em relação ao problema da objetividade.

De um ponto de vista formal, a leitura semântico-transcendental do problema da objetividade fornece: 1) uma teoria da verdade e da referência que permitem pensar a verificabilidade *a priori* do conteúdo proposicional dos enunciados sobre entidades/propriedades físicas de entidades quânticas, composta por regras e princípios operacionais que permitem sua aplicação objetiva; 2) um conjunto de princípios regulativos que orientam a pesquisa empírica na busca natural inerente à razão teórica do homem. De um ponto de vista pragmático, essa mesma leitura, que ganha aqui um caráter semântico-pragmático, fornece dois princípios: 1) o idealismo transcendental enquanto assunção acessória ao seu conjunto formal; 2) o realismo pragmático enquanto assunção convencional da pertença independente de propriedades físicas pelas entidades quânticas inobservadas. Assim se dá, pois, a *interpretação semântico-pragmática* da filosofia transcendental aplicada ao problema da objetividade na teoria quântica: a determinação *a priori* de propriedades físicas só pode ocorrer de maneira analógica, haja vista a incontornável necessidade de que os eventos experimentais sejam relatados a partir de conceitos clássicos. Para isso, os postulados da mecânica quântica são tomados como princípios práticos para a interpretabilidade coerente da teoria na determinação analógica daquelas propriedades. Quando o experimento é realizado, e a propriedade física se manifesta, podemos falar em um fenômeno físico propriamente dito, contudo, para o qual os antigos princípios kantianos envolvidos numa descrição figurativa e ao mesmo tempo causal e espaço-temporal já não podem mais ser aplicadas de maneira irrestrita: a necessidade de uma representação figurativa do fenômeno quântico é então suprida, mais uma vez, por um princípio prático, a saber, a admissão de que aquelas propriedades manifestadas pertencem efetivamente à entidade quântica. Nesse sentido, acreditamos que focar na passagem, ou no limite, entre o âmbito clássico e o quântico nessa aplicação pode ser um ponto de partida importante para a pragmática da teoria quântica de um ponto de vista transcendental. Nossa aposta é que o aspecto pragmático do problema da objetividade da teoria quântica pode ser

avaliado de maneira profícua a partir das aplicações que esse novo ramo da física apresentou para a teoria atômica e com ela a sua aplicabilidade na química moderna.

Os cientistas, sobretudo os químicos, consideram que as propriedades físicas pertencem de maneira objetiva¹⁰⁴, isto é, independentemente das condições experimentais, às entidades quânticas estudadas, porém, esse realismo é de caráter puramente convencional, portanto, pertencente ao conjunto de normas que regimentam a operacionalidade e comunicabilidade objetivas da prática científica. Na teoria quântica, o caráter convencional da admissão de um realismo fica evidente nas representações pictóricas da química, onde há a representação espacial dos orbitais moleculares, e a sua localização espacial como constituinte de uma suposta geometria que regularia a reatividade de uma grande parte dos compostos químicos. Nesse sentido, diante da impossibilidade de se afirmar a pertença de propriedades físicas independentemente de um contexto experimental, o realismo em física quântica só pode ser tomado de um ponto de vista pragmático, isto é, como pertencente a um conjunto de condições que asseguram o progresso na pesquisa empírica.

O sucesso da aplicação prática da teoria, embora seja uma forte indicação da sua eficiência teórica, não representa, a nosso ver, um argumento forte em favor da interpretação realista ingênua da mecânica quântica. Primeiramente, muitas das assunções e deduções que os químicos fazem em suas observações são baseadas em pressupostos convencionalmente aceitos, por exemplo, todas as unidades de medida e de quantidade de matéria, como a noção de molaridade, são conceitos que permitem uma descrição do fenômeno, mas isso não significa que essa descrição diz respeito a atributos da própria entidade quântica, muito embora os químicos muitas vezes se refiram a eles como pertencentes ao próprio átomo de determinado elemento. Um caso que ilustra bem essa posição está na formação dos cátions e ânions de determinada espécie química, como por exemplo o cátion Ca^{2+} , o qual representa uma modificação da configuração eletrônica do átomo neutro – que teria 20 prótons e 20 elétrons – a qual contém um núcleo com 20 prótons e 18 elétrons. Essa configuração catiônica do elemento cálcio dificilmente pode ser concebida como representando a existência física desse elemento nessa configuração, dada a impossibilidade de que se apresente de forma estável nessas condições; contudo, ela serve para explicar o modo como se formou o CaCl_2 como a interação iônica entre os átomos de cálcio e de cloro. O mesmo se passa com a representação dos

¹⁰⁴ Alguns deles, como Heisenberg, em determinada fase de seu pensamento, defendiam a pertença independente das propriedades pelas entidades quânticas, isto é, a teoria quântica teria revelado algo real acerca do mundo, como vimos no capítulo 3.

intermediários de reação descritos em algumas reações orgânicas, como as do tipo SN1, também chamadas de reações *concertadas*, onde esses intermediários só podem ser concebidos como existindo numa ínfima fração de tempo, dado que as condições cinéticas da reação indicam que estes possuiriam baixíssima estabilidade, porém, de algum modo, os químicos precisam dessa representação para explicar a transformação de uma espécie em outra. Exemplos como esses mostram que existe uma clara dimensão pragmática na prática científica da química que se orienta pela teoria quântica. Nesse sentido, a avaliação da dimensão prática da teoria quântica em sua aplicação efetiva na química poderia ser avaliada sob uma perspectiva *realista pragmática*, na qual a pertinência dos atributos é tomada como epistemologicamente real, porém, com uma função regulativa para a prática científica.

Esse parece ser o caso quando avaliamos as aplicações da teoria quântica na química: embora as proposições acerca do modo como ocorrem as ligações químicas, acerca da estrutura eletrônica dos átomos e moléculas, bem como da conformação espacial possível acerca deles, digam respeito, analogicamente à experiência cotidiana, ao estado dessas entidades, sabemos que na realidade não é possível dizer que esse estado corresponda efetivamente àquelas entidades, como no caso de espécies não neutras ou intermediários reacionais, ou seja, o referente dessas proposições diz respeito ao estado potencial daqueles estados ou atributos, cuja validade objetiva, caso sejam avaliadas em relação à experiência cotidiana, ou seja, em relação aos objetos efetivos, carecem de validade por não corresponderem a nenhuma experiência apreensível possível, a não ser a partir da avaliação de características macroscópicas dos eventos. Note que a representação daquelas espécies corresponde muito bem às condições de representatividade de objetos (íons, intermediários de reação, estruturas espaciais de moléculas, orbitais vazios ou “desocupados”), porém é muito difícil pensar em sua existência efetiva ao transferirmos a avaliação da sua condição de possibilidade tomando parâmetros pertencentes às regras que regem a experiência cotidiana, tal como as categorias kantianas. Isso não impede, contudo, que tais representações sejam tomadas pelo químico para se analisar a possibilidade de que uma reação ocorra, ou para elucidar a estrutura de uma molécula a partir dos picos apresentados por um gráfico gerado por um computador interligado a uma máquina de difração por raios x. O problema está em que os atributos quânticos só podem ser tomados como epistemologicamente reais caso se admita determinados pressupostos, cujo fim é a comunicação coerente dos mecanismos e processos envolvidos na explicação das transformações químicas, os quais só podem vir a ser objeto da apreensão humana por via indireta, ou seja, a partir dos resultados experimentais a nível macroscópico, tal qual uma

mudança qualitativa ou um sinal em uma máquina. Existe uma diferença, portanto, entre o nível representacional potencial das proposições em teoria quântica aplicada, e o nível representacional efetivo dos fenômenos conformados pelas regras da cognição humana ordinária, o que, sob o ponto de vista de uma semântica transcendental, é concebível, desde que se admita esse regime diferenciado da validação da relação de referência entre proposições e objetos possíveis.

A coerência representacional dos atributos potenciais se daria, portanto, a nível semântico, o que significa que o problema comunicacional só se colocaria caso esses atributos sejam tomados como efetivamente pertencentes à entidade quântica. Nesse sentido, sob o ponto de vista que estamos adotando, a necessidade de descrição dos experimentos em física quântica a partir do uso de termos caros à experiência ordinária não implicaria na necessidade de uma correspondência desse modo de descrição com as regras que regem as experiências ordinárias, desde que tomemos uma teoria da referência adequada à situação experimental. Esse parece ser o caso da maioria das representações moleculares e atômicas presentes na química, a qual não tem sua comunicabilidade impedida por nenhuma incongruência entre os fenômenos quânticos e as regras da experiência ordinária, de modo que a objetividade comunicacional é alcançada no nível representacional, e os resultados experimentais são o resultado da efetivação dessa representação. Note, por exemplo, que é possível, ainda no nível representacional da química, realizar determinadas previsões qualitativas, e sobretudo quantitativas, acerca de reações, espécies químicas a serem formadas, em que quantidade, e, além disso, é possível dizer acerca da impossibilidade de ocorrência de determinada reação, valendo-se de descrições que envolvem assumir, nesse nível representacional, que os átomos e moléculas teriam características pontuais e atributos espaciais, tomados analogicamente em relação à experiência cotidiana. Pereba, portanto, que o nível representacional analógico da química moderna envolve a admissão de que o elétron assumiria características pontuais, estacionárias, ligadas a fenômenos pertencentes à experiência cotidiana. Contudo, o irreparável rompimento com o modo de descrição clássico dos eventos físicos resultante das relações de incerteza de Heisenberg torna impossível a atribuição *real* dessas características às entidades quânticas, tais como o elétron.

Assim, noções como a de *orbital vazio* ou não-preenchido só fazem sentido no escopo de uma validação proposicional que não leve em consideração condições transcendentais de uma experiência cotidiana, mas apenas as condições de construtibilidade de proposições acerca daquela classe de fenômenos. Contudo, essa limitação só faz sentido dentro da semântica

transcendental de Kant caso seja restringida aos objetos possíveis, os quais, ainda que tenham que corresponder com as regras de construtibilidade de objetos efetivos, só o fazem de maneira potencial, representativa, proto-intuitiva. Isso significa, portanto, que um atributo quântico poderia desrespeitar o princípio de causalidade, ou a terceira analogia da experiência, uma vez que ao tornar-se objeto efetivo, isto é, ser dado numa experiência corriqueira, tais princípios voltariam a vigorar normalmente. Perceba, portanto, que a dualidade onda-partícula é uma constatação tomada de fenômenos consecutivos (difração do elétron, detecção pontual num anteparo), e como o princípio de contradição não é condição suficiente para a concepção de objetos, a um nível potencial não há problema em se conceber ambas as características (ondulatórias e corpusculares) àquela entidade. Proposições acerca de objetos/atributos possíveis não precisam corresponder com nossas demandas de determinação corriqueiras, somente quando se trata de comunicá-las. É certo, porém, que os critérios de significabilidade e de formação bem formada de proposições são regidas pelas regras da semântica transcendental, contudo, segundo o ponto no qual temos insistido, o conteúdo proposicional de juízos sobre objetos possíveis é diferente do de objetos efetivos, portanto, possuem regimes semânticos de referência e significabilidade distintos. Apliquemos, mais uma vez, essas considerações na análise da atividade teórica e prática dos químicos.

A análise experimental em química pode se dar de dois modos, quais sejam, do nível macroscópico ao microscópico e vice-versa, sendo que necessariamente a passagem de um âmbito ao outro envolve a passagem por uma representação simbólica. Um químico pode observar alterações qualitativas, tais como a cor de uma solução ou um espectro de difração e, partindo dessas observações macroscópicas, atribuir a elas uma causa que é descrita em termos das propriedades eletrônicas, atômicas, moleculares etc. ou seja, a partir de representações pictóricas do inobservável, e pode partir dessas representações pictóricas para prever um evento possível, tal como uma alteração qualitativa ou quantitativa. No primeiro caso, por exemplo, o químico observa que a mistura de duas soluções transparentes resultou no surgimento de uma solução amarelada, de onde conclui tratar-se de iodeto de chumbo¹⁰⁵, e toma essas conclusões baseado em que a molécula resultante da reação absorve energia em determinada região do espectro visível, resultado naquela coloração específica. Além disso, a análise espectroscópica de uma amostra da solução resultante mostra exatamente a mesma faixa de energia em seu

¹⁰⁵ Estamos aqui nos referindo à clássica reação entre nitrato de chumbo e iodeto de potássio, que resulta num produto solúvel de nitrato de potássio e num produto insolúvel amarelado de iodeto de chumbo, segundo a seguinte reação: $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{KI} \rightarrow 2\text{KNO}_3 + \text{PbI}_2$.

espectro de absorção; propõe então um mecanismo para a reação, o qual torna possível uma representação do que pode ter acontecido no nível inobservado, representação que permite a comunicação dos resultados aos demais praticantes da ciência. Note, portanto, que existe uma relação de referência entre a representação e o evento real, contudo, não ocorre aqui uma relação de *referência direta*, dada a dissimetria entre as regras que regem a experiência cotidiana e a peculiaridade dos eventos quânticos, do que o químico só pode ligar com *modelos* a nível simbólico, para os quais não pode se dizer serem uma representação de entidades reais no sentido clássico, mas que se adequam melhor caso se aceite se tratem de representações de atributos reais pertencentes à entidade quântica em estudo, porém, de maneira puramente convencional.

Esse aspecto fica mais evidente quando o caminho contrário é tomado, isto é, de atributos microscópicos, passando pelo nível simbólico, até a tomada de conclusões acerca dos aspectos macroscópicos. Perceba que, neste caso, a atribuição de características as quais estão sob o escopo das leis que regem o mundo cotidiano já são requeridas de antemão para a representação dos atributos, contudo, dificilmente poderíamos sustentar que eles pertencem inerentemente ao objeto. É nesse sentido que estamos apontando quando dissemos que tais regras só podem ser tomadas em um sentido enfraquecido com relação às demandas de realização objetiva de seu conteúdo proposicional, de modo que a validade objetiva é garantida pela construtibilidade possível dos atributos diante da materialidade intuitiva, ou do caráter real do diverso a que se pretenda determinar. Uma questão que surge diante dessa segunda possibilidade de análise é: como é possível que haja a previsibilidade de fenômenos ou eventos químicos, baseando-se em atributos quânticos, uma vez que se trata de domínios da experiência nos quais vigem diferentes legislações? Como o domínio da possibilidade é capaz de determinar o domínio da causalidade? Não concebemos outra resposta possível a não ser que existe um caráter *convencional* na representatividade dos fenômenos químicos, o qual atesta uma dimensão pragmática da prática científica na química, como o domínio em que se aplicam as consequências da teoria quântica.

A nosso ver, portanto, é possível se falar em um realismo pragmático na química moderna: os atributos são convencionalmente aceitos como reais, apenas por cumprirem uma função metodológica relacionada à prática daquela ciência. Assim sendo, os atributos não pertenceriam objetivamente às entidades quânticas; é o regime semântico que permite a formação proposicional a partir da qual se erigem as teorias permite a elaboração coerente de teorias sobre os atributos, as quais recebem sua validação objetiva por se referirem ao caráter

potencial da experiência, o qual é composto por todo o conjunto da experiência possível, entendida aqui como a totalidade das intuições inapercebidas ou intuições possíveis. A experimentação concreta seria então a atualização desses atributos potenciais representativos, que, justamente por serem produto de construção (objetos matemáticos), correspondem às expectativas do investigador e dão respostas empíricas numa experiência. No tópico que se segue, portanto, buscaremos detalhar melhor o que aqui estamos chamando de “problema de fronteira” a partir de uma análise mais detalhada do modo como a teoria quântica determina a teoria atômica na explicação das relações entre os elementos na química.

5.4. Modelos, simetria e o pragmatismo nas representações pictóricas da química moderna

Estamos propondo aqui um viés de estudo pragmático do problema da objetividade na teoria quântica a partir de um fenômeno que acreditamos evidenciar essa característica: o modo como se dá a representação pictórica das transformações químicas na comunicação dos eventos microscópicos e macroscópicos entre os químicos. Acreditamos que esse domínio de aplicação da teoria quântica é capaz de fornecer exemplos que mostram que o viés pragmático no estudo da prática científica em teoria quântica pode ser um caminho capaz de explicar assertivamente os pressupostos práticos envolvidos no funcionamento dessa ciência. Para detalhar o que aqui estamos chamando de “problema de fronteira” entre os âmbitos clássico e quântico na aplicação desta última na química, vamos mostrar como são definidos os níveis de energia que fazem parte da definição orbitalar da posição do elétron ao redor do núcleo atômico.

O ponto que mais nos interessa na história da elucidação da composição do átomo consiste na estrutura eletrônica a ele atribuída a partir do conceito de quantização da energia e do insucesso apresentado pelo modelo planetário para o átomo sugerido por Rutherford. O modelo planetário não foi capaz de explicar o que supostamente manteria os elétrons “orbitando” ao redor do núcleo positivo, uma vez que o comportamento esperado era que em algum momento no tempo essas partículas viessem a colidir com o núcleo, devido à diferença entre as cargas, o que, obviamente, causaria uma atração entre elas. Bohr propôs então (baseando-se nos resultados obtidos por Planck acerca da radiação de corpos negros) que deveria haver certos limites de energia permitidos para o elétron, ou seja, a energia dos elétrons no átomo seria quantizada, isto é, o elétron deve respeitar certas órbitas estacionárias discretas com energia fixa. Assim, a explicação do espectro de linhas discreto do átomo de hidrogênio foi possível a partir da assertiva de que as linhas observadas eram o resultado do trânsito do

elétron por essas faixas de energia, de modo que a luz emitida era resultado da liberação de energia do elétron ao retornar de um nível energético superior a um inferior, na forma de um fóton de luz. Elucida-se assim a estrutura eletrônica do átomo como constituída de limites discretos de energia que regulariam a distribuição dos elétrons pela eletrosfera, de modo que a partir dessa distribuição eletrônica foi possível explicar o comportamento químico dos átomos, bem como dar uma explicação plausível acerca da diversidade dos elementos e do modo como se organizam na tabela periódica, além de permitir explicar a possibilidade da ocorrência de reações químicas. Apesar do sucesso da teoria para a explicação de uma série de fenômenos químicos, Bohr não abandonou a ideia de uma órbita elíptica ao redor do núcleo positivo, ideia que posteriormente seria substituída pelos resultados promissores apresentados pela equação de Schrödinger, a partir da qual é possível deduzir as orbitas estacionárias de Bohr e de onde derivam os números quânticos que constituem a representação dos *orbitais*. De qualquer modo, os avanços obtidos em teoria quântica significaram a possibilidade de sua aplicação prática na elucidação da estrutura atômica e na explicação dos fenômenos químicos de maneira geral, isto é, a química tornou-se à época o ambiente em que os resultados da teoria se viram aplicados na prática da maneira mais promissora.

Como mencionamos anteriormente, as funções de onda, segundo a interpretação de Born, denominam-se *orbitais atômicos*, os quais derivam das resoluções para a equação de Schrödinger segundo algumas “condições de contorno” que estabelecem o caráter de quantização da energia ao sistema (como o confinamento da partícula em um espaço delimitado). A interpretação de Born da função de onda permitiu aos investigadores darem uma interpretação física à função de onda, de modo que “para visualizar essa densidade de probabilidade, imaginamos uma nuvem centrada no núcleo. A densidade da nuvem em cada ponto representa a probabilidade de encontrar o elétron naquele ponto.” (Atkins, P. 2006 p. 132). A interpretação da informação contida na função de onda que define o orbital atômico, portanto, exige essa representação pictórica. O procedimento mais comum para o estudo da posição desses pontos que representam a densidade de probabilidade de se encontrar um elétron naquela região delimitada consiste em tomar coordenadas esféricas polares aplicadas em cada ponto, as quais localizam aquele ponto ao redor do núcleo. São elas: raio (r), latitude (θ) e longitude (Φ), essas duas últimas ambas em relação ao eixo z de uma representação cartesiana tridimensional. É possível escrever a função de onda em termos dessas coordenadas de modo a torná-la o produto de duas funções, uma que varia em função de ‘ r ’ e outra em função de ‘ θ ’ e ‘ Φ ’: $\psi(r, \theta, \Phi) = f(r) g(\theta, \Phi)$, onde $f(r)$ denomina-se *função de onda radial* e $g(\theta, \Phi)$

denomina-se *função de onda angular*. Para cada uma dessas funções é possível obter os níveis de energia associados a cada valor que elas assumem, mas não entraremos em detalhes aqui, sob a justificativa de simplificação e economia de tempo, sobre o modo como são obtidos¹⁰⁶. O importante aqui é que, para cada uma dessas funções de onda são associados três *números quânticos*, quais sejam, n , l , ml , os quais dão, respectivamente, o tamanho e a energia, a forma e sua orientação no espaço. Cada um deles assume valores específicos que dão a *camada*, a *subcamada*, os *orbitais de subcamada* e acrescentados a eles, o número quântico de *spin*, que dá a direção dele no espaço.

Com efeito, esses números, derivados da equação de Schrödinger sob determinadas condições pré-estabelecidas, permitem uma representação imagética da interpretação probabilística ao determinarem as propriedades espaciais para cada ponto que representa uma posição possível de um elétron ao redor do núcleo¹⁰⁷. É importante perceber aqui que a passagem entre a dedução quantitativa da energia permitida para a representação espacial da posição do elétron ao redor do núcleo ocorre com o recurso a condições clássicas de representação as quais em hipótese alguma podem ser tomadas em sentido clássico. Tanto é assim que cada ponto em uma nuvem eletrônica não representa uma posição espaço-temporalmente determinada da partícula, mas a *probabilidade* de uma localização determinada. Facilmente se perde de vista, nessa passagem entre representação matemática e representação pictórica, o caráter não determinístico da função de onda, e daí o cientista transpõe o caráter determinista envolvido nas condições para uma representação pictórica ao caráter não determinístico envolvido na descrição matemática das propriedades quânticas presentes na elucidação da estrutura atômica. A partir daqui ocorre o fenômeno pragmático que estamos buscando apontar: a assunção de que representações como a orbitalar são representações de estados reais da entidade quântica. A partir da definição dos números quânticos, o cientista pôde propor o modo como os elétrons se distribuem ao redor de um átomo, e então puderam explicar

¹⁰⁶ O leitor pode ter acesso a essa dedução facilmente em qualquer livro introdutório de física quântica. Veja, por exemplo, Eisberg e Resnick (1979 capítulos 7 e 8) ou ainda Atkins e de Paula (2010 cap. 9). Para mais detalhes, veja a bibliografia.

¹⁰⁷ O grande sucesso da equação de Schrödinger em relação às demais tentativas de se descrever o comportamento do átomo ao redor do núcleo (como a matricial de Heisenberg e a elíptica de Bohr) está na sua capacidade de deduzir a quantização da energia associada a uma partícula, mostrando que esta energia é limitada a determinados valores discretos, os quais vieram a ser chamados de níveis de energia; essa capacidade ficou sobretudo evidente a partir da obtenção dedutiva da constante de Rydberg e por uma explicação mais completa do fenômeno espectral do átomo.

melhor o fenômeno da periodicidade atômica, e com ela as explicações acerca do modo como os átomos interagem entre si para formar moléculas e compostos.

Uma dessas teorias é a *Teoria dos Orbitais Moleculares* (TOM), a qual admite que os orbitais atômicos dos átomos isolados, em uma interação química, unem-se para formar orbitais moleculares que compartilham os elétrons presentes em cada átomo particular, cuja nuvem eletrônica corresponde à soma daquelas dos particulares. Uma descrição matemática das probabilidades envolvidas em um sistema multieletrônico, mesmo para as moléculas mais simples, é tão complexa que hoje em dia só pode ser realizada com o auxílio de poderosos programas de computadores que realizam os cálculos; contudo, para fins práticos, os químicos se valem da representação espacial dos orbitais para propor aproximações e sobreposições entre eles (frontal, lateral, ligante, antiligante etc.). A partir dessa representação espacial, o químico é capaz de explicar, por exemplo, a alta estabilidade observada em uma molécula de Hidrogênio, e a baixa estabilidade de uma molécula de Hélio, mostrando que a combinação linear de orbitais na primeira molécula resulta no preenchimento apenas do orbital molecular ligante, enquanto no caso do Hélio existe o preenchimento do orbital molecular antiligante por um par de elétrons, resultando na instabilidade. A questão que se coloca nesse caso é: o uso de termos como “preenchimento”, “localização”, “transferência”, “aproximação” etc. dizem respeito a propriedades objetivamente pertencentes ao sistema em questão? A resposta é: não. Do contrário, de que modo ocorreu a passagem abrupta da definição probabilística para as propriedades determinísticas? A nosso ver, pela adoção, ainda que inconsciente, de uma *condição consensual*: tomemos as propriedades físicas descritas de maneira puramente probabilística como reais, isto é, pertencentes à própria entidade quântica. A distribuição espacial dos orbitais que compõem a estrutura de um átomo não é probabilística? Uma probabilidade não nos dá as chances de ocorrência de um evento, ao invés de afirmar que ele necessariamente se passará de tal ou tal forma? Como se pode, então, afirmar o orbital como uma estrutura fixa, a qual possui uma distribuição espacial? Somente a partir da definição de condições de contorno e da assunção de seu caráter probabilístico.

É nesse sentido que, em química, fala-se apenas em “modelos” que descrevem a forma das moléculas e compostos, e nunca, até o momento, na afirmação categórica de que a representação molecular representa algo do mundo real. Essa impossibilidade deriva da relação contextual entre a propriedade experimentada e a configuração experimental escolhida, como

vimos. Os três modelos mais comuns são o VSEPR¹⁰⁸, o qual considera a forma das moléculas como derivadas da interação coulombiana entre as partículas constituintes dos átomos, como núcleos e pares de elétrons; a TOM¹⁰⁹ e a TLV¹¹⁰, baseada no modelo quantum-mecânico da distribuição dos elétrons nas ligações e na teoria da hibridização orbitalar. Note, portanto, que os físicos e os químicos têm que lidar com modelos, postulados, suposições, definições etc. para dar conta da necessidade apontada por Bohr de comunicar os eventos a partir de termos clássicos.

O ponto interessante aqui é o modo como essas determinações matemáticas se tornaram representações espaciais a partir das quais são avaliados uma série de fenômenos em química, podendo até mesmo ser interpretados de maneira espaço-temporal. Um exemplo bastante claro pode ser visto nas representações espaciais das moléculas em química orgânica: um preceito clássico da química orgânica que guia as suas representações espaciais é o de que “a estrutura determina as propriedades”, isto é, os arranjos espaciais das moléculas seriam os responsáveis, por exemplo, por determinar características físicas como ponto de fusão ou estado físico do material à temperatura ambiente, de modo que a noção de orbitais moleculares cumpre uma função basilar na explicação das ligações e da distribuição espacial dos elétrons nesses tipos de molécula. Além disso, nem é preciso argumentar a respeito de como a *estereoquímica* opera com a noção de orientação espacial das ligações químicas, dado o significado do próprio nome; noções como *quiralidade* também deixam bastante claro haver na química uma espécie de representação, ainda que didática, de propriedades pertencentes aos próprios átomos na hora de se explicar os mecanismos a partir dos quais os compostos se formariam e outras propriedades diversas.

O que nos chama atenção aqui, de um ponto de vista epistemológico, pode ser representado pela seguinte constatação: se os orbitais atômicos e moleculares são a representação pictórica de uma densidade de probabilidade, isto é, de uma região no espaço para a qual a probabilidade da localização de um ou mais elétrons é grande ou pequena (no caso de regiões nodais), então o químico está sempre lidando com um caráter explicativo de cunho intrinsecamente probabilístico para explicar fenômenos de cunho intrinsecamente determinísticos, dado ser possível prever determinadas ocorrências a partir dos estudos da

¹⁰⁸ Do inglês *Valence Shell Electron Pair Repulsion*, que significa repulsão entre os pares eletrônicos da camada de valência.

¹⁰⁹ Teoria dos Orbitais Moleculares.

¹¹⁰ Teoria da Ligação de Valência.

estrutura orbitalar de átomos e moléculas, como por exemplo, a possibilidade da ocorrência de determinada ligação química a partir da análise dos orbitais ligantes e antiligantes das substâncias para as quais se avalia a possibilidade da ocorrência de uma interação química por exemplo, os orbitais HOMO e LUMO¹¹¹ potencialmente envolvidos numa interação.

O ponto curioso desse fator pragmático é que ele funciona muito bem na explicação dos fenômenos e até mesmo para a previsibilidade da ocorrência deles. Existe, como apontávamos no tópico anterior, o caminho analítico da observação de um evento macroscópico para a explicação dele em termos microscópicos, e o caminho sintético da descrição microscópica para o evento macroscópico. O primeiro pode ser exemplificado em uma reação química realizável em condições normais de experimentação, como por espectroscopia; e o segundo a partir das teorias quantum-mecânicas. Independentemente do modelo adotado, as explicações em ambos os sentidos são coerentes e dão conta de explicar fatores como reatividade, coloração, e inúmeras outras características observáveis: isso significa que nenhuma delas corresponde a uma descrição objetiva definitiva ou *epistemologicamente real* das propriedades contidas na explicação. São modos de orientar o cientista no progresso da pesquisa empírica, ou, se quisermos, princípios pragmáticos para um bom funcionamento da ciência normal e para a comunicabilidade inambigua dos eventos experimentais, assim como para o ensino didático daquele conteúdo a partir de representações pictóricas que não dizem respeito, a princípio, a propriedades pertencentes de maneira independente de um contexto experimental à entidade quântica em questão.

Se não podemos falar em uma descrição objetiva, como explicar o sucesso da teoria de grupos oriunda da aplicação de operações de simetria em moléculas e cristais? Sabemos da estreita relação que o conceito de simetria entretém com as noções espaciais, portanto, como explicar o sucesso da aplicação desses modelos sem recorrer a uma posição epistemológica realista com relação às propriedades descritas nos modelos? O modo de organização molecular dos compostos cristalinos pode ser obtido a partir de técnicas experimentais bastante precisas, portanto, parecem corresponder com uma organização espacial própria, pertencente intrinsecamente ao composto, aparentemente de maneira independente da técnica experimental empregada. Tomemos, por exemplo, o caso da teoria de grupos, a qual, partindo de padrões de simetria associados à organização espacial das moléculas (sobretudo nos cristais), associa a

¹¹¹ HOMO, do inglês “Highest Occupied Molecular Orbital” e LUMO, que significa “Lowest Unoccupied Molecular Orbital”.

cada um desses padrões um grupo de moléculas que portará determinados atributos. Assim, a partir dessa classificação, é possível prever a possibilidade de uma reação química ocorrer ou não, bem como dar uma descrição completa, a partir dos diagramas de orbitais moleculares, de quais são os orbitais envolvidos na reação, o modo de aproximação entre eles, a energia despendida ou requerida no processo (a depender da energia livre de Gibbs associada), e muitos outros fatores envolvidos no processo de síntese dos compostos. Segundo Gelson Manzoni (2009 p. 13) “simetria é um dos mais fundamentais princípios das ciências naturais. A sua dimensão é demonstrada na Teoria de Grupos. O seu efeito mostra-se em relações macroscópicas e microscópicas.” Note que essa definição parece adotar uma posição epistemológica realista em relação ao conceito de simetria, como algo pertencente à própria natureza. Existem diversas aplicações do conceito e das operações de simetria no estudo da estrutura fundamental dos compostos na química, como por exemplo, a maioria das técnicas espectroscópicas (UV-Vis, IR, RA, RMN, fotoeletrônica), difração de raios-x no estudo das estruturas cristalinas, atividade ótica etc. que se apresentam como um forte contraexemplo a favor de uma posição epistemológica realista com relação às propriedades estudadas por essas técnicas. Mas é preciso ter bastante cuidado ao aceitar essa posição, haja vista se tratarem de *técnicas experimentais*, isto é, um conjunto de procedimentos baseado em regras e operações que permitem ao cientista observar determinada propriedade do composto e que divergem com relação à manifestação dessas propriedades, como por exemplo, se compararmos um espectro UV-Vis com um espectro IR; cada um deles revela características diferentes e servem para ser aplicados a diferentes classes de compostos, isto é, não se aplicam irrestritamente a qualquer classe de compostos.

Portanto, a nosso ver, o problema da interferência do arranjo experimental ainda se coloca, mesmo quando se trata da aplicação da teoria quântica à química. Aqui, é importante ressaltar que existe uma diferença no tratamento empregado na descrição de um elétron e numa coleção enorme de entidades quânticas (p. ex 10^{27} entidades consideradas num cálculo), de modo que quanto maior a quantidade de entidades consideradas, mais próximo o comportamento quântico fica do comportamento clássico. Assim, ao se falar em um composto cristalino, por exemplo, a quantidade de entidades quânticas presentes em 1 mol de determinado composto é enorme. Isso não significa, contudo, que a representação pictórica que se faz da estrutura desses compostos seja epistemologicamente real, haja vista se tratar de dados obtidos a partir de vibrações e rotações translacionais das moléculas em questão, ou seja, elas nunca se encontram em um estado estático como o representado nas imagens, o que significa que, em

certa medida, as imagens obtidas são o resultado do emprego da técnica experimental que torna estática aquela representação. Nesse sentido, a imagem microscópica de uma estrutura molecular, os espectros obtidos nas diferentes técnicas espectroscópicas e os dados quantitativos obtidos de modo instrumental, de maneira geral, serão sempre o resultado do emprego de uma técnica, portanto, sempre serão intermediados por algo que modifica o seu estado original. Isso não significa, contudo, a necessidade de adoção de um idealismo empírico em relação ao conhecimento dessas estruturas. Podemos ser mais modestos e admitir apenas que existe um âmbito inalcançável à cognição humana, de modo que tudo o que ela pode conhecer se limita ao modo constituinte dela e do alcance de seu aparato semântico-linguístico.

O mesmo se passa com relação à análise dos compostos químicos, como por exemplo o procedimento de análise espectroscópica, a qual permite, a partir do estudo dos padrões espectrais dos compostos, realizar uma análise qualitativa e quantitativa das substâncias que compõem um material particular e em que quantidade. Sabemos, contudo, que a cada um desses procedimentos sempre existem associadas interferências de erros aleatórios e sistemáticos envolvidos no próprio ato de medir, porém, as aplicações na medicina e na farmácia, por exemplo, mostram que se não houvesse um alto grau de precisão envolvido, muitos remédios e procedimentos médicos não teriam o sucesso que apresentam. Fatores como esse indicam um fenômeno no mínimo estranho que ocorre com a teoria quântica: *ao mesmo tempo que a teoria é de caráter estatístico e probabilístico, quando aplicada ao mundo cotidiano ela parece corresponder muito bem com nossas demandas de objetividade deterministas*¹¹². Muitas entre as atividades dos químicos envolvem a interpretação de fenômenos clássicos, como a mudança de cor de uma solução indicadora, a precipitação de determinado soluto, os equilíbrios químicos, dentre outros, a partir de noções tomadas da teoria quântica; porém, os fenômenos quânticos não podem ser explicados a partir da simples observação dos fenômenos clássicos, ainda que tenham que ser descritos em termos clássicos, ou seja, a recíproca não é verdadeira. Desse modo, acreditamos que o problema da “fronteira” entre teoria quântica e teoria clássica, ou em termos ontológicos, “mundo quântico” e “mundo clássico”, tem na química um terreno de análise bastante profícuo, haja vista as inúmeras aplicações práticas da teoria quântica ali apresentadas.

¹¹² É claro, porém, que essa característica está associada à correspondência com o mundo corriqueiro quando se aumenta indefinidamente o número de entidades quânticas levadas em consideração no cálculo dos estados estacionários.

Estamos defendendo a existência de uma dimensão pragmática do problema da objetividade na teoria quântica a partir da análise de sua aplicação prática na química moderna nos baseando nos seguintes pontos: 1) deve-se tomar como ponto de partida para uma análise pragmática da prática científica nessa ciência a passagem do âmbito probabilístico ao âmbito determinístico evidenciado na aplicação da teoria quântica na determinação de propriedades físicas e na elucidação da estrutura atômica presente principalmente nas representações que se faz dessa estrutura; 2) dada a impossibilidade em se assumir que as propriedades físicas pertençam à entidade quântica de maneira independente de um contexto experimental, as informações contidas na determinação quantum-mecânica das propriedades devem ser vistas como condições práticas para a comunicabilidade inambigua dos eventos experimentais; 3) além dos princípios, postulados, condições de contorno, símbolos, representações pictóricas, unidades de medida e outras assunções convencionais que viabilizam a prática e a comunicação coerente dos fenômenos químicos, é preciso que os cientistas assumam o que aqui estamos chamando de “realismo pragmático” como uma condição prática assessória à fundamentação semântica do conteúdo proposicional dos enunciados acerca das propriedades das entidades envolvidas na descrição dos eventos químicos: eles devem ser tomados *como se* fossem pertencentes *realmente*, no sentido epistemológico do termo, àquelas entidades. 5) essas condições para o funcionamento da ciência de um ponto de vista prático apresentam resultados coerentes com a experimentação, a qual corresponde, tanto do ponto de partida analítico quanto sintético, com as explicações e previsões contidas na teoria. Contudo, essa correspondência não significa necessariamente ter que assumir que as propriedades sejam epistemologicamente reais, haja vista existirem diferentes modelos igualmente coerentes na explicação de um mesmo fenômeno. 6) de um ponto de vista transcendental, as condições de possibilidade dos objetos da experiência são ao mesmo tempo as condições de possibilidade do conhecimento desses objetos, ou seja, o próprio aparato cognitivo-conceitual do homem dá as condições de construtibilidade de objetos possíveis a essa cognição, e nisso consiste a correspondência entre princípios de caráter puramente prático-convencionais e a experiência.

Os cientistas dão ao mesmo tempo as condições semântico-cognitivas para a interpretação coerente das teorias e as condições experimentais para que essas condições se realizem de maneira concreta. Esse ponto de vista consiste, portanto, em parte numa assunção ingênua do idealismo transcendental, por um lado, e por outro, numa assunção não-ortodoxa ao não se admitir a aplicabilidade irrestrita dos princípios transcendentais. Esse déficit é suprido por uma leitura que assume uma dimensão pragmática envolvida na concepção kantiana de

conhecimento teórico da razão que não se esgota em seu caráter determinante. A aplicação desse ponto de vista ao problema principal ora tratado mostra-se profícuo ao ser capaz de explicar o problema de fronteira do ponto de vista de um projeto mais amplo da razão, o qual se vê amparado por princípios operacionais que permitem ao homem prosseguir na investigação empírica, ainda que em determinadas situações a experiência não se adéque prontamente ao modo constituinte da cognição humana, seja do ponto de vista semântico-conceitual, seja do ponto de vista de sua estrutura formal.

Nesse sentido, a explicação do sucesso no prosseguimento da investigação empírica ganha uma explicação mais completa, a nosso ver, admitindo-se que os cientistas não estão a todo momento revelando na natureza aquilo que seria parte de sua composição essencial, mas sim, a partir do bom e velho adágio kantiano, colocando nela aquilo que a razão humana forja por si mesma e espera da experiência uma resposta. Parece-nos, portanto, evidente essa dimensão pragmática do problema da objetividade ao se levar em consideração, sobretudo, o problema do contexto experimental na teoria quântica, o qual implica numa incontornável assunção da interferência da cognição humana no conhecimento dos objetos a que almeja, sem que por essa implicação seja necessário assumir-se um idealismo ingênuo, empírico e irrestrito em relação ao modo como as propriedades se revelam. Temos insistido que a necessidade de comunicação dos eventos experimentais em termos clássicos salientado por Bohr revela-se de maneira particular no emprego prático dos princípios da teoria quântica na química moderna, onde a passagem abrupta do caráter probabilístico das definições matemáticas para o caráter determinista das representações pictóricas ocorre por via de uma assunção pragmática do realismo que permite a comunicabilidade inambigua e a correspondência com essa demanda comunicacional, baseando-nos nas diversas evidências que podem ser encontradas nos manuais de físico-química, de química orgânica e inorgânica, assim como nas explicações dos mecanismos de reação amplamente presentes na prática e no ensino dessa ciência. Assim, se pudermos falar em uma contribuição mínima fornecida por nosso esforço de pesquisa, ela consiste na revelação de que o estudo pragmático do problema da objetividade na teoria quântica encontra um campo profícuo na aplicação que essa teoria recebe na química.

Conclusão da parte II

A parte II da presente investigação buscou, primeiramente, defender a interpretação da filosofia transcendental como uma semântica do conhecimento objetivo, de modo a apresentar essa leitura como capaz de lidar com as acusações de psicologismo e metafisismo acerca do tratamento erigido por Kant em sua fundamentação do conhecimento científico. Seguindo essa perspectiva, o capítulo quatro problematizou a questão acerca de como interpretar a tarefa crítica de Kant, para então mostrar a linhagem semântica de interpretação da filosofia transcendental em suas características mais gerais. Por fim, associada a essa exposição geral, acrescentamos aos princípios formais da semântica transcendental uma perspectiva pragmática associada à tarefa mais ampla da razão como um dispositivo auxiliar da pesquisa científica.

Uma vez caracterizada a leitura semântica, o próximo passo na tarefa investigativa da parte II foi mostrar como essa leitura pode ser aplicada ao problema da objetividade em seus diferentes aspectos (expostos no cap. 3). Para tanto, mostramos primeiro o porquê de acreditarmos ser pertinente a possibilidade de tal aplicação diante do itinerário de atualização apresentado no tópico 2.3, para então apresentar, nos demais tópicos que compõem o capítulo 5, tentativas hipotéticas de aplicação efetiva da leitura semântica àquele problema em suas diferentes vertentes, a partir de exemplos concretos tanto relativos à situação experimental quanto à fundamentação matemático-teórica da física quântica.

Neste ponto, interessou-nos defender a possibilidade de se pensar um regime semântico diferenciado para a validade objetiva do conteúdo proposicional dos enunciados em física quântica que levasse em consideração a interpretação probabilística de Born e que, focado nesse caráter não-determinístico e puramente estatístico da função de onda, pudesse apresentar uma teoria da verdade e da referência daqueles enunciados que fosse capaz de lidar com o problema de uma fundamentação formal do significado diante da dissimetria entre o caráter probabilístico e a necessidade de comunicação determinística. Essa fundamentação formal, no entanto, por estar no regime de uma semântica transcendental, não é de caráter puramente lógico, e assim, essa perspectiva envolveu a adoção da tese de Loparic de que a teoria do objeto, no regime dessa semântica, faz parte de uma teoria do significado, e que, portanto, o procedimento de construção na intuição pura presente no conhecimento matemático dos fenômenos, constitui parte fundamental do conhecimento humano de coisas e da fundamentação da objetividade do nosso discurso acerca delas.

Segundo a leitura que buscamos erigir na parte II, a necessidade de uma interpretação física da função de onda envolveu a necessidade de adoção de determinados pressupostos de caráter prático que têm por fim preservar a coerência na comunicação inambigua dos eventos experimentais, por um lado, e servir como princípios transcendentais de significabilidade, por outro, ao apresentar as condições para uma experiência possível no regime quântico. Nesse sentido, haveria um caráter transcendental envolvido nas próprias definições da teoria quântica, as quais não precisam ser tomadas como condições do próprio objeto, mas como condições da aplicabilidade coerente de nossos conceitos àquela classe de fenômenos. Assim, a referência do conteúdo proposicional dos enunciados da teoria quântica seria em relação às condições da experiência e não à experiência ela mesma. É claro que, diante do problema da aplicação de conceitos clássicos ao regime quântico, uma aplicação irrestrita das regras da semântica transcendental à teoria quântica é temerária, portanto, esse déficit é suprido aqui pela substituição da visão de que ela estabelece as condições da experiência pela visão de que ela estabelece as condições para uma comunicação inambigua ou coerente entre os praticantes da ciência. Nisso reside a interpretação semântico-pragmática da filosofia transcendental aplicada ao problema da objetividade: por um lado, a semântica transcendental garantiria a fundamentação formal do conteúdo proposicional, e por outro, a sua pragmática auxiliar forneceria as condições de sucesso da comunicação em termos clássicos a partir de procedimentos que possibilitam tanto uma determinação analógica que dê conta das demandas cognitivas clássicas, quanto o funcionamento da ciência normal em seu progresso empírico. Diante dessa hipótese de interpretação, buscamos uma tentativa de tornar esse caráter pragmático evidente na aplicação que a teoria quântica recebeu na química, área onde acreditamos haver um campo de estudo profícuo para aproximações pragmáticas ao problema da objetividade.

Daí a necessidade de estabelecer de que modo esse caráter pragmático da semântica transcendental poderia ser útil para se avaliar esse mesmo caráter com relação ao problema da objetividade na teoria quântica. Nossa tentativa foi conciliar a leitura semântica com essa faceta pragmática a partir daquilo que chamamos de “problema de fronteira” entre o âmbito clássico e o quântico, onde buscamos mostrar que, na representação pictórica dos eventos químicos, essa passagem ocorre a partir da adoção de uma posição epistemológica particular a qual chamamos de “realismo pragmático”, isto é, a adoção da tese, ainda que de maneira analógica e representacional, de que as propriedades físicas reveladas pela teoria quântica pertenceriam à entidade estudada de maneira independente do experimento que revelou aquela propriedade.

Vimos, contudo, que o problema comunicacional, em sua relação com o problema da medida, nos impede de aderir a um realismo ingênuo em relação às propriedades físicas de entidades quânticas: daí a necessidade de que sejam adotadas determinadas condições práticas que possibilitam um uso coerente das teorias a nível determinístico, porém, sempre de maneira analógica e a partir da adoção de uma série de fatores convencionais.

Assim, de maneira geral, se na parte I nos ocupamos com uma investigação do modo como a teoria do conhecimento objetivo de Kant lidou com a eficácia heurística das ciências de sua época, bem como com as possibilidades de uma aproximação dos problemas epistemológicos da teoria quântica com aquela teoria do conhecimento objetivo a partir da explicitação de como ocorreu a “crise epistemológica” decorrente do desenvolvimento da nova física, na parte II nos ocupamos com a tarefa de propor uma aproximação semântico-transcendental particularmente apoiada por uma teoria pragmática com relação à aplicação dessa nova física na química moderna. Se tivermos sido bem-sucedidos em nossa intenção de pesquisa para a parte II, devemos ter conseguido mostrar a possibilidade de uma aproximação semântico-transcendental ao problema da objetividade na teoria quântica a partir de uma aplicação hipotética dessa semântica a diferentes aspectos relacionados ao problema principal, tanto de um ponto de vista formal-transcendental como de um ponto de vista da prática científica e das regras subjacentes a uma comunicabilidade coerente. Portanto, se não demos uma solução categórica a um problema, possivelmente fomos capazes de ao menos apontar um caminho investigativo que talvez possa vir a servir no mínimo como um contraexemplo a um caminho mais profícuo. De qualquer modo, acreditamos ser possível um posicionamento idealista transcendental em relação ao problema da medida (porém, desde que seja restringido por um realismo pragmático) assim como acreditamos não ser possível uma aplicação ortodoxa dos princípios transcendentais para explicar a nova situação teórico-experimental. Ao tomar esses princípios como regras para um uso coerente da linguagem humana, em acordo com as regras que fundamentam a cognição, ou seja, como uma teoria transcendental do significado, apoiada por assunções acessórias de caráter prático, a filosofia transcendental pode se abster de tentar resolver o problema da realidade objetiva por via epistêmica, isto é, a partir de uma tentativa de se definir a essência do conhecimento daquela classe de “objetos” em sua relação com o sujeito cognoscente, e focar os problemas no modo como utilizamos nossos conceitos e nas regras que fundamentam a experiência, pensada como o conjunto de representações possíveis para uma cognição humana.

Conclusão geral da investigação proposta

Tendemos a enxergar a filosofia e as ciências como tarefas cognitivas humanas as quais, apesar de terem sofrido uma separação ou demarcação de âmbitos e objetos de investigação com o nascimento da ciência moderna, guardam uma semelhança de origem: a busca do homem por conhecer o mundo e a si mesmo. Nessa busca, o homem jamais pode abster-se do modo constitutivo de sua cognição, de sua linguagem, conceitos e regras que estabelecem o uso coerente, isto é, linguisticamente significativo desses conceitos e juízos elaborados a partir deles. A principal lição do idealismo transcendental kantiano, o qual consiste numa evolução mais completa daquilo que Aristóteles já havia intuído na antiguidade, continua, portanto, valendo para qualquer tarefa cognitiva que o homem almeje realizar: “o homem só conhece das coisas aquilo que nelas coloca.” Parece-nos seguro, portanto, afirmar que todo o arcabouço cognitivo humano sirva como uma espécie de “filtro”, composto por regras, a partir do qual a experiência bruta é moldada em conceitos e juízos que expressam as regras que possibilitam ao homem dizer algo sobre ela.

A natureza dessas regras, contudo, não parece ter encontrado em Kant seu lugar definitivo (como sabemos, nem o próprio filósofo prussiano reivindicava para si essa completude, a não ser no que diz respeito ao completo mapeamento das tarefas teóricas da razão). Corrobora com essa visão o fato de que a teoria do conhecimento kantiana tomou a eficácia heurística das ciências de seu tempo como modelo de conhecimento seguro acerca da experiência, o que torna os princípios contidos nessa teoria sujeitos às consequências das alterações pelas quais a ciência necessariamente passa em seu desenvolvimento. Nesse sentido, nenhuma outra ciência trouxe consequências tão graves não só aos princípios da teoria kantiana do conhecimento, mas a toda a epistemologia clássica, quanto a teoria quântica. Na física nascente, tanto as deduções teóricas quanto a execução dos experimentos indicavam a existência de uma nova classe de fenômenos resistente tanto à determinação a partir de leis físicas clássicas quanto a conceitos epistemológicos clássicos. Nesse conjunto de regras aparentemente obsoletas diante da inediticidade da nova situação experimental estão conceitos como causalidade, previsibilidade, espaço, tempo etc. ou seja, conceitos que são classicamente tomados como condições *sine qua non* do conhecimento humano de coisas.

Se a crise epistemológica a qual aqui chamamos de “problema da objetividade” não se restringiu ao domínio da física, mas se estendeu à epistemologia, não consiste em exagero dizer que “os físicos tiveram que filosofar”: isso implicou que os físicos tiveram que pensar numa

maneira de apresentar uma “imagem de mundo” da qual a teoria quântica carecia naquele momento. De um lado, alguns afirmavam haver na teoria quântica uma incompletude essencial, de outro, alguns defendiam a sua completude e coerência, desde que fossemos capazes de renunciar às nossas demandas cognitivas clássicas e passássemos a enxergar diferentes resultados experimentais divergentes como complementares. Os filósofos, por sua vez, também críticos do tratamento aplicado pelos modernos ao problema do conhecimento, buscaram apresentar uma fundamentação do conhecimento científico capaz de abstrair da dualidade sujeito-objeto e das conseqüentes disputas metafísicas daí decorrentes a partir de uma “visão científica do mundo”. Essa busca baseou-se numa confiança exagerada no poder da lógica formal e na experiência como os lugares mais apropriados para se avaliar a objetividade do conhecimento. O projeto lógico-empirista de fundamentação do conhecimento é falha em diferentes aspectos, particularmente, em relação à teoria quântica, onde a própria lógica enfrenta problemas em relação às suas regras operacionais fundamentais. Diante desse fracasso parcial dos filósofos de inclinações analíticas de um modo geral, surge a possibilidade em se pensar outras tentativas de erigir uma epistemologia da teoria quântica, sendo uma delas a possibilidade de se pensar uma atualização da filosofia transcendental como uma teoria que talvez ainda tenha algo a oferecer, mesmo diante da estranha situação da física e das implicações daí decorrentes aos seus princípios. É desse itinerário de pesquisa que partem as diferentes abordagens entre filosofia transcendental e teoria quântica.

A principal intenção da presente pesquisa foi apresentar mais uma entre essas abordagens, dessa vez tomando a leitura semântica da filosofia transcendental como uma aproximação possível ao problema da objetividade na teoria quântica, pelos dois motivos principais expostos no tópico 5.1. Para isso, foi preciso primeiro apresentar de que modo os princípios da filosofia transcendental se relacionam com alguns paradigmas da ciência moderna, como o *cálculo diferencial*, a *geometria euclidiana* e a *física newtoniana* e de que modo a teoria quântica apresentou severas limitações a esses paradigmas e, por consequência, à filosofia transcendental.

Essa comparação tornou-se possível a partir de um estudo do modo como o problema da objetividade, ou a “crise de objetividade” do conhecimento científico se colocou com o desenvolvimento da teoria quântica. Se, por um lado, esse desenvolvimento significou a imposição de limitações aos nossos conceitos e demandas cognitivas tradicionais, por outro, os próprios conceitos tradicionais se impuseram à teoria quântica como condições para a comunicabilidade inambigua dos resultados experimentais. Essa necessidade, salientada por

Bohr em diferentes ocasiões, mostra que, se não podemos renunciar aos conceitos clássicos para uma comunicação coerente dos eventos quânticos, tampouco podemos, como dizíamos acima, abstrair das condições impostas pelo modo constitutivo da cognição humana aos objetos que ela almeja conhecer, de modo a interferir, a partir dessas condições, no modo como as propriedades observadas se manifestarão. Essa impossibilidade, contudo, não significa a necessidade de que as condições cognitivas antes tidas com condições necessárias ao conhecimento humano de coisas devam se aplicar irrestritamente à nova classe de fenômenos: a impossibilidade de uma descrição ao mesmo tempo causal e espaço-temporal dos eventos quânticos, posta em evidência pelas relações de incerteza, é a principal limitação imposta nesse sentido. Coloca-se assim uma grande limitação às tentativas de atualização da filosofia transcendental diante dos problemas epistemológicos da teoria quântica. O regime no qual vigiam os princípios transcendentais restringe-se àquele no qual vigem os princípios da física clássica. Contudo, a necessidade de comunicação em termos clássicos aparece como um caminho possível para se repensar temas transcendentais ligados à epistemologia da teoria quântica: ainda que com relação à determinação dos fenômenos boa parte dos princípios transcendentais percam seu escopo de validade, no que diz respeito às condições de comunicabilidade dos eventos, eles podem apresentar algo de profícuo para a avaliação dos problemas. É nesse sentido que o modo como a filosofia transcendental é interpretada ganha importância para as tentativas de atualização: caso seja tomada de maneira ortodoxa, ou seja, do ponto de vista epistêmico no qual o idealismo transcendental ganha protagonismo como tese principal, a filosofia transcendental não pode lidar com as limitações impostas pelas novas condições que fundamentam a experiência, haja vista a restrição do escopo de aplicação de seus princípios.

Tomemos, contudo, o ponto de vista de que esses princípios não dão a condição da própria experiência, mas de uma comunicabilidade coerente acerca dela, isto é, tomemos os princípios transcendentais como parte de uma *semântica transcendental* que tem como objetivo estabelecer um programa de pesquisa científica para a razão que leve em consideração as determinações possíveis e impossíveis dessa faculdade no âmbito do conhecimento da natureza, bem como seja capaz de apresentar uma teoria do significado capaz de explicar o âmbito no qual nossas asserções acerca de objetos da experiência são coerentes, isto é, ganham sentido comunitário, adesão coletiva, ou, em última instância, validade objetiva, não de um ponto de vista puramente formal, mas lógico-transcendental. Agora, o idealismo transcendental aparece como uma assunção acessória, isto é, não mais como uma tentativa de definição da essência da

relação entre sujeito e objeto de conhecimento, mas como um dispositivo que permite dar coerência aos termos particulares dessa semântica ao estabelecer como princípio que só conhecemos das coisas aquilo que nelas colocamos, ou seja, a partir de nosso arcabouço conceitual-cognitivo. De um ponto de vista semântico, isso não significa dizer que um fenômeno só pode ser conhecido a partir da aplicação do princípio de causalidade de um ponto de vista espaço-temporal, mas que a *comunicação* desse evento, isso sim, só pode ser feita dessa forma e a partir de outras condições de base. Portanto, a comunicação coerente de um evento quântico exige que a descrição desse evento seja feita a partir daquelas condições de base, mas isso não significa que essas condições pertençam à fundamentação do próprio evento do ponto de vista material ou epistêmico. Justamente por não pertencerem inerentemente à entidade ou evento quântico, as propriedades físicas assim descritas devem ser tomadas como pertencentes somente ao modo como representados aquele evento, isto é, de um ponto de vista *antirrealista* com relação à pertença delas pela entidade em questão. Essa característica aponta ao mesmo tempo para uma faceta pragmática relacionada às condições de comunicabilidade pertencentes ao contexto experimental em teoria quântica, ao mostrar que, ainda que não pertençam inerentemente à entidade quântica, essas propriedades devem ser tomadas *como se* a elas pertencessem de maneira independente.

Essa perspectiva, a nosso ver, pareceu coadunar com a interpretação probabilística da função de onda, bem como capaz de lidar com o caráter intrinsecamente não-determinístico envolvido na descrição dos eventos quânticos, assim como com o caráter pragmático envolvido na aplicação que a teoria quântica recebeu sobretudo na elucidação da estrutura atômica e as aplicações que ela recebeu na química, como buscamos mostrar no último capítulo. O principal mérito que nossa proposta de aproximação semântico-transcendental apresenta consiste então numa mudança de perspectiva com relação à avaliação da passagem entre o âmbito clássico e o quântico no uso de nossos conceitos, ou seja, ao invés de tomarmos a filosofia transcendental de maneira ortodoxa no tratamento dos problemas, isto é, a partir da noção de que ela seria uma teoria do objeto e da cognição humana na relação com esse objeto, propomos o entendimento de que, na dificuldade no estabelecimento de uma definição precisa da própria noção de objeto em teoria quântica, tomemos a filosofia transcendental como uma teoria do significado, da qual a definição de objeto faz parte, cujas propriedades são tratadas como definições acerca do objeto as quais se apresentam num domínio experimental contextual. Agora, o regime de verificação do conteúdo proposicional dos enunciados é tomado não em relação à experiência, mas às próprias condições de possibilidade dela, não no sentido de sua apresentação empírica, mas de

sua construtibilidade em uma intuição possível, proto-intuitiva, *antes* que uma experiência concreta se dê, ou seja, com relação ao conjunto representacional humano possível. Não se trata, portanto, das condições de uma experiência empírica, mas das condições para que possamos afirmar algo acerca dessa experiência de maneira coerente ou consistente, isto é, de maneira objetivamente válida, de acordo com as regras fundamentais para a comunicabilidade de qualquer evento entre humanos. Diante da impossibilidade de se comunicar coerentemente os eventos experimentais abstraindo dos conceitos clássicos, e da limitação do uso desses conceitos para a determinação do domínio quântico, esse paradoxo só pode ser desfeito caso esses conceitos sejam tomados como condições de comunicabilidade coerente, e não como condições do próprio objeto. Ou seja, a dificuldade inerente à resistência dos eventos quânticos à possibilidade de uma representação pictórica / imagética dos resultados experimentais, que se contrapõe à possibilidade de uma aplicação dos princípios do *esquematismo transcendental*, também se desfaz à medida em que aquelas condições sejam transpostas ao âmbito pragmático, revelado aqui especialmente nas representações que os químicos fazem das propriedades atômicas e moleculares na química. Como procuramos apresentar, ali, a passagem entre o âmbito clássico e o quântico passa, como condição para a representabilidade pictórica, pela assunção de um realismo das propriedades, o qual não pode corresponder com as limitações impostas pelo problema da medida, portanto, deve ser tomado de um ponto de vista convencional ou pragmático.

Dito isso, se pudermos resumir os principais resultados obtidos a partir do presente esforço de investigação, podemos dizer que, de um ponto de vista mais geral, essa proposta se insere no escopo das tentativas de se pensar a possibilidade de uma atualização da filosofia transcendental face o desenvolvimento da teoria quântica. Inicialmente, ela se envolveu com uma pesquisa do modo como Kant erigiu sua teoria do conhecimento objetivo ou científico, para então apresentar as limitações dessa teoria do conhecimento objetivo relacionadas ao seu comprometimento com o paradigma científico de sua época, ou seja, por estar amplamente relacionada com uma visão de mundo e de ciência particulares, essa epistemologia científica teve que necessariamente lidar com o fato de que o desenvolvimento da própria ciência implicou em restrições às regras teóricas que a constituíam. Foi preciso, então, mostrar primeiramente como se deu o desenvolvimento da física quântica e os problemas epistemológicos daí decorrentes, os quais chamamos aqui pelo termo geral de “problema da objetividade” e ao qual atribuímos três aspectos principais. Existe, portanto, uma série de limitações a uma aplicação irrestrita da filosofia transcendental diante das inúmeras situações

experimentais e teóricas da física quântica as quais criaram um ambiente de problemas epistemológicos particulares, e existe também uma história das tentativas de atualização da filosofia transcendental face a esses problemas. Nossa aposta é que a leitura semântica da filosofia transcendental, acrescida de um aporte pragmático envolvido na possibilidade de aplicação dela ao problema principal, pode ser proficuamente inserida nesse itinerário de atualização de um ponto de vista não ortodoxo, isto é, a partir do estabelecimento de restrições a uma aplicação literal dos princípios transcendentais, limitação estabelecida sobretudo por uma mudança de perspectiva teórica em relação a essa possibilidade de aplicação, a qual apresentados nos parágrafos anteriores dessa conclusão.

Partindo desse pressuposto, a parte II apresentou primeiramente uma visão geral da leitura semântica da filosofia transcendental, seguida de uma tentativa hipotética de aplicação dessa leitura ao problema da objetividade da teoria quântica como tentativa de dar uma mostra de um caminho de investigação possível, pautada primeiramente em sua capacidade de lidar com questões de cunho semântico-linguístico, e associado a elas a evidente faceta pragmática da teoria quântica envolvida na aplicação prática desta. Foi assim que apresentamos a semântica transcendental, portanto, como uma teoria transcendental do significado a qual envolve uma parte pragmática envolvida com a tarefa teórica mais geral do homem, a qual pretendemos ter transportado para o problema da objetividade da teoria quântica ao mostrar que há ali, como também é possível enxergar na faceta pragmática da semântica transcendental exposta no tópico 4.4, elementos pragmáticos ligados a assunções convencionais que nos permitem prosseguir indefinidamente na pesquisa empírica. Tal é o caso dos postulados na mecânica quântica e das assunções acessórias observadas nesse viés pragmático da semântica transcendental.

Estamos em posse, portanto, de uma semântica transcendental dotada de um aporte pragmático, cujo pano de fundo é idealista transcendental. Ela lida com o problema da realidade objetiva afirmando que só conhecemos do fenômeno quântico aquilo que dele se adéqua aos nossos conceitos, condições cognitivas e contexto experimental. Isso não significa que determinemos de alguma maneira o fenômeno quântico de um ponto de vista material: trata-se das condições para a nossa comunicação daqueles fenômenos, diante do problema da medida e do problema comunicacional dele decorrente. Não lidamos com o problema da realidade objetiva, portanto, a partir de uma aplicação irrestrita do idealismo transcendental, diante das limitações impostas a uma aplicação ortodoxa dos princípios transcendentais. Ao invés disso, assumimos uma versão deflacionária do idealismo transcendental na qual ele é tomado como assunção acessória diante da tomada do problema da medida e da comunicação dos eventos

resultantes do ato de medir como o problema principal a ser estudado do ponto de vista transcendental. Nesse sentido, avaliamos primeiramente a possibilidade de se falar em um âmbito no qual não se faz uma teoria do objeto, mas da nossa capacidade de falar sobre ele, em seus diferentes aspectos. As condições para se falar de um objeto, ou de sua representabilidade de maneira geral, são apresentados nas regras que regem o discurso coerente, presentes na semântica transcendental; essas regras, portanto, não dizem respeito ao próprio objeto. A teoria da referência a partir da qual se avaliaria o conteúdo proposicional dos enunciados sobre os eventos quânticos obedeceria a um regime diferente daquele pensado segundo o formalismo clássico, no qual a teoria da verdade e da referência são pensados como diretamente envolvidos com o objeto ou suas propriedades. A mecânica quântica conteria esse caráter transcendental ao estabelecer não uma descrição representativa de propriedades das entidades quânticas, mas as condições de representação analógicas que cumprem a função de satisfazer as nossas demandas cognitivas clássicas, mas sempre de maneira não-determinante, isto é, probabilística. Diante dessa característica, a necessidade de comunicabilidade inambigua dos eventos experimentais é suprida por assunções de cunho prático, estabelecidas para um bom funcionamento da ciência normal. Nesse ponto de vista residiu o resultado principal obtido de nosso esforço de investigação, o qual oferecemos à comunidade filosófica como uma hipótese de interpretação, ou um caminho investigativo possível.

Referências Bibliográficas

ALLISON, Henry E. *Kant's transcendental idealism: an interpretation and defense*. New Haven: Yale University Press, 2004.

AMERICKS, Karl. *Kant's theory of mind: An analysis of the Paralogisms of Pure Reason*. New York: Oxford University Press, 2000. First published in 1982.

APEL, Karl- Otto. *Understanding and Explanation: A Transcendental-Pragmatic Perspective*. The MIT Press, 1988.

AYER, A. J. *Logical Positivism*. Chicago: The Free Press of Glencoe, 1959.

BASSALO, José Maria F.; *Eletrodinâmica Quântica*. 2ª Edição. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.

BITBOL, Michel; KERZBERG, Pierre; PETITOT, Jean. (eds.). *Constituting Objectivity: Transcendental Perspectives on Modern Physics*. The Western Ontario Series in Philosophy of Science – Netherlands: Springer Sciences Business Media, 2009.

BOHR, Neils. *Atomic Theory and the Description of Nature*. New York: Cambridge University Press, 1961.

_____. *Essays 1958-1962 on Atomic Physics and Human Knowledge*. Bungay, Suffolk: Richard Clay and Company, 1963.

_____. *Ensaio 1932 – 1957 : Física atômica e conhecimento humano*. Tradução: Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008.

BONACCINI, Juan Adolfo. *Kant e o problema da coisa em si no idealismo alemão, sua atualidade e relevância para compreensão do problema da Filosofia*. Rio de Janeiro: Relume Dumará; Natal, RN: UFRN, Programa de Pós-Graduação em Filosofia, 2003.

BOYER, Carl B. *The history of the calculus and its conceptual development*. New York: Dover Publications, 1959.

BRAGA, Rubem. *A apercepção originária de Kant na física do século XX*. Brasília: Editora UnB.

BRANDOM, Robert. *Between saying and doing: Towards an Analytic Pragmatism*. New York, Oxford University Press, 2008.

BRITTAN Jr., Gordon G. *Kant's Theory of Science*. New Jersey: Princeton University Press, 1978.

_____. *Kant and the quantum theory*. in: P.Parrini (ed.) , *Kant and Contemporary Epistemology* (131-155) . Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994.

CARNAP, R. *Philosophical Foundations of Physics*. New York: Basic Books, 1966.

_____. *The Unity of Science*. Bristol: Thoemmes Press, 1995.

_____. *Meaning and Necessity*. Illinois: The University of Chicago Press, 1947.

CASSIRER, E. *Kant's Life and Thought*. translated by J. Haden. New Haven, 1981.

_____. *A filosofia do Iluminismo*. trad. Álvaro Cabral. – Campinas, São Paulo: Editora da UNICAMP, 1992.

CASTRO, Armando. *Teoria do Conhecimento Científico*. Lisboa: Instituto Piaget, 2001.

CLAVAL, Paul. *História da Geografia*. Lisboa: Edições 70, 2006.

_____. *Epistemologia da Geografia*. trad. Margareth de Castro Afeche Pimenta, Joana Afeche Pimenta. Florianópolis: Editora da UFSC, 2014.

COFFA, J. Alberto. *The semantic tradition from Kant to Carnap*. New York: Cambridge University Press, 1991.

COHEN, I. Bernard. *The newtonian Revolution: with illustrations of the transformation of scientific ideas*. New York: Cambridge University Press, 1980.

CRULL, Elise and BACCIAGALUPPI, Guido. *Grete Herman: Between Physics and Philosophy*. Netherlands: Springer Sciences Business Media, 2016.

EINSTEIN, A. *O significado da Relatividade*. Tradução: professor Mário Silva, Universidade de Coimbra. Lisboa: Gradiva, 2003.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. *Física quântica: átomos, moléculas, sólidos, núcleos e partículas*. São Paulo: Editora Campus, 23ª tiragem.

EUCLIDES. – Os Elementos/Euclides; tradução e introdução de Irineu Bicudo. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

EWALD, W. Bragg. *From Kant to Hilbert: A Source Book in the Foundations of Mathematics*. New York: Oxford University Press, 1999.

FAYE, Jan. and FOLSE, Henry J. (orgs). *Niels Bohr and contemporary philosophy*. Boston Studies in Philosophy of Science. Library of Congress: 1993.

_____. *Niels Bohr: his heritage and legacy*. Boston Studies in Philosophy of Science. Library of Congress: 1991.

FRIEDMAN, Michael. *Kant and the Exact Sciences*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1994.

_____. *Causal Laws and the Foundations of Natural Science*. Paul Guyer (ed.), *The Cambridge Companion to Kant*. – Cambridge: 1992.

_____. *Kant and Newton: Why Gravity is Essential to Matter*. Paul Bricker and R.I.G. Hughes, eds., *Philosophical Perspectives on Newtonian Science*. Cambridge: Massachusetts, 1990.

_____. *Foundations of Space-Time Theories, Relativistic Physics and Philosophy of Science*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1983.

GAZZINELLI, Ramayana. *Teoria da Relatividade Especial*. 2ª Edição. – São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2009.

HABERMAS, Jürgen. *Agir comunicativo e Razão descentralizada*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2002.

HAHN, Robert. *Kant's newtonian Revolution in philosophy*. Southern Illinois University Press, 1988.

HALL, Alfred Ruppert. *Philosophers at war: the quarrel between Newton and Leibniz*. London: Cambridge University Press, 1980.

HANNA, Robert. *Kant and the foundations of analytic philosophy*. Oxford: Clarendon Press, 2001.

_____. *Kant e os fundamentos da filosofia analítica*. Tradução de Leila Souza Mendes. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2005.

- HARTMANN, Nicolai. *A filosofia do Idealismo Alemão*. Lisboa: Fundação Kalouste Gulbenkian, 1983.
- HEALEY, Richard. *The philosophy of Quantum Mechanics: an interactive interpretation*. USA, Cambridge University Press, 1989.
- HEELAN, Patrick A. *Quantum Mechanics and objectivity*. The Hague: Martinus Nijhoff, 1965.
- HEISENBERG, Werner. *Física e Filosofia*. Trad. Jorge Leal Ferreira. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1981.
- _____. *The Physical Principles of the Quantum Theory*. Transl. by Karl Eckart & F.C. Hoyt. Ontario: Dover Publications, 1949.
- _____. *A parte e o Todo*. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- _____. *A ordenação da Realidade*. Trad. Marco Antônio Casanova. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2009.
- HEMPEL, Carl. *Filosofia da Ciência Natural*. Tradução de Plínio Sussekind Rocha. Rio de Janeiro: Zahar Editores: 1974.
- HOLT-JENSEN, Arild. *Geography, History and Concepts: A Student's Guide*. London: SAGE Publications Ltda, 2009.
- HUENEMANN, Charlie. *Racionalismo*. Trad. Jacques A. Wainberg. Rio de Janeiro: Vozes, 2012.
- JAMMER, Max. *The philosophy of Quantum Mechanics: The Interpretations of QM in historical perspective*. New York: John While and Sons, 1974.
- KANT, Immanuel. *Gesammelte Schriften*. Hrsg.: Bd. 1-22 Preußische Akademie der Wissenschaften, Bd. 23. Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, ab Bd. 24 Akademie der Wissenschaften zu Göttingen. Berlin / New York: Walter de Gruyter, 1900-.
- _____. *Werke in sechs Bänden*. Hrsg. von Wilhelm Weischedel. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1983.
- _____. *Crítica da Razão Pura*. 7ª Edição. Tradução de Manuela Pinto dos Santos e Alexandre Fradique Morujão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.
- _____. *Crítica da Razão Prática*. 3ª Edição. Tradução e notas de Valério Rohden. – São Paulo: Editora WFM Matins Fontes, 2011.

_____. *Crítica da Faculdade do Juízo*. 3ª Edição. Tradução de Valério Rohden e António Marques. – Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2016.

_____. *Prolegômenos a qualquer metafísica futura que possa apresentar-se como ciência*”. 1ª Edição. Tradução de José Oscar de Almeida Marques. São Paulo: Estação Liberdade, 2014.

_____. *Princípios metafísicos da ciência da natureza*. Tradução de Artur Morão. Rio de Janeiro: Edições 70, 1990.

_____. *A falsa sutileza das quatro figuras silogísticas*. Tradução de Luciano Codato; in: “*Escritos pré-críticos*”. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

_____. *Ensaio para introduzir a noção de grandezas negativas em filosofia*. Tradução Vinícius de Figueiredo e Jair Barboza; in: “*Escritos pré-críticos*”. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

_____. *Investigação sobre a evidência dos princípios da teologia natural e da moral*. Tradução de Luciano codato; in: “*Escritos pré-críticos*”. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

_____. *Dissertação de 1770 e Carta a Marcus Herz*. Tradução, apresentação e notas de Leonel Ribeiro dos Santos e António Marques. 2ª Edição. Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Moeda: 2004.

_____. *Lógica*. Tradução do texto original estabelecido por Gottlob Benjamin Jäsche de Guido Antônio de Almeida. 3ª Edição. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2003.

KAUARK-LEITE, Patrícia. *Théorie quantique et philosophie transcendantale: dialogues possibles*. Paris: Hermann Éditeurs, 2012.

_____. *Teoria Quântica e Filosofia Transcendental: Diálogos Possíveis*. Tradução de Marco Antônio Casanova. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2022.

KITCHER, Philip. *Kant and the foundations of mathematics*. The Philosophical Review, vol. 84 Nº 1. (Jan, 1975) pp. 23-50.

KITCHER, Patricia. *Kant’s transcendental Psychology*”. New York: Oxford University Press, 1990.

KÖNKE, Klaus Christian. *Surgimento y auge del neokantismo. La filosofía universitaria alemana entre el idealismo y el positivismo*. trad. José Andrés Ancona Quiroz. México: FCE/UAM, 2011.

KOYRÉ, Alexandre. *Do mundo fechado ao universo infinito*. trad. Donaldson M. Garschagen; apresentação e revisão técnica Manoel Barros da Motta. 4.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2006.

KRONER, Richard. *Von Kant bis Hegel*. Tübingen: J.C.B. Mohr, 1961.

- LAVOISIER, A. *Traité Élémentaire de Chimie*. Paris: Chez Cuchet, Libraire, rue & hotel Serpente, 1789.
- LEPLIN, Jarret. *A Novel Defense of Scientific Realism*. New York, Oxford University Press, 1997.
- LOPARIC, Zeljko. *A semântica Transcendental de Kant*. 2. ed. rev. Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 2002.
- LOSEE, John. *Complementarity, Causality and Explanation*. New Jersey: Transaction Publishers, 2013.
- MELNICK, Arthur. *Kant's theory of the self*. New York: Routledge, 2009.
- MENEZES, Djacir Lima. *O problema da realidade Objetiva*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1971.
- NEWTON, Isaac. *Mathematical principles of natural philosophy and his system of the world*. Vol. 1 and 2. London: University of California Press, 1974.
- NIELSEN, J. Rud. (ed.) *Niels Bohr collected works*. Amsterdam: North-Holland Physics Publishing, 1986.
- ORTOLI, Sven. & PHARABOD, Jean-Pierre. *Introdução à física quântica*. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1986.
- PESSOA Jr, Oswaldo. *Conceitos de física quântica*. Vols. I e II. – São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.
- PARRINI, Paolo. (ed.) *Kant and Contemporary Epistemology*. Papers from na international workshop held at the Florence Center for the History na Philosophy of Science. May, 27-30, 1992. Springer Science + Business Media Dordrecht, 1994.
- PETRUCCIOLI, Sandro. *Atoms, Metaphors and Paradoxes: Niels Bohr and the construction of a new physics*. New York: Cambridge University Press, 1993.
- PLAASS, Peter. *Kant's theory of natural Science*. translation, introduction and commentary by Alfred E. and Maria G. Miller; with and introductory analytic essay by Carl Friedrich von Wieszäcker. Boston University, 1994.
- POPPER, Karl R. *A lógica da Pesquisa Científica*". 2.ed. São Paulo: Editora Cultrix, 2013.

_____. *Conhecimento objetivo, uma abordagem Evolucionária*. trad. Milton Amado. – Belo Horizonte, Ed. Itatiaia; São Paulo, Ed. da Universidade de São Paulo, 1975.

_____. *A teoria dos quanta e o cisma na física*. Pós-escrito à Lógica da Pesquisa Científica, volume III– Lisboa, Publicações Dom Quixote, 1989.

POSY, Carl Jay. (org.) *Kant's philosophy of mathematics: modern essays*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1992.

PRIEN, Bernd; SCHWEIKARD, David P. (Eds.). *Robert Brandom: Analytic Pragmatist*. Frankfurt, ontos verlag, 2008.

PSILLOS, Stathis. *Scientific Realism: how science tracks truth*. New York, 270 Madison Ave, 1999.

ROQUE, Tatiana. *História da Matemática. Uma visão crítica, desfazendo mitos e lendas*. São Paulo: Zahar, 2012.

ROSSI, Paolo. *A ciência e a filosofia dos modernos: aspectos da Revolução Científica*. trad. Álvaro Lorencini. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1992.

SELLARS, Wilfrid. *Empirismo e Filosofia da Mente*. Com uma introdução de Richard Rorty e um guia de estudos de Robert Brandom; tradução de Sofia Inês Albornoz Stein. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008.

STRATHERN, Paul. *O sonho de Mendeleiev, a verdadeira história da química*. trad. Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Zahar, 2002.

SOUZA, José Carlos Aguiar de. *O projeto da Modernidade: autonomia, secularização e novas perspectivas*. Brasília: Liber Livro Editora: 2005.

SUPPE, Frederick. *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*. Urbana and Chicago, University of Illinois Press, 1989.

VIDAL, Bernard. *História da Química*. trad. António Filipe Marques. – Lisboa: Edições 70, 1986.

WEIZSÄCKER, Carl Friedrich von.; GÖRNITZ, Thomas; LYRE, Holger (Auths.) *The Structure of Physics*. Netherlands, Springer 2006.

WITTGENSTEIN, Ludwig. – “*Tractatus Logico-Philosophicus*” –. Routledge, 2001.

ZUMBACH, Clark. *The Transcendent Science: Kants conception of biological methodology*.
Martinus Nijhoff Publishers, 1984.