Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro de Ciências Sociais
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas

Carlos Fils Puig

O USO DE CRITÉRIOS ESTÉTICOS NA ESCOLHA DE TEORIAS CIENTÍFICAS

Rio de Janeiro
2018

Carlos Fils Puig

O USO DE CRITÉRIOS ESTÉTICOS NA ESCOLHA DE TEORIAS CIENTÍFICAS

Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Filosofia Moderna e Contemporânea.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Augusto Passos Videira

Rio de Janeiro

2018

Carlos Fils Puig

O USO DE CRITÉRIOS ESTÉTICOS NA ESCOLHA DE TEORIAS CIENTÍFICAS

Tese apresentada, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Filosofia Moderna e Contemporânea.

Aprovado em:

Banca Examinadora:

_____
Prof. Dr. Antonio Augusto Passos Videira (Orientador)
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas – UERJ

_____
Profa. Dra. Karla de Almeida Chediak
Instituto de Filosofia e Ciências Humanas – UERJ

_____
Prof. Dr. André Luís de Oliveira Mendonça
Instituto de Medicina Social – UERJ

_____
Prof. Dr. Fernando Fragozo
Escola de Comunicação – UFRJ

_____
Prof. Dr. Bruno Nobre
Faculdade de Filosofia e Ciências Sociais – Universidade Católica Portuguesa

Rio de Janeiro

2018

Aos meus pais, *in memoriam*.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Antonio Augusto Passos Videira, por sua incansável disponibilidade, atenta crítica e valiosos modelos e direção.

Aos colegas do Instituto de Estudos Sociais e Conceituais de Ciência, Sociedade e Tecnologia: André Mendonça, Fernando Fragozo, Rogério Tolfo, Maria Helena Silva Soares, Davi Gil, André Philot, Aércio Oliveira, Elika Takimoto, Pricila Araújo, Leonardo Miguel, Juliana Flores, Camila Lantiman, Cristina Mota, Verusca Reis, Cristina Machado, Juan Queijo e Rafael Vaz, pela troca incomensurável.

Ao meu irmão, Daniel Puig, pela troca de ideias e bibliografias, o apoio e companheirismo.

À milha esposa, Maria Carolina Guimarães de Avellar, pelo apoio incondicional e irrestrito, pelo amor e carinho. E à minha enteada, Maria Luiza Miranda de Avellar, pela compreensão e paciência nos momentos difíceis e nas longas horas de ausência.

À CAPES, pela bolsa recebida durante o curso de mestrado e à FAPERJ, pela bolsa recebida durante o curso de doutorado. Sem esta, não teria sido possível realizar este trabalho.

À Prof. Dra. Alexandra Elbakyan e toda a sua equipe, bem como à biblioteca Genesis, pela grandiosa generosidade em disponibilizar as obras bibliográficas, sem o seu apoio esta não teria sido possível.

Truth is the conformation of Appearance to Reality.
This conformation may be more or less, also direct or indirect.

Alfred North Whitehead, 1964, p. 241

RESUMO

PUIG, Carlos Fils. *O uso de critérios estéticos na escolha de teorias científicas*. 2018. 147 pp. Tese (Doutorado em Filosofia) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

A partir de uma concepção analítica do uso de critérios estéticos para a avaliação de teorias científicas, apresenta-se um quadro conceitual para esse uso. Os critérios estéticos são estabelecidos coletivamente, num racioncínio indutivo, segundo as características das teorias que se mostraram bem-sucedidas em seu passado recente. O conjunto de critérios estéticos sofre alterações com o tempo à medida que as características das teorias bem-sucedidas empiricamente se transformam, embora em ritmo diferente destas. As revoluções científicas são caracterizadas como alterações radicais dos conjuntos de critérios estéticos e o uso desses critérios é um uso racional. De posse desse quadro conceitual, analisaram-se os textos filosóficos de cientistas filósofos do século XX em sua defesa de critérios estéticos para a escolha de teorias científicas. A crença de cientistas na importância do uso de critérios como a beleza e a simetria são justificadas tendo em vista o aparentemente de outra maneira inexplicável sucesso empírico das teorias escolhidas utilizando esses critérios. As avaliações em que se comparam artistas e cientistas também são levadas em conta. Embora cada um dos centistas abordados tenha sua própria visão quanto ao uso de critérios estéticos e suas implicações, todos parecem concordar em que há uma relação entre a capacidade de apreensão da realidade pelas teorias científicas e a sua beleza. O quadro conceitual estudado e a análise dos textos dos físicos-filósofos permitem que outras questões sejam levantadas, relacionadas ao realismo das teorias, à capacidade humana de apreender a realidade, bem como em relação à ideia de progresso da ciência, enquanto atividade que rumaria para um fim no qual toda a ciência se unificaria e abarcaria todo o conhecimento, podendo reduzir-se a princípios e teorias básicos. Essa visão é questionada e apresenta-se uma visão alternativa, na qual a ciência é tomada como atividade sem fim, plural e na qual são necessárias inúmeras perspectivas para que se dê conta da realidade. O papel dos valores e das relações sociais entre grupos de cientistas é corroborado por descrições complexas e holísticas da percepção e da cognição. Como conclusão, apresenta-se um conjunto de perspectivas que possibilitam compreender a ciência como resultado de sua história, da interação entre grupos de pares e como empreendimento que não ruma necessariamente a um fim único, mas que pode ter múltiplos desenvolvimentos possíveis, e um realismo compatível com o pluralismo.

Palavras-chave: Critérios estéticos em ciência; Realismo; Pluralismo; Cientistas-Filósofos; História da Ciência; Século XX.

ABSTRACT

PUIG, Carlos Fils. *The use of aesthetic criteria in the choice of scientific theories.* 2018. 147 pp. Thesis (Doctorate in Philosophy) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

A conceptual framework for the use of aesthetic criteria for the evaluation of scientific theories is presented from an analytical point of view. Aesthetic criteria are established collectively, and according to the characteristics of theories that have shown to be well succeeded in the recent past – in an inductive process. The set of aesthetic criteria suffers changes over time, as the characteristics of empirically well succeeded theories change, though at a different pace than these. Scientific revolutions are characterized as radical transformations in the sets of aesthetic criteria, and their use is a rational one. With this conceptual framework at hand, the philosophical texts of 20th Century scientists philosophers are analysed in their advocacy of the use of aesthetic criteria for the choice of scientific theories. The belief that scientists have in the importance of the use of criteria such as beauty and simetry are justified in sight of the apparent otherwise inexplicable empirical success of theories chosen using those criteria. The evaluations in which artists and scientists are compared are taken into account. Though each of the scientists studied has his own vision about the use of aesthetic criteria and its implications, they all seem to agree in that there is a relation between beauty and the ability to apprehend reality through scientific theories. The conceptual framework studied and the analysis of the texts of the physicians-philosophers allow other questions to be raised, which are related to the realism of theories, the human ability to apprehend reality, as well as in regard to the idea of progress in science, as an activity that would move towards an end in which the whole science would be unified and emcompass the whole of knowledge, and could be reduced to basic principles and theories. This vision is questioned and an alternative view is presented, in which science is taken as an endless activity, a plural one, and in which countless perspectives are needed in order to emcompass reality. The role of values and social relations between groups of scientists is corroborated by complex and holistic descriptions of perception and cognition. As a conclusion, a set of perspectives is presented that enables to comprehend science as a result of its history, of the interaction between groups of peers and as an undertaking that does not necessarily move towards a single end, but which may have manifold possible developments, and of a realism that is compatible with pluralism.

Keywords: Aesthetic Criteria in Science; Realism; Pluralism; Scientists-Philosophers; History of Science; 20th Century.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11

2 ANÁLISE DO USO DE CRITÉRIOS ESTÉTICOS EM CIÊNCIA 22

2.1 ABORDAGENS SOBRE A BELEZA COMO CRITÉRIO 22

2.2 O BELO E A BELEZA: AS QUESTÕES DA ESTÉTICA 31

2.3 A DISTINÇÃO ENTRE AS TEORIAS E AS SUAS REPRESENTAÇÕES 33

2.4 PROPRIEDADES, VALORES E AVALIAÇÃO ESTÉTICA 36

2.5 CLASSES DE PROPRIEDADES ESTÉTICAS DE TEORIAS CIENTÍFICAS . 39

2.5.1 Forma de simetria 40

2.5.2 Invocação de um modelo 40

2.5.3 Visualização e abstração 41

2.5.4 Filiação metafísica 43

2.5.5 Adequação da abordagem a todas as ciências 45

2.6 AS AVALIAÇÕES ESTÉTICAS E AS AVALIAÇÕES EMPÍRICAS SÃO AUTÔNOMAS ENTRE SI OU REDUZEM-SE UMAS ÀS OUTRAS? 46

2.7 AS PREFERÊNCIAS ESTÉTICAS SÃO ESTABELECIDAS POR PROJEÇÃO INDUTIVA 48

2.8 CONCLUSÕES PRELIMINARES SOBRE A TEORIA DE JAMES MCALLISTER 50

3 A RELAÇÃO ENTRE CONHECIMENTO E REALIDADE 52

3.1 DIRAC E A BELEZA QUE INDICA A VERDADE 53

3.1.1 Beleza matemática 54

3.1.2 Critérios estéticos 62

3.2 HEISENBERG E A BOA CONFORMIDADE DAS PARTES ENTRE SI E COM O TODO 67

3.3 UMA APROXIMAÇÃO ASSINTÓTICA AO REAL LEVARIA NECESSARIAMENTE A UMA ÚNICA CIÊNCIA ABSOLUTA E UNIVERSAL? 71

3.3.1 O realismo assintótico 73

3.3.2 A relação entre beleza e verdade 74

3.3.3 Fischer: o cientista como artista 79

3.4 ALBERT EINSTEIN E A BUSCA DE SIMPLICIDADE E SIMETRIA 80

3.4.1 Seria o cientista também um artista? 85

3.4.2 Um Deus que não joga dados 86

3.4.3 Simplicidade 88

3.5 CHANDRASEKHAR E A COMPARAÇÃO ENTRE ARTISTAS E CIENTISTAS 92
3.5.1 A mais bela de todas as teorias 95
3.5.2 Os padrões de criatividade de artistas e de cientistas 98
3.5.3 A base estética da Teoria da Relatividade 103
3.5.4 A busca por perspectivas 108
3.6 BELEZA, RACIONALIDADE E REVOLUÇÃO 113
3.6.1 A racionalidade científica 113
3.6.2 Os dois desafios à racionalidade científica 115
3.6.3 Revoluções na ciência 116
3.6.4 Mais algumas conclusões sobre o pensamento de McAllister 118
4 O CARÁTER COLETIVO E HISTÓRICO DO CONHECIMENTO 120
4.1 A PERCEPÇÃO E A COGNIÇÃO 122
4.1.1 Percepção 122
4.1.2 A percepção e a fenomenologia hermenêutica de Patrick Heelan 124
4.1.3 Cognição Distributiva 126
4.3 BATESON E A TEORIA ECOLÓGICA DO CONHECIMENTO 131
5 CONCLUSÃO 136
REFERÊNCIAS 143

1 INTRODUÇÃO

Em 1928, Paul Dirac (1902-1984) consegue o que é considerado o maior feito da física do século XX: unir a teoria quântica de campos à relatividade especial[1]. Dirac apresenta uma equação para substituir a equação de Schrödinger, que só servia para partículas à velocidade da luz, apresentando uma equação, que leva o seu nome, para o caso em que a partícula tem qualquer velocidade. Entretanto, a equação de Dirac admite duas soluções legítimas do ponto de vista matemático: em uma delas a energia da partícula é positiva e na outra a energia é negativa (FARMELO, 2009, p. 144ss).

Entretanto, como poderia Dirac postular partículas com energia negativa? A escolha seria abandonar esse caminho totalmente e recomeçar do zero, mas, para Dirac, essa equação era bela demais para não ser verdadeira. O critério de beleza foi o valor que moveu Dirac adiante e ele propõe um modelo de universo em que a sua equação é plausível. Como massa e energia, para a relatividade, são o mesmo, Dirac prevê a existência de partículas com massa negativa. Propõe um modelo em que haveria um mar de partículas com energia negativa no universo, que preenche todo o espaço. Os elétrons seriam partículas que teriam saltado desse mar negativo para este plano da realidade. Dirac prevê uma partícula com a massa do elétron, mas com carga positiva. Seus colegas fazem chacota de sua conjuntura. Ele mesmo começa a duvidar do seu modelo, mas acredita que a sua hipótese precisa ser verdadeira, pois a equação é bela demais para não o ser. É quando raios cósmicos são observados apresentando partículas com massa de elétron, mas carga positiva, o hoje chamado pósitron.

Foi pelo desenvolvimento, em 1928, da chamada Equação de Dirac, que descreve o comportamento relativístico do elétron, que Dirac é considerado um dos mais proeminentes pioneiros da mecânica quântica, "da moderna física dos átomos, das moléculas e de seus constituintes" (FARMELO, 2009, p. 7). Sua teoria o levou a prever a existência do pósitron, a antipartícula do elétron, que foi observado experimentalmente em 1932 por Carl David Anderson. Ele também pode ser considerado como precursor da teoria de cordas (FARMELO, 2009, p. 464), bem como aquele que lançou a pedra de toque sobre a qual se estabeleceu o

[1] Ou seja, introduziu as variações relativísticas no conjunto de ideias e técnicas matemáticas utilizado para descrever sistemas físicos com infinitos graus de liberdade. "The undeniable successes of quantum field theory, however, were certainly not apparent in 1927 when P.A.M. Dirac wrote the first pioneering paper combining quantum mechanics with the classical theory of radiation. Dirac's union of nonrelativistic quantum mechanics, which was itself only 2 years old, with the special theory of relativity and electrodynamics would eventually lay the foundation of modem high-energy physics (KAKU, 1993, p. 3)".

chamado ‘modelo padrão’ para a física de partículas, muito embora tivesse rejeitado completamente essa teoria em seu desenvolvimento posterior (FARMELO, 2009, p. 437; 522).

Como explicar a ocorrência de um acontecimento como esse? Como explicar que, através de um estudo completamente abstrato, praticamente sem base empírica, e utilizando critérios estéticos, um físico consegue obter uma teoria que não só prevê de modo adequado novos fatos empíricos observados como se mostra extremamente profícua para desenvolvimentos subsequentes da ciência?

O episódio histórico acima é apenas um dos inúmeros exemplos do uso de critérios estéticos em ciência. As questões que nortearam este trabalho foram as seguintes. Como explicar o sucesso de teorias científicas altamente abstratas e criadas tão somente a partir de modelos construídos teoricamente, sem nenhuma base empírica inicial, que foram escolhidas tendo como principal critério a beleza de suas equações? De que maneira compreender o fato de que os critérios estéticos são parte integrante do procedimento científico? Haveria relação direta entre o modo que a mente humana opera e constituição da natureza? Essa relação daria acesso privilegiado por parte da humanidade em conhecer o mundo? O que o fato de que os critérios estéticos são parte integrante da ciência e constituinte necessário à sua racionalidade nos informa sobre o estatuto do conhecimento científico? Se critérios estéticos são um conjunto de valores que não são tomados por indivíduos, mas estabelecidos e mantidos em vigor por grupos ou comunidades numerosas de cientistas, localizados histórica e geográficamente, seria possível compreender a ciência sem levar em conta essa característica coletiva do empreendimento científico? Seria possível compreender a ciência sem levar em conta o caráter coletivo da cognição e do conhecimento?

Essas questões são originadas em determinadas premissas que possibilitam a sua postulação, bem como dão origem a inúmeras outras questões subsidiárias, tanto aquelas fundamentais quanto outras menores, mas que formam um quadro de indagação que permite abrir caminho de investigação para um aspecto bastante específico da história da filosofia da ciência, mas ao mesmo tempo exigem dar conta de temas gerais que estiveram em dabate no último século e que não podem ser deixados de lado.

Sendo assim, esta tese teve como objeto inicial de pesquisa a questão do uso do critério de beleza para a escolha de teorias científicas. Intrigado com o sucesso do uso desse critério para a escolha de teorias, senti que este seria um tema que precisava maior investigação filosófica. Essa escolha pareceu natural, após a pesquisa de mestrado (PUIG, 2014), em que o objeto de estudo foi o uso de analogias e metáforas no trabalho do físico escocês James Clerk Maxwell (1831-1879), que acreditava haver analogias não só entre

fenômenos de áreas distintas do conhecimento, devido à unidade da natureza, por ele tida como dada, mas também entre o conhecimento produzido pelos seres humanos e a própria natureza. Como parte da natureza, o conhecimento humano também teria analogias com ela.

Essa investigação deixou em aberto a questão de se haveria alguma relação fortemente estabelecida entre o conhecimento humano e a realidade da natureza. Diante dos exemplos históricos em que fica claro o uso de critérios estéticos para avaliar as características matemáticas de determinadas teorias e sua eleição dentre outras, e do sucesso dessas escolhas, formulou-se a pergunta: Em que medida critérios estéticos para os aspectos abstratos ou matemáticos de teorias científicas poderiam dizer algo a respeito do modo como as coisas são no mundo? Essa questão, aparentemente simples, exigiu o exame de inúmeras outras, como já exemplifiquei, pois, para respondê-la, há que se tomar posição quanto a diversos princípios filosóficos que estabelecem as bases para a sua resposta. Essas questões são muitas vezes tomadas como questões passivas, ou então simplesmente deixadas inconscientes como parte de um conhecimento tácito. Entretanto, não são pontos resolvidos nem bem estabelecidos, e a pesquisa tomou um rumo inesperado e rico.

À partida, há que deixar claro alguns pontos de vista que servem de limitadores e de impulsionadores ao trabalho feito. Esta não é uma tese da história das ideias. Não me dediquei a examinar minuciosamente os textos de determinados autores, realizando a sua exegese minuciosa e completa. Trata-se de uma tese de filosofia, em que os autores me serviram para encontrar apoio e contraponto, servem, em última análise, ao diálogo. Isso, evidentemente, deixa margem a muitas fragilidades e possíveis inconsistências. Aqui, é importante explicitar outro ponto de vista que norteou este trabalho.

Embora movido pelo desejo de realizar investigação filosófica propriamente dita, não tenho a pretensão de resolver nenhum problema filosófico. Concordo com aqueles que dizem que pretender realizar um trabalho filosófico pode ser uma atitude arrogante e presunçosa. Entretanto, assumo o ponto de vista do ceticismo filosófico; aquele que afirma ser a história das ideias uma sequência sem fim de autores que encontram nos seus predecessores grandes problemas e dificuldades, as resolvem, anunciam as grandes verdades de sua filosofia, a grande solução final para esses problemas. São, então, sucedidos de outros autores que encontram grandes problemas e dificuldades naquele trabalho anterior, as repudiam e anunciam as suas próprias soluções finais. Para o cético, todos são bastante convincentes em suas argumentações, mas não convincentes o suficiente para que o filósofo pirrônico (o cético que não cessa a sua investigação) se convença da verdade anunciada. O cético filosófico não quer deixar de lado a possibilidade do conhecimento, apenas não acredita em quem anuncia

ter encontrado a verdade absoluta e final. De modo mais preciso, suspende o julgamento quanto à verdade dos enunciados tendo em vista esse diagnóstico da história das ideias. Desconfia de dogmas e se lança à pesquisa e à investigação, buscando mais questões, buscando mais compreensão, sabendo-se mais um no interminável trabalho de investigar. O cético não está fechado à possibilidade da verdade ser encontrada, apenas mantém o seu espírito aberto a novos questionamentos. Trata-se de uma atitude de humildade, não enquanto característica pessoal natural, mas enquanto artificialmente adotada. Vê no trabalho da investigação a necessidade de que essa atitude seja mantida, uma vez que quando fortes convicções são cultivadas, sua visão pode ser turvada para outras compreensões. Não se trata, portanto, do ceticismo que renuncia à possibilidade do conhecimento. Esse cético só existe como homem de palha em argumentos que se querem anunciar como resolução final e definitiva dos problemas da filosofia de seu tempo, quando não de todos os tempos.

Para essas posturas que assumo encontro respaldo nos escritos de Tugendhat (2005), quando ressalta a importância de que a filosofia feita no Brasil seja desenvolvida, criticando o modo latino-americano do ensino da filosofia em âmbito do ensino superior como rígida demais quanto aos parâmetros e preceitos do estruturalismo e da exegese analítica de textos. Também encontro respaldo em colegas céticos (SMITH, 2000; 2005; PEREIRA, 2005; 2006; BOLZANI FILHO, 2008; 2012), que fazem eles também filosofia, muito embora nenhum tenha se aventurado pelo campo da filosofia da ciência propriamente dita.

A atitude de fazer filosofia e não tão somente história das ideias, não vem apenas de uma escolha. O próprio tema abordado e o campo do conhecimento em que está inserido exigem que, para que se avance algo e se possa oferecer alguma novidade, faça-se mais do que somente a interpretação dos textos de autores primários, junto com a análise e contraposição de comentadores diversos. Junto com Latour (2000), Videira e Mendonça (2011), e tantos outros, constato a necessidade de que, para se compreender ciência, é necessário olhar para a sua história e para o contexto social em que a ciência é produzida. Além disso, também encontro necessidade de se compreender psicologia e filosofia da mente para que se tenha uma visão clara da teoria da natureza. Nada menos que uma abordagem holística se faz necessário para que se possa avançar nessa área de estudo. Evidentemente uma abordagem como esta não poderá ser completa e, reitero, deixará inevitavelmente lacunas e problemas – que sirvam de inspiração para que outros desenvolvam os mesmos temas, para que se avance ainda mais; e isto leva à importância de explicitação de outro ponto de vista que tomo como que um axioma.

Pode-se observar que a literatura filosófica dos centros mais importantes no mundo produzem trabalhos que superam o mero comentário aos textos de autores consagrados, cada autor apresentando e defendendo as suas próprias posições. Longe de ser indicativo de orgulho (*hybris*) ou pretenção exagerada, sinto que, ao contrário, defender uma posição é mostrar-se e manter-se à disposição para diálogo. Quando uma posição pessoal é defendida, essa posição pode ser criticada e desafiada. Esse é e sempre foi o jogo no qual se arriscaram os autores consagrados que comentamos na tradição do estudo da filosofia. Assim, invisto nesta apresentação de ideias numa posição pessoal clara, sem apreensão de que a crítica e a análise dos pares seja contundente e profunda, mostrando falhas, fissuras e problemas. É desse diálogo que se pode produzir novidade e progredir, contribuindo ao conjunto do saber e da cultura humanos. É nesse trabalho coletivo, nesse diálogo plural e multi-lateral que se pode produzir filosofia brasileira, boa filosofia brasileira. Nisso aposto aqui, esperando contribuir à pesquisa filosófica carioca, brasileira, latino-americana e humana para que, em um futuro próximo ou longínguo, nossa filosofia possa alcançar cada vez maior qualidade.

O conhecimento é um fenômeno que ocorre num coletivo de seres humanos e não pode ser compreendido a partir apenas dos indivíduos. Esta é uma afirmação forte e parte desta tese se dedicará a desenvolver essa ideia. Trata-se de outra questão que também suscita novas questões, também implica na explicitação de premissas e pressupostos que merecem investigação. Além destes, talvez haja outros pontos de vista que necessitarão ser explicitados, e isso será feito no devido momento, sempre que for o caso.

Assumo, em primeiro lugar, a convicção da necessidade de explicitação dos vieses, bem como de que não existe a possibilidade e realizar um estudo qualquer, seja filosófico, seja de qualquer outro ramo do conhecimento, com exceção talvez da maior parte das áreas de estudo da matemática, sem que as convicções pessoais do autor sejam determinantes não só no modo como aborda a sua pesquisa, como na própria escolha do objeto de estudo e, ainda, arrisco dizer, no modo como descreve e apresenta os seus resultados. Sendo assim, trabalha-se melhor tendo esses vieses às claras. Explicitando-os, posso eu mesmo lidar com eles, e até modificá-los ao longo do trabalho.

Se em ciências naturais e biológicas o viés é algo a ser evitado e mitigado ao máximo, em ciências humanas, acredito, não há como mitigar vieses, e o mais honesto e produtivo a fazer será explicitá-los, questioná-los, trazê-los ao jogo de ideias. Se não há como evitar o convidado indesejado à festa, agora que está aqui, melhor chamá-lo para beber e dançar com todos, pois de outro modo ele pode estragar a festa. Esperemos que não se embebede demais, nem faça embaraços, mas só podemos ter esperança, isso nos escapa ao controle. Mas neste

caso, sinto que são esses convidados “indesejados” os que de fato animaram a festa; são esses pontos de vista pessoais que nortearam o andamento da investigação e, sempre caucionados pelo ceticismo, puderam indicar caminhos a seguir. A filosofia é séria, dizia um professor que tive. Isso não significa, entretanto, que filosofia precise ser chata e enfadonha; o caminho a seguir pode ser interessante e fascinante, instigante e estimulante. Caso contrário, melhor fazer somente história mesmo.

O primeiro ponto de vista a explicitar é minha defesa da racionalidade. Sim, muito embora diversos temas abordados nesta pesquisa poderiam apontar para a ideia de que faltaria em ciências alguma racionalidade, ou ainda que não se poderia afirmar a racionalidade do conhecimento humano, não acredito ser esse o caso e penso ser necessário defender que sim, o conhecimento humano é racional. Essa posição também é tema que será desenvolvido ao longo da tese.

A compreensão de que o conhecimento humano é resultado de um trabalho desenvolvido por conjuntos de pessoas, num processo histórico, tanto cultural quanto biologicamente histórico, é outro desses vieses. Para mim, não há como conceber qualquer produto do conhecimento, nem bem o próprio conhecimento em si, como algo cuja gênese seja individual, mas somente como produto de uma coletividade de seres humanos, a rigor indeterminada em seus limites.

Outro ponto de vista que é tomado como certo é aquele de que a ciência é realizada movida por forças e incentivos que seguem a lógica do contexto político e macroeconômico, a saber, a divisão e organização do mundo numa dinâmica que pode ser descrita como “centros e periferias”, ou seja, independente de fronteiras políticas. Melhor se pode compreender a organização das ciências se levarmos em conta que exitem centros de excelência e, em torno desses centros, por assim dizer, as periferias, subsidiárias e dependentes do trabalho e do direcionamento dado pelos centros. Os poderes políticos e econômicos não só influenciam, como determinam as suas possibilidades de desenvolvimento.

A introdução do viés político torna necessário explicitar também qual a ideologia à qual subscrevo, o anarquismo, muito embora pouca relevância tenha a este trabalho.

Há outro viés que talvez seja indiferente, mas que também é importante ressaltar: não acredito que exista um fim, para o conjunto do conhecimento humano, a alcançar ou ao qual tendemos enquanto humanidade. Em outras palavras, não subscrevo a nenhuma teleologia. O que é chamado de progresso hoje, pode não ser visto como tal em outro contexto. Se chamamos de progresso o acúmulo de avanços e descobertas técnico-científicos que nos permitem realizar mais coisas na e com a natureza, não há como estabelecer se não haveria

outras direções para essa progressão. O que determina a direção desses incrementos qualitativos e quantitativos são valores, implícitos ou explícitos, perseguidos por nossa sociedade. Se esses valores forem alterados, muda a direção que o progresso toma. Como exemplo, podemos dar os valores ecológicos, que muito têm influenciado em nossa visão de mundo atual, mas que não eram valores considerados pela maior parte há um século. O que era considerado progresso no início do século XX, do ponto de vista do conhecimento ecológico atual, é hoje visto como algo funesto e destrutivo. Nossos valores atuais nos obrigam a considerar a preservação da natureza ao avaliar o que são de fato avanços científicos e tecnológicos.

Ainda outro ponto de vista pessoal, que ficará claro em partes deste trabalho, é a crença de que o ser humano não é privilegiado dentre as criaturas da natureza. Embora não haja como negar a superioridade de nossa espécie em realizar coisas na e com a natureza, isso não significa que sejamos a única espécie capaz de racionalidade, moralidade, sentimento, e até cultura. Também não significa que sejamos, à partida, algo de bom para a natureza, no sentido de que seríamos algo que a promovesse e a tornasse cada vez mais frutífera e diversa, cada vez mais bela. Ao contrário, a depender de como direcionamos o nosso progresso técnico-científico, frequentemente nossa espécie se configura muito mais como predadora e parasita do que como uma espécie que contribui para o florescimento e fortalecimento das outras espécies.

Uma crença que talvez não enviese este trabalho, mas somente o enriqueça, é uma convicção de que a natureza é resultado de um processo muito complexo que não pode ser explicado através de alguma cadeia linear de causas e efeitos. Muito embora seja caracterizada por fenômenos determinísticos, em seu conjunto, não pode ser descrita de modo determinístico, sendo as melhores teorias para descrever o conjunto da natureza aquelas que lançam mão de levar em conta os sistemas complexos e o caos. Esta crença, como já afirmei, pode ser inofensiva para os resultados deste trabalho, mas certamente é viés que trouxe preferências e que impõe questões, principalmente em relação às conclusões deste trabalho.

Sou materialista, ateu e agnóstico, o que significa dizer que busco respostas que levam em conta somente aquilo que se pode observar empiricamente – ressalvadas todas as questões que aqui serão abordadas naquilo que se pode questionar quanto ao que seria a observação empírica – não acredito em deuses, mas acredito que não se pode dar resposta definitiva quanto à questão de se existem deuses ou não. Ainda assim, tenho forte convicção na compatibilidade entre ciência e religião, desde que se respeitem os seus escopos. Questões de fé são resolvidas pela religião, que se ocupa de dar resposta às questões de como viemos a

existir, o que acontece após a nossa morte e que propósito há para essa existência. Não me ocupo dessas questões, visto não ter religião, não obstante acredito que as crenças religiosas não são incompatíveis com a atividade acadêmica em geral, nem mesmo com a atividade científica, atividades que têm em seus escopos de pesquisa outras questões diferentes daquelas. Entretanto, este ponto de vista é crucial, pois no meu trabalho não espero encontrar respostas que não estejam de acordo com ele.

Falo em primeira pessoa. A possível arrogância dessa atitude – a de não adotar o plural régio, que seria sinal de humildade, pois seria o reconhecimento de que o resultado do trabalho é, todo o tempo, um resultado coletivo – não se põe em causa, uma vez que parte deste trabalho trata justamente da natureza coletiva de todo saber. Por outro lado, é necessário que se tenha em mente, todo o tempo, que este é um ponto focal, um culminar do conjunto de ideias que até mim vieram e que aqui se consolidam. Utilizar a primeira pessoa é um modo de lembrar, todo o tempo, que esta é apenas uma perspectiva: localizada temporal e geograficamente.

Enfim, tendo explicitado minhas tendências, passo a descrever o trabalho em si. A metodologia utilizada foi bastante tradicional: recorri a textos primários e secundários de autores que abordaram as questões da pesquisa, enumeradas acima, reconstruindo seus argumentos e retirando de seus textos os trechos que mais me interessaram. O resultado desse primeiro trabalho, embora não tenha sido de forma alguma em vão, deixou pouco espaço para a construção de uma tese de doutorado tradicional. Deparei-me com uma situação em que havia que decidir: ou continuava o trabalho tradicional, ou assumia a postura intelectual de adotar nova metodologia. Poderia dar continuidade ao trabalho tradicional, buscando preparar uma história das ideias sobre o uso da beleza como critério epistêmico em teorias científicas, trabalho que seria recompensado com uma análise exaustiva de todas as instâncias dessa discussão, e que precisaria ser expandido no corte temporal escolhido, uma vez que o corte que tomei inicialmente, a saber, o trabalho filosófico do grupo central de físicos ao início do século XX, não seria suficiente para a compreensão de tudo que está em jogo nessa história. A opção adotada foi partir para, com base nos recursos encontrados nesses textos, apresentar minhas ideias. Essa atitude ousada foi apoiada pelos professores que orientaram e avaliaram o trabalho inicial e foi a escolhida. Entretanto, aquele trabalho inicial já não poderia mais ser mantido, ao menos na forma em que estava, e novas leituras foram necessárias. Foi quando recorri aos textos de outros autores, bem como resgatei outras pesquisas, que haviam sido descartadas do trabalho inicial, no sentido de encontrar respaldo para esse caminho.

A metodologia final, então, é a de estabelecer um diálogo com os autores lidos, todos, tanto os comentadores filosóficos e historiadores, quanto com os filósofos cientistas. Tenho que confessar que é extremamente prazeroso dialogar com autores como Einstein, Heisenberg, Chandrasekhar, McAllister e Bateson. Mas como fazê-lo sem cair em anacronismos e sem deixar-me levar pelo simples arrebatamento da escrita ensaística, e acabar inconsequente? Espero ter conseguido manter o distanciamento necessário ao rigor filosófico no comentário dos textos, sem, no entanto, furtar-me a, diante desses textos, apresentar as ideias que os mesmos me suscitam.

O capítulo final da tese, entretanto, seguiu metodologia menos rigorosa. Seu resultado, portanto, como análise filosófica, deixa a desejar. É tão somente um conjunto de questões que podem indicar pesquisas posteriores. O estilo ensaístico desse capítulo é defendido por alguns e tido como insuficiente por outros. Espero, com trabalhos posteriores, poder preencher as lacunas por ele deixadas. Os autores estudados foram, não obstante, em sua maioria, criteriosamente resenhados e pesquisados, e são chamados ao diálogo oportunamente, no desenvolvimento de cada um dos capítulos que compõe o trabalho.

A tese é dividida em três grandes capítulos, que se concentram, cada um, no desenvolvimento dos três principais problemas que a questão do uso do critério de beleza em teorias científicas suscitou.

No primeiro capítulo, examino a questão da racionalidade da ciência diante das evidências do uso de critérios estéticos para a escolha de teorias científicas. Adotando, em parte, a abordagem feita por James McAllister (1996), teço um diálogo com esse e outros autores, buscando compreender a ocorrência e a importância do uso de critérios estéticos na formação das teorias científicas e na determinação da própria prática científica. Defendo, junto com McAllister, que o uso dos critérios estéticos não é demonstração de que a ciência seria irracional, mas que faz parte da racionalidade da ciência. Reconstruindo alguns dos argumentos daquele autor, apresento outros, bem como os coloco em contraponto com outras posições diversas.

O segundo capítulo foi dedicado ao desenvolvimento de ideias inspiradas pela questão do real. Se a beleza da teoria diz algo a respeito do real, é necessário dedicar algum tempo ao estudo do que seria o real. Houve já intenso e extenso debate em torno do realismo e do relativismo, mas não é somente a isso que faço referência. A investigação toma como inspiração a pergunta, que será sempre uma pergunta sem resposta completa, quanto ao que consiste o real. Trata-se de uma pergunta geral e metafísica, pois do contrário seria redundante ao trabalho das ciências naturais. Talvez não seja o caso de termos acesso ao real,

talvez seja esse o caso, mas isso não nos impede de buscar definir ou pelo menos delinear o que consistiria isso a que chamamos de “realidade”, pois do contrário não haveria como avançar em nossa investigação sobre a relação entre o critério de beleza e o sucesso das teorias científicas em descrever a natureza. Muito embora defenda a capacidade da ciência de desenvolver descrições realistas do mundo, alguns autores influenciaram em minha visão quanto à importância de que a abordagem tenha em vista a manutenção de diversas possibilidades para seu desenvolvimento, não incompatíveis umas com as outras (ARAÚJO, 2012). Além disso, o desenvolvimento da ciência é determinado e sofre influência dos valores do contexto social em que é desenvolvida (MACHADO, 2012).

De que maneira e em que medida teorias que são belas podem ser mais adequadas para nos aproximar do real e do verdadeiro? Tal questão não possui resposta simples nem direta, muito embora seja instigante e a busca de respostas para ela traga a necessidade de reflexão de temas com consequências importantes. Nesse capítulo também abordo a questão da eficácia da ciência – trata-se de outra maneira de colocar a questão do realismo e da verdade – que é a questão de dar explicação para o sucesso e a eficácia das ciências.

O terceiro capítulo busca avançar na temática e desenvolve possíveis respostas e implicações quanto à questão do conhecimento, sobre o que é isso a que chamamos conhecer. Também pareceu importante, para compreender o relacionamento entre o uso de critérios estéticos e a realidade, a compreensão do conhecimento, ao menos naquilo que está relacionado a essa questão, mas também desenvolver de que modo o conhecimento se estabelece. Esses assuntos gerais são mais um ponto de partida para nortear a investigação do que propostas de esgotar os temas que deram título aos capítulos. O próprio desenvolvimento do texto mostrará como essas questões estão implicadas no tema da beleza de teorias, bem como imbricadas umas nas outras. O propósito foi o de mapeá-las e de indicar possibilidades de respostas a elas. Dada a extensa gama dessas possibilidades, escolhi utilizar o método ensaístico nesse capítulo, não obstante a sua precariedade como análise filosófica.

A tese termina com uma conclusão que não somente apresenta um resumo de todas as discussões feitas, mas também faz um apanhado das implicações filosóficas que as questões levantadas a partir da questão da beleza suscitam. Apresento o quadro teórico no qual a pesquisa desemboca, o horizonte que se abre a partir dela. Se, por um lado, assumo o ônus de não apresentar um trabalho tradicional em termos da área da filosofia, por outro, tenho o bônus de poder me aventurar nas prescrições do mundo pragmático da atividade humana. Mais ainda, as conclusões servem também de manifesto e de profissão de fé, uma vez que,

partindo do trabalho feito, vislumbram-se outras possibilidades de pesquisa, e talvez uma estrutura a partir da qual novos trabalhos possam ser realizados.

Em suma, nesta tese, defenderei as seguintes posições. A de que o conhecimento só pode ser compreendido numa perspectiva histórica, ou seja, como resultado de um processo que é histórico biologicamente e também que é histórico culturalmente. Outra posição que defendo é a de que o conhecimento só pode ser compreendido enquanto fenômeno coletivo. Como decorrência dessa posição, não há como compreender o conhecimento sem levar em conta as interações sociais que ocorrem na sua produção. Também defendo a ideia de que, embora a ciência produza conhecimento a respeito da realidade, portanto a ideia de que é realista, a ciência nunca produzirá uma teoria final única universal e completa, à qual todas as outras poderiam ser reduzidas. Assim, defendo um realismo necessariamente compatível com um construtivismo pluralista. Também defendo a posição, ligada a todas as outras, de que o conhecimento é moldado, tal como a percepção, pela própria natureza, visto fazermos parte da natureza. Em parte como decorrência dessas posições, está a posição de que não existe um fim último para o progresso científico de algum modo pré-determinado. Os avanços são determinados por um conjunto de valores e pressões sociais e são infindáveis as possilidades de determinação para a direção em que o progresso poderia ser desenvolvido. Espero poder demonstrar as razões que me levam a manter essas crenças.

Não obstante a enorme ousadia das questões propostas, trata-se de um projeto modesto. As limitações prosaicas do cotidiano, do tempo para a sua realização, bem como da minha própria bagagem intelectual terminam por determinar os seus limites. Foi um projeto de doutorado marcado pelo entusiasmo e fascinação, pela curiosidade, pelos temas fortuitos que surgiram no percurso e pela interação com colegas intrigados com questões semelhantes. Talvez o tema inicial se esgote nos aspectos que escolhi desenvolver, mas as questões que dele surgiram são ponto de partida para um número indeterminado de possíveis estudos.

2 ANÁLISE DO USO DE CRITÉRIOS ESTÉTICOS EM CIÊNCIA

O estudo do uso de critérios estéticos foi, por muito tempo, deixado de lado no estudo da filosofia da ciência. Por um período, especialmente naquele com maior influência dos autores do círculo de Viena, bem como dos autores próximos àquele círculo, considerava-se haver uma distinção entre dois contextos; o da explicação e o da descoberta. O uso de critérios estéticos seria parte tocante ao contexto da descoberta, não havendo influência, portanto, naquilo que seria considerado como ciência propriamente dita (CARNAP, 2005). Na segunda metade do século XX, em meio ao intenso debate entre realismo e relativismo, a menção ao uso desses critérios servia como argumento no debate, sem que nenhum autor se dedicasse a buscar explicar como se dava esse uso, e que consequências teria. Embora a distinção entre contextos fosse consensualmente descartada, o uso de critérios estéticos não foi tema de investigação aprofundada como elemento caracterizador da ciência.

Somente a partir dos anos de 1990 a filosofia da ciência volta o olhar para o fenômeno. O intrigante fato de que, ao considerar que uma teoria possui matemática bela, e assim dar preferência a essa teoria, foi um procedimento bem-sucedido na escolha de teorias profícuas foi estudado principalmente por James McAllister, filósofo da ciência neozelandês radicado em Antuérpia, Países Baixos, e que é o principal teórico a apresentar uma abordagem para o uso de critérios estéticos na escolha de teorias científicas. Ao menos, seu livro “Beauty and Revolution in Science” (MCALLISTER, 1996) será a principal referência com a qual dialogam os filósofos que abordam o tema, como De Regt (1998), Fischer (1999), McMahon (2000), Kuipers (2002), Thagard (2005), Girod (2006), Kosso (2007), Todd (2008), Blasjo (2012) e Montano (2013). Estes, sem exceção, desenvolvem os seus trabalhos a partir daquele de McAllister, em sua maioria corroborando com o autor.

2.1 ABORDAGENS SOBRE A BELEZA COMO CRITÉRIO

Tauber (1996) organiza um volume dedicado à discussão sobre estética e ciência. Editado no mesmo ano que a obra de James McAllister (1996), é uma demonstração de que havia, em meados dessa década, discussões em torno do tema. McAllister também figura no volume (1996a), que é uma boa síntese do conteúdo que encontramos ao procurar pelo tema nas bases de dados acadêmicas à disposição – que não foram poucas. A maior parte dos autores, ao se debruçar sobre o tema da beleza em ciência, o faz de modo superficial, seja comentando o julgamento estético das representações utilizadas em ciência, seja buscando

encontrar paralelos entre ciência e arte, seja na sua prática, seja na sua história. Alguns autores, em particular os mencionados acima, buscam elaborar uma solução para o problema apresentado aqui, a saber, o de se haverá relação entre a apreciação estética de teorias e sua funcionalidade ou em que medida existe relação entre características estéticas e a verdade.

No volume organizado por Tauber (1996), a ideia é apresentar um quadro geral das discussões levantadas naquele momento, tendo em vista o seguinte.

> A tensão entre arte e ciência pode ser seguida até os antigos gregos. O que se tornou "filosofia natural" e mais tarde "ciência" foi tradicionalmente colocado como uma alternativa fundamental à poesia e à arte. Este é um tema que dominou a atenção central no pensamento ocidental, enquanto capta o conflito antigo entre Apolo e Dionísio sobre o que merece ordenar nosso pensamento e servir como aspiração para nossos empreendimentos culturais. A moderna cisão entre arte e ciência foi mais uma vez claramente articulada no período romântico e aparentemente cresceu cada vez mais há cinquenta anos como resultado de um debate sobre energia atômica. A discussão não se atenuou nas ciências físicas e, de fato, se expandiu dramaticamente, mais proeminentemente para os domínios da ecologia e da medicina. Questões sobre o papel da ciência na sociedade moderna, embora pesadamente políticas, precisam ser consideradas no fundo como extremamente integradas em nossos valores culturais. Embora cada geração as considere de modo renovado, os problemas filosóficos que se encontram na base dessas preocupações fundamentais sempre parecem atuais e difíceis (TAUBER, 1996, p. VII)[2] [3].

Esta tese não tem como ponto de partida a maior parte das questões aludidas por Tauber, ou seja, não busco resposta, inicialmente, às questões relativas ao problema da cisão entre ciência e outros âmbitos do conhecimento e da atividade humana. A compreensão do fenômeno de que critérios estéticos são usados frutiferamente para a escolha de teorias científicas é o centro da minha indagação. Entretanto, as respostas que encontro, talvez não surpreendentemente, vão de encontro, em sua conclusão, aos temas que são a preocupação daqueles que se indagam sobre essas questões mais amplas. Talvez seja necessário, para afirmar a necessidade de uma discussão histórica, política, social e ideológica, encontrar fundamento firme naquilo que diz respeito à prática científica em si.

---

[2] "The tension between art and science may be traced back to the Greeks. What became 'natural philosophy' and later 'science' has traditionally been posed as a fundamental alternative to poetry and art. It is a theme that has commanded central attention in Western thought, as it captures the ancient conflict of Apollo and Dionysus over what deserves to order our thought and serve as the aspiration of our cultural efforts. The modern schism between art and science was again clearly articulated in the Romantic period and seemingly grew to a crescendo fifty years ago as a result of the debate concerning atomic power. The discussion has not abated in the physical sciences, and in fact has dramatically expanded most prominently into the domains of ecology and medicine. Issues concerning the role of science in modem society, although heavily political, must be regarded at heart as deeply embedded in our cultural values. Although each generation addresses them anew, the philosophical problems which lay at the foundation of these fundamental concerns always appear fresh and difficult" (TAUBER, 1996, p. VII).

[3] Todas as citações diretas são traduções minhas dos originais consultados, exceto quando assinalado em contrário.

O volume de Tauber apresenta uma discussão para a qual são convidados tanto filósofos da ciência e de estética quanto cientistas e artistas, com o intuito de dar um panorama das intercessões entre beleza e ciência e como ambas "podem ser vistas sob o mesmo prisma" (TAUBER, 1996, p. VII). Boa parte dos autores que formam essa antologia preocupa-se com a interseção entre ciência e estética, bem como com a cisão entre as "duas culturas", seja buscando a sua síntese, seja afirmando a sua separação (TAUBER, 1996, p. 1). Essa parece ser a tônica dos principais trabalhos que abordam o tema e, por isso, esse volume é uma boa amostra desse quadro.

É de fato prolífica a literatura que toma a intersessão entre ciência e arte, ou que aborda o tema da beleza em ciência. Entretanto, a maior parte desses trabalhos é constituída de ensaios livres em que o autor busca defender algum ponto de vista pessoal de modo mais solto, ou trabalhos de divulgação científica em que adjetivos estéticos sejam uma forma de engrandecer e ressaltar o fascínio que a história da ciência pode produzir.

Outro caminho de pesquisa poderia ter sido aquele de encontrar, na história das ideias, algum autor específico que abordasse a questão da relação entre a apreciação de beleza e a intuição de verdade. Não faltariam exemplos disso, e muitas pesquisas foram feitas e poderão ser desenvolvidas nesse sentido. Como diz Tauber (1996, p. VII), trata-se de um tema que percorre toda a história da filosofia. Entretanto, como já explicitei na introdução, minha busca é a de fazer filosofia em diálogo com autores contemporâneos. Os sólidos resultados propiciados pela análise textual do historiador das ideias são atraentes e teriam me levado a um terreno muito menos acidentado e certamente muito menos vulnerável a erros e impropriedades, mas assumo os riscos sem temor, já que não busco encontrar respostas definitivas nem finais, apenas exercitar a discussão e segui-la aonde ela me leve.

Desse modo, a busca por autores que abordassem a questão do uso de critérios estéticos em ciência termina apresentando resultados reduzidos e, dentre os autores encontrados que satisfazem ao critério de um estudo aprofundado sobre o uso desses critérios, o que mais claramente desenvolveu o tema foi inegavelmente James McAllister, tendo em vista que todos os autores que abordam o tema posteriormente baseam-se no seu trabalho sobre beleza e revoluções em ciência (MCALLISTER, 1996).

A principal questão abordada por McAllister é uma resposta àquilo que chama de "dois desafios à racionalidade da ciência"[4], a saber, a ocorrência de revoluções nas ciências e o uso de critérios estéticos na avaliação das teorias científicas. Para McAllister, esses dois

[4] "Two Challenges to Rationalism", MCALLISTER, 1996, p. 7ss.

aspectos observados na história e na sociologia da ciência não são demonstrações de que faltaria racionalidade, mas sim justamente resultados da racionalidade científica (MCALLISTER, 1996, p. 7ss). Não é uma conclusão trivial, mas o autor parece ser bem sucedido na defesa de sua tese. Relaciona, ainda, os dois aspectos, mostrando que é justamente em razão da utilização de critérios estéticos que ocorrem as revoluções.

McAllister dá uma resposta racionalista para os dois problemas que mais incomodavam aqueles que defendiam a racionalidade da ciência, em meio a um debate em que precisavam defender essa racionalidade contra argumentos que afirmavam não havê-la, tendo em vista o fato de que não se poderia descrever a história das ciências como uma sequência contínua de avanços graduais, bem como haveria fatores externos à ciência imbricados em sua prática. A ideia de que a racionalidade científica se mantém, mesmo tendo em vista as revoluções e o uso de critérios estéticos é muito interessante, pois implica que a racionalidade científica deve ser alargada, ou seja, aquilo que se toma para definir o que é racional precisa ser ampliado para incorporar esses elementos.

Além dessas duas principais teses, seu trabalho apresenta diversas outras posições com relação à história e filosofia da ciência que interessa discutir, dentre as quais: o relacionamento entre as teorias científicas e a metafísica dos cientistas; e o uso de analogias, metáforas, modelos, visualizações e abstrações. Uma característica importante de seu trabalho é o fato de não restringir sua análise às ciências naturais ou físicas, mas fazê-la em relação às ciências em seu conjunto todo, passando pelas ciências biológicas até as ciências sociais, característica que concede robustez ao seu trabalho.

Para McAllister, embora a adequação empírica seja um dos aspectos importantes para a escolha de teorias, esse não pode ser o único critério, uma vez que, para isso, seria necessário obter todos os fatos observáveis de antemão. Como isso não é possível, é necessário utilizar-se de outros critérios. Além disso, tendo em vista o conjunto finito de observações que na prática temos, sempre se poderia construir uma teoria que desse conta dessas observações que também fosse empiricamente adequada. Para escolher entre duas teorias equivalentes em sua descrição dos fenômenos, é necessário ter uma base prática. Assim, lança-se mão de critérios "diagnósticos de altos graus de adequação empírica em teorias" que servem para julgar teorias em sua avaliação. Um conjunto desses critérios é, então, construído para identificar as propriedades que tornam uma teoria possuidora de alto grau de adequação empírica (MCALLISTER, 1996, p. 10).

McAllister investiga um ponto crucial no estudo da prática científica. Se aquilo que caracteriza a ciência é justamente a adequação empírica, é necessário confrontar as questões,

nem um pouco triviais, que envolvem essa adequação. Não se pode definir ciência de modo simplório a partir da relação que as teorias têm com os resultados empíricos observados. Por um lado, como já apontado por muitos autores, como, por exemplo, Duhem (2014), Kuhn (2011), Feyerabend (1989) e Heelan (1983), a própria observação empírica já se realiza carregada de teoria, bem como aquilo que é eleito para ser observado também é direcionado pelas concepções teóricas da investigação. Por outro lado, as observações fenomenológicas também são motivadoras das questões genéticas para as teorias científicas, na maior parte dos casos. Ou seja, não há como separar os dois âmbitos e seu estudo exige uma abordagem que tome em conta essa inter-relação complexa.

Um dos autores que McAllister toma como base é Newton-Smith (1981). Trata-se de um autor que defende a racionalidade da ciência e, também como McAllister, busca resolver os problemas trazidos com as discussões em torno de elementos considerados irracionais por relativistas, instrumentalistas e pluralistas como Thomas Kuhn e Paul Feyerabend. Uma das teses de Newton-Smith que vale ressaltar é a de que "até mesmo um realista 'mínimo'" concordaria com a asserção de que as afirmações de uma teoria teriam, em última análise, a condição de serem 'verdadeiras' ou 'falsas' com relação a algum estado de coisas no mundo (NEWTON-SMITH, 1981, p. 38). Para ele, a sequência de teorias da ciência da natureza gerada historicamente é uma sequência de teorias que são cada vez mais aproximadamente verdadeiras (NEWTON-SMITH, 1981, p. 43), ou seja, seu realismo é aquele chamado de "realismo assintótico".

Para Newton-Smith, as restrições (*constraints*) que devem delimitar o realismo que defende possuem os seguintes ingredientes.

> 1 O ingrediente ontológico
> As sentenças de teorias científicas são verdadeiras ou falsas em virtude daquilo que é o caso que o mundo é, independente de nós.
> 2 O ingrediente causal
> Evidências de que uma teoria é verdadeira ou aproximadamente verdadeira são evidências da existência de seja quais forem as entidades que precisarão existir para que a teoria seja verdadeira ou aproximadamente verdadeira.
> 3 O ingrediente epistemológico
> É possível, em princípio, diante de um par de teorias rivais, ter boas razões para pensar qual delas é a teoria mais provável de ser aproximadamente verdadeira.
> 4 A tese da verossimilhança
> Na sequência de teorias geradas historicamente sobre a natureza, a ciência é uma sequência de teorias que se aproximam cada vez mais da verdade (NEWTON-SMITH, 1981, p. 43).

Com o mesmo intuito, o de estabelecer que critérios caracterizam o modelo de ciência a seguir em sua defesa da imagem racionalista, McAllister toma em parte as propostas de

Newton-Smith, acrescentando alguns elementos. Adota, com as suas ressalvas, o modelo lógico-empírico, que vê como extensão da imagem racionalista da ciência. Para McAllister, os critérios que o modelo lógico-empírico prescreve são os seguintes.

1) Consistência com dados empíricos existentes.

2) Oferecer previsões novas, que não eram levadas em conta em sua formulação.

3) Consistência com outras teorias contemporâneas bem corroboradas.

4) Poder explicativo.

Além desses, para poder evitar teorias que fossem tautologias ou que possuíssem contradições internas, ou seja, evitar teorias que são ou sempre verdadeiras, seja qual for o estado de coisas (tautologias), ou que tenham, devido aos seus próprios termos, contradições, pois nesse caso seriam sempre, seja qual fosse o estado de coisas, não verdadeiras. "Afinal, não é estado de coisas possível em que uma tautologia seja descartada, e qualquer previsão pode ser derivada de uma contradição." Para evitar esse problema, o seu modelo acrescenta os seguintes critérios (MCALLISTER, 1996, pp. 10-11).

5) Conteúdo empírico.

6) Consistência interna.

"Entretanto, esse modelo falha em fornecer à imagem racionalista uma resposta satisfatória aos dois corpos de evidências históricas cujo desafio examinamos" (MCALLISTER, 1996, p. 12). Pois: se esses critérios são válidos, devem ser válidos de modo extra-temporal, dado que se o objetivo da ciência não fosse modificado, não ocorreriam revoluções. Além disso, "é um modelo que não possui aparelhagem para analisar preferências estéticas". O modelo lógico-empírico de avaliação de teorias não é uma descrição "**sofisticada o suficiente** para descrever seja a ocorrência de revoluções seja a incidência de considerações estéticas em escolhas de teorias" (MCALLISTER, 1996, p. 12, grifo meu). Simplesmente descartar esses fatos como "irracionais" não é suficiente, uma vez que seria tomá-los como inexplicáveis, recurso que só seria adequado se fossem casos isolados e excepcionais.

> A imagem racionalista pode vencer o desafio colocado pelas evidências da ocorrência de revoluções e da incidência de considerações estéticas em escolhas de teorias, mas somente se oferecer um modelo que seja **mais rico** para as preferências dos cientistas entre teorias (MCALLISTER, 1996, p. 12, grifo meu).

Ou seja, o autor, em vez de evitar o problema, levando cada pessoa a ter que decidir entre aceitar a irracionalidade ou descartar partes da história da ciência como simplesmente

sendo “a-científicas”, e para salvar a racionalidade da ciência, aceita em pleno o desafio de responder às evidências históricas com um modelo. Os modelos que possuímos não dão conta dessa explicação porque são modelos por demais simples. McAllister vai em frente e produz um modelo mais complexo e mais sofisticado, mantendo-se fiel ao modelo de racionalidade da ciência ao qual subscreve.

Ao propor uma solução para a questão apresentada à imagem racionalista da ciência, o autor, acredito, termina encontrando modos de compatibilização entre as duas perspectivas diversas na controvérsia histórica à qual se refere, a imagem racionalista e a imagem relativista de ciência. Enquanto os que atacavam a imagem racionalista afirmavam ter “um conjunto de evidências históricas” que, por serem evidências, não podiam ser negadas, requisitavam explicação, por outro lado, de modo mais sutil, ao aceitar o desafio, buscando oferecer essa explicação e incorporar as revoluções na imagem racionalista, deixa relativistas sem opção a não ser aceitar a racionalidade da ciência. Isso não é feito de modo totalitário. Percebe-se claramente que tanto o instrumentalismo quanto o pluralismo têm espaço no modelo racionalista do autor, como veremos adiante.

De fato, é um modelo que, justamente por ser sofisticado, dá conta das questões que essas outras imagens propõem. McAllister não afirma textualmente buscar propor um compatibilismo, mas acredito que seu trabalho é perspicaz, uma vez que não só põe fim à guerra de facções, ela forma um novo exército, reunindo essas facções. Nessa nova tropa, podem-se usar as armas que cada uma das facções tinha anteriormente. O requisito é a sofisticação e a profundidade – a realidade é complexa, precisa ser descrita através de um modelo sofisticado, e isso é válido tanto para a ciência quanto para a meta-ciência. Talvez não seja essa a intenção do autor, a de realizar uma compatibilização entre as duas posições, mas não vejo por que isso não seria possível.

Evidentemente, antes de ir adiante e propor essa sua abordagem mais sofisticada, o autor precisa mostrar que as abordagens ‘mais simples’ falharam, e por que falharam. Uma dessas tentativas foi a de simplesmente rejeitar o uso de avaliações estéticas como parte integrante do empreendimento científico. As evidências do uso de critérios estéticos por parte de cientistas poderiam ter sido simplesmente rejeitadas. Se fosse esse o caso, não haveria necessidade de que o racionalismo tivesse o trabalho de descrevê-las. Entretanto, as duas tentativas feitas nesse sentido falharam. A primeira foi por parte do positivismo lógico. Embora esse movimento não tenha tido a continuidade que se esperava, a sua influência se faz sentir até hoje. Para o positivismo lógico, haveria a divisão de dois contextos em ciência, o ‘contexto da descoberta’ e o ‘contexto da explicação’. O uso de critérios estéticos seria

limitado ao contexto da descoberta, não sendo parte dos critérios utilizados no contexto da explicação. Entretanto, essa divisão entre dois contextos não só é difícil de ser realizada, pois ao estudar ciência em sua história e em sua prática, esses contextos não são passíveis de separação, mas essa não é uma divisão aceita entre os cientistas. O uso de critérios para a escolha de teorias extrapola claramente as situações que poderiam ser tidas como aquelas do escopo do contexto da descoberta, sendo a situação de avaliação das teorias algo que faz parte do cotidiano da ciência todo o tempo. Assim, para o autor, a tentativa dos positivistas lógicos de negar a existência da avaliação estética de teorias não se sustenta (MCALLISTER, 1996, p. 12-13).

Depois de citar exemplos que ilustram a impossibilidade de simplesmente desconsiderar esse aspecto, o autor passa a descrever aquilo que chama de "segunda tentativa" racionalista, que não seria tão explícita.

> A segunda tentativa feita por racionalistas de rejeitar o problema colocado pela avaliação estética de teorias por parte de cientistas é mais sutil. Alguns autores admitem que, enquanto critérios estéticos são por vezes utilizados por cientistas ao avaliar teorias, esse comportamento não é científico e, portanto, não entra no escopo das descrições da prática científica (MCALLISTER, 1996, p. 16).

Buscando relacionar diretamente "comportamento científico" a "comportamento empírico", numa provável influência do positivismo lógico, alguns autores separam os critérios utilizados para avaliação de teorias como "científicos" e "extracientíficos", sendo os primeiros aqueles que estão "de acordo com as observações e com a consistência lógica: todos os outros tipos de critérios seriam extracientíficos" e embora sejam poucos os autores que "definam o comportamento científico tão estritamente quanto os positivistas lógicos, muitos continuam acreditando" que a avaliação de teorias com base em critérios científicos seria pertinente à ciência, enquanto apelos à estética não o seriam. Os critérios estéticos funcionariam como um tipo de "voto de minerva" (*tiebreakers*). Entretanto, as evidências mostram que muito longe de terem situação inferior aos critérios empíricos, os critérios estéticos frequentemente são **sobrepostos** àqueles. Para o autor, embora os critérios estéticos possam ser distinguidos dos empíricos, isso não significa que seja possível algum tipo de demarcação entre o que é e o que não é científico (MCALLISTER, 1996, pp. 16-17).

Este ponto me parece particularmente importante, tendo em vista que, apesar de que a possibilidade de se estabelecer um critério de demarcação ser consensualmente descartada entre especialistas, ainda perdura, em muitas instâncias, a ideia de que não só seria importante diferenciar os tipos de conhecimento – dando predominância àquele considerado científico em

detrimento ao que não o é – como a difusão de uma desvalorização e depreciação de toda forma de conhecimento que não fosse considerada científica (ÁVILA, 2011; MENDONÇA, 2012; MACHADO, 2012).

Michel Paty (1993) aborda a questão do uso de critérios de escolha de teorias aceitando e incorporando a divisão entre os contextos da descoberta e da explicação. Essa divisão foi defendida firmemente pelo Círculo de Viena, mas, como já vimos, McAllister (1996, p. 12-13) relata como se trata de uma divisão que não se sustenta, uma vez que não é possível, ao realizar a investigação histórica da ciência, separar esses dois contextos. Entretanto, apesar de fazer sua análise nesse registro, Paty parece seguir por uma via semelhante à de McAllister, encontrando no suposto "contexto da descoberta" a plena racionalidade da ciência em ação. Para Paty (1993), a racionalidade não deixa de "impregnar a atividade intelectual do cientista" e busca reconstruir a racionalidade do processo de descoberta, recorrendo, então, à análise da filosofia incorporada no movimento de criação científica.

Como vimos, é necessária uma abordagem mais sofisticada do que simplesmente "retirar" da ciência esses aspectos "criativos", e essa abordagem sofisticada, com McAllister, tende a não só incorporar esses elementos, mas a mostrá-los como parte da racionalidade da ciência, de modo crucial e central na prática científica. Essa parece ser também a abordagem de Michel Paty, muito embora em outros termos. De fato, Paty reconhece que "Parece bem difícil separar sem arbítrio, em um raciocínio dessa natureza, a teoria e a metateoria, a física e a epistemologia", ao comentar a relevância de "lembrar" que a teoria einsteiniana foi cunhada em busca de resolver um problema "expresso em termos de uma confrontação de princípios teóricos", a saber, o problema da compatibilização entre mecânica e eletromagnetismo no que se refere à relatividade e à constância da velocidade da luz, Paty considera o estilo de cada cientista como sendo determinador do sucesso de seu desenvolvimento teórico, colocando em contraponto o trabalho de Einstein ao de Lorentz e Poincaré, "cujos resultados são tão vizinhos e, contudo, tão diferentes quanto à sua significação". Ou seja, para Paty, é a filosofia (a metafísica) que faz a diferença e determina o sucesso da teoria, muito embora os trabalhos de Lorentz e Poincaré, para Paty, sejam fecundos em preparar "uma etapa ulterior do raciocínio, no sentido da generalização da teoria" (PATY, 1993).

2.2 O BELO E A BELEZA: AS QUESTÕES DA ESTÉTICA

Chega o momento em que é necessário abordar a questão do belo e da estética. A posição que tomo é a seguinte: mesmo que se adote uma perspectiva totalmente relativista em relação ao que é o belo, ainda assim se faz necessário buscar uma resposta às questões colocadas aqui, ou seja, que relação haveria entre os critérios estéticos e o sucesso na escolha de teorias. Não me proponho a entrar nas questões da estética, esse campo do saber não foi por mim estudado em profundidade. Acredito que os valores estéticos, muito embora tenham talvez alguma raiz na história biológica de nossa espécie, numa perspectiva evolucionista, sejam muito mais determinados pela história cultural coletiva de determinado grupo ou população. A rigor, me parece mais plausível a abordagem de Hume (1875; 1999; 2001), que defende ser o gosto pessoal algo formado a partir da experiência repetida, sendo a beleza algo que é atribuído aos objetos pelo observador; do que aquela adotada pela tradição após Kant (1995), que leva em conta a indução, ou seja, a experiência empírica, mas busca caracterizar a beleza como algo universal. A perspectiva humeana parece ser também a mais adequada àquela apresentada por McAllister, e àquela adotada nesta tese, que propõe uma perspectiva relativista para o conceito de beleza.

McAllister chama atenção para o fato de que, no século XX, é dada pouca atenção à estética das construções intelectuais, sendo a ênfase a estética das obras de arte e da natureza. Ao menos é essa a razão que dá para não buscar referência em autores contemporâneos, afirmando que, como seu tema necessita dar conta desse aspecto, encontra no filósofo do século 18, Francis Hutcheson (1694-1746), um precursor de suas ideias sobre a percepção estética.

> A descrição que Hutcheson faz da beleza das construções intelectuais segue-se diretamente de sua teoria estética mais geral. Hutcheson endossa um princípio que era popular à sua época, de que as qualidades dos objetos são distintas das "ideias", de fato, são causas das ideias e que são os únicos materiais imediatos da consciência sensorial (MCALLISTER, 1996, p.18).

A beleza é, então, não uma propriedade dos objetos, mas uma resposta à percepção estética do observador para as qualidades dos objetos. O mesmo afirma com relação a todas as outras percepções, como sabores, cores, etc. Para Hutcheson, "As figuras que excitam em nós as ideias de beleza parecem ser aquelas em que existe *uniformidade no meio da variedade*" (HUTCHESON, 1725, p. 40, *apud* MCALLISTER, 1996, p.19 grifo deste). Quando a variedade é igual, há aumento na uniformidade, quando a uniformidade é igual, há aumento

na variedade. Ou seja, é bela uma obra em que, se houver variedade, há uniformidade em outro aspecto, e vice-versa. Ou ainda, em uma obra bela, variedade e uniformidade influenciam-se mutuamente, uma aumentando a outra em harmonia. Trata-se de uma definição bastante ampla e pouco precisa, mas que pode se encaixar a diversos gostos. Independente do julgamento de beleza que é feito, o que é encontrado como comum a todos os julgamentos de beleza seria essa harmonia entre aspectos uniformes naquilo que tem variação, ou variações que ocorrem naquilo que é uniforme. Essa definição de beleza será retomada repetidamente por McAllister (1996, *passim*).

Para Hutcheson, na prática da ciência ocorrem oportunidades especiais para perceber uniformidade no meio da variedade e essas oportunidades ocorrem em três âmbitos de abstração. Primeiro, nos objetos de estudo da ciência – ou seja, a própria natureza, na beleza de objetos que podem ser percebidos por todo e qualquer um: o céu estrelado, por exemplo – para os quais a observação ordinária é suficiente. O segundo âmbito de abstração seriam as regularidades da natureza, que não podem ser percebidas diretamente, mas se tornam aparentes nos modelos e descrições apresentados pelas teorias – ou seja, as apresentações ou representações das teorias, que só podem ser percebidas por aqueles que dominam aquela teoria científica em questão (MCALLISTER, 1996, p. 19). "Por fim, Hutcheson acredita que os cientistas percebem beleza em objetos num terceiro âmbito de abstração: os teoremas matemáticos e as teorias científicas elas mesmas" (MCALLISTER, 1996, p. 21). Esses são os objetos capazes de provocar intensa gratificação, uma vez que teorias de grande generalidade apresentam alto grau de certeza e, citando Hutcheson, "verdades universais demonstradas", que possuem grande apelo estético (MCALLISTER, 1996, p. 21).

Segundo McAllister, para Hutcheson, a propriedade de ter uniformidade no meio da variedade pode ser relacionada diretamente à generalidade e ao poder unificador das teorias científicas.

> O tratamento dado por Hutcheson para a beleza das teorias científicas oferece respostas para todas as principais questões que possamos pensar em colocar. Ela especifica que tipo de entidade a beleza é; ela distingue entre a beleza de uma teoria e a beleza do fenômeno, que é a matéria de estudo da teoria; ela descreve a relação que um julgamento de que uma teoria é bela possui com relação às propriedades da teoria; e ela sugere que propriedades específicas levarão os cientistas a tomar uma teoria como bela (MCALLISTER, 1996, p. 22).

Hutcheson não aborda a história da ciência diretamente, muito embora dê indicações para isso, apresentando uma relação entre **desempenho empírico de uma teoria e a avaliação de sua beleza por parte dos cientistas.** A importância das ideias de Hutcheson,

para McAllister, em primeiro lugar, se deve ao fato de que se pode encontrar ecos desse seu pensamento sobre a beleza das teorias em muitos pensadores que sucederam a Hutcheson, dando o exemplo de Adam Smith e Henri Poincaré, entre outros (MCALLISTER, 1996, p. 22). Além disso, afirma concordar em parte com a explicação de Hutcheson para a beleza das teorias, e entre os pontos que endossa estão: a atribuição de beleza por parte dos observadores ao perceberem certas propriedades dos objetos; e sua distinção entre as propriedades estéticas de teorias e as propriedades estéticas dos fenômenos.

Mas dá razões para não manter a teoria de Hutcheson: não acredita que haja uma propriedade que todos os cientistas em todos os tempos apreciarão como bela, uma vez que toma as evidências históricas em conta, e estas o levam a dar mais peso à variação dos valores estéticos com relação ao desempenho empírico das teorias, elemento que está também em Hutcheson, tornando sua teoria inconsistente. Por fim, McAllister afirma: "Tiro conclusões de alcance muito maior do que as de Hutcheson sobre o papel das avaliações estéticas em dar forma ao curso da ciência" (MCALLISTER, 1996, p. 23).

2.3 A DISTINÇÃO ENTRE AS TEORIAS E AS SUAS REPRESENTAÇÕES

Faz-se necessário tratar do estatuto ontológico das teorias e das representações de teorias. Isso se deve ao fato de que, no movimento do texto e para a compreensão das ideias apresentadas por McAllister, é crucial a distinção feita entre as teorias e as suas representações, uma vez que essas discussões e as suas implicações delinearão os limites para a discussão do tema. Segundo o autor, os modelos que descrevem a prática da avaliação de teorias que são compatíveis com a imagem racionalista da ciência dão importância a uma distinção entre as teorias científicas e as suas representações, ao contrário de outros modelos, como o sociológico, em que essa distinção é negada.

> Teorias científicas são entidades abstratas. Por essa razão, ainda que sejam entidades sobre as quais possamos ter conhecimento, não são entidades que possamos ver ou ouvir. Para partilhar conhecimento sobre uma teoria, precisamos primeiro construir algo que possa ser chamado de representação, processando [*rendering*] ou codificando a teoria em determinada linguagem ou código (MCALLISTER, 1996, p. 24).

Na tradição racionalista, as representações de teorias são, por exemplo, as publicações e palestras sobre as teorias. As teorias seriam aquilo que podemos compreender através das representações de teorias, mas que não se reduzem às suas representações. Mais uma vez, são

entidades abstratas, ou seja, entes que existem nas mentes e, muito embora o acesso interpessoal a elas somente ocorra através de representações, possuem existência em separado e distinta das suas representações. “Claramente, teorias e representações de teorias são entidades de tipos diferentes”, possuindo, cada uma, seu próprio conjunto de propriedades (MCALLISTER, 1996, p. 24).

> De acordo com os modelos racionalistas de avaliação de teorias, as propriedades das representações de teorias não podem ser consideradas do mesmo modo que as propriedades das teorias. Uma avaliação de uma teoria deveria depender somente das propriedades da teoria em si mesma, tais como o grau de concordância com os dados empíricos e a consistência interna, e não com as propriedades das representações da teoria (...) A distinção entre as propriedades das teorias e as propriedades das representações das teorias estende-se também às suas propriedades estéticas (MCALLISTER, 1996, p. 25).

Representações de teorias podem ser feitas de modos que são esteticamente aprazíveis ou não, dependendo do contexto. Uma teoria quantitativa pode ter uma representação qualitativa e vice-versa. Historicamente, algumas representações de teorias, como as de Da Vinci (1452-1519) e as pinturas das pesquisas geológicas do século XIX, podem ser valorizadas como obras de arte em si mesmas, “ao mesmo tempo que contêm afirmações científicas sofisticadas”. Isso torna, por vezes, difícil traçar uma fronteira clara entre a representação da teoria e a teoria em si mesma (MCALLISTER, 1996, p. 25).

Para os modelos racionalistas tradicionais, as propriedades estéticas das representações das teorias não têm qualquer peso na avaliação das teorias. Já diversas alternativas de âmbito alto para a imagem racionalista de ciência, como a sociológica ou a antropológica, rejeitam a distinção entre as teorias e as suas representações. Contrasta sua abordagem àquela da teoria ator-rede como a “mais interessante” dentre essas alternativas. Para essa teoria, entidades abstratas ou imateriais não têm “poder causal” nem existência de fato, “não podendo influenciar o comportamento dos atores”. Segundo o autor, Latour e Woolgar, por exemplo, “interpretam a ciência como produzindo **inscrições** em vez de teorias” (MCALLISTER, 1996, p. 26, grifo meu).

> É impossível explicar de modo convincente a posse e a propagação do conhecimento sem reconhecer que itens de conhecimento são entidades abstratas que podem ser distinguidas das entidades concretas nas quais são expressas. (...) Nada nos impede de identificar as entidades abstratas em questão com uma teoria científica, e as inscrições com representações alternativas dessa teoria (MCALLISTER, 1996, p. 27).

Resta dar conta do problema de como se dá a percepção das entidades abstratas – se as propriedades estéticas das teorias são distintas daquelas das representações das teorias, de que modo percebemos as propriedades de entidades abstratas? Como entidades abstratas, as teorias científicas não são acessíveis aos sentidos, portanto, temos acesso a elas através das suas representações, estas, sim, acessíveis aos sentidos. Para Hutcheson, por exemplo, as entidades abstratas teriam beleza, atribuindo a um "sentido interno" a possibilidade de apreender as suas propriedades e avaliá-las. McAllister não quer propor a existência de um sentido interno, e a estética hodierna não favorece esse tipo de postulado. Sua resposta à questão "baseia-se na noção de **transposição de propriedades** das entidades abstratas às suas representações" (MCALLISTER, 1996, p. 28, grifo meu).

Para obter conhecimento preciso sobre entidades abstratas, é necessário que as propriedades da representação estejam numa relação específica com aquelas das entidades abstratas. Uma das soluções é a de que podemos apreender algumas das propriedades de uma teoria científica através da entidade concreta que é a sua representação. Nossa apreensão se dá sobre a representação, mas pode ser "retraçada" (*retraced*) até a teoria. Entretanto, a explicação mais forte para essa questão é aquela em que se lança mão da ideia de que há um **algoritmo** que possibilita a "formação" daquela entidade abstrata em nossa mente.

> O conhecimento de uma pessoa sobre as propriedades de uma entidade abstrata é (...) obtido por exame de uma réplica mental dela, em vez de sua representação. Para um algoritmo produzir determinado produto, não é necessário que as propriedades do algoritmo assemelhem-se [*resemble*] àquelas do produto: consequentemente, essa resposta não nos impele a afirmar que as propriedades de teorias são transpostas às suas representações (MCALLISTER, 1996, p. 29).

No capítulo dois desta tese, buscarei recuperar o argumento do algoritmo numa extrapolação por analogia para a relação entre conhecimento e natureza. Por ora, basta ficar estabelecida a possibilidade de avaliação de características estéticas de teorias enquanto entidades abstratas.

2.4 PROPRIEDADES, VALORES E AVALIAÇÃO ESTÉTICA

McAllister (1996) apresenta o "aparelho conceitual" que usa na sua investigação, descrevendo o que são, para ele, "valores estéticos", "propriedades" e "avaliação". Toma esse aparelho conceitual da teoria estética contemporânea sua.

> Nossa apreciação estética precisa referir-se a propriedades do objeto se for uma apreciação desse objeto, e precisa referir-se a valores se for avaliativa. Para especificar o que são as propriedades e os valores aos quais apelamos, precisamos fornecer respostas a questões como as seguintes (MCALLISTER, 1996, p. 30).

e apresenta uma lista de quatro questões, às quais apresentará respostas em seguida.

A **primeira questão** é a de se a beleza é uma propriedade dos objetos, um valor ou uma entidade de algum outro tipo. Para ele, a beleza é um valor estético. E esse não é o único valor estético que entra em jogo na avaliação de teorias científicas. Na arte há duas avaliações feitas: quanto à beleza das propriedades do objeto e quanto ao mérito artístico (embora uma reprodução de um quadro traga a beleza daquele quadro, o contexto de relações entre o objeto e seu ambiente determinam o seu mérito artístico).

> Por analogia ao mérito artístico, o valor estético seria adquirido por uma teoria científica em virtude de possuir certas propriedades relacionais que podem não estar manifestas nele, como a de ter tido determinada influência no desenvolvimento da ciência (MCALLISTER, 1996, p. 31).

McAllister traz o conjunto de valores estéticos como categoria a ser operada na análise dos processos que envolvem as escolhas de teorias científicas. Os valores estéticos formam um quadro no qual o critério da beleza se encaixa. O autor chamará esse conjunto de valores de 'cânone estético'.

A **segunda questão** colocada é a seguinte. "Os valores estéticos são algo que reside nos objetos da percepção ou são projetados sobre elas pelos observadores?" Trata-se de uma controvérsia entre duas doutrinas da estética e da ética, o objetivismo e o projetivismo. Segundo o autor, esses termos são muitas vezes cunhados pelos adversários, o que torna difícil a pesquisa por verbetes assim denominados. McAllister assume o projetivismo, em que, tal qual a relação entre valores e objetos em geral, como em qualquer avaliação estética ou moral, "o valor ao qual se refere a apreciação estética de teorias científicas não reside nas teorias, mas é projetado sobre as teorias pelas comunidades científicas e pelos observadores da ciência" (MCALLISTER, 1996, p. 31).

É importante ressaltar que **é fácil cair na impressão de que os valores são objetivos**, uma vez que uma visão objetivista é arraigada em nossa cultura. Entretanto, essa abordagem não funcionaria no esquema geral da sua teoria, uma vez que os valores mudam com o tempo, independente de mudanças análogas nas teorias. De fato, ressalta que o objetivismo é tão arraigado em nossa cultura que se reflete na linguagem e desculpa-se por continuar a utilizar linguagem objetivista (do tipo "esta teoria tem beleza") na continuidade do trabalho (MCALLISTER, 1996, p. 32).

A **terceira questão** é: qual a relação entre o valor estético da beleza e as propriedades intrínsecas dos objetos? A avaliação estética depende, em parte, das propriedades dos objetos avaliados. Chamará de "propriedades estéticas" aquelas propriedades que evocam esse tipo de avaliação, estética, pois nem todas as propriedades dos objetos o fazem. Por "estética" entende-se qualquer avaliação com relação à beleza, mas não só, pois uma avaliação pode ser de "feia" ou de "desajeitada", ou seja, dizer respeito às reações de prazer e desprazer despertadas no indivíduo que observa (MCALLISTER, 1996, p. 32).

A **quarta questão** é a de como explicar a diversidade de respostas estéticas entre observadores diferentes com relação aos mesmos objetos. Atém-se ao caso específico da percepção estética de teorias científicas.

> Para explicar a diversidade das respostas de cientistas às teorias, precisamos considerar como um cientista é movido a projetar beleza sobre uma teoria em particular. (...)
>
> O fato de que um cientista toma determinadas propriedades de teorias como base para projeções de beleza será [aqui] tratado como consequência de que o cientista utiliza determinados critérios estéticos que se referem às propriedades em questão (MCALLISTER, 1996, p. 33).

Cientistas que levam em conta critérios diferentes terão avaliações estéticas diferentes, muitas vezes tomando propriedades diferentes dos objetos como propriedades estéticas.

> Valores estéticos, como a beleza, não estão localizados no mundo, mas são projetados sobre os objetos por observadores. Um objeto de percepção, tal como uma teoria científica, pode ter, entre as suas propriedades intrínsecas, algumas que evocam respostas estéticas entre observadores. (...) Chamo a essas propriedades de propriedades estéticas (MCALLISTER, 1996, pp. 34-35).

Ou seja, embora os valores estéticos sejam avaliações dos observadores que atribuem juízos a determinadas propriedades dos objetos avaliados, sendo, portanto, projetados pelos observadores nos objetos, essas propriedades que evocam avaliações estéticas são chamadas de 'propriedades estéticas'.

Critérios estéticos são reunidos num coletivo, o cânone. Cada cientista avalia teorias a partir do seu cânone. Cânones diferentes darão pesos diferentes a determinados critérios, bem como terão variações das propriedades estéticas que englobam. Diversas propriedades estéticas podem ter valor zero, ou seja, serem indiferentes para a avaliação. São esses cânones que variam ao longo do tempo, tanto nos pesos dados aos critérios, quanto nas propriedades estéticas que os compõem. Essas variações dão-se a partir dos resultados empíricos, num processo de indução, como será visto adiante (MCALLISTER, 1996, p. 35).

Para identificar que propriedades são estéticas, propõe dois critérios. Primeiro, uma propriedade será considerada estética caso cientistas reajam publicamente a ela como estética, ou seja, a referência, em público, a determinada propriedade como estética. O segundo critério é "uma propriedade é estética se, em virtude de possuir essa propriedade, uma teoria científica é passível de causar nos observadores como tendo alto grau de adequação [*aptness*]"[5] (MCALLISTER, 1996, p. 36-37).

Lembra a sugestão de Hutcheson de que beleza seria a "uniformidade no meio da variedade", mas, ampliando a definição de beleza para adotar outra, também recorrente, cita Heisenberg, com sua definição de beleza das teorias como sendo "a conformidade adequada entre as partes entre si e com o todo" (HEISENBERG, 1970 *apud* MCALLISTER, 1996, p. 38). Essa definição é tomada por Heisenberg (1901-1976) a partir de Plotino (204 EC-270 EC). O sentimento de adequação pode ser tão intenso em alguns cientistas que eles se referem às teorias como sendo "perfeitas" ou "inevitáveis" (MCALLISTER, 1996, p. 38) e ilustra com uma passagem de Weinberg (1933-), em que o cientista afirma essa inevitabilidade, por exemplo, na teoria da gravitação de Einstein (1879-1955), comparando às sensações tidas com determinadas obras musicais (WEINBERG, 1993 *apud* MCALLISTER, 1996, p. 38).

> Dada a conexão entre beleza e adequação [*aptness*] é justificado ver, como propriedades estéticas, propriedades em virtude das quais as teorias são propensas a aparecerem apropriadas [*apt*]. Esse segundo critério para reconhecimento das propriedades estéticas nos levará (...) a tratar como estéticas algumas propriedades de teorias, tais como as suas **filiações metafísicas** [*metaphysical allegiances*], que são menos comumente consideradas como estéticas, mas ainda assim partilham de muitas das características das propriedades de teorias que são inquestionavelmente estéticas (MCALLISTER, 1996, p. 38, grifo meu).

Em outras palavras, as propriedades estéticas são aquelas propriedades de teorias que despertam respostas estéticas nos seus observadores. São projeções feitas pelos observadores sobre as teorias. Essas respostas são públicas e de conteúdo expressamente estético, sendo

[5] *Aptness*: ser apropriada, acertada, adequada, bem disposta.

esse conteúdo uma expressão do sentimento de que determinada teoria é ‘adequada’ ou ‘apropriada’. Uma vez lançado o arcabouço a partir do qual estudar as avaliações estéticas, o autor parte para a caracterização das avaliações de teorias científicas que lançam mão de valores estéticos.

2.5 CLASSES DE PROPRIEDADES ESTÉTICAS DE TEORIAS CIENTÍFICAS

Seguindo a mesma conceituação, McAllister, agora em relação às teorias científicas, afirma que as propriedades estéticas de teorias são aquelas “poucas” propriedades de teorias científicas que evocam respostas estéticas. Estas são agrupadas em classes, que “constituem os cabeçalhos sob os quais cientistas proferem avaliações estéticas de teorias.” Cita, como exemplo, as “simetrias”. Essa distinção entre propriedades e suas classes “pode ajudar a afastar o ceticismo daqueles que afirmam ser impossível que as preferências estéticas de cientistas tenham algum papel na avaliação de teorias por não serem definidas de modo suficientemente preciso.” As preferências dos cientistas são muito mais precisas do que as classes nas quais se encaixam as propriedades que utilizam para a sua avaliação (MCALLISTER, 1996, pp. 39-40).

Discute quatro classes de propriedades estéticas de teorias: ‘**forma de simetria**’, ‘**invocação de um modelo**’, ‘**ser visualizável/abstrata**’ e ‘**laços metafísicos**’. Ainda discutirá a classe de ‘forma de simplicidade’ em um capítulo posterior. Sua lista de propriedades não é exaustiva nem unívoca. Afirma que

> as propriedades que pertencem a cada uma dessas classes têm influenciado profundamente a escolha de teorias nas ciências desde, pelo menos, a Renascença. Ao estabelecer isso, meu objetivo é demonstrar que a avaliação de teorias em bases estéticas é um elemento influente da prática científica e que qualquer descrição da ciência que falhar em referir-se ela deve ser considerada incompleta (MCALLISTER, 1996, pp. 40-41).

Embora o próprio autor afirme não apresentar uma lista exaustiva, considero que essas classes de propriedades que apresenta dão conta de descrever bem o que está em jogo na avaliação estética de teorias, oferecendo um conjunto heurístico para o estudo do assunto, o que justifica retomar aqui essa descrição de McAllister.

2.5.1 Forma de simetria

As simetrias são encontradas em muitos objetos da natureza, bem como em transformações observadas nela. Também podem ser encontradas "em objetos abstratos, tais como as criações intelectuais". As propriedades de simetria que terão interesse na investigação são aquelas apresentadas pelos objetos abstratos chamados de 'teorias científicas'. "É dito que uma teoria científica tem simetria se, ao aplicar uma transformação aos componentes conceituais da teoria (...) [essa transformação] deixa o conteúdo da teoria, ou as suas afirmações, inalterados" (MCALLISTER, 1996, p. 41). As simetrias produzem o efeito, no cientista, de tomar uma teoria como adequada ou apropriada (*sense of aptness*) (MCALLISTER, 1996, p. 44).

As simetrias podem tanto ser "aproximadas", aquelas que tornam as teorias aproximadamente inalteradas, como podem ocorrer em diversos aspectos das teorias, tornando essa propriedade uma classe numerosa de características para a descrição de teorias (MCALLISTER, 1996, p. 41-43).

2.5.2 Invocação de um modelo

O uso de modelos é parte integrante da prática científica e McAllister inclui a sua evocação no conjunto de propriedades estéticas de teorias.

> Quando dizemos que uma teoria científica invoca um modelo, queremos dizer que a teoria apresenta [*posit*] uma analogia entre o domínio dos fenômenos, que está tentando descrever ou explicar, e outro determinado domínio de fenômenos, tipicamente um domínio que é mais bem compreendido ou que é mais familiar (MCALLISTER, 1996, p. 44).

Os modelos estabelecem relações entre propriedades e entre relações, sendo que são relações de baixa ordem as relações entre as propriedades e as de alta ordem as relações entre relações. Quanto mais relações de alta ordem o modelo preserva, melhor o modelo. Ou seja, "as propriedades das entidades são os elementos menos importantes para o modelo preservar" (MCALLISTER, 1996, p. 44). Em outras palavras, modelos são artifícios adequados para estabelecer analogias que ajudam a descrever as relações gerais entre propriedades de uma teoria, tendo como comparação outra teoria já estabelecida, em que essas relações já estão bem estabelecidas. Embora possam também ser analogias para as propriedades em si, são considerados melhores os modelos que fazem o primeiro tipo de analogias, entre relações.

Muitas escolhas de teorias são feitas tendo em vista a produção ou não de modelos adequados. Segundo o autor, para Laplace (1749-1827), por exemplo, "uma teoria não poderia ser considerada aceitável se não oferecesse um modelo dos fenômenos"; já Fourier negava essa importância, preferindo uma análise matemática pura. Existe uma diferença entre prescrever que uma teoria deva invocar algum modelo e insistir em que as teorias devam ser interpretadas em termos de determinado modelo, como o mecanicista, o elétrico, o biológico, etc. Invocar um modelo errôneo não teria mérito. Muitas vezes, um modelo geral é prescrito pela crença de que determinada ciência é básica com relação a outras, como foi o caso do que ocorreu com o mecanicismo (MCALLISTER, 1996, pp. 45-46).

Os modelos que são invocados como preferências na escolha de teorias modificam-se lentamente ao longo do tempo. Essas mudanças podem ser tidas como sendo o efeito de **modas**. De início, modelos novos tendem a causar estranheza ao serem adotados, mas vão sendo aceitos e incorporados ao cânone estético com o tempo. Outra característica é a de que os modelos tendem a utilizar as metáforas das suas épocas (MCALLISTER, 1996, pp. 46-47).

> A propriedade de uma teoria de invocar um modelo de tipo determinado deve ser considerada como uma propriedade estética. O raciocínio analógico tem o objetivo de revelar a presença de unidade na diversidade, que é uma preocupação estética típica; e as metáforas e analogias são fontes de prazer estético em trabalhos de literatura e de arte. Dificilmente haverá dúvida quanto a que a descoberta de que uma teoria se presta à interpretação através de uma analogia de um tipo favorecido traga satisfação estética ao observador (MCALLISTER, 1996, p. 48).

O uso de modelos, metáforas e analogias é característica importante da ciência e talvez mostre a capacidade humana de perceber as ligações e conexões que revelem a unidade da natureza. A intuição de que se está diante dessas conexões causa prazer estético. Mais adiante nesta tese discutirei a questão do uso de modelos e seu sucesso como possíveis indicadores dessa unidade da natureza, bem como do sujeito do conhecimento para com a natureza, tal como foi visto no trabalho de mestrado (PUIG, 2014).

2.5.3 Visualização e abstração

Dentre as muitas dicotomias que aparecem na história da ciência e que são motivo de disputas quanto aos critérios adequados para a avaliação de teorias, está o critério que prescreve alguma norma com relação à característica de uma teoria de ser visualizável, sendo que em determinados períodos históricos a preferência é quanto a que uma teoria seja

visualizável e, em outors, de modo oposto, a regra que dita que deve ser abstrata (MCALLISTER, 1996, p. 48).

Teorias diferentes oferecem visualizações diferentes de um mesmo fenômeno, enquanto outras teorias oferecem mais de uma visualização. “Outras teorias descrevem os dados empíricos não através de imagens pictóricas, mas através de abstrações. Uma teoria abstrata não evoca uma imagem mental: em vez disso, descreve fenômenos somente por meios matemáticos ou outros aparatos formais.” Lagrange, por exemplo, afirma preferência por esse tipo de trabalho sem imagens (MCALLISTER, 1996, pp. 49-50).

“A visualização e a abstração estão entre as propriedades para as quais os cientistas atribuem força ao avaliar e escolher entre teorias. Muitos cientistas declaram preferência por teorias visualizadoras”, como Einstein, Minkovski e Feynman, por exemplo. Mas nem todos os cientistas têm essa preferência, principalmente no caso daqueles influenciados pelo positivismo, dando preferência ao desenvolvimento de teorias que sejam apanhados de evidências empíricas tratados na forma matemática (MCALLISTER, 1996, pp. 49-50).

“A visualização e a abstração não devem ser pensadas como qualidades sem importância ou eliminâveis das teorias”, pois em geral uma teoria visualizável não pode ser transformada numa abstrata e vice-versa. O autor ressalta que a propriedade de ser visualizável não pode ser confundida com a capacidade da teoria para invocar um modelo. A visualização é um movimento de analogia com relação a objetos concretos. Um raciocínio com base em modelo é a transferência de todo um arcabouço conceitual e analítico, que a simples visualização não realiza. Além disso, “não há nada na noção de um bom modelo que requeira que este seja visualizável”. Modelos podem ser totalmente compostos por formalismos abstratos e frequentemente o são (MCALLISTER, 1996, pp. 50-51).

Para consolidar a diferenciação entre a propriedade de invocar um modelo e a propriedade de visualização/abstração, afirma que

> **uma teoria que invoca um modelo apela a uma relação de analogia, e uma teoria que oferece uma visualização de um fenômeno constrói uma relação de metáfora**. Afinal, estabelecer uma analogia é apontar uma homologia entre duas estruturas, que é aquilo no que o modelo se baseia; e usar uma metáfora é ver algo como outra coisa, que é aquilo que uma teoria visualizável nos instiga a fazer (MCALLISTER, 1996, p. 51, grifo meu).

E mais adiante:

> as propriedades de visualização e abstração são propriedades estéticas de teorias. A sugestão de uma teoria a certa visualização de uma estrutura ou mecanismo é

> passível de provocar em alguns observadores uma sensação de adequação [*aptness*], que satisfaz o segundo critério que propus (...) para reconhecer propriedades estéticas em teorias. Outros cientistas veem valor estético em teorias abstratas, obtendo prazer ao considerar uma estrutura conceitual pura e formal, cujo poder não depende de uma interpretação pictórica específica (MCALLISTER, 1996, p. 52).

A visualização também se configura como critério em separado por ser uma propriedade não matemática. Por exemplo, o critério de simetria é muito mais frequentemente um critério relacionado ao formalismo matemático, mas a visualização mais frequentemente depende de ser colocada mais ênfase em imagens do que em formalismos matemáticos. Colocando-se mais ênfase em formalismos, tira-se a ênfase da visualização. O fato de que há cientistas que preferem visualizações tanto quanto aqueles que preferem a abstração fez com que ocorressem, ao longo da história, períodos de transição entre uma e outra preferência, numa competição pela preponderância nas comunidades de cientistas dos critérios de escolha de teorias. Ocorreu tanto o caso em que comunidades dividiram-se em duas facções, como o caso em que as comunidades oscilaram entre um e outro critério ao longo do tempo (MCALLISTER, 1996, pp. 52-53).

2.5.4 Filiação metafísica

Tratando-se McAllister de um autor que propõe uma abordagem analítica da ciência, é interessante notar a sua incorporação da metafísica como parte integrante da prática científica. Embora isso já esteja bastante estabelecido, ou seja, o fato de que a metafísica é uma necessidade incontornável em ciência (VIDEIRA, 2013). Diante dos diversos dos textos de físicos-filósofos que estudo adiante nesta tese, e que fazem questão de diferenciar seus textos de textos filosóficos e rejeitam a ideia de que fazem um trabalho filosófico, este fato é importante ressaltar. Evidentemente, a rejeição feita por aqueles autores tem razão de ser, que será oportunamente explicada. Por ora, vou ater-me ao estudo das proposições de McAllister, segundo o qual parte intrínceca da atividade científica é estabelecer um conjunto de conceitos teóricos à respeito da realidade ou da natureza – ou seja, realizar metafísica. Em geral, toma-se o conjunto de critérios estéticos como parte do conjunto de critérios metafísicos adotados. O autor, entretanto, inverte essa classificação, inserindo os critérios metafísicos como parte dos critérios estéticos.

> Cada uma das grandes visões de mundo [6] que foi registrada na história intelectual é uma entidade complexa. Um de seus componentes é um conjunto de afirmações sobre os constituintes últimos do mundo; outra, um conjunto de normas de raciocínio; um terceiro é um conjunto de prescrições que estipulam os tipos de afirmações empíricas sobre o mundo que devem ser consideradas e aquelas que devem ser rejeitadas. Por exemplo, o atomismo descreve o mundo como composto de corpúsculos materiais; prescreve que propriedades dos corpos materiais devem ser explicadas por apelo às propriedades de seus átomos constituintes; e, como interpreta a propagação da luz como fluxo de corpúsculos, requer a rejeição da afirmação empírica de que a luz se propaga instantaneamente.
>
> O que nos interessa aqui é esse terceiro componente de **visões de mundo metafísicas**, o conjunto de critérios para a aceitação de afirmações empíricas sobre o mundo. Esse componente equivale a **um conjunto de critérios metafísicos** para a avaliação de teorias científicas. Teorias diferentes exibem, em virtude de suas afirmações, filiações [*allegiances*] a diferentes visões de mundo metafísicas. Um cientista que possui determinada visão de mundo metafísica pode, então, avaliar teorias em parte de acordo com as filiações metafísicas que elas exibem.
>
> Proponho tomar as filiações que as teorias científicas têm com visões de mundo metafísicas como **propriedades estéticas** das teorias. Esta não é uma abordagem costumeira: filósofos da ciência tomam mais frequentemente as preferências estéticas na avaliação de teorias como um subconjunto de preferências metafísicas, talvez acreditando que os gostos estéticos dos cientistas sejam formados por sua percepção metafísica. Minha justificação para essa inversão na classificação usual é a de que a propriedade de ter um comprometimento metafísico em particular lembra fortemente as outras propriedades de teorias descritas [aqui] em dois aspectos (MCALLISTER, 1996, p. 55, grifos meus).

Esses dois aspectos são o fato de que, primeiro, quando se observa acordo entre afirmações de uma teoria científica e o compromisso metafísico pessoal, isso provavelmente produz uma sensação de adequação (*aptness*) e vice-versa. O segundo aspecto é o de que a escolha feita por comunidades científicas quanto a critérios metafísicos é realizada com os mesmos procedimentos daqueles utilizados para julgar os outros critérios, como "a forma de simetria, a família de modelos ou o grau de visualização, favorecidos na avaliação de teorias". Os critérios metafísicos são escolhidos por uma comunidade científica como aqueles que, em suas teorias mais bem sucedidas, obtiveram o maior sucesso empírico (MCALLISTER, 1996, p. 55).

> Abraçar esses critérios tem dois efeitos. Fortalece a convicção de que essas teorias de fato valem sua alta estima; e encoraja cientistas a buscar mais teorias que mostram a mesma filiação metafísica. Isso significa que um conjunto de pressuposições metafísicas terá a tendência a consolidar-se cada vez mais (MCALLISTER, 1996, pp. 55-56).

Faz sentido, para mim, essa abordagem de McAllister que insere as filiações metafísicas como parte dos critérios estéticos de avaliação de teorias. Além dos argumentos apresentados por ele, também considero que exista uma relação no outro sentido, ou seja, que

[6] McAllister utiliza frequentemente a expressão "visão de mundo" (*world view*).

a avaliação estética indique uma adequação à intuição referente às características ou à constituição da realidade ou da natureza. Ou seja, acredito que, além de haver uma consolidação que se estabelece historicamente no sentido de reforçar aquelas concepções metafísicas que têm tido sucesso enquanto visões que dão embasamento a teorias científicas, também ocorre um movimento no sentido oposto; a aproximação das descrições do mundo em relação ao mundo ele mesmo pode produzir prazer estético e, assim, indicar essa aproximação. Como participantes da natureza, pouco a pouco e muito embora sem nunca saber em que medida, nos aproximamos do conhecimento da realidade em si e essa adequação também produz uma reação subjetiva estética. Trata-se de uma crença, mas cuja plausibilidade desenvolverei melhor nos próximos capítulos da tese.

2.5.5 Adequação da abordagem a todas as ciências

Conforme já mencionei, o trabalho de McAllister busca abarcar todo o campo do conhecimento, ou seja, todas as ciências, não só as ciências naturais ou exatas. Não obstante, afirma que, muito embora utilize mais exemplos da história da física, todas as afirmações que faz são pertinentes para estudar também as ciências biológicas e sociais e, de fato, todo e qualquer empreendimento científico. “Evidentemente, as propriedades de teorias às quais se atribui valores estéticos nas ciências físicas podem ser diferentes daquelas atribuídas nas ciências biológicas e sociais”. Do mesmo modo, as afirmações feitas sobre analogia e filiação metafísica são tão pertinentes às ciências biológicas e sociais quanto às físicas (MCALLISTER, 1996, pp. 59-60).

O texto do autor vai preparando o terreno para apresentar um ponto crucial em seu pensamento: a relação entre resultados empíricos e preferências estéticas, através de um processo de indução. Entretanto, antes de prosseguir, é necessário esclarecer alguns erros que podem ser cometidos ao avaliar os julgamentos estéticos feitos por cientistas.

2.6 AS AVALIAÇÕES ESTÉTICAS E AS AVALIAÇÕES EMPÍRICAS SÃO AUTÔNOMAS ENTRE SI OU REDUZEM-SE UMAS ÀS OUTRAS?

Qual a relação entre as avaliações empíricas, ou lógico-empíricas, e as avaliações de teorias com base em critérios estéticos? O autor examina duas visões que se mostram inadequadas, mas esse exame dará pistas para a visão que considera a mais adequada, e que apresentará na sequência. Como encontro em sua abordagem desse ponto algo que considero importante e relevante para esta tese, procedo com a descrição da concepção do autor.

As visões que discute são: **autonomismo**, segundo o qual as avaliações estéticas e empíricas da ciência seriam totalmente distintas e autônomas entre si; e **reducionismo**, que afirma que ambas as avaliações, a empírica e a estética, seriam tão somente aspectos uma da outra, ou seja, redutíveis uma à outra (MCALLISTER, 1996, p. 61).

Para a visão do autonomismo, a atenção, ou "percepção", que é dada a um objeto na avaliação estética é uma percepção "desinteressada": avaliamos um objeto como belo sem nos preocupar com nenhuma outra característica, se é útil ou necessário – a contemplação da beleza é feita por seu próprio fim, o de apreciar a beleza. O autor compara essa visão com uma teoria da ética em que essa percepção desinteressada também é afirmada e lembra que para Hutcheson e Shaftesbury o julgamento estético não dá importância a questões utilitárias, mas lembra que a teoria do "desinteresse" estético foi revisada no século XX (MCALLISTER, 1996, p. 62-64). É interessante notar que essa percepção estética sem preocupação com a utilidade ou necessidade de um objeto também é um tema abordado por Kant (1995), mas talvez McAllister evite mencionar da filosofia kantiana, uma vez que isso implicaria em uma discussão mais detida e detalhada do pensamento kantiano, que talvez não fosse um exemplo específico do autonomismo descrito nesse ponto, uma vez que Kant termina por produzir outra versão talvez mais claramente identificada com o reducionismo descrito adiante.

Alguns cientistas fazem clara distinção entre as propriedades empíricas e estéticas de teorias. "Entretanto, existe um conjunto de evidências da prática científica que entra em conflito com essa visão e que é muito maior." Se nos primeiros anos após a criação de uma teoria há pouca relação entre suas propriedades estéticas e empíricas, ou seja, os experimentos tenham produzido bons resultados, mas a avaliação estética seja ruim, isso se dá por conta de que o cânone da comunidade ainda possui parâmetros outros, que serão modificados com o sucesso da teoria nova. Um exemplo disso são os primeiros 20 anos da teoria quântica, quando esta apresentava sucesso empírico, mas era tida como esteticamente desinteressante

por muitos. Com o passar do tempo, entretanto, teorias com características que não são aceitas pelo cânone estético, mas que apresentam sucesso empírico, vão tendo as suas propriedades estéticas incorporadas a esse cânone da comunidade, à medida que o seu sucesso vai se consolidando. A relação entre o sucesso empírico e o cânone estético, entretanto, só pode ser interpretada de modo complexo, ou seja, não é uma transposição simples (MCALLISTER, 1996, p. 65-66). "O valor estético que é atribuído a muitas pode ser não merecido, na medida em que é devido ao sucesso empírico de outra teoria; mas é, ainda assim, o resultado da correlação entre a apreciação estética e o sucesso empírico" (MCALLISTER, 1996, p. 67).

Quanto ao reducionismo, que seria o extremo oposto do autonomismo, este afirma que ambas as formas de julgamento, o empírico e o estético, são somente manifestações de um único modo de avaliação. Avaliações estéticas seriam manifestações de avaliações empíricas e vice-versa. Numa primeira variante, estaria o reducionismo que afirma que o fato de cientistas atribuírem valor estético se dá exclusivamente em relação ao sucesso empírico das teorias. Essa variante é evidentemente errônea, visto inúmeros exemplos em que se valorizam propriedades estéticas mesmo não havendo sucesso empírico (MCALLISTER, 1996, p. 67-68).

A segunda variante do reducionismo diz que "sucesso empírico" denota uma propriedade de uma teoria que provoca prazer estético. Esse tipo de redução é correlata ao que se chama "representacionalismo" na teoria da arte, em que uma obra de arte teria maior valor quanto mais exata fosse a sua reprodução do objeto temático. Essa doutrina está em oposição ao formalismo, em que a forma da obra é mais valorizada do que o quanto a representação é fidedigna ao objeto representado nela. "Cada uma dessas variantes de reducionismo nega a possibilidade de que os julgamentos estético e empírico possam ser suplementares um ao outro como fontes de informação sobre o sucesso empírico de teorias" (MCALLISTER, 1996, p. 68).

Ambas as variantes não são corroboradas pelas evidências empíricas, uma vez que "cientistas parecem dispostos a realizar julgamento estético de teorias que estejam em confronto com seus julgamentos empíricos delas". O autor reitera a sua posição de que "julgamentos estéticos e empíricos estão inter-relacionados de modos mais **complexos**, para os quais precisamos de um modelo mais **sofisticado**" do que os apresentados (MCALLISTER, 1996, p. 69, grifo meu).

O diagnóstico feito pelo autor, de que existe a necessidade de desenvolver um modelo sofisticado para dar conta da complexidade do fenômeno observado na história da ciência do uso das avaliações estéticas na escolha de teorias me parece acertado. Acredito, também, que

esse mesmo tipo de sofisticação talvez seja necessária para a caracterização de fenômenos complexos em geral, embora possa haver exceções.

2.7 AS PREFERÊNCIAS ESTÉTICAS SÃO ESTABELECIDAS POR PROJEÇÃO INDUTIVA

Segundo McAllister, ao se formular preceitos para a prática científica, é necessário ver se esses preceitos são justificados. Para justificar um preceito, há dois meios: análise de objetivo e projeção indutiva. Ambos são importantes para a compreensão da ciência. Enquanto os objetivos da ciência estabelecem de antemão um 'caminho geral' a tomar, por assim dizer, e o dispositivo que possibilita 'direcionar' a ciência é a projeção indutiva: tendo em vista os sucessos do passado, buscam-se novos sucessos repetindo os mesmos procedimentos ou atitudes (MCALLISTER, 1996, p. 70-77). Ou seja, por indução, conclui-se que as características dos procedimentos e atitudes que a comunidade científica adotou no passado, e que tiveram resultados positivos, continuarão a produzir bons resultados no futuro.

O autor propõe um "modelo de mecanismo" para a formulação de cânones estéticos para a avaliação de teorias por parte das comunidades científicas.

> Uma comunidade [científica] compila seu cânone estético em determinada data associando a cada propriedade [de teoria] um peso proporcional ao grau de adequação empírica atribuído naquele tempo ao conjunto de teorias atuais e recentes que exibiram essa propriedade. O grau de adequação empírica de uma teoria é, evidentemente, julgado na aplicação dos critérios empíricos daquela comunidade para a avaliação de teorias. Chamo a esse princípio de **indução estética.** (...) A indução estética é um caso de projeção indutiva, já que equivale a consultar as propriedades de boas teorias do passado para determinar quais teorias futuras deve-se esperar que sejam boas. Uma teoria em particular, quando atinge sucessos empíricos notáveis em determinada data, contribui na determinação de que teorias serão adotadas pela comunidade no futuro (MCALLISTER, 1996, pp. 78-79, grifo meu).

Cada teoria, em sua época, pode ser avaliada de acordo com os sucessos que possibilitou. As características das teorias bem-sucedidas são tomadas como preferenciais para a escolha de teorias novas. Dentre essas características estão as propriedades estéticas das teorias. O cânone estético é estabelecido dessa maneira, moldando as escolhas dos cientistas. O cânone estético também apresenta, ao longo da história, modas e estilos (MCALLISTER, 1996, pp. 78-90).

Entretanto, essa expectativa dos cientistas quanto às teorias partilharem das mesmas propriedades estéticas "talvez nunca sejam expressas explicitamente". E segue, "de fato, na

maior parte das vezes, as preferências estéticas dos cientistas para teorias são adquiridas e aplicadas sem autoconsciência". Fazer projeções indutivas sem estar consciente de as estar fazendo é algo comum tanto fora quanto no interior da ciência. O cânone estético torna-se **um viés** em favor de teorias futuras que manifestem as propriedades estéticas que, nas teorias do passado, mostraram desempenho empírico ótimo: "por seu sucesso empírico, as teorias podem pré-dispor as comunidades a escolherem teorias futuras com propriedades similares às suas" (MCALLISTER, 1996, p. 79).

Essa disposição vai mudando à medida que o sucesso empírico também muda, ou seja, quando o sucesso empírico diminui, também vai diminuindo o peso dado àquelas propriedades estéticas correlacionadas à teoria em questão, e que são usadas na avaliação de outras teorias. Do mesmo modo, teorias novas que possuam propriedades estéticas que não são tão valorizadas, têm essas propriedades ganhando mais peso no cânone estético da comunidade à medida que o seu sucesso empírico vai sendo documentado. Cientistas, assim, atribuem valor estético a teorias mesmo quando não apresentam adequação empírica – com o tempo, ou bem essas teorias passam a apresentar sucesso empírico, ou bem suas propriedades perderão peso no cânone estético (MCALLISTER, 1996, pp. 80-81).

Há uma tendência a que o cânone estético seja conservador, no sentido de que apresente resistência a mudanças. Isso se dá porque, "num ambiente cambiante, um sistema em evolução dificilmente conseguirá reajustar todas as suas propriedades de modo a que esteja sempre em ótimo estado para as circunstâncias prevalecentes" (MCALLISTER, 1996, p 82).

Dentre os diversos exemplos que o autor explora para ilustrar a ocorrência de estilos e modas quanto aos cânones estéticos, o mecanicismo é um dos estilos no qual essa ocorrência é clara. Cientistas como Einstein e Maxwell, por exemplo, expressam prazer em realizar exercícios na construção de modelos mecânicos para suas teorias (MCALLISTER, 1996, pp. 78-90).

> O estilo mecanicista de teorizar foi se tornando cada vez mais consolidado na medida em que as teorias que gerou continuaram a ganhar sucesso empírico; mas a partir do momento em que o mecanicismo pareceu começar a atrapalhar a busca de sucesso empírico, a maioria dos cientistas o abandonou (MCALLISTER, 1996, p. 90).

De fato, podemos observar no trabalho de Maxwell essas duas ocorrências; tanto a construção de um modelo mecanicista para a teoria que propõe ao eletromagnetismo, quanto o seu posterior abandono, explícito, para a construção de outro modelo em que não lança mão

do mecanicismo como base, mas que apresenta um tratamento abstrato matemático à teoria. Em seu artigo “Faraday lines of force” (MAXWELL, 1855), constrói um modelo mecânico para o eletromagnetismo, em que polias e roldanas promovem a movimentação no éter necessária para explicar os fenômenos observados. Ao terminar esse artigo, porém, Maxwell afirma claramente que, tendo mostrado como um modelo mecânico é possível, ele o abandonará para desenvolver sua teoria matematicamente. Assim, corroborando as ideias de McAllister, vemos no exemplo histórico de Maxwell dois elementos importantes: primeiro, o uso de um modelo que está em voga, muito embora já comece a ser abandonado, e o exercício feito pelo físico em formar um modelo nesse estilo como que para ‘garantir’ que ‘está no caminho certo’. De fato, em todo o trabalho inicial de Maxwell para o eletromagnetismo, ele defende a visualização e o uso de modelos mecânicos. Entretanto, abandona esse cânone e adota outro, buscando realizar seu trabalho com modelos matemáticos abstratos e deixando de lado, ao menos em parte, os preceitos do mecanicismo (PUIG, 2014).

Para McAllister, entretanto, Einstein não seria revolucionário, uma vez que, ao não aderir ao novo cânone que começa a entrar em voga entre os seus pares, sua postura seria a de conservador nesse sentido. McAllister concentra a sua análise de revolução tão somente quanto aos critérios estéticos; para ele, é esse conjunto de critérios que caracterizaria uma mudança radical na ciência (e que poderia ser chamada de revolução). Esse seu argumento, entretanto, não me convenceu, uma vez que Einstein, embora aderisse ao mecanicismo e ao modo visualizável de construir modelos e teorias, apresenta uma mudança muito radical tanto em termos da metafísica, quanto em seu uso da matemática, especialmente no emprego de geometrias alternativas à euclidiana. Penso que basta essas duas mudanças para caracterizá-lo como revolucionário também, muito embora fosse conservador em outros aspectos. McAllister inclui em seu conjunto de critérios e propriedades estéticas a metafísica. Portanto, poderia muito bem ter considerado essas mudanças radicais no trabalho de Einstein como revolucionárias.

2.8 CONCLUSÕES PRELIMINARES SOBRE A TEORIA DE JAMES MCALLISTER

O trabalho de James McAllister nos proporciona uma base sobre a qual estudar o tema desta tese. O uso de critérios estéticos na escolha de teorias científicas, em especial a beleza, é parte de um conjunto de preceitos e valores utilizados em ciência e sobre os quais os cientistas produziram reflexões. Tendo em vista o modelo apresentado por McAllister, posso abordar os textos filosóficos dos cientistas escolhidos para este trabalho munido de um arcabouço de

conceitos que permitirá desenvolver um comentário sobre esses textos e, quiçá, encontrar resultados interessantes para todas as questões que o tema termina por levantar. Entretanto, não tomarei a filosofia desse autor como única base para o estudo, já que, a partir das questões levantadas sobre o uso de critérios estéticos, encontrei outras, que não são necessariamente abordadas por McAllister.

O desenvolvimento que o tema possibilitou levou este estudo adiante. O autor propõe alguns elementos que parecem necessários para a compreensão da ciência e para o bom desenvolvimento de uma pesquisa em filosofia e história da ciência. Primeiro, é necessário aderir a um modelo geral, de âmbito 'alto', a partir do qual se vai trabalhar. Minha escolha, seguindo a daquele autor, é a imagem racionalista da ciência. Em segundo lugar, o trabalho do autor mostra como é necessária uma abordagem sofisticada para a compreensão da ciência – trata-se de um campo de estudo complexo e multifacetado, com características únicas, em que o estudo da história, das relações humanas sociais e da psicologia são tão importantes quanto a avaliação interna das teorias e o estudo dos conjuntos de preceitos e normas que regem seu avanço e desenvolvimento.

O inquérito inicial a que me propus no início desta pesquisa, quando havia pouca clareza do que o tema poderia proporcionar, se mantém: buscar explicar que bases têm os cientistas filósofos em questão para defender uma correlação entre beleza e verdade, ou ao menos em defender o critério de beleza como importante na escolha de teorias. McAllister mostra como esse uso de critérios estéticos é racional e necessário. Entretanto, resta indagar em que medida os cientistas em questão têm essa mesma visão, como justificam sua escolha de utilizar esses critérios e, ainda, como encaram as outras questões que a sofisticada explicação de como se dá esse processo levantam. A relação, por exemplo, entre as filiações metafísicas e a adequação empírica e as suas implicações quanto ao realismo e à verdade. Além disso, acredito ser necessário ir além, como apresentarei nos próximos dois capítulos da tese, e investigar o que é isso a que nos referimos como real, bem como quais são as possibilidades de estabelecer conhecimento sobre o real e como isso se dá.

3 A RELAÇÃO ENTRE CONHECIMENTO E REALIDADE

Este capítulo tem a intenção de propor a análise de um conjunto de questões que, como adiantei, está relacionado à compreensão daquilo que é o objeto das ciências, ou seja, de que se trata aquilo que chamamos de realidade ou natureza, quando temos em mãos uma teoria científica. Não há como fugir a esta questão, uma vez que se tem diante de si a questão do sucesso de teorias escolhidas a partir de critérios estéticos. Se as teorias são bem-sucedidas em sua pretensão de descrever o real, faz-se necessário investigar a relação entre teorias científicas e a realidade ou a natureza. Em que medida podemos afirmar que conhecemos o real tal como é, e em que medida seriam as teorias científicas, bem como todo o conjunto do conhecimento humano, apenas construções culturais que, embora relacionadas empiricamente ao real, não nos dariam acesso direto a ele? O modo como apresento essa questão já deixa claro que compreendo estarmos em algum ponto intermediário entre as duas posições: nem bem são as teorias científicas descrições plenamente realistas da natureza, nem tampouco o conhecimento humano é algo tão alheio ao real que não teria ponto de apoio neste. Mas seria possível determinarmos a que distância se está de um conhecimento pleno e total da realidade? De que maneira o estudo do uso de critérios estéticos para a escolha de teorias científicas pode contribuir para essa discussão?

Para ensejá-la, além de tratar ainda de algumas das perspectivas de James McAllister que contribuem para o tema e que ainda não foram abordadas, buscarei, de modo a ilustrar e trazer ao diálogo aqueles que se dedicaram justamente à ciência que mais busca conhecer a matéria, comentarei alguns textos de cientistas filósofos do início do século XX. Sua convicção de que a física, ao menos, estaria de fato descrevendo um estado de coisas no mundo é inegável. Entretanto, essa convicção é muito mais sofisticada do que um simples realismo ingênuo. Talvez essa sofisticação seja rica para iluminar alguns dos aspectos que persigo nesta pesquisa e que serão desenvolvidos mais adiante.

Neste capítulo, trago as discussões tecidas pelos físicos filósofos da chamada Era de Ouro da física. O fato de que foram físicos que se dedicaram a produzir textos filosóficos tem a sua razão de ser. Como ressalta Videira (2017), o final do século XIX e início do século XX foi palco de transformações em ciência que exigem que os físicos, diante de transformações radicais da sua profissão, lancem as bases filosóficas para a física, já que se veem tolhidos do conhecimento ‘certo e seguro’ que antes teria dado certa estabilidade e esperança de progresso cumulativo. Quando antes espaço e tempo eram universais e absolutos, podiam ser

mensurados e tomados enquanto contínuos, nunca discretos, agora, com as teorias da relatividade e mecânica quântica, com a introdução de outras geometrias, e da concepção de um reino do muito pequeno em que o comportamento da matéria parece responder a leis de incrementos discretos, surge a necessidade de pensar a ciência.

O trabalho filosófico desses cientistas frequentemente não segue o rigor filosófico das seções acadêmicas dedicadas à especialização nessa área. Entretanto, trata-se de um grupo de homens, principalmente, cuja formação geral é ampla e profunda, não só na sua área de especialização. Versados em estudos clássicos das letras e das artes, não lhes falta bagagem para embarcar nas discussões da filosofia da sua profissão.

Essa formação os faz, frequentemente, transitar por esses outros estudos, seja comparando à profissão do cientista, seja aproximando esses outros ramos do conhecimento ao deles, como o fazem Einstein e Chandrasekhar, por exemplo. Alguns negam estar fazendo filosofia, como Dirac, possivelmente por não querer entrar na seara dos filósofos profissionais das universidades de então, com sua extrema profissionalização e profundidade tanto na história das ideias quanto nas minúcias e detalhes dos textos analisados. Einstein chega a afirmar ser um "oportunista", como veremos adiante, pois faz a sua filosofia retirando aspectos de outras filosofias que lhe são válidos, descartando outros, sem buscar rigor. Entretanto, longe de desmerecer o resultado desses textos, isso os torna ainda mais interessantes, uma vez que deles se pode retirar uma filosofia clara e pragmática, apropriada ao momento revolucionário em que é feita. Trata-se de um estilo filosófico que poderia ser caracterizado como próprio aos cientistas-filósofos do século XIX e início do século XX.

3.1 DIRAC E A BELEZA QUE INDICA A VERDADE

P. A. M. Dirac acreditou e defendeu, por toda a vida, a ideia de que a beleza matemática de teorias era não só indicativa de verdade, como era a sua principal e mais importante indicadora. Um exemplo disso foi a sua busca de encontrar relação entre determinados resultados matemáticos com a realidade, configurada em sua teoria sobre os números grandes, defendida ao final de sua vida (DIRAC, 1963; 1978; FARMELO, 2009, p. 276-278; 375-376), em que tenta fazer correlações com determinadas coincidências numéricas (não há porque considerá-las de outro modo) com alguma realidade física.

O fato de que Dirac tenha passado toda a sua vida defendendo a matemática bela, à luz do que já foi discutido neste estudo, não é muito, uma vez que podemos encaixá-lo facilmente numa estrutura em que o autor simplesmente reflete a visão de seu tempo quando adota

determinados critérios para avaliar a beleza da matemática usada na física. Mas há algo mais a ser discutido sobre a defesa de Dirac da matemática bela. Acredito que, a partir das anedotas[7] históricas da biografia científica e pessoal de Paul Dirac – que é considerado como o mais importante colaborador para o modelo padrão da física de partículas, surjam ilustrações que suscitam a discussão sobre uma hipótese que pode ser apresentada utilizando-se os exemplos de Dirac. Essa hipótese é a de que, muito embora os estilos e modas dos critérios estéticos variem ao longo dos fatos históricos, existem pontos de interseção entre beleza e verdade que são absolutos – ao menos, certamente Dirac acreditava que havia.

Essa possível interseção pode corroborar a visão de McAllister (1996, p. 101-102) de que, um dia o estado de coisas será tal que os critérios estéticos estarão congruentes com a verdade, como desenvolvimento ao longo do tempo de um processo contínuo de raciocínio indutivo, culminando numa teoria geral de tudo que descreve os fenômenos do mundo de modo realista e unívoco. Ou, como quero defender, nunca haverá teoria unificada de tudo, mas, apesar disso, haverá pontos de "contato", pontos nos quais a teoria encontra de modo consistente o mundo real. Foi dito que, se as nossas teorias sobre o mundo são aproximações da verdade, então nunca saberemos o quanto próximos ou distantes estaremos desta – talvez os critérios estéticos sejam modo de avaliar isso. Defendo que essa é a importância do pensamento de Dirac neste estudo.

3.1.1 Beleza matemática

Dirac, reitero, defendeu a ideia de que a verdade pode ser desvendada pela matemática e que o raciocínio matemático somente chega à verdade quando essa matemática é bela. Dirac rejeita a ideia de fazer filosofia (FARMELO, 2009, p. 63), mas é importante esclarecer de que modo houve essa rejeição, uma vez que se tratava da rejeição a determinado modo de filosofar. Além disso, podemos mostrar como Dirac de fato tece argumentos filosóficos, e os cultiva, seja enquanto inspirações para seu trabalho em física, seja como proposições positivas. De fato, ao analisar seu artigo de 1963 para a revista 'Scientific American' (DIRAC, 1963), pode-se perceber todos os elementos comuns à boa filosofia da ciência: utiliza a história da ciência em sua análise e fala da física a partir de um ponto de vista externo, ou seja, faz meta-ciência, buscando compreender a ciência e até mesmo prescrever como deve ser feita. Afirma, ao apresentar seu artigo, que discutirá o desenvolvimento da

[7] "Anedota" no sentido acadêmico, de relatos de casos pessoais, de acontecimentos de vida fortuitos.

física em geral e, para isso, "como se desenvolveu no passado e como pode se esperar que se desenvolva no futuro" (DIRAC, 1963). O mesmo ocorre em 'The Requirement of a Basic Physical Theory' (DIRAC, 1984), quando recorre à história para desenvolver seu comentário meta-científico, bem como em diversos outros trabalhos, como, por exemplo, quando comenta o trabalho de Einstein (DIRAC, 1978; 1980).

Em seu tempo de graduação em engenharia elétrica, em início dos anos 1920, teve contato com o trabalho de John Stuart Mill, afirmando ter lido o livro 'A system of logic', daquele filósofo. Isso, segundo Farmelo (2009, p. 63), dado o seu possível quadro mental, significava que literalmente considerou cada palavra do escrito atentamente. Ainda segundo Farmelo, os aspectos da filosofia de Mill que parecem ter influenciado Dirac são a ideia de que existe uma uniformidade na natureza e de que o objetivo do cientista é o de explicar cada vez mais observações em termos de menor número de leis, e de leis que sejam cada vez mais concordantes com as observações empíricas.

Ainda assim, para Dirac, a filosofia não era meio eficaz de desvendar o funcionamento da natureza, mas sim a matemática (FARMELO, 2009, p. 63-64). Mill não considerava a beleza como aspecto importante nas ciências, mas a ideia de uniformidade e a relação entre teoria e observação pode ser claramente traçada no pensamento de Dirac em relação àquele do pragmatista do século 19 (FARMELO, 2009, p. 389). Sua abordagem para a ciência era utilitária como aquela de Mill; "a pergunta saliente a ser feita sobre uma teoria não é 'Será que tem apelo às minhas crenças sobre como o mundo se comporta?' mas 'Será que funciona?'" (FARMELO, 2009, p. 182).

Desse modo, Dirac propõe uma conciliação entre observação experimental e teoria científica. Entretanto, para que uma teoria científica tenha valor de fato, esta precisa, necessariamente, passar pelo crivo empirista, ou seja, ter corroboração na observação. Em outras palavras, os resultados das teorias precisavam não somente ser belos, mas também ter relação com os objetos reais (FARMELO, 2009, p. 188-189).

Sua escolha é a de prescrever que se confie na matemática como guia para o desenvolvimento teórico, e não nas observações empíricas, muito embora uma teoria só seja válida quando corroborada empiricamente. Em outras palavras, os resultados do desenvolvimento de física matemática precisavam não somente ser belos, mas também ter relação com objetos reais. Ainda assim, a beleza matemática tem precedência sobre a adequação empírica, ou seja, entre escolher uma teoria cujo desenvolvimento matemático seja belo, mas que não é observada empiricamente e outra que tenha matemática feia, mas corroborada por observações, Dirac mantém que se escolha aquela cuja matemática é bela,

pois a observação empírica de uma teoria pode ser decorrente de mera coincidência (FARMELO, 2009, p. 496), enquanto a beleza será sempre ótimo guia em direção à verdade (FARMELO, 2009, p. 188-9; 220; 227; 248).

Entretanto, já ao final de sua vida, torna-se menos tolerante para com a física experimental. Sua crítica aos procedimentos que considera "matemática inconsistente" é dura, afirmando que não se deve ser complacente com soluções boas que não provêm de matemática bem formada – embora a teoria funcione e forneça resultados em concordância com a observação, teoria feita dessa maneira não poderia levar a grandes avanços futuros e não poderia trazer solução para nenhum problema fundamental. Por outro lado, o estudo da matemática ("pura") traria soluções, para a física, de maneira inesperada (DIRAC, 1984).

Sua proposta e sua prática foi, ao longo de toda a sua vida, a de que a física deve ser desenvolvida numa abordagem *top-bottom*, em que se desenvolve a teoria para então buscar evidências, pois "a matemática é via para alcançar a verdade sobre o funcionamento da natureza" (FARMELO, 2009, p. 333). Essa abordagem se opõe àquela, por exemplo, de Gell-Mann, que seria a abordagem *bottom-up*, em que se desenvolve a teoria a partir das observações experimentais. Quando confrontado com situação em que esta última demonstrava mais resultados, Dirac não se demoveu de sua posição, ainda que fosse à custa de simplesmente não tecer comentários à respeito (FARMELO, 2009, p. 498-9). Tendo em vista sua crença em que teorias precisam ser ultimamente confirmadas por observações empíricas, não admira que um de seus grandes temores fosse justamente esse: o de que uma teoria feia superasse uma que fosse bela (FARMELO, 2009, p. 189-190).

A combinação entre teoria e experimentação na teoria quântica, segundo Dirac (1963) "levou a desenvolvimentos importantes para o quadro que o físico faz do mundo". Relata como Schrödinger, no desenvolvimento da teoria quântica, expandiu as ideias de De Broglie, uma vez que o esquema que este físico descobriu, chamado de mecânica de matrizes, "encaixava-se lindamente" às observações experimentais da espectrografia, "e isto levou a um quadro bastante diferenciado do mundo atômico". Embora a direção geral seja dada pela física teórica, a autoridade do experimento não deixa de ser importante para Dirac.

> Schrödinger trabalhou a partir de um ponto de vista mais matemático, tentando encontrar uma teoria bela para descrever os eventos atômicos, e foi ajudado pelas ideias de De Broglie de ondas associadas a partículas. Ele conseguiu estender as ideias de De Broglie e obter uma equação muito bela, conhecida como a equação de onda de Shrödinger, para descrever os processos atômicos. Schrödinger obteve essa equação por **puro pensamento**, buscando alguma **bela generalização** das ideias de De Broglie, e **não se mantendo próximo ao desenvolvimento experimental** da disciplina, do modo como Heisenberg o fez (DIRAC, 1963, grifos meus).

Assim, para Dirac, muito embora os dados observacionais sejam cruciais, uma vez que são estes que corroboram as teorias, eles não servem como sinalizador para guiar o trabalho teórico. Pelo contrário, o físico teórico deve perseguir as belas equações, sem se importar se o caminho que trilha está próximo aos desenvolvimentos experimentais. É como se o físico teórico trabalhasse no mesmo campus universitário que o físico experimental, mas visitasse o laboratório uma vez por ano, somente para buscar corroboração. Entretanto, na ausência de qualquer corroboração, não se detém, continua a seguir a via que a busca por equações belas o leva, confiante de que aquela corroboração chegará se a sua matemática for bela. De fato, relata:

> Posso contar a vocês a história que ouvi de Schrödinger sobre como, quando ele por primeira vez teve a ideia dessa equação, imediatamente aplicou-a ao comportamento do elétron do átomo de Hidrogênio e, então, obteve resultados que não estavam de acordo com o experimento. O desacordo surgiu porque, na época, não se sabia que o elétron tinha *spin.* Isso, é claro, foi uma grande decepção para Schrödinger, e fez com que ele abandonasse esse trabalho por alguns meses. Ele, então, notou que se aplicasse a teoria de modo mais aproximado, sem levar em conta os refinamentos requeridos pela relatividade, seu trabalho estaria de acordo com a observação para essa aproximação mais rudimentar do seu trabalho (DIRAC, 1963).

Schrödinger publica desse modo e, diz Dirac, "é claro, quando as pessoas descobriram como levar em conta corretamente o *spin* do elétron, a discrepância dos resultados da aplicação da equação da relatividade de Schrödinger aos experimentos foi completamente eliminada." Essa passagem histórica é um exemplo que corrobora a sua crença:

> Acho que essa história tem uma moral, a saber, que **é mais importante se ter beleza nas equações do que tê-las compatíveis com o experimento** (...) Se Schrödinger tivesse sido mais confiante em seu trabalho, poderia tê-lo publicado alguns meses antes, e poderia ter publicado uma equação mais precisa. Essa equação é agora conhecida como a equação de Klein-Gordon, embora tenha sido de fato descoberta por Schrödinger antes de que ele tivesse descoberto o seu tratamento não relativístico para o átomo de Hidrogênio. Parece que se alguém trabalha do ponto de vista de obter beleza em suas equações, e se tem um *insight* consistente, essa pessoa está numa linha certa de progresso (DIRAC, 1963, grifos meus).

Reafirma que a não concordância com os experimentos não deveria ser motivo de muito desencorajamento, uma vez que poderiam ser "características menores" as causas da discrepância, características que, quando fossem tomadas em conta de modo adequado, os desenvolvimentos futuros da teoria eliminariam essas discrepâncias. "E foi assim que a mecânica quântica foi descoberta. Ela levou a uma mudança drástica do quadro que o físico faz do mundo, talvez a maior que já tenha ocorrido" conclui Dirac (1963).

Em conversa filmada para a BBC em 1965 entre Paul Dirac e Werner Heisenberg, este lhe confronta com essa questão, afirmando que não se deveria apostar numa teoria bela caso não tivesse obtido corroboração em observações empíricas, Dirac defende sua posição:

> HEISENBERG: Concordo que a beleza de uma equação é um ponto muito importante e que já se pode ter bastante confiança pela beleza de uma equação. Por outro lado, você precisa checar se ela se encaixa ou não. Só é física quando ela realmente se encaixa à natureza. Mas isso pode só ser visto bem mais tarde.
>
> DIRAC: E se ela não se encaixar você suspenderia a publicação, não? Assim como Schrödinger fez?
>
> HEISENBERG: Não tenho certeza de que sim. Pelo menos, teve um caso em que eu não fiz isso (BBC, 1965 *apud* FARMELO, 2009, p. 493).

Já em comentário a respeito do trabalho de Einstein (DIRAC, 1978; 1980), reitera a importância da beleza matemática da teoria do colega, deixando clara a sua primazia sobre os resultados empíricos. Comenta que, se tivesse havido alguma discrepância entre as observações e a teoria de Einstein, esta não teria sido retirada – a teoria não seria considerada como uma teoria errada por conta disso.

> Todos apreciam a harmonia fundamental conectando o modo como a Natureza funciona e princípios matemáticos gerais necessariamente sentirão que uma teoria com a beleza e a elegância da teoria de Einstein precisa ser essencialmente correta. (...) Tem-se grande confiança na teoria, decorrente de sua grande beleza, de modo bastante independente de seus sucessos detalhados. Precisa ter sido tal confiança na beleza essencial da descrição matemática da natureza que tenha inspirado Einstein em sua busca por uma teoria da gravitação. Quando Einstein trabalhava na construção da sua teoria da gravitação, ele não estava tentando dar conta de alguns resultados de observações. Longe disso. Todo o seu procedimento foi feito em busca de uma teoria bela, uma teoria do tipo que a Natureza escolheria (DIRAC, 1978).

Para Dirac, a imaginação que alcança o funcionamento da natureza é de tipo genial, e Einstein, para ele, possuía tal genialidade. “Ele foi guiado pela consideração da beleza das equações”, e continua, “O resultado de tal procedimento é uma teoria de grande simplicidade e elegância em suas ideias básicas”. Sua crença “avassaladora” é a de que “os fundamentos precisam estar corretos de modo bem independente da sua concordância com a observação (DIRAC, 1978).

As “verdadeiras razões” para se acreditar na teoria de Einstein não são o fato de que se apoia em evidências experimentais, nem tampouco a fuga ao absolutismo, adotando a filosofia com o ponto de vista relativista, mas a necessidade, em teorias físicas fundamentais, de beleza das suas equações matemáticas (DIRAC, 1980). “Não haveria discrepância observacional que fosse forte o suficiente para derrubar essa teoria, uma vez que os seus

fundamentos são fortes (...) Fundamentos reais que vêm da grande beleza da teoria" (DIRAC, 1980).

Os critérios estéticos são, para Dirac, critérios máximos, ainda que os dados observacionais mantenham sempre seu poder de veto, esse veto não é temporal, ou seja, subsumida na ideia de que a experimentação deve prevalecer como crivo está a de que esta também é feita com o que se chama de subdeterminação da observação para com as teorias – não há observação feita "a olho nu" – como discutiremos adiante, à luz do trabalho de Patrick Heelan, entre outros, e a observação pode ser ajustada pelos desenvolvimentos teóricos futuros, esclarecendo as discrepâncias e corroborando a teoria. Mas como ancorar, por assim dizer, o trabalho teórico à realidade? Há, em Dirac, como houve antes dele em Maxwell (PUIG, 2014), a visão de que o raciocínio matemático corresponde por analogia à natureza. A busca de matemática bela é a busca de matemática real, num sentido profundo e forte do termo, ou seja, ao tocar em matemática bela, ao desvendá-la, se está desvendando o funcionamento do mundo, ainda que isso não seja aparente de imediato, ou ainda que possa haver enganos ao longo do caminho.

O episódio que Dirac (1963) traz, dos primórdios da teoria quântica, tem ainda outro aspecto de forte impacto. A mecânica quântica desfaz o "quadro determinístico que sempre tivemos como garantido". Ela leva a uma física em que não mais se espera previsões certas para eventos futuros, e traz, em oposição a isso, resultados que são "probabilidades da ocorrência de diversos eventos". Esse aspecto é importante, uma vez que a causalidade determinística é um aspecto metafísico, uma premissa importante. Essa passagem mostra como o critério metafísico, ainda que seja incluído no conjunto de critérios estéticos (MCALLISTER, 1996, p. 55), para Dirac (1963), não se sobrepõe aos outros critérios estéticos, mais propriamente relacionados à forma matemática com que se constroem as teorias.

Quanto à controvérsia surgida em relação aos aspectos metafísicos, ou seja, em relação à causalidade determinística, Dirac atribui ao fato de que se trata de "um estágio na evolução de nosso quadro da natureza, e devemos esperar que esse processo de evolução continue no futuro, do mesmo modo que a evolução biológica continua em direção ao futuro. O presente estágio da teoria física é mero degrau (*steppingstone*) para estágios melhores que teremos no futuro" (DIRAC, 1963).

As dificuldades que ocorrem na física hodierna são, para Dirac, a própria indicação de que esses estágios melhores estão por vir. Dirac não tem dúvidas de que a teoria quântica, tal como se apresenta em seu tempo, seja boa teoria, uma vez que "oferece maravilhosa

concordância com ampla gama de fenômenos". A atenção dada às dificuldades é dada precisamente por serem interessantes. São elas que propiciam oportunidade de avanço (DIRAC, 1963).

É importante ressaltar que nem sempre foi o caso de que as teorias compostas por construções matemáticas belas eram as que se estabeleciam como hegemônicas na aceitação por parte da comunidade científica, com base nas evidências observadas empiricamente. No caso do chamado modelo padrão da física de partículas, para o qual Dirac é considerado o principal precursor (FARMELO, 2009, p. 437-8), a matemática que foi desenvolvida posteriormente utilizava de um expediente para o qual Dirac passou toda a vida se opondo: a renormalização. Esse "truque" matemático constitui-se na eliminação, por considerar irrelevante, de partes dos resultados dos cálculos. Entretanto, quando, via de regra, se eliminam quantidades ínfimas, por assim dizer, desprezíveis, nos cálculos matemáticos, no caso da renormalização, a simplificação envolvia a eliminação de quantitativos infinitos (FARMELO, 2009, p. 439).

De acordo com Michel Paty,

> [a] "renormalização" é uma operação de redefinição de certos parâmetros que, calculados matematicamente, receberiam um valor infinito devido a integrais divergentes, em razão da idealização das grandezas utilizadas, como o recurso ao conceito de ponto sem dimensão. Na teoria quântica de campos, os cálculos de interação com "integrais de caminho", correspondentes aos diagramas de Feynman, fazem intervir desenvolvimentos perturbadores em séries de potência da constante de acoplamento. Nos termos de cada uma das ordens da série, aparecem as expressões com os valores infinitos; elas são indesejáveis, porque não físicas, pois se sabe que as grandezas físicas calculáveis a partir do desenvolvimento em série são finitas (por exemplo, a massa e a carga elétrica de um elétron). A renormalização consiste em substituir, a cada ordem de perturbação, os termos divergentes por quantidades que permanecem finitas (determinadas por meio de "cortes" de energia). Diz-e que a teoria analisada é renormalizável, se essa operação pode ser efetuada redefinindo apenas um número finito de parâmetros, de modo tal que a teoria seja calculável e promova predições físicas definidas, considerando todas as ordens possíveis da série de perturbações (PATY, 2009, pp. 215-216).

Para Dirac, a eliminação desses elementos infinitos era grossa e feia: não constituía, de modo algum, matemática bela e elegante. Sendo assim, não poderia tratar-se de teoria verdadeira e, por conseguinte, todo o trabalho feito nessa direção estaria fadado ao fracasso. Os físicos tirariam mais proveito de seu trabalho se seguissem em outras direções, perseguindo caminhos que os levassem a alguma matemática bela (FARMELO, 2009, p. 439).

Em seu artigo de 1963, Dirac apresenta o que são para ele dificuldades de dois tipos, ou "classes". O primeiro tipo de dificuldades que a física precisaria encarar seria a de "formar

uma imagem consistente por trás das regras da teoria quântica.” Essa dificuldade não seria problemática para o físico, já que pode fazer cálculos e compará-los às observações. Esse tipo de dificuldade preocupa o filósofo, diz Dirac. Ou seja, a determinação de um modelo metafísico para o mundo, embora seja importante, não é preocupação para o físico. Ainda que não esteja de posse de um modelo visualizável que forneça um quadro da realidade, seu trabalho continua, pois lança mão de modelos matemáticos e não visualizáveis e seu trabalho progride. Já o segundo tipo de dificuldades, para o autor, é o fato de que a teoria, por vezes – quando levada a extremos de altas energias ou distâncias muito curtas – não apresentar qualquer resultado. Esta classe, sim, trata-se de dificuldade à qual, segundo ele, o físico atribui importância, pois mostra onde estão os limites da teoria, onde há espaço para maiores desenvolvimentos. O desenvolvimento futuro sanará as dificuldades (DIRAC, 1963). Sua análise dos problemas da física toma como ponto de partida as quantidades e suas relações – é a partir do estudo da física matemática que surgirão as teorias que melhor descreverão a natureza.

Entretanto, quanto às dificuldades do segundo tipo, ao se levar em conta a aproximação da teoria quântica com a teoria da relatividade, criou-se, nesse âmbito, um expediente em que resultados de cálculos que não convergem para algo definido, mas divergem, resultando em infinito. Esses resultados são então descartados, uma vez que se trata de parâmetros matemáticos inobserváveis, produzindo resultados que podem, então, ser comparados e que estão em muito boa concordância com as observações empíricas. O uso desse procedimento, chamado de renormalização, como mencionei, é, para Dirac, ilógico. Trata-se de matemática inconsistente (*unsound*) e Dirac suspeita de que no futuro será superada, e que a “admirável concordância com os resultados” será vista, no futuro, como casualidade ou acaso. Declara-se como estando, naquele momento, em discordância com a maior parte da física. Acredita que seus problemas serão resolvidos separadamente e que cada solução independente não lançará luz sobre a resolução de outros problemas, enquanto, afirma, tem a impressão de que se espera que uma única grande ideia trouxesse solução a todas elas (DIRAC, 1963). Em artigo sobre os requisitos de uma teoria física básica, diz, em relação à renormalização, “Não queremos meramente um conjunto de regras que dê resultados que concordem com a observação. (...) Queremos compreender como a natureza funciona” (DIRAC, 1984).

Com o modelo padrão e a renormalização tornando-se hegemônicos, Dirac simplesmente deixava de se pronunciar (FARMELO, 2009, p. 522). A abordagem da teoria feita *bottom-up*, mais ao estilo de Gell-Mann, ou seja, desenvolvendo-se teoria a partir das

observações empíricas, estava tendo mais resultados do que a sua abordagem *top-down*, produzindo teoria a partir de construções matemáticas (FARMELO, 2009, p. 498-499). Para Dirac, o fato de uma teoria feia ser corroborada por experimentos era algo que se devia à mera coincidência (FARMELO, 2009, p. 496) e o fato do modelo padrão ter se hegemonizado tal como ocorreu o fez considerar "sua vida um fracasso" (FARMELO, 2009, p. 437).

A crença de Dirac na beleza matemática como única norteadora na busca da verdade não era uma crença passional nem tampouco simplista. Trata-se basicamente de sua filosofia da ciência, de sua metafísica. Compreende que a matemática é a linguagem através da qual se pode compreender o mundo – e considera que seja a única linguagem para tal. A matemática é intrínseca ao mundo e são as relações matemáticas do mundo que são desvendadas pelo ser humano em sua busca de compreender a natureza.

Além disso, não obstante a sua rejeição clara a adentrar o estudo da filosofia, existe, ainda que em sua negação a determinada prática filosófica, de modo afirmativo, uma filosofia da ciência própria do autor. Em seu estilo, lacônico e friamente preciso, talvez a sua rejeição à filosofia não fosse expressa no sentido de não aceitar qualquer trabalho filosófico, mas tão somente em relação àquilo que percebia como sendo importante e útil para o seu próprio trabalho. Para o autor, a diferença entre filosofia e ciência é a de que "uma discussão científica séria requer precisão que não se encontra na filosofia" (DIRAC, 1978). Ainda assim, encontramos textos de Dirac que tinham o objetivo de ser divulgação científica ou palestras comemorativas, em que faz filosofia da ciência – fala da ciência com olhar externo e generalizante, utilizando-se de exemplos históricos para defender hipóteses e embasar prescrições para a prática científica.

3.1.2 Critérios estéticos

Alguns dos critérios estéticos identificados por McAllister para a escolha de teorias por parte de grupos de cientistas historicamente determinados são, dentre outros, as formas de simplicidade, as formas de simetria, a invocação de um modelo, o grau de abstração ou de visualização, e os laços metafísicos (MCALLISTER, 1996, p. 39ss). Usando esses critérios como categorias básicas de análise, podemos identificar as características dos critérios utilizados por Dirac para a avaliação de teorias.

Para Farmelo, esse conjunto de critérios é próximo ao das artes: "A beleza de uma teoria fundamental em física tem diversas características em comum com uma grande obra de arte: simplicidade fundamental, inevitabilidade, força e grandiosidade" (FARMELO, 2009, p.

101). Mas Dirac, ele mesmo, talvez não fizesse a aproximação com as artes. Farmelo relata conversa que Dirac teve com Oppenheimer, quem encontrou quando esteve em Göttingen, Alemanha. Dirac surpreendeu-se por seu colega dedicar-se à poesia e, para expressar seu desconforto, teria afirmado, segundo Oppenheimer, que "Em ciência, você quer dizer algo que ninguém sabia antes com palavras que todos possam compreender. Em poesia, você está fadado a dizer algo que todo mundo já sabe em palavras que ninguém consegue compreender" (BERNSTEIN, 2004, p. 23 *apud* FARMELO, 2009, p. 161). Entretanto, não descartava a contemplação da beleza das artes ou das paisagens da natureza, apenas afirmava que a beleza era encontrada também em ciência (FARMELO, 2009, p. 207). Em outra anedota relatada por Farmelo (FARMELO, 2009, p. 467), estava Dirac em Moscou, em 1956, quando lhe foi pedido que atendesse ao pedido de alguns visitantes para que resumisse a filosofia da física, e Dirac escreve no quadro em letras grandes: "As leis da física devem ter beleza matemática". Segundo consta, esses dizeres nunca foram apagados do quadro, sendo mantidos até hoje. Segue, portanto, uma tentativa de identificação dos critérios estéticos utilizados pelo autor.

Concisão e poder explicativo: uma forma de simplicidade. A beleza matemática é constituída na expressão de ideias feita de modo limpo e conciso (*neatly and concisely*) (FARMELO, 2009, p. 100). Dirac, assim como Einstein, preza por teorias que possuem o poder de explicar um número muito grande de fenômenos a partir de expressões matemáticas concisas. Este critério o faz admirar e elogiar as obras de Einstein, Bohr e Maxwell (FARMELO, 2009, p. 95-101).

O primeiro e principal critério, para Dirac, é o de que a teoria possua matemática bela e poderoza (DIRAC, 1984). Esse segundo adjetivo agora adicionado parece referir-se a matemática de alto nível de complexidade e profundidade. "Deus é um matemático de altíssima ordem, e ele usou matemática muito avançada ao construir o universo" (DIRAC, 1963). Dirac era ateu inveterado (FARMELO, 2009, p. 182-184; 524) e sua menção ao Criador seria tão somente metafórica, mas o apelo à divindade criadora tem sua força em expressar sua acepção de que o universo é constituído de modo que é dado por relações matemáticas. Não acredita que a física experimental poderá fornecer qualquer ajuda em obter resolução para os problemas da física. A solução a ser descoberta é um problema matemático. Afirma, "Precisa-se seguir adiante em busca de matemática bela, matemática de tal beleza que faça sentir contentamento com ela e faça pensar que a Natureza poderia tê-la escolhido" (DIRAC, 1984). Prescreve a importância da busca por matemática complexa e poderosa, a busca "das equações certas", com a atenção voltada para a beleza e para o poder da

matemática empregada. Sugere que "a teoria das variáveis complexas é o ramo mais belo e mais poderoso da matemática, e acho que a Natureza fará uso dela" (DIRAC, 1984).

Quanto à oposição entre teorias visualizáveis e teorias abstratas, Dirac fica com as últimas, não por compreender serem estas as únicas que produziriam verdades, mas por serem as mais adequadas ao principal objeto de seu estudo: a mecânica quântica. Para Dirac, o mundo quântico não era como o mundo experimentado no dia a dia de qualquer um, "portanto, seria enganoso incluir comparações com o comportamento cotidiano" (FARMELO, 2009, p. 235). Admite, entretanto, a importância da visualização em ciência, desde que estabelecida de modo matemático através do uso das geometrias. Em seu trabalho posterior à sua aposentadoria como Lucasian Professor, quando vive na Flórida, EUA, tempo em que se dedica bastante à divulgação científica, demonstra muito maior propensão ao uso de analogias e comparações triviais para explicar as complexas e abstrusas teorias físicas contemporâneas, muito embora o uso de metáforas como a de um jogo de xadrez para explicar a teoria quântica (FARMELO, 2009, p. 461) seria tão somente um dispositivo propedêutico.

Em 'The evolution of the Physicist's Conception of Nature', Dirac (1963) fornece diversos exemplos da importância da visualização de um modelo que é tomado como ponto de partida para o desenvolvimento matemático. Embora sua visão seja a de que as teorias devam ser abstratas e compostas de matemática de nível elevado, acha importante o papel heurístico do uso de modelos visualizáveis. Entretanto, para ele, o desenvolvimento a partir de imagens e a partir da coleta de dados pode ocorrer, mas será muito mais demorado se não for acompanhado por "ideias brilhantes para o desenvolvimento do lado teórico" (DIRAC, 1963), ou seja, o uso propedêutico serve para a explicação das teorias e o cientista lança mão de modelos visualizáveis como ferramenta heurística, mas o desenvolvimento da teoria será realizado de modo abstrato, utilizando modelos matemáticos.

Uma de suas preocupações em seu artigo de 1963 é com a simetria na teoria especial da relatividade de Einstein. Uma vez que esta nos leva a ter um ponto de vista do mundo com quatro dimensões, surgem algumas assimetrias em razão disso. Na verdade, afirma que a única assimetria "relacionada às equações da física nessa teoria é a aparição de um sinal de menos que diz respeito à dimensão do tempo, em comparação às três dimensões espaciais" (DIRAC, 1963). Mas a teoria geral da relatividade permite que "todas as leis da física sejam formuladas em espaço curvo de quatro dimensões, e que apresentem simetria entre as quatro dimensões".

No caso da física quântica, a observação precisa ser considerada. Do mesmo modo que para o observador comum a experiência do mundo quadridimensional é aquela de uma seção

desse sistema de quatro dimensões em que três delas são consideradas, na física quântica ocorre o mesmo, pois a observação humana se dá em referência a um corte seccional do espaço de quatro dimensões. Ao tomar outras áreas da física sob esse ponto de vista, como, por exemplo, aplicar ideias da física quântica à gravitação, tomando-a "do ponto de vista de seções" ocorre um "desenvolvimento inesperado", que consiste na perda de alguns graus de liberdade. Essa operação, em suma, faz desaparecer a simetria das quatro dimensões – o que faz Dirac, por sua vez, duvidar do quanto o requisito de ter quatro dimensões seja de fato fundamental em física (DIRAC, 1963).

Além do critério de simetria, aplica também o de simplicidade à questão.

> Algumas décadas atrás, parecia que se teria que expressar toda a física na forma quadridimensional. Mas agora parece que a simetria quadridimensional não tem importância tão imperiosa, uma vez que a descrição da natureza às vezes se torna **simplificada** quando nos afastamos dela (DIRAC, 1963, grifo meu).

Essa análise do exemplo histórico para o caso da relatividade é um exemplo claro do uso do critério estético para a escolha de uma direção geral que a física deveria adotar. Seria uma interdição que necessitaria esperar haver alternativa àquela que se está descartando – mas para Dirac não seria necessário mais nada para a escolha desse caminho.

Em relação ao que McAllister chama de "laços metafísicos" temos, por um lado, sua propensão em deixar de lado modelos ontológicos para adotar outros, desde que melhor se encaixassem às teorias (FARMELO, 2009, p. 332). Os modelos ontológicos são constituídos de crenças sobre a natureza das coisas do mundo e podem ser descartados, pois o apego a essas crenças não é produtivo para a ciência (FARMELO, 2009, p. 182), o que importa é a funcionalidade das teorias. Farmelo (2009, p. 440), nesse sentido, o compara a Trotsky: acredita em uma revolução seguida de outra, sempre aperfeiçoando aquilo que a precedente realizou. Por outro lado, Dirac não abre mão das noções a) de que existe uma unidade que permite acessar a toda a natureza; e b) que a natureza pode ser completamente descrita através de relações matemáticas. Essas duas noções são de natureza metafísica e não dizem respeito aos objetos do mundo (que seriam descritos pelos modelos aludidos acima), mas tão somente às relações entre os objetos do mundo.

As relações matemáticas passíveis de descoberta por parte do físico são a base sobre a qual Dirac estabelece seu trabalho. Para ele, sendo constituída de equações belas, uma teoria estaria determinada a, algum dia, ser corroborada por observações empíricas, como já reiterei.

> Parece que uma das características fundamentais da natureza é a de que as leis fundamentais da física sejam descritas em termos de teoria matemática de grande beleza e poder, que necessitam de um nível bastante alto de matemática para se compreender. Você pode se perguntar: Por que a natureza é constituída dessa maneira? Só se pode responder que o nosso conhecimento atual parece mostrar que a natureza é construída desse modo. Simplesmente precisamos aceitar isso. Pode-se talvez descrever a situação dizendo que Deus é um matemático de ordem muito alta, e que usou matemática muito avançada para construir o universo. Nossas fracas tentativas com a matemática nos permitem compreender um pouco do universo e, à medida que prosseguimos e desenvolvemos matemática cada vez mais alta, podemos esperar compreender melhor o universo. Essa visão fornece outra maneira pela qual podemos esperar fazer avanços em nossas teorias. Ao somente estudar matemática, podemos esperar poder dar palpites sobre o tipo de matemática que entrará à física do futuro (DIRAC, 1963).

De modo diverso ao que defende McAllister (1996), Dirac não acredita que chegaremos algum dia a uma teoria final para a física, que possa descrever a totalidade da natureza. Vê o empreendimento científico como um trabalho infinito, uma vez que "os físicos sempre terão problemas", aconselhando para que não haja preocupação com discrepâncias, "qualquer teoria que construamos será sempre incompleta. Há muito que ainda é desconhecido" (DIRAC, 1963). Esse ponto de vista parece indicar a intuição de que a complexidade, variedade e diversidade da natureza é muito maior do que a capacidade humana de compreensão e descrição. Ainda assim, através da ciência, avançamos sempre no sentido de cada vez maior compreensão (DIRAC, 1984), ainda que a nossa seja uma compreensão "fraca e pequena" (DIRAC, 1963).

Em diversos momentos de sua carreira sofreu críticas rigorosas quanto às suas propostas de teorias. Einstein diversas vezes demonstrou preocupação com relação à plausibilidade do seu trabalho, uma vez que partia tão somente da construção matemática e não de observações empíricas (FARMELO, 2009, p. 157; 220; 238; 332) Bohr chega a perguntar-lhe, em relação à sua postulação do elétron de energia positiva, "*Do you really believe?*" (Você realmente acredita nisso?), ao que Dirac laconicamente responde que sim (FARMELO, 2009, p. 270). Farmelo alude a uma anedota de que Dirac teria perdido a crença em sua teoria do elétron com energia negativa (FARMELO, 2009, p. 285), mas tudo indica que acreditava em sua teoria, por mais pouco plausível que parecesse, devido à beleza de sua matemática. Posteriormente, essa entidade postulada por ele seria observada e nomeada como 'pósitron', e hoje é o campo de estudo da anti-matéria em cosmologia. A observação de partículas com a massa do elétron, mas com carga positiva teve, certamente, forte impacto sobre a tenacidade com que Dirac acreditava na beleza da matemática como guia em direção à verdade (FARMELO, 2009, pp. 277ss; 287ss).

Embora não haja grande valor em estabelecer categorias, muito embora tenham valor didático, pode-se afirmar que Dirac tem um ponto de vista realista, ainda que cético. “Na medida em que se conhece no presente, o espaço introduzido por Einstein é aquele utilizado pela Natureza” (DIRAC, 1978).

Essa tenacidade fez com que, em longos períodos, Dirac se situasse completamente solitário naquilo que defendia como sendo o caminho a seguir em física. O farol que guia a física em direção à verdade, constituído da beleza matemática, o levou, vezes sem conta a “desertos sem frutos” (FARMELO, 2009, p. 571), muito embora, talvez o futuro mostre o valor utilitário da física quântica para a indústria bilionária no campo do muito pequeno da eletrônica (FARMELO, 2009, p. 554).

> Em apenas poucas décadas, os pósitrons mudaram aos olhos dos cientistas, de parecerem novidades extravagantes a serem apenas mais um tipo de quantum subatômico; o público se tornou mais familiarizado com a anti-matéria, também, a partir dos tratamentos ficcionais sobre ela, por exemplo, *Star Trek* e o livro *Anjos e Demônios* de Dan Brown. Mas o mais notável sobre a história da anti-matéria é que os seres humanos a compreenderam e a perceberam não através da visão, do olfato, do sabor e do tato, mas através do raciocínio puramente teórico dentro da mente de Dirac (FARMELO, 2009, p. 570).

Como quisemos mostrar, há algo mais no trabalho de Dirac além de somente o uso de critérios que se formam ao longo do uso histórico por raciocínio indutivo a mais das vezes inconsciente. As anedotas e convicções do grande físico parecem indicar que, como acreditava Maxwell, existe algum tipo de analogia entre a mente humana e a natureza. Essa analogia talvez permita o nosso acesso, ainda que escasso, ao real. Afinal, a mente também é parte da natureza e foi forjada nela. Essa relação será melhor discutida no capítulo seguinte.

3.2 HEISENBERG E A BOA CONFORMIDADE DAS PARTES ENTRE SI E COM O TODO

Como já foi referido, Heisenberg também considerava a beleza da matemática como um dos sinais de que uma teoria física tinha chances de “encaixar-se” à natureza, ou seja, de que houvesse corroboração experimental para a mesma. Seus textos têm indícios que permitem afirmar que o físico parecia acreditar que há uma harmonia na natureza que pode ser descrita em termos matemáticos – e que as formas dessa matemática refletiriam as características naturais dos fenômenos.

Ao pronunciar-se sobre o significado da beleza nas ciências naturais para a Academia de Belas Artes de Munique, afirma que, embora naquela academia a "beleza" era algo referido às "artes, o reino do belo estende-se bem além do seu território. Este certamente engloba outras regiões da vida mental também; e a beleza da natureza também é refletida na beleza da ciência natural (HEISENBERG, 1974, p. 167)."[8] Para defender seu ponto, o de que existe essa relação estreita entre a beleza natural e a beleza da ciência, recorre aos filósofos da antiguidade e suas definições, uma das quais recorre reiteradamente, a que "descreve a beleza como a conformidade adequada das partes entre si e com o todo."[9] A simplicidade e completude do sistema euclidiano são tidas como belas no modo como as partes pertencem ao todo e em sua relação umas com as outras e Heisenberg refere a como a beleza estava envolvida no "problema milenar do 'um' e do 'múltiplo' que ocupou, estreitamente ligado ao problema do 'ser' e do 'vir a ser', uma posição central na filosofia grega antiga" (HEISENBERG, 1974, p. 168).

A história da relação entre beleza e matemática teria início com Pitágoras, a quem é atribuída a descoberta de que "cordas vibrando sob tensão igual soam harmônicas se os seus comprimentos estiverem em uma razão numérica simples. Assim, a relação matemática também era fonte de beleza." Isso deu origem à ideia de que "a ordem matemática era o princípio básico através do qual a multiplicidade de fenômenos poderia ser descrita" (HEISENBERG, 1974, p. 169).

> A beleza, conforme a primeira de nossas definições antigas, é a conformidade adequada das partes entre si e com o todo. As partes aqui são as notas individuais, enquanto o todo é o som harmônico. A relação matemática pode, desse modo, reunir duas partes inicialmente independentes em um todo e, assim, produzir beleza. Essa descoberta realizou um avanço na doutrina pitagórica para formas totalmente novas de pensamento, suscitando, assim, a ideia de que a base primordial de todo ser não era mais vista como matéria sensorial, tal como a água em Tales; mas um princípio ideal de forma. Isso afirmou uma ideia básica que, mais tarde, forneceu o fundamento para todas as ciências exatas (HEISENBERG, 1974, p. 169).[10]

[8] "the arts, the realm of the beautiful stretches far beyond their territory. It assuredly encompasses other regions of mental life as well; and the beauty of nature is also reflected in the beauty of natural science (HEISENBERG, 1970, p. 167)."

[9] "describes beauty as the proper conformity of the parts to one another, and to the whole (HEISENBERG, 1970, p. 168)."

[10] Beauty, so the first of our ancient definitions ran, is the proper conformity of the parts to one another and to the whole. The parts here are the individual notes, while the whole is the harmonious sound. The mathematical relation can therefore assemble two initially independent parts into a whole, and so produce beauty. This discovery effected a breakthrough, in Pythagorean doctrine, to entirely new forms of thought, and so brought it about that the ultimate basis of all being was no longer envisaged as a sensory material such as water, in Thales—but as an ideal principle of form. This was to state a basic idea which later provided the foundation for all exact science (HEISENBERG, 1974, p. 169).

Essa defesa da beleza das construções abstratas utilizando a história antiga da filosofia possui diversos aspectos interessantes. Primeiro, mostra como a questão remonta à tradição antiga, e de um modo totalmente atual. Além disso, apresenta de modo simples como a apreciação da beleza pode ser colocada para entidades abstratas, conforme foi discutido para a estrutura apresentada por McAllister (1996). As ciências exatas são oriundas dessa tradição antiga e a relação entre as construções matemáticas e a natureza já é dada nessa origem.

> Compreender a multiplicidade colorida dos fenômenos foi, desse modo, estreitada através do reconhecimento neles dos princípios unitários da forma, que podem ser expressos na linguagem da matemática. Através disso, também, uma conexão íntima foi estabelecida entre o inteligível e o belo. Porque se o belo é concebido como a conformidade das partes entre si e com o todo, e se, por outro lado, toda compreensão é tornada possível primeiro por meio dessa conexão formal, então a experiência do belo se torna virtualmente idêntica à experiência das conexões, seja compreendidas ou pelo menos supostas (HEISENBERG, 1974, p. 169).[11]

Ou seja, para o autor, a percepção de beleza e a de inteligibilidade são basicamente o mesmo. Ele segue referenciando os gregos antigos para afirmar o mesmo da relação entre o belo e o bom. Entretanto, embora as ideias dos antigos da relação entre beleza e entendimento fossem o fundamento das ciências exatas, elas não poderiam ter sido desenvolvidas naquela época, resultando em conflitos, tais como os atuais, entre aqueles que defendem um conhecimento mais empírico, e os que se dedicam à física teórica. Esses conflitos não podiam ser resolvidos na época antiga, mas hoje, para o autor, podem. Para Heisenberg, não haveria razão para tais conflitos, pois o caminho natural das ciências seria aquele que levaria a uma convergência entre as duas abordagens. Mas a divergência que o conflito entre as duas tendências gerou separou, até os dias de hoje, os estudos do belo e das ciências, sendo a abordagem teórica abstrata do estudo da matemática vista como trabalho infrutífero para a descrição da natureza, se não aliada às evidências empíricas (HEISENBERG, 1974, p. 170ss).

Ao defender a aproximação da matemática bela aos fenômenos da natureza, Heisenberg defende aquilo que também se viu em Dirac, uma relação direta e intrínseca entre a cognição e a inteligibilidade e a natureza. Essa relação se manifesta ou pode ser identificada através da matemática bela. Para ele, Galileu, Kepler e Newton "apontam o caminho" para as

[11] Understanding of the colorful multiplicity of the phenomena was thus to conic about by recognizing in them unitary principles of form, which can be expressed in the language of mathematics. By this, too, a close connection was established between the intelligible and the beautiful. For if the beautiful is conceived as a conformity of the parts to one another and to the whole, and if, on the other hand, all understanding is first made possible by means of this formal connection, the experience of the beautiful becomes virtually identical with the experience of connections either understood or at least guessed at (HEISENBERG, 1974, p. 169).

ciências exatas de hoje, que muito embora tenham se calcado em observações, obtiveram enorme sucesso com a simplificação destas em teorias abstratas e matemáticas. Como a definição antiga rege, essa matematização envolvia, para Heisenberg, necessariamente também o belo, uma vez que se trata de dar boa conformação das partes entre si e com o todo (HEISENBERG, 1974, p. 173).

> O modo como a beleza é significativa para a descoberta da verdade é algo que tem sido reconhecido e enfatizado em todos os tempos. O lema em latim *'Simplex sigillum veri'* – 'O simples é o selo da verdade' – está inscrito em letras grandes no auditório de física da Universidade de Goettingen, como uma exortação àqueles que descobririam novidades; e outro lema em latim, *'Pulchritudo splendor veritatis'* – 'A beleza é o esplendor da verdade' – também pode ser interpretado como significando que o pesquisador reconhece a verdade, primeiro, por seu esplendor, pelo modo como brilha (HEISENBERG, 1974, p. 173).[12]

Essas mesmas ideias são apresentadas pelo autor em outros textos, mas como é nesse texto que ficam mais claras, é geralmente a ele que fazem referência os outros autores que aqui menciono. Para Heisenberg, há ainda outra definição de beleza que vem da antiguidade e que também pode ser resgatada e ser útil hoje: trata-se da definição atribuída a Plotino, que afirma "A beleza é a transparência, através do fenômeno material, do esplendor eterno do 'um'"[13] (HEISENBERG, 1974, p. 180 *apud* PLOTINO, sr). Fica clara a crença de Heisenberg em uma unidade da natureza que seria refletida na unidade da ciência – e essa unidade é apreendida pelo intelecto através da intuição de beleza.

Tendo em vista essa posição de Heisenberg, que pode ser tomada como consensual entre os outros autores que abordo neste capítulo, uma vez que todos o citam nesse mesmo aspecto, faz-se necessária uma análise desta questão. Na próxima seção, portanto, antes de dar continuidade à leitura de outros físicos filósofos, farei uma análise da questão de se uma abordagem que compreende o avanço da ciência como sendo aquele em que esta se aproxima cada vez mais do real, levando a um estado de coisas em que, num futuro, próximo ou distante, teríamos uma teoria científica à qual todas as outras se reduziriam e que estaria univocamente relacionada ao real.

---

[12] The signicance of the beautiful for the discovery of the true has at all times been recognized and emphasized. The Latin motto 'Simplex sigillum veri' The simple is the seal of the true"|is inscribed in large letters in the physics auditorium of the University of G□ttingen, as an admonition to those who would discover what is new; and another Latin motto, 'Pulchritudo splendor veritatis' – 'Beauty is the splendor of truth' - can also be interpreted to mean that the researcher first recognizes truth by this splendor, by the way it shines forth (HEISENBERG, 1974, p. 171).

[13] Beauty is the translucence, through the material phenomenon, of the eternal splendor of the 'one'.

3.3 UMA APROXIMAÇÃO ASSINTÓTICA AO REAL LEVARIA NECESSARIAMENTE A UMA ÚNICA CIÊNCIA ABSOLUTA E UNIVERSAL?

Retomando o argumento de McAllister, exposto no capítulo anterior, quando defende a necessidade de separar as representações das teorias das teorias em si mesmas, estas presentes no intelecto, formadas a partir de um algoritmo que é produzido a partir de suas representações, acredito que é possível extrapolar esse raciocínio por analogia. Recuperando o raciocínio, tenho a mesma convicção de McAllister: não percebemos teorias, percebemos representações de teorias, pois as teorias são abstratas. Entretanto, enquanto entes abstratos, possuem propriedades. O que acessamos das teorias são as suas representações, na forma de descrições, esquemas, equações – os textos utilizados para apresentá-las e representá-las. Através desses textos, formamos um algoritmo que nos permite produzir cada teoria em nossa mente, o que nos permite operá-las, utilizá-las, assim como é possível apreciar suas características (MCALLISTER, 1996, p. 29).

Do mesmo modo que o nosso acesso às teorias se dá através de um algoritmo produzido a partir de suas representações, talvez possamos dizer o mesmo com relação ao que se dá entre nós e os objetos não observáveis das teorias científicas – e até mesmo com relação aos observáveis – sobre os quais obtemos conhecimento, ou seja, que teorias produzem algoritmos em nossa mente que nos permitem "visualizar" os objetos inacessíveis à observação direta, ainda que parcialmente. Do mesmo modo, permitem que "visualizemos" aspectos ou conjuntos de relações presentes em objetos observáveis, mas que não são, eles mesmos, diretamente observáveis. O mesmo se pode dizer quanto ao "real em si", ao qual talvez não tenhamos acesso direto, somente através da mediação dos sentidos, da linguagem, culturalmente formada, e das teorias científicas, bem como de todo o arcabouço cultural humano.

Evidentemente, como aponta Newton-Smith (1981, p. 37), esse exercício se torna mais difícil, embora não impossível, quando as analogias utilizadas para a representação de fenômenos não observáveis diretamente são analogias "não familiares". Concordo com aquele autor quando diz que um realismo não necessariamente precisa defender que as representações dessa classe de fenômenos seja feita com analogias assim, afinal, não há nada que impeça que o estado de coisas nesse âmbito, seja do muito pequeno, seja do extremamente grande, tenha características singulares, diversas daquelas do mundo a nós observável. "Os itens ao nível subatômico podem ser *sui generis*" (NEWTON-SMITH, 1981, p. 37). Quanto aos aspectos não observáveis de objetos observáveis, acredito que a

complexidade das relações que muitas vezes está em jogo nos fenômenos da natureza também pode produzir descrições ou explicações pouco intuitivas, fazendo valer a mesma observação para também esse conjunto de fenômenos.

Não temos acesso ao conhecimento das coisas reais em si mesmas, mas, através das nossas representações do mundo, podemos acessar aspectos do real. Segundo McAllister (1995), em um artigo em que estuda os experimentos mentais, quanto mais profundas as descrições, maior a nossa garra ("*grip*") na realidade. Tal qual algoritmos que possibilitam "visualizar" mentalmente as teorias abstratas a partir das suas representações, gerando-as, as teorias possibilitam que "visualizemos" mentalmente aspectos do real, permitindo-nos observar aquilo que não é observável diretamente. Evidentemente, esse tipo de visualização não é de mesma natureza daquela feita a partir da observação da natureza, seja diretamente, seja através de instrumentos.

Ainda que não saibamos em que medida abarcamos o real, e não saibamos que aspectos de nossas teorias de fato correspondem ao real, através da ciência podemos sentir estar em contato com o real. A crença de que nossas descrições da natureza são em alguma medida realistas é reforçada pelo fato de que, através do conhecimento científico podem ser realizadas coisas que antes desse conhecimento não se poderia. Dizendo de outro modo, a ciência permite a interação com a natureza e essa interação corrobora o caminho tomado para o desenvolvimento científico.

Para o realismo mitigado de McAllister e de Newton-Smith, ou melhor, para a imagem racionalista de ciência proposta por eles, com o avanço histórico das teorias científicas a aproximação do real é cada vez maior ao longo do tempo. Seu modelo inclusive prevê um modo de "checar" a correspondência com o real. Sua esperança é a de que um dia o estado de coisas será tal que as teorias científicas de fato poderão ser tomadas como completamente realistas, ou, se não, estarão bem próximas do real, de modo assintótico, como apresento adiante. Acredito que talvez possa haver outras conclusões plausíveis e possíveis de serem retiradas desse desenvolvimento. Acredito poder defender, dentro dessa imagem racionalista para a ciência, um realismo compatível com o pluralismo, devido ao fato de que o conhecimento humano será sempre parcial. Um dos autores que apresentarei para enriquecer essa abordagem será Patrich Heelan, cuja filosofia abordarei mais adiante.

O modelo de avaliação de teorias para a imagem racionalista, nos diversos exemplos que se pode tomar para caracterizá-lo, baseia-se em determinadas premissas. Primeiro, "o objetivo último da ciência é a produção da descrição mais completa e precisa possível do universo", sendo que as teorias aproximam-se desse objetivo ideal na medida em que

possuem “adequação empírica”, uma das propriedades defendidas nessa visão. Adequação empírica seria a medida de verdade que uma teoria possui quanto às suas afirmações sobre todos os fenômenos observáveis. No caso de realistas, isso significaria a medida de sua aproximação à verdade (MCALLISTER, 1996, pp. 9-10).

3.3.1 O realismo assintótico

As acepções de ‘real’ e de ‘verdade’ às quais McAllister adere são aquelas que podem ser caracterizadas como as de um ‘realismo mitigado assintótico’, em que as descrições do mundo apresentadas pelo conhecimento humano, embora nunca atinjam o real, produzem, em seu desenrolar histórico, teorias que se aproximam cada vez mais do real. Essa aproximação contínua sem, no entanto, nunca tocar definitivamente, pode ser caracterizada por uma curva assintótica num gráfico cartesiano, ou seja, num gráfico com eixos X e Y, uma linha em curva que se aproxima cada vez mais de um dos eixos, indefinidamente, sem nunca o tocar. Chamo a esse realismo de ‘mitigado’, pois se trata de um realismo que aceita para si todos os desafios propostos por aqueles que defendem não ser possível um ‘realismo’ em ciência ou no conhecimento, não os descartando, mas buscando resolvê-los da melhor maneira, tratando, ainda assim, de salvar a possibilidade de o conhecimento tratar de uma realidade externa e independente. Nessa abordagem, ‘verdade’ é um conceito que se toma de modo relativizado por essas perspectivas, sendo sempre contextualizada e, quando em relação a dados empíricos e a teorias sobre fenômenos, ‘verdade’ não é um conceito absoluto como seria num contexto de lógica formal.

Entretanto, existe nessa posição uma vinculação com a crença de que um dia poderia ocorrer que o estado de coisas fosse tal que a ciência chegaria ao seu fim, produzindo uma descrição completa da natureza e que isso se daria, em parte, pela redução de todas as ciências a uma ciência básica, primordial. Não há nada que indique que seja esse o caso. Ao contrário, o caminho do conhecimento humano parece apontar para maior diversidade de ciências do que para uma unificação. Isso talvez se deva ao fato de que, em congruência com o argumento da necessidade de uma abordagem sofisticada para dar conta de assunto complexo, só se pode abarcar o real com múltiplas perspectivas. A natureza, para ser descrita, precisa ser observada por diversos ângulos e em diversos níveis ou camadas, bem como nos seus diferentes domínios de grandeza. Assim, talvez não haja fim para o caminho que a ciência nos leva, havendo sempre mais a conhecer e estudar.

3.3.2 A relação entre beleza e verdade

Num primeiro momento, a razão que me levou a ter interesse neste tema foi observar a frequente ocorrência de afirmações de físicos de que entendiam haver uma necessidade de beleza em suas teorias para que estas fossem verdadeiras, ou ainda que, como suas teorias eram belas, não haveria outra conclusão a tirar a não ser a de que eram verdadeiras. Cético quanto a essa possibilidade, meu interesse num primeiro momento foi o de compreender que razões esses cientistas dariam para fazer essa correlação. McAllister investiga alguns desses exemplos.

> Uma das características mais extraordinárias da ciência moderna é a convicção de muitos cientistas de que seu senso estético pode levá-los à verdade. [Aqui] revisamos algumas afirmações dessa convicção; consideramos como é coerente com outros princípios dos cientistas; e investigaremos, à luz do que descobrimos até aqui, em que medida essa convicção pode ser de algum modo justificada (MCALLISTER, 1996, p. 90).

Dentre os exemplos investigados por McAllister estão afirmações, seja em conferências públicas, seja em diálogos com outros cientistas, seja em textos filosóficos ou científicos de autores como Heisemberg, Einstein, Dirac, Watson e Crick, Oliver Lodge, entre outros. A tese de que a beleza é correlata à verdade remonta aos gregos clássicos e é expressa pelos dizeres "*pulchritudo splendor veritatis*" (a beleza é o esplendor da verdade). Se a beleza das teorias indicasse sua verdade, ou proximidade à verdade, então a beleza poderia ser contada como evidência disso e os critérios estéticos revelariam isso. Entretanto, afirmar isso seria cair no reducionismo discutido antes, bem como não haveria como esbarrar na questão, também discutida antes, do objetivismo das propriedades estéticas. Entretanto, embora o julgamento estético de cientistas seja independente do julgamento empírico, essa avaliação é capaz de ajudar no reconhecimento de verdades e, assim, pode auxiliar como fonte adicional de informação sobre os méritos empíricos das teorias (MCALLISTER, 1996, pp. 90-92).

Na aplicação da avaliação de teorias de acordo com os seus méritos empíricos, ocorrem dois eventos que precisam ser levados em conta: os resultados **falsos negativos** e **falsos positivos**. Os resultados falsos negativos ocorrem quando, devido a teorias de alta ordem constituírem de um conjunto de princípios e, adicionados a estes, uma série de hipóteses auxiliares para que se permita que se façam avaliações empíricas, uma vez que os princípios gerais da teoria não podem ser avaliados diretamente em experimentos ou observações, ocorre que há resultados empíricos negativos que não são devido ao erro da

teoria de alto nível, mas sim às hipóteses adicionais. De fato, não há meio de saber se os resultados negativos se deram devido a uma ou outra instância, ou seja, se a falta de resultados empíricos se deu por estar a teoria errada ou por estarem as hipóteses auxiliares erradas. Não há maneira empírica de se determinar essa situação, a única maneira de avaliar é **não empírica**. Desse modo, sempre que uma teoria de alta ordem produz resultados empíricos negativos, muitos cientistas sugerem que a decisão quanto à validade da teoria deve ser tomada de acordo com critérios estéticos (MCALLISTER, 1996, p. 93). Entretanto, "se o julgamento estético fosse capaz de revelar que uma teoria é verdadeira ou próxima à verdade, ele resolveria o problema da detecção de falsos negativos obtidos na avaliação empírica de teorias" (MCALLISTER, 1996, p. 94).

Com relação aos falsos positivos dá-se o mesmo; **é possível que uma teoria falsa gere previsões que estejam de acordo com resultados empíricos**. Neste caso também não há testes empíricos que determinem a validade ou não da teoria, há que se lançar mão de critérios não empíricos. "Que critérios não empíricos podem revelar a falsidade de uma teoria empiricamente bem sucedida?" Os critérios sugeridos por diversos cientistas – e dá o exemplo de PAM Dirac – são os critérios estéticos (MCALLISTER, 1996, p. 94).

> Se o julgamento estético fosse capaz de revelar que uma teoria está distante da verdade, os cientistas não precisariam mais ser enganados ao endossar teorias incorretas por falsos positivos produzidos por avaliações empíricas das teorias.
>
> O problema de que o sucesso empírico não demonstra que uma teoria é verdadeira ou próxima da verdade tem sido reconhecido desde que a ciência tem sido praticada. Filósofos naturais medievais tentaram superá-lo por meio de uma distinção entre teses e hipóteses. Em suas definições, uma hipótese é um conjunto de proposições que salva os fenômenos de certo domínio, mas não são necessariamente verdadeiras; uma tese é um teorema que foi estabelecido cientificamente, no sentido aristotélico desse termo, ou cuja validade foi deduzida a partir de primeiros princípios evidentes e, assim, é indubitavelmente verdadeira. A aceitabilidade da afirmação de uma hipótese pode ser julgada por critérios epistêmicos, mas as teses precisam passar por testes mais rigorosos e não empíricos. Na versão escolástica dessa doutrina, isso incluía um teste de sua consistência com os trabalhos de Aristóteles e com as sagradas escrituras. Embora os critérios visados por Dirac para revelar falsos positivos na avaliação empírica de teorias sejam diferentes daqueles usados pelos filósofos naturais medievais, é interessante ver duas soluções da mesma forma sendo propostas para o mesmo problema, com um intervalo de diversos séculos entre elas (MCALLISTER, 1996, p. 95).

Outro exemplo de convicção de que critérios estéticos seriam indicadores da proximidade da verdade está nos escritos de Albert Einstein, que faz uma descrição sistemática da avaliação de teorias em suas notas biográficas (1949). Para Einstein, segundo McAllister,

> Uma teoria científica exibe relações de dois tipos: relações que ocorrem entre os conceitos que formam a teoria e relações entre esses conceitos e os corpos de dados. Uma teoria pode ser avaliada em função de ambas. Há, então, dois âmbitos de avaliação de teorias, (...) o âmbito interno, no qual o julgamento é feito quanto à estrutura conceitual inerente da teoria, e o âmbito externo, no qual o julgamento é feito com relação ao relacionamento da teoria com os dados empíricos (MCALLISTER, 1996, p. 96).

Quanto ao âmbito externo, uma teoria não pode contradizer os dados empíricos, sendo que discrepâncias podem ser resolvidas com a adição de hipóteses *ad hoc*. Teorias de alta ordem não devem ser pressionadas a fornecer dados empíricos exatos, como já foi visto antes, corroborando o que Einstein também afirma. O julgamento do âmbito interno das teorias não é feito levando em conta dados empíricos, mas sim propriedades como "naturalidade" (*naturalness*) e "simplicidade lógica", que é a quantidade de axiomas escolhidos arbitrariamente contidos na teoria (MCALLISTER, 1996, pp. 96-97).

"Na descrição de avaliação de teorias feita em suas notas autobiográficas, Einstein não menciona critérios estéticos. Entretanto, há boas razões para concluir que os critérios que Einstein imaginou sendo usados na avaliação de teorias em seu âmbito interno sejam critérios estéticos". Naturalidade e simplicidade, como já foi visto, seriam propriedades estéticas (MCALLISTER, 1996, p. 97).

Chega o momento, diz o autor, de perguntar se "a convicção de que critérios estéticos têm o poder de revelar a proximidade de teorias à verdade será de algum modo justificada". Primeiro, examina algumas tentativas fracassadas de justificá-la para, mais adiante, "olhar para uma abordagem mais promissora". Uma das defesas do argumento é a de que se as teorias possuírem as mesmas propriedades estéticas que os fenômenos estudados possuem, então essas teorias estariam próximas à verdade. Trata-se de uma confusão entre as propriedades das teorias e aquelas dos fenômenos. Embora em alguns casos isso possa parecer correto, esse argumento não se sustenta. Uma teoria pode ter a mesma simetria do fenômeno que descreve, mas isso pode ser incompreensível em alguns casos, como o da simetria esférica do campo gravitacional, pois o que seria dizer que a teoria possui simetria esférica – não faz sentido (MCALLISTER, 1996, p. 98).

Outra tentativa parece ser mais persuasiva, a de que se teorias refletissem as mesmas características estéticas que os fenômenos observados possuem – mas é uma explicação que não dá conta de responder como os critérios estéticos aproximariam a teoria da verdade. "Dos físicos que acreditam que os critérios estéticos têm o poder de revelar a proximidade de teorias da verdade, muitos parecem persuadidos disto pelas equações de Maxwell". Estas mostram simetria notável, mas a simetria das equações, análoga à simetria existente entre as

intensidades dos campos elétrico e magnético, é um caso fortuito de coincidência, pois para descrever a simetria dos campos na natureza não é necessário que essa descrição em si mesma seja simétrica. Essas tentativas de defesa do argumento ainda têm o defeito de serem circulares, pois o critério para determinar a beleza é justamente sua proximidade com a verdade (MCALLISTER, 1996, p. 99).

> Acredito que a apreciação desses pontos está incorporada na prática dos cientistas, independente daquilo que afirmam ou não quanto ao acordo das propriedades estéticas e as dos fenômenos. Uma preferência por teorias que demonstram certas formas de simetria pode se consolidar profundamente numa comunidade, mas é prontamente repudiada se teorias que mostram essas simetrias deixarem de atingir sucesso empírico, ou se uma teoria com propriedades simétricas diferentes demonstrar virtudes empíricas superiores. De fato, a preferência por uma forma particular de simetria equivale meramente à ponderação (*weighting*) retrospectiva feita pela comunidade das propriedades de simetria de teorias que demonstraram sucesso empírico prévio (MCALLISTER, 1996, p. 100).

As induções estéticas podem ter sucesso em determinar proximidade à verdade e os argumentos em defesa disso retomam um pouco a própria definição de indução estética. O argumento que serve para o uso da projeção indutiva na formulação de teorias científicas serve para "justificar o uso da projeção indutiva na formulação de preceitos orientadores da ação" (MCALLISTER, 1996, p. 101).

Embora a indução estética, formulada como procedimento para escolha de teorias, possa não encontrar propriedades estéticas e, assim, não poder determinar correlação entre essas propriedades e a adequação empírica, onde essa correlação houver, será um bom instrumento para determinar aquilo que está em questão, ou seja, uma proximidade da teoria em relação à verdade. Não se trata de um método exato e inequívoco, trata-se apenas de um indicador. Há pouca evidência mostrando que teorias com propriedades estéticas são correlacionadas a altos graus de adequação empírica, como iriam querer Dirac, Einstein e outros. Mas, segundo McAllister, **nada impede que esse seja um dia o caso.** Um dia poderemos identificar propriedades estéticas correlacionadas a teorias de alto grau de sucesso empírico. Assim, o critério de escolha de teorias por suas propriedades estéticas será muito mais evidente (*obvious*) do que o é atualmente (MCALLISTER, 1996, p. 101-102).

Lembrando que McAllister inclui entre os critérios estéticos as filiações metafísicas, o mesmo vale para elas. Visões de mundo metafísicas geram critérios para preferência, e esses critérios contribuem na escolha de teorias. As mesmas questões discutidas recentemente aplicam-se aos critérios metafísicos e não há razão para não afirmar que o procedimento de

indução estética não possa ser utilizado para identificar visões de mundo metafísicas mais empiricamente adequadas (MCALLISTER, 1996, p. 102-103).

> Não há obstáculo para que identifiquemos uma metafísica científica por meio da indução estética. Isso envolveria dar pesos a propriedades metafísicas de teorias de acordo com os graus de sucesso empírico demonstrado por teorias que possuem essas propriedades. Ficaria claro que uma metafísica científica existe se as escolhas de cientistas entre teorias determinadas pela indução estética convergissem para teorias que possuem determinada filiação metafísica (MCALLISTER, 1996, p. 103).

E essa é uma investigação que tem ocorrido por toda a história da ciência.

> Acredito que, do mesmo modo que não está claro de que há uma combinação de propriedades estéticas em geral que seja correlacionada a altos graus de adequação empírica em teorias, do mesmo modo não está claro de que há uma filiação metafísica de teorias que mostre tal correlação. Entretanto, a indução estética é pelo menos tão bem sucedida quanto qualquer outro procedimento na identificação de uma metafísica científica e não podemos descartar a possibilidade de que, um dia, tenha sucesso em identificar uma metafísica científica (MCALLISTER, 1996, p. 104).

McAllister investiga de modo aprofundado um dos critérios estéticos mais importantes historicamente, aquele da simplicidade. Estabelece que existem diversos tipos e graus de simplicidade. Sendo assim, não há como defender que a adequação empírica possa ser revelada por qualquer tipo de simplicidade em particular (MCALLISTER, 1996, pp. 105-124). Ou seja, esgota as possibilidades de correlação imediata entre critérios estéticos e adequação empírica, embora esse estudo o faça apontar para a esperança de um dia ser o caso de que essa correlação entre características estéticas de teorias indiquem a sua verdade em relação ao estado de coisas real na natureza. Entretanto, mantendo a perspectiva de que uma abordagem sofisticada é necessária para melhor compreender todo o problema, sinto que é necessário discutir ainda outros aspectos, que serão desenvolvidos no próximo capítulo desta.

Cabe ainda ressaltar que McAllister não é o único autor a defender essa perspectiva, ainda que, como já apontei, todos os autores subsequentes ao seu trabalho o tenham como referência básica. Resta saber, como já aludi, em contraponto a essa esperança do autor, se existe a possibilidade de alcançar, ainda que num futuro remoto, um estado de coisas em que a ciência poderá descrever de modo total e absoluto todas as perspectivas e possibilidades de descrição da natureza. Acredito que não. Patrick Heelan (1983), autor da fenomenologia hermenêutica, já havia proposto uma abordagem em que o realismo e o pluralismo são compatíveis, em que, ainda afirmando o realismo da ciência, defende um pluralismo – não por

opção ou desejo, mas imposto pela própria configuração do estado de coisas do mundo, e pelos limites humanos. Farei um estudo breve das propostas de Heelan mais adiante.

3.3.3 Fischer: o cientista como artista

Para Ernst Fischer (1999, p. 72), a busca de Heisenberg por uma nova mecância sob a luz da lei de conservação de energia através de uma forma completamente nova de descrição matemática da realidade física o faz ser "um artista criativo esboçando uma nova imagem do mundo atômico". Essa nova imagem deixa de lado modelos análogos aos modelos observáveis, como o modelo planetário de Bohr, e fundamenta-se na lei da conservação de energia.

Para esse autor, as analogias e metáforas que permitem ao cientista "encontrar a verdade", produzindo novas teorias a partir de ideias de outros campos da ciência ou a partir de imagens diversas. Fischer dá o exemplo de Kekulé que usa a imagem de macacos segurando-se uns aos outros e a do ouroboros (a serpente que come a si mesma pela cauda) para modelar o anel de benzeno. Para o autor, essas imagens são arquetípicas e a sua descrição como tal não é uma novidade (FISCHER, 1999, pp. 76-77).

Esse autor basicamente toma como base para sua análise o trabalho de McAllister e também considera que a questão dos critérios estéticos precisa ser levada em conta para a compreensão das revoluções na história da ciência (FISCHER, 1999, p. 102). Publicando após e citando McAllister, também faz uma lista de critérios estéticos que se alteram de um paradigma a outro, embora sua descrição seja um pouco mais simples que a de McAllister, ele parece adotar a mesma lista de critérios proposta por aquele autor (102ss), embora dê maior ênfase ao critério da simetria. O sucesso da teoria quântica tem o efeito de "indução estética" descrito por McAllister. Tomando o critério de simetria como um critério de suma importância. A equação de Schrödinger, por exemplo, é tida pelos críticos como "um trabalho de arte em perfeita forma (matemática)" (FISCHER, 1999, p. 111). Esse trabalho de Schrödinger parte daquele de De Broglie, que insere em sua descrição do átomo um comprimento de onda até mesmo para as partículas, tendo em vista preservar a simetria entre os diferentes âmbitos da realidade física, ou seja, De Broglie percebe uma assimetria que passa a existir entre luz e matéria, uma vez que somente a luz teria a característica de não parecer somente como partículas, mas também como ondas. Assim, com o intuito de preservar essa simetria, introduz a hipótese de que também a matéria teria essa característica de onda, pois "fazia sentido que uma forma de realidade física fundamental deveria também

ser verdadeira para a outra" – luz e matéria deveriam ter o mesmo tipo de descrição – e essa hipótese é logo empiricamente verificada (FISCHER, 1999, p. 112).

> Evidentemente, De Broglie sabia que os físicos poderiam especificar uma massa de elétrons não tinham ideia de como introduzir o elétron como onda, mas o argumento estético da simetria levou maior vantagem para ele, tanto que ousou expor sua ideia de que as partículas tinham comprimento de onda. Fez isso 'unicamente por uma questão de beleza intelectual', e não ficou particularmente surpreso quando a natureza respondeu confirmando a simetria (FISCHER, 1999, p. 112).

A ênfase dada por Fischer ao critério de simetria parece ser explicada pelo fato de que a simetria é uma característica bastante difundida na natureza, podendo ser repetidamente observada em muitos domínios. Esse autor também parece ter a intuição de que existe uma ligação entre a cognição humana e a natureza, bem como também, como aqui, lança mão de elementos da psicologia para exemplificar essa ligação, mostrando como a percepção é de certo modo "formatada" pelo real e, assim, permitindo o reconhecimento de regularidades no mundo, regularidades a que atribuímos características belas (FISCHER, 1999, p. 113ss).

Esse autor basicamente propõe como conclusão a prescrição de que, na prática científica, se deveria ter mais atenção à apreciação estética, bem como a ciência não deveria ser tomada como muito diferente da arte, uma vez que a dedicação a ambas as atividades é feita "somente por sua beleza" – seja a dos produtos artísticos, seja a beleza da natureza (FISCHER, 1999, 179). Para ele, não há como compreender ciência sem se levar em conta os valores e o papel e a inter-relação que existe entre a sociedade, a cultura e a ciência, ainda que se tenha à partica uma abordagem racionalista para a compreensão desta (FISCHER, 1999, p. 158). Neste sentido, vale ressaltar a importância dos valores sociais que não só direcionam os empreendimentos científicos, como determinam o modo como a ciência é feita (ZIMAN, 2000; REIS, 2012).

3.4 ALBERT EINSTEIN E A BUSCA DE SIMPLICIDADE E SIMETRIA

Como afirma Don Howard (2014), Einstein é considerado o mais proeminente físico do século XX, e sua filosofia da ciência é de "importância comparável" àquela de seu trabalho em física, uma vez que teve relações significativas e influenciadoras com outros filósofos da ciência também importantes, especialmente Moritz Schlick e Hans Reichenbach, pensadores centrais para o positivismo lógico, bem como Henri Bergson e Ernst Cassirer. De fato, os escritos de Einstein sobre a ciência influenciaram e alimentaram as discussões desde a sua

publicação até os dias de hoje. O positivismo lógico, o falseacionismo, as teses em defesa do realismo, como também aquelas em defesa de um instrumentalismo ou construtivismo, todas essas posições diante da ciência por parte de filósofos da ciência sofreram influência direta do pensamento einsteiniano e, deve-se afirmar, são posições importantíssimas para todo o debate que ocorreu e ocorre em torno de questões que ainda hoje são debatidas (HOWARD, 2014). Além disso, trata-se de uma filosofia de pleno direito, em que seu autor não simplesmente faz ensaios livres sobre suas próprias concepções, mas, do contrário, recorre a um número grande de autores, como Duhem, Mach, Kant, Cassirer, entre outros (PATY, 1993; HOWARD, 2014).

Sendo assim, interessa perceber em que medida os critérios de escolha de teorias utilizados por Einstein, em especial o critério da simplicidade, têm raiz em seus predecessores e fazem parte do "cânone" estético de sua época e de seu grupo de pesquisadores. Além do critério da simplicidade, buscarei encontrar que elementos de sua metafísica seriam importantes em todo esse conjunto. Enquanto McAllister (1996, p. 182) afirma que Einstein não seria revolucionário, por ater-se aos critérios em voga em seu tempo, não rompendo com eles, mas sim aderindo a eles firmemente e levando-os até as suas últimas consequências, acredito que se possa encontrar o elemento revolucionário da ciência e da filosofia de Einstein justamente em sua ontologia ou metafísica, aspecto que será explorado adiante, tomando como ontologia, ou metafísica, o estudo das propriedades gerais do ser, ou aquilo que forma as condições da existência.

Segundo Michel Paty (1993), o estilo de Einstein é caracterizado com "uma preocupação constante com o que é fundamental", marca que "está em correspondência direta com uma filosofia (...) que é, essencialmente, pensamento da realidade do mundo e da possibilidade de conhecer esta realidade." Sendo assim, ao concordarmos com a abordagem de Paty, encontramos aquilo que podia ser previsto ao perceber no trabalho de Einstein o elemento revolucionário como sendo justamente o de natureza metafísica. Paty prossegue: "Einstein tinha consciência desta dimensão imediatamente filosófica de suas pesquisas, e sua obra, a qual se propõe ir diretamente ao essencial – quanto à estrutura profunda da natureza e quanto ao método de pensamento empregado para aí chegar (...)" (PATY, 1993).

Paty aborda ainda a questão da geometria. Haverá uma geometria "real" do mundo, à qual poderemos nos aproximar, ou mesmo descrever de modo exato? Ou, como aponta Patrick Heelan (1983), não é possível atribuir esta ou aquela geometria como característica intrínseca do mundo em si mesmo, mas as geometrias são usadas cada uma de modo legítimo em determinada estrutura de conhecimento? Vemos aí surgir novamente a questão entre a

possibilidade de uma diversidade de modos de descrição científica realista (um pluralismo realista) ou, do contrário, como percebemos ser aquilo que Einstein defende, a busca de uma teoria holística e unificadora. De fato, parece ser aí que Einstein insiste em certos princípios estéticos, discordando veementemente de seus colegas que desenvolvem a mecânica quântica, principalmente quanto ao princípio do determinismo, bem como na possibilidade de criação de modelos visualizáveis para as teorias. Nesse sentido, há que dar razão a McAllister quando afirma que Einstein não está com o grupo revolucionário, pois não adere aos novos critérios estéticos que se estabelecem como cânone.

Entretanto, McAllister coloca como parte do cânone estético também os princípios metafísicos. Neste sentido, quero afirmar, Einstein é sim revolucionário, uma vez que, tal como Copérnico, seu trabalho teve o efeito de "virar do avesso" a concepção humana do universo, do espaço, fazendo-nos "ver" o mundo com "outros olhos", de outra perspectiva.

Esse aspecto revolucionário do trabalho científico de Einstein não poderia ser realizado sem que houvesse o necessário apoio de trabalho filosófico de mesma magnitude. Para Don Howard (2014), sua busca filosófica é a de encontrar uma "fundação unificada" para a física. Segundo Howard, ainda sobre a diversidade de autores aos quais Einstein recorre como recurso para delinear a sua própria filosofia:

> Mas o que pode parecer ao "epistemólogo sistemático" como mero oportunismo, pode também parecer o contrário quando visto da outra perspectiva do físico engajado, tal como Einstein coloca, na "contemplação crítica dos fundamentos teóricos." O objetivo abrangente dessa contemplação crítica era, para Einstein, a criação de uma fundação unificada para a física seguindo o modelo de uma teoria de campo como a relatividade geral. Einstein falhou em sua tentativa, mas houve consistência e constância em seu empenho que esclarecia do mesmo modo a filosofia da ciência se desenvolvendo lado a lado com o projeto científico.
>
> De fato, do começo ao fim, algumas ideias chave tiveram papel central e proeminente na filosofia da ciência de Einstein, ideias sobre as quais Einstein surpreendentemente demonstrou poucas dúvidas, mesmo quando obteve compreensão cada vez mais profunda das suas implicações (HOWARD, 2014)[14].

[14] But what strikes the "systematic epistemologist" as mere opportunism might appear otherwise when viewed from the perspective of a physicist engaged, as Einstein himself put it, in "the critical contemplation of the theoretical foundations." The overarching goal of that critical contemplation was, for Einstein, the creation of a unified foundation for physics after the model of a field theory like general relativity. Einstein failed in his quest, but there was a consistency and constancy in the striving that informed as well the philosophy of science developing hand in hand with the scientific project.

Indeed, from early to late a few key ideas played the central, leading role in Einstein's philosophy of science, ideas about which Einstein evinced surprisingly little doubt even while achieving an ever deeper understanding of their implications (HOWARD, 2014).

Os seguintes elementos são identificados por Don Howard como sendo as características principais da filosofia de Einstein. São aspectos centrais de seu pensamento e em relação aos quais manteve consistência ao longo de toda a sua carreira.

> • A subdeterminação da escolha de teorias pelas evidências.
> • Simplicidade e escolha de teorias.
> • Univocidade e representação teórica da natureza.
> • Realismo e separabilidade.
> • A distinção entre teorias de princípio e teorias construtivas (HOWARD, 2014)[15].

Embora a questão do uso do critério de simplicidade na escolha de teorias seja a que mais se ressalta para esta investigação, os outros elementos também são importantes, uma vez que fazem parte do conjunto de elementos metafísicos da filosofia einsteiniana, e esses aspectos metafísicos, se continuarmos a seguir a caracterização de McAllister (1996), também fazem parte do cânone estético. O conjunto de critérios que compõem a metafísica que envolve uma teoria científica são outros, não estamos aqui incluindo a beleza como parte destes, e sim, incluindo o conjunto de critérios metafísicos no interior da classe maior que seriam os critérios estéticos. Assim, cabe agora um breve comentário sobre cada um desses outros aspectos antes de abordar o critério da simplicidade, muito embora estejam todos, como veremos, profundamente imbricados uns nos outros.

As características da filosofia de Einstein são surpreendentemente consistentes ao longo de todo o seu trabalho (PATY, 1993; HOWARD, 2014). Pode-se afirmar que ele não somente foi inovador em seu trabalho científico, mas também a sua filosofia é feita de modo a deixar de lado as características da filosofia feita na academia, ou aquela consagrada na história recente, em que cada autor "restringe" suas análises a um "sistema epistemológico" escolhido de antemão. Seu estilo de filosofar parece ser caracterizado pela recorrência a ideias e conceitos de diversificados "sistemas", mas formando aquilo que, por assim dizer, "funciona" na organização de sua própria epistemologia. Trata-se de um pluralismo filosófico: Einstein está consciente de que produz filosofia nova, e embora possa parecer que o autor modestamente reconhece não ser um filósofo tal como se esperaria, afirma a necessidade de recorrer a diversos elementos de diferentes correntes filosóficas para formar a sua própria concepção. Em uma passagem encontrada nas respostas às críticas feitas ao seu trabalho filosófico (EINSTEIN, 1949), isso fica evidente.

---

[15] • The underdetermination of theory choice by evidence; • Simplicity and theory choice; • Univocalness in the theoretical representation of nature; • Realism and separability; • The principle theories-constructive theories distinction (HOWARD, 2014).

> O relacionamento recíproco entre epistemologia e ciência é de um tipo digno de nota. Elas dependem uma da outra. A epistemologia sem contato com a ciência se torna um esquema vazio. A ciência sem a epistemologia é – se é que se pode imaginar isso – primitiva e turva. Entretanto, assim que o epistemólogo, que está buscando um sistema claro, tenha se esforçado para conseguir um sistema assim, logo se torna inclinado a interpretar o conteúdo do pensamento da ciência no sentido de seu sistema e a rejeitar qualquer coisa que não se encaixe em seu sistema. O cientista, entretanto, não pode se dar ao luxo de levar sua busca por uma epistemologia sistemática tão longe. Ele aceita grato a análise conceitual da epistemologia; mas as condições externas, que são colocadas para ele pelos fatos da experiência, não permitem que ele se restrinja muito na construção de seu mundo conceitual pela aderência a um sistema epistemológico. Assim, ele parecerá necessariamente ao epistemólogo sistemático como se fosse um tipo inescrupuloso de oportunista: um *idealista* na medida em que olha para conceitos e teorias como invenções livres do espírito humano (e não logicamente deriváveis do que é dado empiricamente); como *positivista* na medida em que considera seus conceitos e teorias como justificadas *somente* no âmbito de que fornecem uma representação lógica das relações entre experiências sensoriais. Ele pode parecer como *platônico* ou *pitagórico* na medida em que considera o ponto de vista da simplicidade lógica como ferramenta indispensável e eficaz para sua pesquisa (EINSTEIN, 1949, p. 684, grifos no original)[16].

Como seria tal filosofia do conhecimento internamente consistente? De que maneira compatibiliza um realismo unívoco, como objetivo da ciência, com a valorização tanto da livre construção teórica quanto dos resultados empíricos? Como, ao mesmo tempo, busca aderir ao princípio positivista de que a ciência diz respeito às relações lógicas entre fenômenos, mas não às coisas em si? Se pudermos fazer uma analogia entre o seu modo de fazer filosofia e o seu estilo científico, talvez possamos afirmar que, tal como a sua crença em que deve haver uma teoria única e final para descrever a realidade, também haveria uma epistemologia "verdadeira" e "correta", que talvez um dia pudesse ser construída. Assim, Einstein encontraria elementos que intui se aproximarem dessa filosofia ideal em diversos sistemas, ainda que antagônicos entre si, e que servem para pensar os problemas que tem diante de si.

---

[16] The reciprocal relationship of epistemology and science is of noteworthy kind. They are dependent upon each other. Epistemology without contact with science becomes an empty scheme. Science without epistemology is—insofar as it is thinkable at all—primitive and muddled. However, no sooner has the epistemologist, who is seeking a clear system, fought his way through to such a system, than he is inclined to interpret the thought-content of science in the sense of his system and to reject whatever does not fit into his system. The scientist, however, cannot afford to carry his striving for epistemological systematic that far. He accepts gratefully the epistemological conceptual analysis; but the external conditions, which are set for him by the facts of experience, do not permit him to let himself be too much restricted in the construction of his conceptual world by the adherence to an epistemological system. He therefore must appear to the systematic epistemologist as a type of unscrupulous opportunist: as *idealist* insofar as he looks upon the concepts and theories as free inventions of the human spirit (not logically derivable from what is empirically given); as *positivist* insofar as he considers his concepts and theories justified *only* to the extent to which they furnish a logical representation of relations among sensory experiences. He may even appear as *Platonist* or *Pythagorean* insofar as he considers the viewpoint of logical simplicity as an indispensable and effective tool of his research (EINSTEIN, 1949, pp. 683-684).

Para Howard (2014), por exemplo, Einstein não adere de fato, ou de modo tão radical, ao postulado antimetafísico de Mach, pelo contrário, em diversos de seus textos, defende a necessidade do estabelecimento de conceitos filosóficos para fundamentar a física. O postulado positivista serviria, para Einstein, como princípio norteador, uma espécie de princípio de parcimônia, em que se busca construir teorias com o menor número possível de elementos "criados" ou "inventados" para compô-la. Seria algo como a "navalha de Ockham", uma prescrição que sugere limitar esse elemento ao mínimo, sabendo-se inevitável.

Quanto ao compatibilismo entre um idealismo e um realismo empirista, tanto Paty (1993), quanto Mehra (1999) e Howard (2014) parecem concordar em que a filosofia de Einstein é única e resistiria a qualquer tentativa grosseira de enquadramento nessas categorias. Há, portanto, que se compreender exatamente qual era a filosofia einsteiniana, abrindo mão de tentar categorizá-lo em alguma escola de pensamento global.

3.4.1 Seria o cientista também um artista?

Ao discutir o uso de critérios estéticos em ciência, não há como não nos perguntarmos sobre a relação da ciência com a arte. Esse questionamento também foi feito, em menor ou maior grau, pelos autores dos textos sobre os quais nos debruçamos. A relação entre ciência e arte precisa ser tomada de modo não trivial; não seria o caso de simplesmente afirmar que a ciência também é uma arte. Talvez a pergunta melhor formulada seria: em que medida pode-se afirmar que a atividade científica também é uma atividade artística e de que maneira essa abordagem pode ajudar na compreensão da ciência?

Muito daquilo que é estudado nesta tese tem Albert Einstein como referência, seja a repercussão de suas teorias da relatividade, seja os seus trabalhos filosóficos. Diversos são os textos em que Einstein ressalta a importância da beleza, da simetria e da simplicidade, como características que indicam que uma teoria científica é verdadeira e fecunda. Essas características são, também, motivação para seu trabalho.

> Contudo, em primeiro lugar, com Shopenhauer, imagino que uma das mais fortes motivações para uma obra artística ou científica consiste na vontade de evasão do cotidiano com seu cruel rigor e monotonia desesperadora, na necessidade de escapar das cadeias dos desejos pessoais teernamente instáveis. Causas que impelem os seres sensíveis a se libertarem da existência pessoal, para procurar o universo da contemplação e da compreensão objetivas. Essa motivação assemelha-se à nostalgia que atrai o morador das cidades para longe de seu ambiente ruidoso e complicado, para as pacíficas paisagens das altas montanhas, onde o olhar vagueia por uma atmosfera calma e pura e se perde em perspectivas repousantes, que parecem ter sido criadas para a eternidade.

> A esse motivo de ordem negativa, ajunta-se outro mais positivo. O homem procura formar, de qualquer maneira, mas segundo a própria lógica, uma imagem simples e clara do mundo. Para isso, ultrapassa o universo de sua vivência, porque se espforça em certa medida por substituí-lo por essa imagem. A seu modo, é esse o procedimento de cada um, quer se trate de um pintor, de um poeta, de um filósofo especulativo ou de um físico. A essa imagem e à sua realização consagra o máximo de sua vida afetiva para assim alcançar a paz e a força que não pode obter nos excessivos limites da experiência agitada e subjetiva (EINSTEIN, 2015, pp. 101-102).

Esse trecho nos remete à aproximação que Einstein faz entre o cientista e o artista, bem como ao que Weber (2011) chama atenção quando fala da ciência como vocação. As convicções de Einstein são relativamente as mesmas ao longo de toda a sua vida. Demonstra ter sido um físico preocupado com a filosofia, tanto filosofia em geral, como a filosofia da física e são diversos os textos em que se registraram discussões entre esse físico e seus colegas.

3.4.2 Um Deus que não joga dados

Em 7 de setembro de 1944, numa carta a Max Born, Albert Einstein reafirma uma posição já reiterada diversas vezes ao amigo e interlocutor através de profusa troca de cartas: a sua convicção de que não há, na natureza, eventos governados pelo acaso ou pela aleatoriedade.

> Nós nos tornamos antípodas em nossas expectativas científicas. Você acredita em um Deus que joga dados, e eu na completa lei e ordem de um mundo que existe objetivamente e que eu, de modo extremamente especulativo, estou tentando captar. Acredito firmemente, mas espero que alguém descobrirá um modo mais realista, ou então uma base mais tangível do que eu tenho conseguido encontrar. Mesmo o grande sucesso inicial da teoria quântica não me faz acreditar no jogo de dados fundamental, embora eu esteja bem consciente de que os nossos colegas mais jovens interpretam isso como consequência da senilidade. Não há dúvida de que chegará o dia em que veremos qual das nossas atitudes instintivas era a correta (BORN; EINSTEIN, 1971, Letter 81, p. 149)[17].

[17] We have become Antipodean in our scientific expectations. You believe in the God who plays dice, and I in complete law and order in a world which objectively exists, and which I, in a wildly speculative way, am trying to capture. I firmly believe, but I hope that someone will discover a more realistic way, or rather a more tangible basis than it has been my lot to find. Even the great initial success of the quantum theory does not make me believe in the fundamental dice-game, although I am well aware that our younger colleagues interpret this as a consequence of senility. No doubt the day will come when we will see whose instinctive attitude was the correct one (BORN, M.; EINSTEIN, A., 1971, Letter 81, p. 149).

Esse exemplo mostra claramente aquilo que McAllister (1996) ressalta como o conflito entre cânones estéticos diferentes, num momento revolucionário. Einstein representa o cânone tradicional e estabelecido, defendendo um estilo teórico em que os parâmetros são o que chama de "uma base tangível", o que pode ser interpretado como um modo de fazer teoria que seja visualizável, bem como "a completa lei e ordem de um mundo que existe objetivamente" que pode ser "captado" por teorias feitas de modo "realista". Max Born representa o grupo "revolucionário", para quem o acaso e a aleatoriedade são elementos aceitáveis, e cuja concepção de uma teoria bem formulada é aquela de uma teoria abstrata, não visualizável, embora "base tangível" também pudesse ser entendida como "base empírica", pois tanto Einstein quanto Born prezam por um estilo científico em que evidências empíricas robustas são estruturadas por "pensamentos ousados" (BORN, M.; EINSTEIN, A., 1971, comentário à carta 81 por BORN, p. 150). Pode-se perceber na passagem que Einstein contrapõe essa base que alguém encontraria no futuro ao "sucesso inicial" da atual teoria quântica. Para ele, uma teoria "mais realista" seria uma teoria que produzisse um modelo visualizável e determinístico, sempre com um forte compromisso empírico. Concede que seu trabalho é "extremamente especulativo", mas, como veremos, sua confiança em certas características da teoria (o cânone estético que segue) o faz ter convicção de que está 'no caminho certo'. A questão do determinismo será também discutida no capítulo seguinte desta, uma vez que parece ser um dos aspectos que estão em jogo ao se estudar as possibilidades de estabelecer conhecimento.

Para Einstein, o objetivo último da ciência é encontrar a descrição exata ou verdadeira do mundo real, um "mundo externo real" que intuímos estar lá, tal como num quebra-cabeças de palavras, em que qualquer palavra pode ser oferecida como solução, mas haverá somente uma palavra que corresponde à solução correta, assim também, em ciência, haveria apenas uma teoria correta sobre a realidade (EINSTEIN, 1936, 2006; MEHRA, 1999, p. 84-85). Tanto Paty (1993) quanto Mehra (1999) e Howard (2014) mostram como Einstein mantém essa concepção realista (embora não na acepção do termo que se usaria hoje) e na qual haveria o objetivo de encontrar teorias últimas que seriam unívocas com a realidade, bem como consistentes entre si.

Esse é o posicionamento filosófico que Einstein sustenta ao longo de toda a sua obra. Entretanto, o realismo einsteiniano configura-se por sua própria filosofia da ciência bem delineada e, por isso, não seria um realismo no sentido mais utilizado. Há, para o autor, um limite à compreensão e ao conhecimento humano, como deixa claro ao longo de todo o seu trabalho; ainda que o objetivo seja chegar à teoria final e completa, e a ciência seja movida

por esse objetivo, sabe-se que dificilmente essa possibilidade se concretizaria (EINSTEIN, 1918). É interessante notar a proximidade dessa posição de Einstein à de McAllister, comentada acima.

3.4.3 Simplicidade

Para Einstein, enquanto o objetivo da ciência é obter uma descrição unívoca e exata do real, como também obter um conjunto teórico global consistente e unificado para toda a ciência, o real é de natureza tal que está configurado por relações simples entre seus elementos. Em outras palavras, assim como muitos antes dele, Einstein acredita que a natureza é constituída de maneira que sua descrição matemática é simples. Desse modo, é possível ao cientista buscar, através do desenvolvimento teórico, descrições que possuam essa característica, a de simplicidade, e deste modo encontrar teorias cada vez mais adequadas para a descrição do real.

A simplicidade, então, é o critério máximo e crucial para a escolha de teorias. O critério, inferido tendo em vista todo o sucesso empírico obtido pela física até o seu momento, parece solidamente indicar que se encontraremos alguma teoria que descreva univocamente o real, e essa teoria será, necessariamente, simples. Entretanto, não se trata de critério que se sobreponha às evidências empíricas, uma vez que, para o autor, as teorias estão subdeterminadas em relação aos dados empíricos, ou seja, os dados empíricos sobrepõem qualquer postulado teórico; entre as muitas possibilidades teóricas igualmente capazes de descrever um conjunto de fenômenos, haveria sempre somente uma teoria que se configura como a mais adequada empiricamente. Além disso, para Einstein, são os dados empíricos que pressionam a teoria mais e mais em direção à maior simplicidade.

> Que lugar ocupa o quadro do mundo do físico teórico dentre todos esses quadros possíveis? Ele demanda o mais alto padrão de precisão rigorosa na descrição das relações, tais como as que a linguagem matemática pode dar. Em relação a esse tema, por outro lado, o físico precisa limitar-se severamente: ele precisa contentar-se em descrever os eventos mais simples que podem ser trazidos ao domínio da nossa experiência; todos eventos de ordem mais complexa estão além do poder do intelecto humano de reconstrução com a sutil precisão e perfeição lógica que o físico teórico exige. Pureza suprema, clareza e certeza são obtidas ao custo da completude. Mas em que estará a atração de conhecer tão pequena secção da natureza de modo minucioso, enquanto tímida e reservadamente se deixa de lado tudo que é mais sutil e mais complexo? Será que o produto de esforço tão modesto mereceria levar o orgulhoso nome de uma teoria do universo?
>
> Acredito que o nome se justifica; pois as leis gerais sobre as quais a estrutura da física teórica se baseia afirmam validade para qualquer fenômeno que seja. Com eles é possível chegar à descrição, ou seja, à teoria, de todo processo natural, incluindo a

> vida, por meio da pura dedução, se esse processo de dedução não estivesse muito além da capacidade do intelecto humano. A renúncia do físico à completude para o seu cosmos não é, portanto, questão de princípio fundamental (EINSTEIN, 1918)[18].

Esse trecho sumariza o pensamento de Einstein quanto ao papel e à função da física teórica, bem como sua clara visão de que é através da matemática e do estudo das relações lógicas numa teoria que se pode encontrar as bases fundamentais para a compreensão do mundo, universalmente. Se ficarmos por aqui, entretanto, pareceria que o trabalho seria somente aquele da pura dedução, da abstração teórica somente, como frequentemente é caracterizado o físico teórico. Mas o texto continua e é importante tomá-lo por inteiro. Entretanto, há que se ressaltar desse trecho um elemento importante; a crença de que o intelecto humano não é capaz de abarcar "todo o processo natural" por meio da dedução. Einstein se põe ao lado de uma tradição que afirma a crença de que é possível reduzir toda a ciência a uma ciência básica, da qual seria possível deduzir logicamente todas as outras, por mais complexas que sejam, ainda que esse procedimento de dedução estivesse fora do alcance humano. Não há como verificar ou falsear essa afirmação de que isso estaria fora do escopo das possibilidades humanas, mas essa crença é fundamental para a sustentação da outra crença também tradicional de Einstein; a de que o progresso científico caminha em direção a uma teoria final, absoluta, universal e que seja base para todas as outras. Em que pese a força da tradição, não vejo razão para a manutenção dessas crenças, como já afirmei.

Einstein dedica-se ao estudo de leis fundamentais e, a despeito dessas questões, é importante estudar seu pensamento nesse texto como um todo. A despeito de não haver "ponte lógica entre os fenômenos e os princípios teóricos", Einstein acredita, junto com Leibniz, em uma "harmonia pré-estabelecida", como podemos ver neste trecho.

---

[18] What place does the theoretical physicist's picture of the world occupy among all these possible pictures? It demands the highest possible standard of rigorous precision in the description of relations, such as only the use of mathematical language can give. In regard to his subject matter, on the other hand, the physicist has to limit himself very severely: he must content himself with describing the most simple events which can be brought within the domain of our experience; all events of a more complex order are beyond the power of the human intellect to reconstruct with the subtle accuracy and logical perfection which the theoretical physicist demands. Supreme purity, clarity, and certainty at the cost of completeness. But what can be the attraction of getting to know such a tiny section of nature thoroughly, while one leaves everything subtler and more complex shyly and timidly alone? Does the product of such a modest effort deserve to be called by the proud name of a theory of the universe?

In my belief the name is justified; for the general laws on which the structure of theoretical physics is based claim to be valid for any natural phenomenon whatsoever. With them, it ought to be possible to arrive at the description, that is to say, the theory, of every natural process, including life, by means of pure deduction, if that process of deduction were not far beyond the capacity of the human intellect. The physicist's renunciation of completeness for his cosmos is therefore not a matter of fundamental principle (EINSTEIN, 1918).

> A tarefa suprema do físico é chegar àquelas leis elementares fundamentais sobre as quais o cosmos pode ser construído através de pura dedução. Não existe passagem lógica para essas leis; somente a intuição, apoiada na compreensão simpática da experiência, pode alcançá-las. Nessa incerteza metodológica, pode-se supor que haveria um número grande de possíveis sistemas de física teórica todos igualmente bem justificados; e essa opinião é, sem dúvida, correta, teoricamente. Mas o desenvolvimento da física mostrou que, em qualquer momento dado, de todas as possíveis construções, sempre é somente uma a que prova ser decididamente superior a todas as outras. Ninguém que tenha realmente se aprofundado na matéria negará que, na prática, o mundo dos fenômenos determina **de modo único** o sistema teórico que prevalece, a despeito do fato de que não existe ponte lógica entre os fenômenos e os seus princípios teóricos; isto é o que Leibniz descreveu de modo tão feliz como "harmonia pré-estabelecida". Os físicos frequentemente acusam os epistemólogos de não prestarem suficiente atenção a esse fato. Aqui, me parece, está a raiz da controvérsia ocorrida alguns anos atrás entre Mach e Planck (EINSTEIN, 1918, grifo meu)[19].

Cabe perguntar, no escopo de nosso estudo, se não haverá ponte lógica entre princípios teóricos e dados empíricos. Parece que McAllister aponta para um caminho que é do escopo lógico, ainda que seja de uma lógica indutiva, mostrando como os critérios estéticos podem ser indicativos da verdade de teorias, ao menos em tese. Acredito haver ainda outra "ponte" a considerar, que será discutida mais profundamente no próximo capítulo, e que seria a analogia entre a mente e a natureza, ou seja, a ligação que há entre o conhecimento humano e a natureza ela mesma, sendo a mente também parte da natureza. Reconheço que ambas as crenças, aquela de Einstein e Leibniz quanto a uma harmonia pré-estabelecida, e a minha, quanto a uma relação entre mente e natureza, são escolhas metafísicas e ambas justificáveis e aceitáveis. É justamente essa inquietação que leva este estudo adiante, uma vez que, não contente com a resposta da tradição, busco outros caminhos. Como discutirei no capítulo seguinte, existem outros autores que também não seguem a tradição e propõe um caminho explicativo que me parece mais razoável.

Para Einstein, uma harmonia pré-estabelecida que é atribuída ao mundo e que pode ser encontrada através do trabalho teórico. Tal como já mostramos foi ressaltado por Howard (2014), fica patente a subdeterminação das teorias em relação à experiência empírica. Aquela teoria que é a "correta" será a que tem maior sucesso empírico – e trata-se de apenas uma.

[19] The supreme task of the physicist is to arrive at those universal elementary laws from which the cosmos can be built up by pure deduction. There is no logical path to these laws; only intuition, resting on sympathetic understanding of experience, can reach them. In this methodological uncertainty, one might suppose that there were any number of possible systems of theoretical physics all equally well justified; and this opinion is no doubt correct, theoretically. But the development of physics has shown that at any given moment, out of all conceivable constructions, a single one has always proved itself decidedly superior to all the rest. Nobody who has really gone deeply into the matter will deny that in practice the world of phenomena uniquely determines the theoretical system, in spite of the fact that there is no logical bridge between phenomena and their theoretical principles; this is what Leibnitz described so happily as a "pre-established harmony." Physicists often accuse epistemologists of not paying sufficient attention to this fact. Here, it seems to me, lie the roots of the controversy carried on some years ago between Mach and Planck (EINSTEIN, 1918).

Nessa estrutura de pensamento, não há lugar para duas ou mais teorias igualmente consistentes com dados empíricos, mas que não fossem consistentes entre si; e pode-se compreender o desconforto do físico com os desenvolvimentos da teoria quântica. Aceitar a possibilidade de um pluralismo de qualquer tipo seria abrir mão, para Einstein, de uma harmonia pré-estabelecida. Para ele, mais vale acreditar que em tese se poderia encontrar uma teoria universal da qual todas as outras pudessem ser derivadas dedutivamente, ainda que isso esteja fora do alcance humano realizar, do que ter que encarar a possibilidade de que poderia haver uma multiplicidade de descrições da realidade que poderiam conviver de modo consistente, mas que não indicariam essa harmonia pré-estabelecida, nem a possibilidade de uma ciência básica em relação à qual todas as outras pudessem ser reduzidas.

Para Einstein, a simplicidade da harmonia da natureza, característica estética metafísica, pode ser alcançada através do trabalho teórico, uma vez que existe uma analogia entre o pensamento e a natureza, do mesmo modo que afirmei. Essa convicção também pode ser encontrada em Física e Realidade (EINSTEIN, 1936; 2006) quando, ao explicar que o conhecimento vai ganhando estratos cada vez mais elevados de simplificação e generalização, rejeita para esses estratos a caracterização de "abstratos", afirmando que, primeiro, não se pode separar claramente os conceitos em conjuntos de estratos mais ou menos generalizados e, segundo, que são resultado direto da aplicação experimental e tomados sempre diante de sua aplicação experimental. Essa "multiplicidade de níveis", para o autor, "corresponde ao único avanço que a luta pela unificacão dos fundamentos da Física nos propiciou ao longo do seu desenvolvimento" (EINSTEIN, 1936; 2006), ilustrando, assim, a crença do autor na possibilidade da ciência em alcançar a teoria unificadora e globalizante. Essa busca só é concebível dentro do esquema de preceitos estabelecidos de simplicidade e de ser passível de tratamento matemático e lógico, ainda que em princípio.

Diz ainda, "Que a natureza – na maneira pela qual ela é acessível a nossos sentidos – tenha o caráter de uma bem concebida charada é uma crença para a qual de um certo modo os sucessos até agora obtidos pela Ciência nos impele" (EINSTEIN, 1936; 2006). A "charada" é configurada pelos fenômenos, cuja natureza é inteligível e racional – os seus elementos e as relações entre eles estão lá, no mundo, dados de modo simples e lógico, sendo a tarefa do cientista desvendar a solução para o problema. Isso é algo corroborado pelos sucessos que se pode perceber na história da ciência.

Podemos, portanto, delinear um quadro bastante claro do conjunto de critérios estéticos – o cânone einsteiniano – um conjunto de preceitos metafísicos que norteiam a escolha de teorias. Esses preceitos, tal como mostra McAllister (1996, p. 182), são o cânone

vigente para a física na passagem do século XIX ao XX – Einstein configura-se, de fato, como o auge e a suprema realização desse cânone, tradicionalmente estabelecido ao longo de pelo menos três séculos.

Como posso, então, manter a minha afirmação de que Einstein seria, ainda assim, revolucionário. De fato, não o poderia caso tomasse em conta somente os critérios meta-teóricos para escolha de teorias e, assim, me veria obrigado a concordar com McAllister (1996, p. 182). Entretanto, vejo que proceder assim seria subitamente atribuir a um conjunto de preceitos, que não são exatos e muito menos claramente racionais, exigências de respostas e resultados exatos e precisos. Se não, vejamos, de tal modo o cânone estético atua que os próprios utilizadores desses preceitos, na maioria das vezes, não estão conscientes de os utilizarem; como o texto citado acima mostra: "não existe ponte lógica entre os fenômenos e os seus princípios teóricos" (EINSTEIN, 1918), embora de fato não haja ponte dedutiva, o autor não parece consciente do processo indutivo que ocorre na formação desse conjunto de critérios. Aquilo que em geral é atribuído à "intuição", como mostra McAllister (1996), é, de fato, o cânone estético em ação. Além disso, como parte do cânone estético está a metafísica, na qual Einstein foi de fato revolucionário, e seria difícil para qualquer um afirmar o contrário, pois sua ciência muda radicalmente o modo como consideramos ser a realidade do espaço e do tempo.

Einstein seguiu o cânone de sua época à risca e levou-o às mais extremas consequências, mas não completamente, pois coloca em cheque de maneira crucial um elemento importantíssimo desse cânone: a noção absoluta de espaço numa estrutura euclidiana. Muitas vezes, não se podem obter bons resultados em alterar-se todo um sistema mudando diversos de seus parâmetros ao mesmo tempo. Einstein muda um dos parâmetros do cânone estético, e somente um, muito embora possamos dizer com tranquilidade que se trata de um pivô central de toda a física. Literalmente gira o espaço de cabeça para baixo e coloca-o do avesso, por assim dizer.

3.5 CHANDRASEKHAR E A COMPARAÇÃO ENTRE ARTISTAS E CIENTISTAS

Tendo recebido o prêmio Nobel de Física em 1983, Subrahmanyan "Chandra" Chandrasekhar (1910-1995), astrofísico americano de origem indiana, contribuiu de maneira importante com seu tratamento matemático da evolução das estrelas para os modelos teóricos que se tornaram hegemônicos na área (HORGAN, 1994). Formou-se na Faculdade Presidencial de Madras e na Universidade de Cambridge, passando a maior parte de sua

carreira na Universidade de Chicago, onde lecionou de 1937 até a sua morte, em 1995, aos 84 anos. Sua produção como físico teórico foi prolífica, com estilo particular de dominar diversas áreas da física e da astrofísica, dedicando-se durante alguns anos a determinado tema, exaurindo-o, publicando diversos artigos a respeito e publicando por fim um livro que sumariza os principais conceitos naquele campo. Depois, passa a outro tema (O'CONNOR; ROBERTSON, 2005).

> Após os primeiros anos de preparação, o meu trabalho científico seguiu certo padrão, motivado principalmente por uma **busca por perspectivas**. Na prática, essa busca consistiu em minha escolha (depois de algumas tentativas e adversidades) de determinada área, que parecia suscetível ao cultivo e compatível com o meu gosto, a minha capacidade e o meu temperamento. Depois de alguns anos de estudo, sinto que já acumulei um corpo de conhecimento suficiente e obtive a minha própria visão, e tenho a necessidade de apresentar o meu ponto de vista *ab initio*, com uma explicação coerente, com ordem, forma e estrutura (CHANDRASEKHAR, 1983 *apud* WALI, 2001, p. vii, grifo meu)[20].

Desse modo, contribuiu para a compreensão atual de diversas áreas da física, como: de 1929 a 39, a estrutura e evolução das estrelas, incluindo a teoria das anãs brancas, área que lhe rendeu o Prêmio Nobel em 1983; de 1938 a 43 - a dinâmica estelar, incluindo a teoria do movimento browniano; de 1943 a 50 - a transferência radiativa e a teoria quântica do íon negativo de hidrogênio; de 1950 a 61 - hidrodinâmica, termodinâmica e campos magnéticos na astrofísica; de 1961 a 68 - o equilíbrio e a estabilidade de figuras elipsoidais; de 1962 a 71 - a teoria da relatividade geral e a astrofísica relativística; de 1974 as 83 - a teoria matemática dos buracos negros; de 1983 a 95 - as ondas em colisão, as oscilações não radiais de estrelas na relatividade geral, bem como a produção de um livro sobre os Principia, de Newton, para o homem comum (CHANDRASEKHAR, 1995). Essa vultosa contribuição à ciência torna Chandra, como insistia em ser tratado por seus orientandos, que foram dezenas ao longo de seus 60 anos de carreira, "um dos mais importantes cientistas de todos os tempos" (WALI, 2001; O'CONNOR; ROBERTSON, 2005).

Chandra também se dedicou a produzir textos que podem ser chamados "de divulgação científica", obras voltadas para o público leigo, em que explica ciência. Esse é o caso de seu livro sobre os Principia, mas também de 'Why things are the way they are'

[20] After the early preparatory years, my scientific work has followed a certain pattern motivated principally by a quest after perspectives. In practice, this quest has consisted in my choosing (after some trials and tribulations) a certain area, which appears amenable to cultivation and compatible with my taste, ability, and temperament. And when after some years of study, I feel that I have accumulated a sufficient body of knowledge and achieved a view of my own, I have an urge to present my point of view ab initio, in a coherent account with order, form, and structure (CHANDRASEKHAR, 1983 *apud* WALI, 2001, p. vii).Todas as traduções são minhas.

(CHANDRASEKHAR, 1998), em que explica a física da matéria condensada para leigos. Ao estudar os textos filosóficos do autor, percebe-se o grau profundo de sua formação cultural geral, como veremos adiante.

Nos vinte anos em que foi editor do 'The Astrophysical Journal', por exemplo, ficou conhecido por sua luta para que os artigos do periódico fossem bem escritos (HORGAN, 1994). Essa sólida formação cultural propiciou que o físico também produzisse textos de divulgação científica com profundo interesse filosófico, cuja importância para esta tese é patente e é sobre eles que nos debruçaremos. Concentrados na parte final do segundo volume da seleção feita por Kameshwar Wali (CHANDRASEKHAR, 2001), as palestras, artigos e pronunciamentos sobre ciência mostram três temas de interesse aqui e que parecem ter sido caros ao autor: a valorização da beleza como indicador da verdade, a necessidade de uma "busca por perspectivas" no empreendimento científico, e a questão metafísica mais básica para a física e para a filosofia: a pergunta sobre de que consiste o mundo e como podemos conhecê-lo. Esses temas são interligados e, para esse autor, parecem ser um só tema.

Sua confiança de que a matemática seria o guia para teorias verdadeiras, tal como aquela de Dirac, é um traço que pode ser visto ao longo de todo o seu trabalho. Por exemplo, quando apresentou sua teoria para o limite do tamanho das estrelas ao esfriarem e tornarem-se anãs brancas, aos 24 anos de idade, é ridicularizado por ela na Royal Society, no Reino Unido, fato que contribuiu para a sua decisão de ir para os EUA, mas manteve-se inabalável em sua confiança nos cálculos matemáticos e hoje esse limite é conhecido como "Limite de Chandrasekhar" (HORGAN, 1994).

Analisarei alguns desses textos, que se mostram importantes para a filosofia da ciência. Entretanto, como não são um conjunto de textos que teria sido preparado para uma edição conjunta, o que só foi feito posteriormente, há muitas repetições das ideias apresentadas. Essa repetição demonstra a consistência das posições do autor ao longo de sua vida, bem como serve para ratificar qual era a sua posição. Entretanto, buscarei ater-me aos melhores exemplos, apenas citando os que são repetidos. São textos que corroboram os pontos de vista defendidos nesta tese e corroboram o valor da filosofia da ciência feita por um físico profissional. Alguns desses textos são bastante complexos e demonstram ter diversos níveis de compreensão – talvez Chandra dialogasse com diversos interlocutores ao mesmo tempo – chegando a ser enigmáticos. O estudo mais aprofundado do trabalho de Chandra enquanto obra filosófica é uma necessidade que não poderá ser exaurida aqui, mas que fica como indicação para pesquisas futuras.

3.5.1 A mais bela de todas as teorias

Não admira que Chandrasekhar tenha escrito diversos textos louvando as teorias de Einstein, uma vez que dedicou grande parte de seu trabalho à aplicação destas em suas investigações astronômicas. Tomados isoladamente, podem ser lidos como simplesmente isso: textos de divulgação e louvor ao trabalho do colega. Em seu conjunto, entretanto, dão continuidade e são aprofundamento das ideias que estão delineadas no texto em que versa sobre os padrões de criatividade. Em cada um deles, encontramos os mesmos elementos: a importância da beleza para encontrar a verdade e a busca do autor em caracterizar as características estéticas da teoria da relatividade geral.

No texto 'Einstein and General Relativity', palestra feita no memorial a Oppenheimer, e publicada no 'American Journal of Physics', em 1979 (CHANDRASEKHAR, 2001, pp. 1206-1221), coloca o colega como tendo um "lugar único" na física do século 20, ainda que seu trabalho seja menos relevante para a física fundamental do que o de uma série de outros físicos, como "Lorentz, Poincaré, Rutherford, Bohr, Fermi, Heisenberg, Dirac e Schrödinger". Certamente, esses físicos, além de outros, desenvolveram trabalhos com maior impacto que aquele desenvolvido por Einstein e que, em diversas instâncias, foram cruciais, anteciparam, ou desenvolveram o trabalho feito pelo físico (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1206).

Para Chandra, Einstein é único por ter sido, individualmente, o desenvolvedor da teoria geral da relatividade. Ainda que essa teoria tenha aspectos históricos "paradoxais", como a atitude de exaltação benigna em relação ao seu trabalho nos primeiros 50 anos de sua recepção por parte da comunidade, ou ainda a "hostilidade ativa a que a teoria foi sujeita" por parte de alguns (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1206). Não é fácil, portanto, desvendar as diferentes tensões que compõe a história dos conflitos em torno da teoria (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1207). Entretanto, sente a tarefa como não sendo tão difícil, uma vez que considera, junto com Weyl, a relatividade geral como "o maior exemplo do poder do pensamento especulativo" (WEYL *apud* CHANDRASEKHAR, 2001).

O modo como surge a teoria que substitui a gravitação newtoniana não ocorre de nenhuma das "maneiras normais" com que surgem novas teorias, uma vez que invariavelmente as teorias surgem como resultado do conflito de outras teorias com os experimentos e da necessidade de incorporação dos fatos com o "todo harmonioso daquilo que já se conhece". Além disso, em geral, teorias são avaliadas em relação à medida com que são bem sucedidas em descrever novos fenômenos. Esse não foi o caso da teoria da relatividade geral. Além de estar em contradição com a teoria especial da relatividade, havia

dois "mistérios" na teoria newtoniana: o fato de haver ação imediata à distância e o fato empírico de que corpos de tamanhos e massas diferentes sofram a mesma aceleração da gravidade – identidade que não tem base teórica, apenas demonstração empírica (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1207).

Ademais, não havia necessidade de uma nova teoria gravitacional, uma vez que se poderia considerar que na maior parte dos casos trata-se de fenômenos com velocidades muito abaixo da velocidade da luz, e seria aceitável utilizar a teoria newtoniana, que considera a velocidade da luz como infinita, mas Einstein não procedeu assim, buscando "uma teoria exata que seria válida mesmo se as velocidades de corpos gravitacionais fossem próximas à velocidade da luz". Einstein vai adiante e formula uma teoria que une tempo, espaço e matéria (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1208).

A teoria produzida por Einstein é produto de puro pensamento especulativo – não toma como base fatos empíricos que as teorias vigentes não dão conta de explicar, não surge da necessidade de explicar ou prever outros fatos empíricos – ela surge da necessidade lógica de tornar consistentes determinados preceitos cuja teoria vigente, a newtoniana, não dá conta de explicar. Produzindo um resultado de extrema simplicidade, é tida como bela e aceita por muitos, apesar do pouco interesse que produziu para o próprio desenvolvimento da física nos primeiros 50 anos após a sua publicação (CHANDRASEKHAR, 2001, *passim*).

Sua teoria provoca, e Chandra cita Eddington, "uma revolução no pensamento da física" (*apud* CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1209) e Weyl, para quem a teoria teve um efeito

> Como se uma parede que nos separava da verdade tivesse ruído. Expansões mais amplas e maiores profundidades estão agora expostos ao olho do conhecimento que pesquisa, regiões das quais não tínhamos nem pressentimento. Ela nos trouxe mais próximo de compreender o plano que perpassa todo acontecimento físico (WEYL *apud* CHANDRASEKHAR, p. 1209)[21].

Entretanto, diversos foram aqueles que não aderiram à teoria einsteiniana. Entre os exemplos dados por Chandra estão a avaliação de J. J. Thomson, para quem a teoria "envolve matemática muito obscura", que confessa não compreender, embora admire Einstein por sua maestria em "atacar problema de dificuldade transcendente" (*apud* CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1210). Ou Rutherford, para quem a teoria deve ser tida como um "magnífico trabalho de arte", considerando sua distância do tratamento empírico (*apud* CHANDRASEKHAR,

[21]It is as if a wall which separated us from the truth has collapsed. Wider expanses and greater depths are now exposed to the searching eye of knowledge, regions of which we had not even a presentiment. It has brought us much nearer to grasping the plan that underlies all physical happening (WEYL, *apud*, CHANDRASEKHAR, p. 1209).

2001). Ainda Whitehead, que tentou uma formulação alternativa, que seria mais razoável matematicamente, mas que falhou aos testes empíricos (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1211) e Milne, que desenvolve uma teoria cinética da relatividade, afirmando ter Einstein formado uma teoria com muitos problemas, "um jardim em que crescem ervas e flores", enquanto em seu "jardim, crescem somente flores", referindo-se à própria teoria (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1212). A caracterização da teoria como obra de arte sugere que existe diferença entre ela e o 'modo normal' como são produzidas teorias científicas, muito embora também seja sinal de que seu produto apresente as características esperadas em uma obra de arte: ser bem construída e bela.

Chandra relata, então, a partir de diálogos que ele mesmo presenciou, entre alguns físicos, entre eles Eddington e Rutherford, como os fatores históricos influenciaram de modo crucial na notoriedade que a teoria da relatividade geral ganhou a partir dos resultados das observações do eclipse solar feitas no Brasil em 1919. Em resumo, Eddington, por ser Quaker, recusaria alistar-se para a guerra, como objetor de consciência. Para evitar que fizesse essa declaração, uma vez que objetores de consciência sofriam sanções, a Royal Society interveio, apelando à importância de o cientista permanecer no Reino Unido por seu trabalho científico, notadamente sobre a teoria da relatividade. Essa série de eventos, bem como a afortunada ocasião do eclipse solar total, cuja repetição se daria somente muito tempo depois, oferecendo oportunidade única para tal observação, puderam dar ocasião à notoriedade da teoria da relatividade.

É importante ressaltar que o valor da deflexão da luz que foi observado consistiu de um valor que é o dobro daquele previsto pela teoria de Einstein. Caso tivesse havido a oportunidade de observação no eclipse de 1914, na Rússia, Einstein poderia ter corrigido sua teoria de acordo; mas isso não ocorreu devido à guerra. Além disso, o evento da observação ele mesmo foi motivo de grande publicidade, num momento histórico importante para o Reino Unido (CHANDRASEKHAR, 2001, pp. 1212-19).

Mas apesar dessas circunstâncias históricas terem sido determinantes para a notoriedade de Einstein, para Chandra, nada disso diminui a "magia" que a teoria exerce sobre quem a compreende. Sua beleza é, para o autor, motivo de crença de que a teoria é necessariamente próxima à verdade. Qualquer aproximação ou alteração que a teoria necessitasse por correções posteriores, que reduzissem sua beleza, seriam motivo para se ter "pena do Senhor" (de Deus): a teoria é tão bela que o próprio Einstein teria dito à sua mãe que, caso o experimento não demonstrasse estar correta, ele teria pena de Deus, pois a teoria

está correta. Essa anedota expressa a posição que também é de Chandrasekhar: tão bela é a teoria, que é necessariamente verdadeira (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1221).

3.5.2 Os padrões de criatividade de artistas e de cientistas

Em palestra feita em 1975 na Universidade de Chicago sobre "padrões de criatividade", coloca-se, a princípio, a questão sobre se existe diferença entre os padrões de criatividade de artistas e cientistas. Este talvez seja um dos textos mais interessantes de Chandra, sob diversos aspectos. Embora esteja muito bem escrito, o texto não parece apresentar uma conclusão clara, o que nos leva a crer que talvez haja diversas 'mensagens' em seu interior, endereçadas a diferentes interlocutores. Isso se dá devido ao fato de que é um texto repleto de referências, e talvez parte de sua plateia não compeendesse ou acompanhasse algumas delas. Além disso, é um texto surpreendente, pois um físico profissional apresenta uma avaliação de dois artistas, ainda que consagrados, mas demonstrando um conhecimento profundo não só da obra completa desses artistas, como de sua história e crítica.

Não menos surpreendente é o seu conhecimento profundo da história relativa à biografia de Newton – não é comum que físicos profissionais conheçam a história da física. Usando os exemplos de três nomes que são marcos para a cultura ocidental e mundial, passa a defender, de modo sutil, o seu próprio trabalho. O modo como o faz nos leva a considerar se não seria de fato uma resposta – seja a críticas contingentes que tivesse recebido, seja às dificuldades encontradas em sua própria trajetória de vida, pois sendo de origem indiana, encontrou resistência em ser aceito no Reino Unido, tendo em razão disso migrado para a América do Norte.

Em sua palestra, avalia, primeiro, a biografia de Shakespeare, Newton e Beethoven, buscando identificar seus padrões de criatividade. Busca ir dos casos mais "altos e raros" para tirar conclusões mais amplas que possam ser válidas para "níveis mais baixos" (CHANDRASEKHAR, 2001, pp. 1168-69). Uma das primeiras conclusões a que chega é a de que, ao menos no que esses exemplos indicam, enquanto os cientistas tiveram o auge de sua produção e criatividade na juventude, passando o restante de sua vida apenas explicando suas grandes descobertas de então, mas não encontrando de fato nenhuma nova descoberta tão importante quanto aquela que lhes deu notoriedade, os artistas passaram a sua vida inteira produzindo e criando, frequentemente com refinamento cada vez maior ao final de sua vida (CHANDRASEKHAR, 2001, *passim*).

Parece querer refletir com sua investigação aquilo que talvez fosse o senso comum em seu meio profissional: o de que matemáticos (incluindo físicos matemáticos) têm seu auge de produção e possibilidade de criação plena apenas na juventude e que na velhice não mais haveria possibilidade de grandes descobertas ou realizações. Para Chandra, esses exemplos não são suficientes para uma generalização completa, pois existem dois tipos de cientistas: aqueles que de fato mostram esse histórico, enquanto outros produzem por toda a vida. Parece querer defender seu próprio caso, uma vez que, como já notamos, Chandra produziu ao longo de toda a sua (longeva) vida adulta.

Há que se ressaltar a impressionante profundidade com que o autor traz esses três exemplos. Embora seja muito pouco comum, não seria de admirar que um físico conhecesse a história de Newton e pudesse comentá-la indo à letra do seu texto e aos fatos históricos documentados de sua biografia, mas Chandra não só faz isso para Newton, como comenta do mesmo modo e com a mesma profundidade as biografias de Shakespeare, demonstrando ter lido toda a sua obra, e de Beethoven, numa *tour de force* de crítica da história da arte. Esse conhecimento demonstra sua consistente preocupação com o conhecimento humano como um todo, em todos os seus campos. Essa preocupação é, por sua vez, consistente com uma busca por perspectivas. Após essa análise, a questão que é mote de sua exposição é reiterada:

> Dos relatos acima dos padrões de criatividade de Shakespeare, Beethoven e Newton, embora muito breves e muito inadequados, dois fatos emergem com surpreendente clareza: a impressionante similaridade entre os padrões de criatividade de Shakespeare e Beethoven, por um lado, e seu forte contraste com aquele de Newton, por outro. Seriam a similaridade e o contraste acidentais? Ou são manifestações de um fenômeno geral que, no caso de gigantes apenas acontece de ser fortemente marcado? (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1191)[22]

Enquanto Shakespeare e Beethoven produziram ao longo de toda a sua vida, aprimorando seu trabalho e demonstrando cada vez maior talento com o passar dos anos, Newton produz intensamente na juventude apenas. Seus exemplos servem para colocar a questão de se seria essa uma diferença entre artistas e matemáticos, e claramente quer mostrar que não é o caso, que estes possuem os mesmos padrões de criatividade.

Assim, em seguida, traz mais exemplos desse contraste entre artistas e matemáticos. Existe uma crença comum de que a matemática só pode ser perseguida de modo inovador na

[22]From the foregoing accounts of the creative patterns of Shakespeare, Beethoven, and Newton, though very brief and very inadequate, two facts emerge with startling clarity: the remarkable similarity in the creative patterns of Shakespeare and Beethoven on the one hand and their stark contrast with that of Newton on the other. Are the similarity and the contrast accidental? Or, are they manifestations of a general phenomenon which in the case of these giants only happens to be very sharply etched? (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1191)

juventude, enquanto os poetas só mostram aprimoramento e maior capacidade criativa com a maturidade (CHANDRASEKHAR, 2001, pp. 1191-92). Segue com exemplos de outros físicos, como Maxwell, Stokes e Einstein, que também parecem corroborar essa visão comum (CHANDRASEKHAR, 2001, pp. 1193-95). A essa altura do texto, fica claro que Chandra busca caracterizar essa visão comum e que tem consciência de que não é um simples preconceito de sua época, mas algo repetido e passado por muitas gerações. Entretanto, não se contenta com simplesmente aceitar essa diferença e contraste como dada e começa a apresentar contra-exemplos de homens de ciência que de fato produziram ao longo de toda a vida, mostrando crescente amadurecimento em seu trabalho, num padrão de criatividade atribuído aos artistas.

Lord Rayleigh, John Strutt (1842-1919) Nobel de Física em 1904, por pesquisas sobre as densidades dos principais gases, por exemplo, produziu 446 artigos ao longo de sua vida, que compreendem seis volumes de sua obra científica, todos importantes e significativos (CHANDRASEKHAR, 2001, pp. 1195-96), exemplo que o faz perguntar qual seria a diferença tão grande entre Rayleigh e Maxwell. A resposta é dada nas palavras de Joseph John Thomson (1856-1940) Nobel de Física em 1906 pela descoberta do elétron.

> Há alguns grandes homens de ciência cujo charme consiste em ter dito a primeira palavra sobre uma disciplina, tendo introduzido alguma nova ideia que se provou frutífera; há outros cujo charme consiste talvez em ter dito a última palavra sobre uma disciplina, e que reduziram a disciplina à consistência lógica e clareza (THOMSON, memorial a Rayleigh, *apud* CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1196)[23].

E em seguida a moral nas palavras de Rayleigh ao seu filho, quando este o pede para comentar o dito de Huxley, de que homens de ciência com mais de 60 anos de idade fariam mais dano do que benefício. Rayleigh teria respondido que esse pode ser o caso, se se puserem a criticar o trabalho dos jovens, mas que não precisa ser assim, se se ativerem aos temas de seu domínio (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1196).

O que o deixa intrigado na discussão sobre os padrões de criatividade é haver diferenças, uma vez que ambas, ciência e arte, buscam o mesmo: beleza – e então pergunta-se "O que é beleza?" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1197) Fica claro que o mote de sua apresentação é apenas isso, um mote. A partir dele, apresenta suas ideias, assim como se afirma, ele mesmo já contando com muitas décadas de vida, como consistente produtor de

[23] There are some great men of science whose charm consists in having said the first word on a subject, in having introduced some new Idea which has proved fruitful; there are others whose charm consists perhaps in having said the last word on the subject, and who have reduced the subject to logical consistency and clearness (THOMSON, memorial a Rayleigh, *apud* CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1196).

conhecimento, mas a sua agenda é, claramente, o tema da beleza, e sua apresentação, que começa com a questão dos padrões de criatividade, passa a defender a importância da beleza.

Para definir o que é beleza, encontra-se a boa formulação de Heisenberg em seu ensaio 'The Meaning of Beauty in the Exact Sciences', que Chandra cita: "beleza é a adequada conformidade das partes entre si e com o todo" (HEISENBERG, 1974 *apud* CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1197)[24], definição que, ressalta, aplica-se igualmente ao King Lear, de Shakespeare, à Missa Solemnis, de Beethoven, e aos Principia, de Newton. Para o autor, existe "ampla evidência de que, em ciência, a beleza é frequentemente fonte de deleite". Segue citando exemplos de "expressões desse deleite espalhados na literatura científica" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1197), como o dito por Kepler, de que "A matemática é o arquétipo da beleza" (*apud* CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1197), e o de Hilbert, que alude à alegria compartilhada diante de bela matemática (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1197) e, ainda, Weyl, para quem o trabalho científico consiste em "unir beleza e verdade" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1198) e, voltando a Heisenberg que, numa discussão com Einstein, afirma que quando a natureza "nos guia para formas matemáticas de grande simplicidade e beleza (...) só podemos pensar que são 'verdadeiras', que revelam um aspecto genuíno da natureza" (*apud* CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1198). Essa intuição de que a beleza matemática indica o caminho para a verdade é partilhada por Chandra, mas exatamente de que beleza estão falando? Admite que trata-se de exemplos vagos e que há a necessidade de ser "concreto e específico".

O que Chandra apresenta como concreto é a "profunda conexão" entre o inteligível e o belo – por primeira vez encontrada por Pitágoras, quando descobre que cordas tensionadas de modo igual soam harmoniosamente se os seus comprimentos estiverem em razão numérica simples entre si. O mesmo sentimento de harmonia e beleza pode ser encontrado na "música das esferas" à qual alude Kepler em suas leis dos movimentos planetários e novamente em Heisemberg, ao "encontrar a chave que abre a porta a todos os desenvolvimentos subsequentes da teoria quântica" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1197). Continua citando Heisemberg, em sua descrição dessa descoberta, na qual, após perceber que sua teoria era matematicamente consistente, e alarmar-se com isso, ter

> o sentimento de que, através da superfície dos fenômenos atômicos, eu estava olhando para um interior estranhamente belo, e quase senti uma vertigem com o

[24] "beauty is the proper conformity of the parts to one another and to the whole" (HEISENBERG, 1974 *apud* CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1197). Esse, bem como outros textos de Heisenberg, comentarei no capítulo seguinte desta.

> pensamento de que agora precisava sondar essa profusão de estruturas matemáticas que a natureza tão generosamente tinha desdobrado diante de mim (HEISENBERG, 1974 *apud* CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1199)[25].

Chandra repete os ditos que utiliza repetidamente para concluir seus pronunciamentos: "A simplicidade é o selo da verdade" e "A beleza é o esplendor da verdade" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1200). O que apresenta como "específico e concreto" é o "arrepio diante da beleza", a sensação de haver encontrado 'o real'.

O fato é que não conclui seu texto de modo afirmativo. Do ápice que trouxe com a epifania de Heisenberg, revisita a questão dos padrões de criatividade, trazendo ainda mais citações e exemplos, como o de que Faraday inaugura um modo de fazer ciência retomado por Maxwell, em que as imagens (modelos, analogias e metáforas) se mostram extremamente profícuas como ferramentas heurísticas (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1200). Pedindo, então, perdão por não responder diretamente à pergunta colocada, cita diversos trechos de cientistas e poetas, principalmente Shelley, para quem a ciência deveria adotar o método da poesia, para encontrar o 'divino'.

Enfim, em um texto enigmático e de compreensão bastante difícil, em que apresenta uma pergunta para a qual não encontra resposta clara, a de se há diferença entre os padrões de criatividade de cientistas e artistas, que leva à discussão de que a beleza é indicadora de verdade e de que é necessário, para tal, ter em mãos uma pluralidade de perspectivas, não só no interior do campo de estudo de uma só disciplina, mas da totalidade do conhecimento humano, de que também é necessário partir de uma formação vasta e profunda, principalmente a interseção entre ciência e arte, para ter acesso a essa indicação, mas termina desculpando-se por não apresentar uma resposta clara. Ao mesmo tempo, esse acesso não é total nem absoluto – é um lampejo, uma iluminação rápida e pontual, tal como a rápida visão que se tem de alguns objetos à distância no meio de densa neblina. Talvez o autor perceba que a "verdade" não pode ser apenas inteligida, mas precise também, ao mesmo tempo, ser sentida, visto ser necessariamente simples e bela.

Em resumo, o texto da palestra de Chadrasekhar mostra que o autor não vê diferença relevante entre os padrões de criatividade de artistas e cientistas. Existem tanto artistas quanto cientistas que produzem uma obra crucial na juventude, parando sua produção nessa época de vida, enquanto outros demonstram grande produtividade e crescente criatividade ao longo de

[25]I had the feeling that, through the surface of atomic phenomena, I was looking at a strangely beautiful interior, and felt almost giddy at the thought that I now had to probe this wealth of mathematical structure nature had so generously spread out before me (HEISENBERG, 1974 *apud* CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1199).

toda a vida. Mas isso é apenas ensejo para apresentar aquilo que talvez seja o mais importante para ele: sua intuição de que a beleza encontrada nos desenvolvimentos matemáticos é indicadora da verdade, ou seja, é sinal de que a teoria científica está num caminho certo para a descrição da natureza.

3.5.3 A base estética da Teoria da Relatividade

Em 'The Aesthetic Base of the General Theory of Relativity' (CHANDRASEKHAR, 2001, pp. 1222-1252), de 1986, Karl Schwarzschild Lecture feita para a Sociedade Astronômica Alemã, diversos dos argumentos acima são repetidos, desta vez a partir das contribuições de Schwarzschild (astrônomo alemão, 1873-1916), cujas contribuições indicam possíveis problemas quanto à precisão das previsões feitas pela teoria geral.

Deixando de lado momentaneamente esses problemas específicos quanto à precisão, Chandra relembra a caracterização da teoria de Einstein como sendo "extremamente bela" e como tendo "grande beleza matemática", e coloca as questões: "Qual é a base estética da teoria? E, mais importante, em que medida a sensibilidade estética é relevante para a excelência da formulação e solução dos problemas que nos levarão a uma compreensão mais profunda da teoria?" Quer justificar a confiança na teoria, "a despeito de apoio empírico inadequado" e, para isso, é necessário que se considere a situação "peculiar" que a teoria tem "em relação à sua confirmação pela observação e experimento" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1227).

De fato, a teoria tem sido bem sucedida em termos das previsões das variações de tempo medido em relógios distantes entre si, bem como para os efeitos de precessão em períodos orbitais observados através de um campo gravitacional. Muito embora essas observações apresentem erros, estes são em partes de milhão (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1227). Além disso, diversos aspectos, como a ocorrência em limites de campos gravitacionais fortes, haviam sido observados até então (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1228). Entretanto, a confirmação de uma teoria deveria ser dada a partir da observação de efeitos que somente aquela teoria explicaria, como o que ocorre em outras, sendo que apenas o dado empírico de que a luz é desviada pela força gravitacional não seria suficiente para corroborar a teoria einsteiniana. "Somente a confirmação da métrica do espaço tempo em torno de um buraco

negro poderia ser considerada como ‘determinante’ para a teoria em qualquer sentido real” (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1228)[26].

Mais adiante:

> Como já disse, não temos, até agora, nenhuma característica exata da relatividade geral que tenha sido confirmada pela observação; e nenhuma parece ser viável num futuro próximo. Por que, então, temos fé e confiança na teoria? Alguém poderia responder de modo mais explícito do que meramente dizer, como temos feito, que nossa confiança advém da ‘beleza da descrição matemática da natureza que a teoria oferece’ (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1228)[27].

Assim, não há base sólida para a teoria, mas a confiança nela se baseia na “consistência interna da teoria e em sua conformidade com o que acreditamos serem requisitos físicos gerais; e, acima de tudo, no fato de estar isenta de contradições com partes da física que não são contempladas na formulação da teoria” (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1228)[28].

Aqui precisamos relembrar a orientação que nos apresentou McAllister (1996) em seu relato do uso de critérios estéticos em ciência, que sugere que os critérios estéticos são estabelecidos no interior de uma comunidade científica e de acordo com as características de teorias bem-sucedidas. As características das teorias bem-sucedidas no passado recente são valorizadas ao se avaliar novas teorias. Nesse sentido, o conjunto de critérios estéticos inclui não só os explicitamente estéticos, como simplicidade e concisão, mas a própria metafísica que está envolvida na produção de uma teoria. Chandrasekhar (2001, p. 1228) explicita nesse trecho o modo como o critério de beleza é extraído, ou melhor, a beleza e simplicidade da teoria não são exatamente características de sua expressão em termos da composição da equação ou das equações que a ilustram, mas sim do modo como essas equações foram extraídas e como se relacionam entre si, a consistência interna da teoria, bem como com o corpo maior de conhecimento no qual a teoria está inserida, ou seja, o restante da física. Ou seja, tendo em vista as propostas de McAllister (1996), a comunidade científica em questão

---

[26] “Only a confirmation of the metric of the space-time around black holes can be considered as ‘establishing’ the theory in any real sense” (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1228).

[27] “As I have said, we have, as yet, no exact feature of general relativity that has been confirmed by observation; and none appears feasible In the foreseeable future. Why then do we have faith and confidence in the theory? One should respond more explicitly than merely to say, as some have, that our confidence derives from the ‘beauty of the mathematical description of nature which the theory provides’” (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1228).

[28] “on the internal consistency of the theory and on Its conformity with what we believe are general physical requirements; and, above all, on its freedom from contradiction with parts of physics not contemplated in the formulation of the theory” (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1228).

no caso que Chandra descreve é a que compõe toda a atividade em torno da física, incluindo, talvez, a sociedade em geral.

Para Chandra, não basta que haja simplicidade, simetria e beleza nas equações de uma teoria – essa beleza precisa perpassar toda a teoria, ser relacionada ao modo como a teoria é formada, e extrapolar o domínio da própria teoria, dizendo respeito ao modo como está posicionada e se relaciona com o universo no qual se insere. Diz Chandra que a teoria não somente precisa apresentar "consistência interna", mas precisa "acima de tudo" estar "em conformidade com princípios físicos gerais" e ser "isenta de contradições com partes da física não contempladas [pela teoria]" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1228). É como se disséssemos que não basta uma figura bela numa pintura, mas que sua beleza também depende da composição da figura no todo do quadro; mas não só isso, também é importante a relação desse quadro não só com a sua moldura, mas também com todo o ambiente no interior do qual o quadro está posicionado. A "boa conformidade das partes entre si e entre estas e o todo", no caso da beleza em ciência, extrapola a "obra" e envolve o conjunto da "arte".

Chandra cita exemplos dessas relações, em que se mostra como a relatividade geral obedece a princípios físicos gerais, como o da conservação de energia – para o qual permite uma ótima caracterização –, de que possui consistência interna, bem como o fato de que não se coloca em contradição com outros campos da física, como a termodinâmica ou a física quântica. Estas já seriam bases suficientemente firmes para a confiança na teoria geral da relatividade (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1229-1232).

Entretanto, vai além disso. Em seguida, afirma, "Existe outra característica da teoria que está relacionada à sua base estética" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1232). Explica que toda teoria da física possui "limitações que a circunscrevem"; essas limitações são superadas por teorias que as substituem. As novas teorias precisam ilustrar as "circunstâncias que são peculiares à teoria e cuja exata descrição fornecerá a base para sua confirmação". A base de confirmação para a teoria geral da relatividade está no estudo dos buracos negros.

> As características essenciais da teoria geral da relatividade são conceitos precisos relacionados a espaço e a tempo que incorpora. Esses conceitos generalizam de modo magistral aqueles que fundamentam a teoria especial da relatividade. Perguntamos: existem circunstâncias físicas nas quais esses conceitos novos da teoria da relatividade estão manifestos em sua pureza pristina? O espaço-tempo em torno de buracos negros fornece a arena requisitada. A teoria geral da relatividade resolve o problema desses espaços-tempos com completude magnífica. O espaço-tempo em torno dos buracos negros é especificado de modo único: ele é simples e envolve somente dois parâmetros: a massa do buraco negro e o momento angular do buraco negro; e o comportamento do espaço-tempo em todas as partículas de teste conhecidas é previsto de modo exato. Nenhuma das teorias físicas que foram exploradas até o momento forneceu um problema tão característico delas mesmas,

> nem solução tão completa. Essa característica da teoria geral da relatividade parece, para mim, como um de seus aspectos mais esteticamente satisfatórios: e isso me leva a examinar, de modo mais geral, a base estética da teoria (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1232)[29].

Embora Chandra tome a base estética como sendo "subjetiva", por ser influenciada pelo "temperamento e o gosto pessoal", apela à sua experiência de mais de 20 anos trabalhando com buracos negros (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1233), o que satisfaz ao critério de McAllister (1996), que pede que os critérios estéticos sejam produzidos por uma operação de inferência histórica.

Assim, pergunta-se: "que aspectos da teoria despertam a minha sensibilidade estética, e como os ingredientes estéticos da teoria influenciam e direcionam a formulação e a solução de problemas que levam a uma compreensão mais profunda do conteúdo físico e matemático da teoria?" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1233)[30] Novamente, a resposta são os buracos negros. A teoria permite sua descrição de modo exato, para todo e qualquer caso. Objetos macroscópicos estão sujeitos a diversas forças que agem sobre eles, sendo, em geral, difíceis de descrever. Buracos negros são os objetos macroscópicos mais simples, já que dois parâmetros são suficientes para os descreverem, e são os objetos macroscópicos mais perfeitos. Além disso, o desenvolvimento matemático possibilitado a partir desse tratamento repercute em diversas áreas da física, permitindo soluções para diversos outros problemas (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1233-1234).

Pergunta-se, "de que maneira a sensibilidade para aspectos matematicamente estéticos da teoria permite a formulação e a solução de problemas significativos para a física?" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1234). Adverte que é necessário usar de precisão para não se cair no amadorismo ("diletantismo"), e que, por isso, precisará usar linguagem mais técnica. Embora não sejamos diletantes, pois não dominamos a linguagem técnica utilizada pelo autor,

---

[29] "The essential features of the general theory of relativity are the precise notions regarding space and time which it incorporates. These notions generalize, in magisterial fashion, those that underlie the special theory of relativity. We ask: are there physical circumstances in which these new notions of the theory are manifested in their pristine purity? The space-time around black holes provides the requisite arena. The general theory of relativity solves the problem of these space-times with magnificent completeness. The space-time around black holes is uniquely specified: it is simple and it involves only two parameters: the mass of the black hole and the angular momentum of the black hole; and the behaviour in the space-time of all known test particles is exactly redicted. None of the physical theories that have been explored hitherto provides a problem so characteristic of itself and a solution so complete. This feature of the general theory of relativity appears to me as one of its most aesthetically satisfying aspects: and this leads me to examine, more generally, the aesthetic base of the theory" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1232).

[30] "what aspects of the theory appeal to my aesthetic sensibility and how do the aesthetic Ingredients of the theory influence and direct the formulation and solution of problems that lead to a deeper understanding of the physical and the mathematical content of the theory?" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1233)

essa passagem mostra algo que já havia sido descrito na pesquisa de mestrado, para o trabalho de Maxwell (PUIG, 2014): o uso da analogia para a transposição de um modelo matemático de uma teoria que descreve determinado escopo de fenômenos para outro, aparentemente não relacionado ao primeiro. É isso que Chandra percebe ocorrer, quando se transpõe a "arquitetura matemática" dos buracos negros para aquela das ondas gravitacionais em colisão e se obtém solução exata, bem como abrem-se novas implicações da teoria, que não haviam sido previstas antes (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1235) e segue com a descrição de como isso ocorre (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1235-1249). A obtenção de "uma solução fisicamente consistente por meio desse 'procedimento invertido' é uma manifestação da firme base estética da teoria geral da relatividade" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1243)[31].

Ou seja, a possibilidade do procedimento de analogia entre teorias físicas, em que a forma ou estrutura matemática é passível de transposição entre teorias que descrevem campos fenomênicos distintos é, para Chandra, critério estético. A beleza de uma teoria serve como guia para encontrar relações existentes na natureza – e isso funciona com exatidão. Não admira ter o autor mantido sua crença na necessidade da beleza ao longo de toda a sua vida. O modo como isso ocorre, embora já tenha suas bases lançadas até aqui nesta tese, precisará ser melhor explorado, e isso será feito no capítulo seguinte. Não é trivial a explicação e a defesa de que os critérios estéticos estejam relacionados à verdade e à possibilidade de descrição da realidade nas teorias científicas. Entretanto, a história da ciência exemplificada por Chandrasekhar parece indicar exatamente isso. Poderíamos ficar somente com o sentimento agradável de que a intuição de que "algo" parece existir que indica essa relação. Entretanto, talvez as implicações filosóficas dessa constatação nos levem a outras questões, como a da necessidade de se considerar o conhecimento enquanto estabelecido coletivamente, ou seja, socialmente, bem como estando necessariamente encorporado no meio – a despeito de se tratar de teorias matemáticas que são, em seu núcleo, abstratas. A orientação para a cognição assumida nessa avaliação é a orientação corpórea, em oposição a uma orientação cognitivista, conforme Silva Neto (2014). Isso será desenvolvido no próximo capítulo desta tese.

Chandrasekhar conclui o artigo afirmando ser esse um exemplo de que a "sensibilidade para a base estética" da teoria geral da relatividade permitiu que fosse levado a um aprofundamento da compreensão do conteúdo físico da teoria. Lembrando a afirmação de Einstein, quando do anúncio das suas equações de campo em novembro de 1915: "Qualquer um que compreender esta teoria não escapará de sua magia" (*apud* CHANDRASEKHAR,

[31] "a physically consistent solution by this 'inverted procedure' is a manifestation of the firm aesthetic base of the general theory of relativity" (CHANDRASEKHAR, 2001, 1243).

2001, p. 1249). A magia da teoria, para Chandra, é a "harmonia coerente de sua estrutura matemática" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1249).

Nesse exemplo histórico, podemos identificar claramente o aspecto que quisemos ressaltar quanto à característica inferencial dos critérios estéticos. Conscientemente ou não, Chandra retoma o procedimento inaugurado por Maxwell, repetido pela comunidade de físicos desde então, de transpor estruturas matemáticas de uma teoria para outra – esse procedimento se mostra profícuo e, para Maxwell, Einstein e Chandrasekhar, é sinal não só de que uma teoria está próxima da natureza, como, diria Maxwell, sinal de que existe analogia entre o pensamento humano e a natureza, bem como indica a unidade da natureza.

Seriam definitivos os critérios estéticos que demonstram sucesso tão grande, no sentido de que apontariam para teorias que se aproximam de uma teoria final, absoluta e à qual todas as outras poderiam ser reduzidas? Acredito que não, e acredito que Chandra também traz em seu pensamento o elemento da necessidade de uma pluralidade de perspectivas, tanto para se compreender ciência, como para produzi-la, ao mesmo tempo ciente de que não só a física descreve a natureza.

3.5.4 A busca por perspectivas

No artigo para o 'Journal of Astrophysics and Astronomy', de 1984, 'The General Theory of Relativity: Why It is Probably the most Beautiful of all Existing Theories', revisita a questão: "Por consentimento comum, a teoria geral da relatividade possui um apelo estético especial para aqueles que a estudam" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1253)[32]. Seu mais belo feito sendo a união de dois temas antes desconectados: métrica e gravitação. Seu propósito com o artigo é, então, "examinar as origens e as razões para a contínua crença de que a teoria da relatividade geral representa uma estrutura científica bela" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1253)[33]. Mais uma vez alude ao impacto estético provocado por teorias científicas, o "papel da sensibilidade estética no discernimento de grandes verdades sobre a natureza" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1254), citando, tal como no texto anterior, as asserções de Einstein, Dirac, Weyl e Heisenberg. Enquanto no texto anterior, sobre as bases estéticas, afirma ser difícil analisar critérios estéticos de modo não subjetivo, neste, reitera que sua

[32] "By common consent, the general theory of relativity has a special aesthetic appeal to those who have studied it" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1253).

[33] "examine the origins and the reasons for the continuing belief that the general theory of relativity represents a beautiful scientific structure" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1253).

análise será feita do modo mais objetivo possível (CHANDRASEKHAR, 2001, *passim*). Essa mudança pode indicar sua crescente convicção na força que o papel dos critérios estéticos possuem, e a percepção de que são critérios que sim, podem ser analisados objetivamente.

> Pode ser argumentado que a sensibilidade estética que talvez tenha guiado Einstein ou Heisenberg seja refletida somente em sua individualidade; e que, de todos modos, o apelo estético de um *insight* científico não é de fato relevante para o julgamento do seu significado. Pode-se realmente discordar e dizer que a utilidade de qualquer descoberta científica – seja teórica ou experimental – deve ser medida somente por suas consequências. Não vou discutir com aqueles que tomam essa visão pragmática. Mas é legítimo ressaltar que a utilidade daquilo que se faz nem sempre é o principal motivo para a escolha daquilo que se busca (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1254)[34].

Ou seja, não pretende discutir com aqueles que discordariam da relevância de critérios estéticos, argumentando que esses critérios não são pragmáticos, que não refletem a utilidade de teorias científicas, mas lembra que a escolha do caminho que se toma nem sempre é motivada por critérios de utilidade. Assim como no texto anterior, lembra as objeções de Born e Rutherford, para quem a teoria da relatividade geral deveria ser mantida à distância, por ser construto teórico, mais próximo a uma obra de arte. Aparentemente, para Born e Rutherford, beleza e verdade não deveriam ser confundidas, tal como professa Weyl, que busca unir as duas, dando prioridade à beleza (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1255).

Sua preocupação não será "com a questão de se pode haver beleza sem verdade", mas na de por que a teoria de Einstein "nos conduz a um sentimento que não é diferente daquele que se tem após ver uma peça de Shakespeare ou ouvir uma sinfonia de Beethoven" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1255) e, ainda que seja difícil definir beleza, propõe dois critérios: o primeiro, tomado de Francis Bacon, de que "beleza excelente" deve conter "alguma estranheza na proporção", sendo 'estranheza' "excepcional a um grau que excite maravilha e surpresa". E o segundo, de Heisenberg: "beleza é a adequada conformidade das partes entre si e com o todo" (*apud* CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1255).

Repete os argumentos apresentados no artigo que comentamos acima, ressaltando que, se a teoria da relatividade não é tomada à distância, como uma obra de arte, mas quando nos dedicamos ao seu estudo, seus desenvolvimentos não cessam de produzir estranhezas. Pois

---

[34] It may be argued that the aesthetic sensibility which may have guided Einstein or Heisenberg reflects only on their individuality; and that in any event the aesthetic appeal of a scientific insight is not really relevant to a judgement of its significance. One may indeed contend that the usefulness of any scientific discovery—be it theoretical or experimental—is to be measured only by its consequences. I shall not argue with those who take this pragmatic view. But it is fair to point out that the usefulness' of what one does is not always the prime motive for what one chooses to pursue (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1254).

> para um estudante sério da relatividade, o apelo estético deriva ainda mais da descoberta de que, a cada nível de maior compreensão, novas estranhezas na proporção emergem, sempre em conformidade com as partes entre si e com o todo, do mesmo modo que uma borboleta iridescente emerge de um casulo (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1255)[35].

E novamente traz, como ilustração, o exemplo de como a teoria geral da relatividade descreve com exatidão e simplicidade os buracos negros, "os objetos macroscópicos mais perfeitos que conhecemos" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1256). Esse é o exemplo de um caso em que "a beleza eventualmente também era verdade" (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1255), em que uma bela teoria mostra-se também frutífera em suas consequências (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1259).

A relação entre beleza e verdade também se coloca quando, ao perseguir uma teoria que não parece ser verdadeira, mas por ser bela, depois se chega à conclusão de que, afinal, a teoria era verdadeira. Ele dá o exemplo de Weyl, que "seguiu o seu instinto". A questão de que aquilo que é inteligível também é belo e de que função tem a intuição do belo que surge antes mesmo da compreensão racional é antiga (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1260).

> Os exemplos dados fornecem evidência de que uma teoria desenvolvida por um cientista com sensibilidade estética excepcionalmente bem desenvolvida termina por mostrar-se verdadeira, ainda que no momento de sua formulação não parecesse ter relevância para o mundo físico. É, realmente, um fato incrível que a mente humana, em seus recônditos mais profundos, perceba como bela a sua realização na natureza externa (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1260)[36].

E adiante, "O que é inteligível também é belo"[37] (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1260). Reitera, e coloca a questão que é o tema desta tese. "Podemos bem perguntar: como acontece que a beleza nas ciências exatas se tornar reconhecível mesmo antes de ser

---

[35] for a serious student of relativity, the aesthetic appeal derives even more from discovering that at every level of further understanding, fresh strangenesses in the proportion emerge always in conformity of the parts to one another and to the whole, even as an iridescent butterfly emerges from a chrysalis (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1255).

[36] The foregoing examples provide evidence that a theory developed by a scientist with an exceptionally well-developed aesthetic sensibility can turn out to be true even if at the time of its formulation, it did not appear relevant to the physical world. It is, indeed, an incredible fact that what the human mind, at its deepest and most profound, perceives as beautiful finds its realization in external nature (CHANDRASEKHAR, 2001, 1260).

[37] What is intelligible is also beautiful (CHANDRASEKHAR, 2001, 1260).

compreendida em detalhe e antes que possa ser racionalmente demonstrada? Em que consiste esse poder de iluminação?"[38] (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1260)

A resposta que oferece, remetendo à citação que Heisenberg faz de Platão, é a de que, em linhas gerais, o reconhecimento da verdade como bela remeteria a algo que estaria *a priori* em nosso inconsciente. Essa resposta, visto tudo já posto, não satisfaz, muito embora talvez traga uma indicação que complemente e desenvolva as respostas propostas por McAllister (1996) para essa questão. McAllister, como o que foi discutido anteriormente, propõe que seria um processo coletivo de inferências que valorizam critérios estéticos que tenham demonstrado ser bem-sucedidos no passado recente da história daquela ciência, no interior de uma comunidade de cientistas.

Tenho a tendência de concordar com essa explicação, mas acredito que há algo mais a explorar na intuição de Chandrasekhar e Heisenberg, e que os autores que serão analisados no próximo capítulo tenham contribuições que, aliadas a essa perspectiva, possam enriquecer toda esta análise. Essa resposta seria a de que também a nossa percepção é moldada pelo mundo, pela natureza, sendo ela também parte da natureza. Como tal, muito embora a percepção apenas abarque o real de modo muito tênue e parcial, deve fazê-lo de modo funcional e, num mecanismo evolutivo, tanto naturalmente, no caso da percepção sensorial, quanto historicamente, no caso da cultura humana, não admiraria que fosse o caso de que ao menos em grande parte estivesse "calibrada" para "receber" o real como algo agradável, belo. Essa discussão é extensa e será melhor desenvolvida adiante.

Chandra termina seu texto com mais algumas citações de teor similar, que reforçam a ideia de que haveria formas arquetípicas e ideias primordiais em nossa mente – seriam esses arquétipos que seriam despertados com a visão de beleza. Por mais apelo que essa proposta possa ter, como já mostrou McAllister (1996), não dá conta da variação dos critérios estéticos ao longo da história, não explicando por que em certo tempo e localidade determinadas características de uma teoria científica que são tidas como belas, são tidas como o oposto em outros tempos e lugares. Mas é compreensível a convicção de Chandrasekhar, tendo em vista os sucessos das teorias da física com as quais pode desenvolver seu trabalho. Os dois ditos já utilizados em outros textos são repetidos como conclusão: "O simples é o selo do verdadeiro" e "O belo é o esplendor da verdade".

[38] We may well ask: how does it happen that beauty in the exact sciences becomes recognizable even before it is understood in detail and before it can be rationally demonstrated? In what does thispowerofilluminationconsist? (CHANDRASEKHAR, 2001, 1260)

Já em ‘The Perception of Beauty and the Pursuit of Science’, publicado em 1989 no ‘Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences’ (CHANDRASEKHAR, 2001, pp. 1270-1277), que é mais uma palestra em que delineia basicamente as mesmas ideias, revisitando de mesmo modo os autores que cita nos textos acima analisados, coloca outra questão que ainda não havia abordado, ao menos não diretamente. Trata-se da questão de se a percepção de beleza em ciência é de outra ordem do que aquela comum a todos. A beleza de uma flor, por exemplo, ou de uma poesia, é acessível a todo e qualquer que tenha a possibilidade de admirá-la. Em ciência, entretanto, é necessário todo um conhecimento para poder admirar a beleza de uma teoria.

O exemplo da flor está numa citação de Feynman, na qual Feynman afirma que, embora ao admirar a beleza de uma flor também tenha o mesmo acesso à beleza vista por outra pessoa, vê ali algo mais que ela, uma vez que naquela flor sabe existirem células. A percepção da beleza de uma flor, diz Feynman, é maior quanto maior for o conhecimento de quem a percebe – isso ocorre sempre em crescente. Do mesmo modo, quanto mais conhecimento temos, maior o mistério que se tem a desvendar, e maior o sentimento de admiração (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1270).

Para Chandra, que afirma não haver nenhuma dicotomia real na percepção da beleza na natureza entre poetas e cientistas (ou entre artistas e cientistas), muito embora essa diferença tenha sido ressaltada por cientistas e poetas, encontra maior afinidade entre a matemática e a arte do que entre ciência e arte (CHANDRASEKHAR, 2001, p. 1255 p. 1270-71).

O que parece importante ressaltar nesse artigo em particular, é justamente esse aspecto que intuitivamente Chandra parece perceber ser um problema a resolver, quando tratamos da questão da beleza: como falar da beleza de algo que está em nossas mentes, como uma teoria científica. Já foi discutida a solução proposta por McAllister (1996) para esse problema, que afirma não ser produtivo discutir sobre as representações das teorias, pois a beleza percebida nas teorias não depende delas. O que ocorre é que, ao “ler” uma teoria em uma de suas representações, ela se nos faz presente em nossa mente. É como se a representação formasse um algoritmo que possibilita essa operação ocorrer, e é diante desse “quadro” mental que podemos avaliar de sua beleza.

Assim, tal como esse artigo de Chandrasekhar chama atenção, a beleza em ciência é tão maior quanto maior for a profundidade do conhecimento que se tem para poder apreciá-la, e a prática científica é, então, uma arte que possibilita almejar instâncias cada vez mais “altas” de beleza.

Será interessante desenvolver esse aspecto levando em conta não só o conhecimento individual em relação a um objeto de estudo científico, mas também todo o arcabouço com o qual aquele cientista específico trabalha, bem como levar em conta também o conjunto material do qual dispõe, seja os instrumentos que produzem observações, seja os computadores que propiciam a realização de cálculos e o acúmulo de memória necessário às operações matemáticas envolvidas nesse empreendimento, o que será estudado mais adiante.

3.6 BELEZA, RACIONALIDADE E REVOLUÇÃO

Se tomamos em conta um indivíduo humano e consideramos o modo como apreende o mundo à sua volta, ainda que considerarmos ser um indivíduo que tenha formação científica, dificilmente poderemos defender que, ao apreciar determinada descrição da natureza como bela, esse indivíduo estará garantido para também afirmar a sua verdade. Entretanto, ainda que seja contra-intuitivo, se eliminarmos a noção de indivíduo desse quadro, e considerarmos o conhecimento como sendo fruto de um desenvolvimento que é histórico, tanto na acepção da história cultural quanto aquela da evolução biológica, bem como a que compreende o desenvolvimento psico-biológico dos indivíduos, talvez essa relação entre beleza e verdade seja melhor compreendida.

Evidentemente, como já ressaltei, não se trata aqui de falar de uma verdade absoluta e universal, mas a própria noção de verdade poderá ser revisitada com esta análise. Faz-se necessário a esta análise filosófica lançar mão de recursos que não são comuns à prática de do estudo filosófico. Do mesmo modo que em outras disciplinas, a filosofia precisa ancorar-se em outras matérias de estudo, ainda que de modo "oportunista", tal como o fez Einstein em seu uso da filosofia.

3.6.1 A racionalidade científica

O tema da racionalidade científica rendeu intenso debate, principalmente na segunda metade do século XX. Para McAllister:

> Desde que aquilo que conhecemos como ciência surgiu por primeira vez, filósofos têm se empenhado em descrever e compreender a prática científica, construindo modelos dela. Entretanto, a prática científica mostra grande diversidade: ela toma formas diferentes em diferentes ramos da ciência, períodos históricos, escolas de pesquisa e cientistas individuais. **Até agora, nenhum modelo disponível dá conta da prática científica em toda essa diversidade**. Enquanto tal modelo nos escapar, a

> melhor maneira de descrever e compreender a prática científica é construir diversos modelos parciais, cada um dos quais dando conta razoavelmente de uma ou outra faceta da matéria. Por essa razão, a filosofia da ciência possui abundantes modelos parciais da prática científica (MCALLISTER, 1996, p. 1, grifo meu).

Divide esses modelos parciais de acordo com o âmbito, ou nível (*level*), que cada modelo parcial tem como escopo. Seriam três esses âmbitos: alto, intermediário e baixo. O âmbito alto seria o estudo das características mais amplas do trabalho dos cientistas, nos desenvolvimentos em mais longo prazo na história da ciência, deixando de lado características mais detalhadas da sua prática. São exemplos desses modelos o fasificacionismo e o indutivismo. Num segundo âmbito, estariam os modelos intermediários, que se ocupam de metodologias específicas, sem, no entanto, pretender dar conta de cada exemplo na sucessão de teorias ao longo do tempo. Um exemplo do segundo âmbito seria o raciocínio analógico. Já no âmbito mais baixo, estariam as crônicas de períodos específicos do desenvolvimento da ciência, mostrando grande concordância com a documentação histórica, mas não permitindo generalizações. Exemplos desse âmbito são as biografias de cientistas em particular, ou de períodos específicos em que grupos de cientistas desenvolvem determinado campo ou conjunto de teorias (MCALLISTER, 1996, p. 1).

Existem relações lógicas intricadas entre esses âmbitos, que formam o que o autor chama de "estruturas piramidais" – modelos de um âmbito corroboram ou são inspirados por modelos de outro, formando um conjunto, a estrutura piramidal, em que certos modelos formam a base, enquanto outros o ápice. Toma o modelo piramidal mais convincente disponível atualmente como sendo aquele em que, ao topo da pirâmide encontra-se a "imagem racionalista" da ciência, em que os preceitos da racionalidade são tomados como tendo um "relacionamento privilegiado com a realidade", ou seja, o modelo racionalista da ciência permite que esta apresente um relacionamento com a realidade que é privilegiado em relação àquele que outros modelos têm (MCALLISTER, 1996, p. 2).

A imagem racionalista exige que seus aderentes a oferecer descrições racionalistas da prática científica, muito embora nem todas as ações dos cientistas sejam racionais. Nessa estrutura, ainda segundo o autor, há dois aspectos da prática científica para os quais **faltava uma explicação racionalista**, e que seu trabalho busca apresentar: o apelo que cientistas fazem a critérios estéticos na avaliação de teorias e as revoluções científicas. Tanto um quanto outro desses aspectos foram tidos como sinais de que não haveria racionalidade na ciência, ou ao menos que há aspectos da prática científica que não poderiam ser explicados por uma racionalidade. McAllister toma como tarefa sua oferecer essa explicação e a sua obra,

portanto, situa-se num âmbito intermediário dessa estrutura piramidal, pois toma como escopo temas que estão entre as maiores generalizações e as instâncias particulares dos eventos históricos. Seu limite é, justamente, a possibilidade de apresentar documentação histórica mais detalhada, pois não deseja realizar esse tipo de pesquisa histórica (MCALLISTER, 1996, p. 2).

É, portanto, parte de um programa maior, cuja continuação e complementação está aberta, trata-se de um programa de pesquisa delineado. É uma apresentação de um ponto de vista metodológico e filosófico a partir do qual outros trabalhos se podem desenvolver em qualquer um desses âmbitos estruturais.

3.6.2 Os dois desafios à racionalidade científica

A imagem racionalista propõe determinados preceitos para a condução da ciência, as chamadas ‘normas de racionalidade’. São “normas de princípio” e “extra-históricas”. Existe, para a imagem racionalista, uma “base para formar e julgar decisões e políticas na prática científica que não dependem de convenções, modas ou outros fenômenos locais ou históricos”. Além disso, embora cientistas individualmente possam desviar-se dessa base racionalista, tais desvios “não têm sido excessivamente amplos nem persistentes: a ciência verdadeira (*actual*) é predominantemente racional”. Essa imagem racionalista é “um modelo de nível alto convincente para a prática científica: é um modo persuasivo de descrever grande parte dos comportamentos de cientistas de muitos dos episódios da história da ciência” (MCALLISTER, 1996, p. 7).

Apesar disso, “nas últimas décadas, dois corpos de evidências históricas emergiram, levando alguns filósofos e historiadores da ciência a questionar a adequação da imagem racionalista da ciência.” A saber, o fato de que a história da ciência é pontuada por revoluções, quando as normas para a formulação e avaliação de teorias mudam radicalmente; e o fato de que “cientistas fazem apelo relevante e sistemático a preferências estéticas ao julgar teorias disponíveis e ao escolher entre elas” (MCALLISTER, 1996, pp. 7-8).

Esses corpos de evidências pesam contra a imagem racionalista, pois, se há revoluções nos conjuntos de preceitos metodológicos da ciência, então não existiria cânone de racionalidade, uma vez que tal cânone deveria ser válido em toda a história da ciência, ou seja, teria validade a-historicamente, o que não ocorre. O mesmo se diz em relação aos julgamentos estéticos, pois as preferências estéticas são tidas como “irremediavelmente emotivas e idiossincráticas” e, portanto, não estariam relacionadas à adequação empírica nem a nenhuma

outra “propriedade racional desejável”, já que quando cientistas julgam teorias por critérios estéticos estariam agindo irracionalmente (MCALLISTER, 1996, p. 8).

Como a ciência progride numa sucessão de escolhas entre teorias, seu progresso estaria “sistemática e essencialmente influenciado por fatores irracionais”. McAllister tem o objetivo de “neutralizar a ameaça à imagem racionalista da ciência apresentada por esses dois corpos de evidência histórica”. Pretende mostrar como esses dois aspectos “são consistentes com a imagem racionalista” da ciência (MCALLISTER, 1996, p. 9).

> O resultado pretendido do meu tratamento é uma visão racionalista da ciência que nos permite aceitar tanto que o método científico sofre transformações radicais e abruptas, quanto que considerações estéticas estão entre os fundamentos sobre os quais comunidades científicas escolhem entre teorias competidoras. Na descrição que ofereço, esses dois fenômenos estão inter-relacionados. De fato, **a ocorrência de revoluções científicas é uma consequência do uso de critérios estéticos para a avaliação de teorias**. Se é esse o caso, a chave para a compreensão racionalista das revoluções científicas está nas preferências estéticas dos cientistas. (MCALLISTER, 1996, p. 9, grifo meu).

3.6.3 Revoluções na ciência

O trabalho de McAllister coloca-se em direto contraponto com aquele de Thomas Kuhn, que investigou a ocorrência de revoluções na história das ciências e defendeu que isso seria evidência de que faltaria racionalidade à prática científica (KUHN, 2011). Como já foi ressaltado: como poderia haver preceitos racionais para a ciência se, ao longo do tempo, os preceitos mais básicos da ciência se modificam. Não haveria como defender uma racionalidade para a ciência se não se pode encontrar um conjunto de princípios de racionalidade que sejam válidos de modo extratemporal – o fato de que esses princípios estão inexoravelmente ligados a determinados locais e tempos, a determinadas culturas e contextos, seriam mostra de que qualquer tentativa de defender a racionalidade da ciência esbarraria nessa questão. De forma que considero brilhante, McAllister dá resposta a esse problema apresentado por Kuhn.

Para McAllister, muito embora as alterações no cânone estético dos cientistas ocorram de modo gradual e contínuo, acompanhando as mudanças regulares que ocorrem com o avanço comum do empreendimento científico, tal como aquilo que Kuhn chama de ‘ciência normal’, as evidências históricas mostram que há momentos em que ocorrem transformações radicais no conjunto de teorias aceitas para determinada ciência, aquilo que Kuhn chama de ‘período revolucionário’. McAllister parte de uma definição de revolução para contrapor suas

ideias às de Kuhn: enquanto para Kuhn as mudanças radicais em ciência ocorrem quando houve a aceitação de teorias com alto grau de inovação, alterando de modo profundo a imagem que se faz dos seus objetos de estudo, para McAllister esse critério não é sofisticado o suficiente. Propõe que as revoluções ocorrem quando um cânone estético para a escolha de teorias é modificado radicalmente (MCALLISTER, 1996, pp. 125-140).

Assim, a chamada 'revolução copernicana', por exemplo, não teria ocorrido com o advento da teoria de Copérnico, uma vez que este não traz nenhuma inovação em termos do cânone estético de sua época, do contrário, adere a ele totalmente, mas sim com a teoria de Kepler, este sim, trazendo uma teoria em que os critérios estéticos vigentes são deixados de lado e são propostos novos critérios. Segundo o autor, Copérnico pode ser considerado como o ápice do modelo em que valia o cânone aristotélico: seu sistema é composto de círculos e esferas perfeitas, não rompendo com os preceitos de sua época, do contrário, levando-os ao seu mais alto grau de produtividade. O autor corrobora essa proposição com evidências de que o trabalho de Copérnico foi aceito e louvado pelos seus pares, os astrônomos matemáticos, em sua época, como exemplo de teoria bem formada que segue os critérios defendidos como aqueles que conferem adequação a teorias. Já Kepler, com a introdução de elipses, contraria esse cânone, configurando, este sim, um momento de ruptura revolucionária (MCALLISTER, 1996, pp. 163-181).

O outro exemplo estudado por McAllister, também em contrariedade aquilo que é proposto por Thomas Kuhn, é o da revolução na física em início do século XX. Enquanto Kuhn localiza o momento revolucionário como sendo o advento das teorias da relatividade geral e restrita, por Einstein, McAllister vê em Einstein não um revolucionário, mas, novamente, um cientista que leva os critérios de sua época, a saber, um modelo mecanicista e determinístico de ciência, com alto grau de visualização para as teorias, ao mais alto âmbito – Einstein é, para McAllister, o apogeu da física de seu tempo. Novamente, não faltam evidências que mostram que a teoria de Einstein estava totalmente de acordo com os critérios estéticos de sua época, sendo louvada por seus pares nesse sentido. É somente com o advento da física quântica que ocorre a revolução: são abandonados tanto o método mecanicista quanto o postulado determinístico e a visualização nas teorias, sendo dada ênfase à abstração (MCALLISTER, 1996, pp. 182-201). Note-se que, aqui, o autor considera o postulado determinístico como sendo critério estético, uma vez que inclui a metafísica como sendo uma categoria de critério estético. Ainda que essa categorização seja problemática, e que não necessariamente precisaria ser aceita sem problematização, as consequências de tomar a

metafísica como parte dos critérios estéticos são interessantes, no interior da filosofia do autor.

Embora o argumento de McAllister seja bastante claro e as evidências apresentadas não deixem dúvida de que seu ponto seja correto, pergunto-me se não haveria aqui uma falha do autor em indagar se o período revolucionário não poderia continuar sendo considerado como aquele iniciado por Copérnico, em seu tempo, e Einstein, no seu. A razão que me faz indagar isso é simples: McAllister inclui entre os critérios que fazem parte do cânone estético as **filiações metafísicas**, que, claramente, são as alterações radicais introduzidas por esses dois, por assim dizer, precursores das revoluções que acabaram sendo caracterizadas como tendo início em seus trabalhos. Como o próprio autor aponta, nem sempre os cientistas estão conscientes das suas avaliações estéticas, bem como nem sempre as mudanças dos critérios ocorrem como um conjunto e em simultâneo.

3.6.4 Mais algumas conclusões a partir do pensamento de McAllister

Seu modo de analisar parece bastante pertinente e consistente. Sua proposição de que a compreensão dos dois fenômenos que pretende explicar só poderá ser plenamente realizada através de um modelo sofisticado faz imenso sentido para mim. A complexidade do objeto – a história da ciência – parece exigir esse tipo de sofisticação. As questões filosóficas tradicionais para a filosofia da ciência ganham uma nova perspectiva e, arrisco afirmar, uma perspectiva que se presta a encontrar soluções apaziguadoras e compatibilizadoras das grandes controvérsias deste campo do saber. Ao tomar os temas em sua profundidade, pode-se encarar essas controvérsias não como dualidades dicotômicas, mas como elementos complementares de um mesmo fenômeno complexo. McAllister mostra que é possível responder às questões deixadas em aberto por essas discussões tão presentes na filosofia da ciência no século passado, trazendo para o escopo da racionalidade aspectos antes tomados como exemplos a serem dados da irracionalidade da ciência, como a utilização de critérios estéticos e as revoluções. Evidentemente, sua voz representa a voz de um dos lados da controvérsia: uma autodeclarada voz "vencedora", já que mostra como o realismo e a racionalidade são imperativos e característicos da ciência. Mas não me comprometo com essa perspectiva e acredito poder mostrar como seu trabalho permite uma descrição das ciências que abrigue aspectos de ambas os lados dessas grandes controvérsias, dando espaço para, no interior de um modelo racional e realista, haver um pluralismo e uma relativização da verdade científica, de modo mitigado.

Não obstante haver alguns pontos com os quais discordo da abordagem desse autor, acredito que foi bem sucedido em sua tarefa de defender a racionalidade da ciência. Sua explicação é profícua naquilo que permite extrapolar, reitero, mostrando-se uma abordagem rica para questões que transcendem aquela da racionalidade, ou que decorrem dela, oferecendo base para discutirem-se outros temas não menos controversos, como a relação entre ciência e metafísica e a inevitabilidade de trazer para o estudo da filosofia da ciência os seus aspectos históricos e sociológicos.

Para poder descrever a ciência como uma atividade racional, McAllister alarga o conceito de racionalidade, de modo a compreender o fenômeno do uso de critérios estéticos como estando dentro desse escopo. Entratanto, esse autor não enfatiza o aspecto coletivo do uso desses critérios. Parece-me que a compreensão da racionalidade como sendo fruto da natureza coletiva do conhecimento humano é fundamental para sua completa descrição. Outro aspecto que é subsidiário desse é o da historicidade do conhecimento. A racionalidade é garantida por essa característica. Não há como descrevê-la sem considerar os diversos âmbitos históricos do conhecimento: cultural, biológico e aquele que diz respeito ao desenvolvimento do indivíduo. Essa relação necessária entre a racionalidade enquanto fenômeno que ocorre coletiva e históricamente traz em seu bojo outra necessidade; a de que sejam consideradas as relações sociais e os valores e o modo como estão imbricados no conhecimento humano, são parte e fundamento, constituem e são constituídos pelo mesmo. É para desenvolver essas ideias que buscarei refletir sobre as ideias apresentadas por outros autores.

4 O CARÁTER COLETIVO E HISTÓRICO DO CONHECIMENTO

A investigação sobre o uso de critérios estéticos leva, necessariamente, a uma discussão sobre a natureza do conhecimento. A questão de como é possível que critérios estéticos sejam eficazes na escolha de teorias científicas desemboca na discussão que diz respeito ao realismo e ao pluralismo em ciência, bem como na discussão sobre a unidade da natureza e a unidade do conhecimento. Talvez esse desenvolvimento pudesse ser evitado, mas tenho a desconfiança de que isso deixaria o estudo incompleto. Arriscando abordar temas que não podem ser esgotados aqui, procedo com essa discussão que, embora ela se afaste do tema dos critérios estéticos propriamente ditos, é necessária para a apresentação de um quadro completo do estudo.

Desse modo, neste capítulo, a metodologia empregada será diferente da que usei nos capítulos anteriores. Enquanto naqueles foi feita uma leitura mais acurada de diversos autores para explicar seus pontos de vista, na perspectiva de estabelecer as questões que emergem do estudo do uso de critérios estéticos em teorias científicas, neste capítulo serão apontados caminhos para encontrar soluções para essas questões, bem como o desenvolvimento de um quadro de análise que me parece ser necessário para a compreensão da ciência.

As questões que emergiram do estudo da temática são cruciais, afinal, compreender a relação entre a percepção da beleza de equações matemáticas no interior de uma teoria científica e sua capacidade para o sucesso em descrever a natureza, bem como sua fecundidade quanto à geração de desenvolvimentos posteriores e implicações em outras disciplinas envolve a compreensão de muito mais do que somente aquilo que diz respeito ao estudo da ciência numa perspectiva da sua filosofia. As questões que emergem envolvem desde a percepção e a cognição até capacidade humana de conhecer a natureza e quais seus limites. Em resumo, trata-se de discutir como o conhecimento se dá, se o conhecimento de fato diz respeito ao mundo real e em que medida, como é possível estabelecer essa medida de adequação do conhecimento ao mundo, assim como quais são os elementos que compõem a matriz que permite a compreensão do que é ciência e como ela se estabelece.

Não acredito que haja como apresentar soluções fechadas ou definitivas a essas questões, mas a questão da beleza de equações desemboca fatalmente nessas questões epistemológicas gerais, e o que apresentarei neste capítulo são as indicações que vejo possíveis e que me agradam para o caminho geral que pode levar a soluções a essas questões. A própria natureza dessas soluções será determinada pelas propostas que serão descritas aqui, uma vez que defendo um realismo compatível com o pluralismo, ao mesmo tempo em que

compreendo ambas perspectivas como necessárias. Esse caminho geral será traçado a partir de minhas intuições, com a corroboração encontrada nas ideias de diversos autores que são contemporâneos ou recentes, a quem farei referência para apoiar minhas ideias, não necessariamente para estudar seus textos e explicá-los.

Tendo isso em vista, alguns pressupostos parecem não poder ser contornados. O primeiro é o pressuposto de que o conhecimento é coletivo. Longe de ser uma afirmação simples, essa afirmação carrega em si toda a complexidade de sua implicação; não conhecemos enquanto indivíduos, mas o conhecimento é formado e construído em grupos sociais, maiores ou menores. Além disso, o conhecimento humano é passado de geração a geração, num processo histórico de algum modo cumulativo. A característica coletiva do conhecimento precisa ser descrita tanto em seu aspecto mais particular, aquele da cognição que é efetuada num dado momento num corte temporal imediato na prática científica quanto em aspectos mais gerais, como nas interações entre grupos e instituições.

Outro aspecto importante de como a cognição e o conhecimento se estabelecem é a sua imersão no mundo; não se pode estudar o fenômeno do conhecimento sem considerá-lo como acontecendo no interior e em relação com a própria realidade que é estudada. Ademais, é necessário considerar os objetos e instrumentos utilizados na execução das tarefas que compõem a prática científica enquanto elementos que a compõem – não há como deixar de lado esses elementos, uma vez que não se pode conceber a possibilidade do conhecimento sem o uso dessas peças instrumentais. A abordagem da Cognição Distributiva em psicologia nos fornece os elementos necessários para essa compreensão (HUTCHINS, 1996).

O caráter histórico do conhecimento, que inevitavelmente precisa ser considerado quando se aborda a sua natureza coletiva, também precisa ser descrito em termos da história biológica. Com isso, quero dizer que existe um aspecto biológico na historicidade do conhecimento. Mais uma vez, esse aspecto possui um corte particular – o desenvolvimento individual das capacidades de percepção e cognição, estudado pela psicologia do desenvolvimento – e outro mais geral, relacionado à evolução da espécie. Ao abordar a evolução biológica, mais uma vez nos deparamos com o fato de que esta não se dá em indivíduos, mas em relação à espécia como um todo. Tanto o aspecto da imersão no ambiente quanto aquele da evolução biológica são abordados nas propostas de uma "epistemologia ecológica" de Gregory Bateson (1979).

Quanto à percepção, as ideias de Patrick Heelan (1983) podem ser interessantes na ilustração de uma abordagem que leva em conta a importância do estudo da percepção individual. Além disso, as ideias de Gregory Bateson (1972) também trazem uma perspectiva

interessante para a compreensão da razão e como está relacionada ao estabelecimento da ciência em geral, mas não sem, em primeiro lugar, traçar um breve quadro daquilo que se tem hoje como estado da arte em termos de definição do que é percepção na área da psicologia. Começarei por esta rápida tarefa.

4.1 A PERCEPÇÃO E A COGNIÇÃO

4.1.1 Percepção

Embora existam muitas linhas e teorias no campo da psicologia, é interessante notar que, após um período de controvérsias ao longo do século passado, a literatura hodierna parece apresentar uma definição consensual daquilo que é percepção. Esta é definida como sendo o processamento das informações sensoriais, organizando-as, identificando-as e interpretando-as de modo a compreender o ambiente e poder também representá-lo. Essas informações sensoriais, ou as sensações, são simplesmente a consciência de que algum dos órgãos dos sentidos foi estimulado em sua interação com o ambiente. Os estímulos são recebidos pelo sistema nervoso central através de alguma alteração física, como os estímulos luminosos ou a pressão ou a vibração, ou química, com a recepção de moléculas, como no paladar ou olfato (SCHACTER; GILBERT; WEGNER, 2009, p. 123).

O estudo da percepção que toma em conta o modo como os estímulos são recebidos do ambiente é chamado de abordagem “psicofísica”, enquanto aquela voltada à compreensão de como esses estímulos são processados pelo organismo é chamado de “psicofisiológica”. Entretanto, já não se considera que uma abordagem seja excludente da outra, mas que ambas são necessárias para a compreensão do fenômeno complexo da percepção, uma vez que esta não é determinada somente pelo envio de sinais dos receptores ao cérebro. Outros fatores também compõem o conjunto que influencia aquilo que é percebido, entre estes, o contexto, as diferenças entre indivíduos e as expecativas e o conhecimento prévio em relação ao que é percebido. Os estudos da percepção na área da psicologia hodierna também não deixam de incluir como parte do seu escopo o seu efeito no comportamento, por estar a percepção relacionada ao reconhecimento e à tomada de ação, ou seja, o modo como possibilitam a navegação no ambiente, bem como a tomada de decisões em relação a este, envolvendo o estudo de sua relação com a memória, o pensamento e as emoções (GOLDSTEIN, 2010, p. xxviii).

Também é interessante notar que havia outra divisão na psicologia, com seus efeitos na filosofia, em relação ao estudo da percepção. Enquanto grande parte da tradição filosófica considerava a percepção como sendo fonte de conhecimento verdadeiro, para os cientistas, talvez por estarem acostumados a ter que confrontar o fato de que suas medições e observações apresentam erros, e que necessitam repeti-los e compará-los inúmeras vezes, a ideia de que a percepção é fonte de frequentes ilusões não é tão estranha. A questão de se as sensações são colhidas do mundo ou se são criadas pela mente é a que basicamente gerou a divisão entre perspectivas. Enquanto a formação de conceitos é algo que se dá ao longo de tempo e da qual não dependemos para a sobrevivência imediata, as percepções possuem a característica de serem imediatas, possibilitando ação imediata, da qual nossa sobrevivência pode sim depender. Entretanto, isso não torna menos eficaz nem menos complexa enquanto função cognitiva, basta ver a habilidade que nos permite a visão em nos orientar a altas velocidades quando guiamos veículos ou aeronaves (GREGORY, 1987, pp. 598-601).

Ao mesmo tempo em que não se pode tomar a percepção como sendo somente a recepção passiva de todos estímulos externos, nem bem tomar o produto dessa percepção como imagem "exata" do mundo natural, também não podemos considerar que o produto das percepções seja totalmente construído e formado em nossa mente, uma vez que a percepção nos permite navegar e manipular o mundo à volta. Uma posição intermediária entre a total construção interna de um subjetivismo radical e o completo determinismo positivista característico de um objetivismo extremado é a mais aceita na atualidade (GREGORY, 1987, pp. 598-601).

Se nos ativermos a questões como a da percepção das cores, por exemplo, que Maxwell (1856; 1857; 2017) mostrou serem do âmbito de estudo da fisiologia, e não da física, ou seja, percebemos as cores graças à constituição física de nossa retina, em que determinados comprimentos de onda produzem as sensações das cores primárias, que ao se misturarem formam todas as outras. As cores não estão lá no mundo, mas nos nossos bastonetes e cones de nossos olhos. Nesse sentido, a percepção é "criada" por nossa mente. Em outro sentido, entretanto, as cores estão lá no mundo. Um comprimento de onda determinado, que produza a cor verde, por exemplo (percebida de modo diferente por mim, que sou daltônico), é um comprimento de onda definido e exato, que possibilita identificarmos a composição de uma estrela a uma distância gigantesca de nós.

Essa é a proposta que quero defender; a de que muito embora o conhecimento seja uma construção, num sentido bastante duro desse conceito, construção que se dá de modo bastante complexo e intrincado – ao mesmo tempo o conhecimento diz respeito ao mundo, à

natureza, e é capaz de descrevê-la profundamente. Minha abordagem precisará de mais elementos para se constituir plenamente, e a consideração da percepção humana não bastará para essa constituição, mas antes de discutir os outros aspectos, vale ainda apresentar a perspectiva trazida pela fenomenologia de Heelan, que contribui mais um pouco ao estudo da percepção.

4.1.2 A percepção e a fenomenologia hermenêutica de Patrick Heelan

A proposta de Patrick Heelan (1926-2015), físico e filósofo da ciência, em 'Space Perception and the Philosophy of Science' (HEELAN, 1983), é desenvolver uma filosofia da ciência que busca atender às demandas tanto da filosofia analítica quanto da fenomenologia. Heelan investiga especificamente a percepção, em especial a percepção visual espacial, defendendo a ideia de que, muito embora o espaço seja tratado, a marior parte das vezes, como estrutura geométrica euclidiana, pode também o ser enquanto estrutura não euclidiana. Heelan utiliza o método fenomenológico e as evidências científicas disponíveis para defender essa possibilidade. Seu trabalho parece ser uma tentativa de apaziguar as diferenças entre duas tendências fortes nas décadas finais do século XX: a filosofia da ciência analítica e a fenomenologia. Embora não tenha conseguido realizar a tarefa a que se propôs a contento (PUIG; VIDEIRA; TOLFO, 2016), existem alguns aspectos das soluções apresentadas por Heelan que são interessantes para esta discussão.

Enquanto físico e filósofo, busca fundamentar sua filosofia em evidências empíricas, ao mesmo tempo em que preocupa-se com as implicações de sua filosofia na ciência. Sua investigação epistemológica está relacionada à percepção do real, e discute, por sua vez, as questões ontológicas – no sentido da fenomenologia hermenêutica – que essa investigação traz. Uma das objeções ao trabalho de Heelan, que parece pertinente, é a crítica feita à possibilidade de haver hermenêutica das ciências naturais, uma vez que as ciências naturais já seriam, pela própria característica de seu método, por sua constituição e prática, 'hermenêuticas'. Por serem "extraordinariamente bem sucedidas em assegurar transmissão contínua e cognitivamente relevante de suas tradições e em criar um consenso de fundo amplamente partilhado entre seus praticantes", as ciências naturais já teriam contemplado o objetivo da hermenêntica (MARCUS, 1987).

Para Heelan (1983, p. 6ss), a abordagem deve ser aquela em que se utiliza a primeira pessoa – abordagem fenomenológica – em que o investigador se coloca como participante da "comunidade de sujeitos que percebem". Esses sujeitos possuem, para o autor, um acesso

direto aos objetos do mundo através dos "atos performáticos" realizados pela investigação científica, distinguindo o "ato de percepção" que se dá no ensejo da investigação científica, que envolve "crença verdadeira justificada" e se trata de um "ato de conhecimento completo", da situação simples de se "ter uma percepção", que não envolve juízos, crenças ou reconhecimentos próprios da atividade científica. O ato de percepção está vinculado à história e à cultura, trazendo consigo todo o conjunto de conhecimentos que estas propiciam (HEELAN, 1983, p. 131-132).

O que o autor propõe é um "realismo de horizontes", pois o ato de percepção ocorre dentro de um horizonte formado por esse vínculo cultural e histórico, além de ser determinado pelos objetos que são percebidos. A realidade, para Heelan, não corresponde a entes e à sua descrição ou o conhecimento que se tem deles de maneira que ocorresse completamente independente da história humana; mas é determinada por essa história e cultura, bem como pela formação e desenvolvimento individual (HEELAN, 1983, p. 173-174).

Nessa perspectiva, e lançando mão do conhecimento em torno da fisiologia e da neurologia do seu tempo, defende que a própria percepção do espaço não seria necessariamente euclidiana. Seria, até mesmo, mais natural que não o fosse, devido à forma física do nosso aparelho visual ser arredondada e não plana. Segundo o autor, fomos condicionados ao longo de nosso desenvolvimento desde a infância, tanto por uma educação que privilegiou a geometria euclidiana, como por um ambiente de arquitetura em que predomina a divisão do espaço em ângulos retos e planos. Para Heelan, poderia muito bem ser o caso que nos desenvolvêssemos condicionados a outra geometria – e que seria ainda mais natural para nós (HEELAN, 1983, *passim*). A intenção do autor parece ser demonstrar o modo como o conhecimento se estabelece. Por um lado, a percepção garante acesso direto ao mundo. Por outro, esse acesso é sempre condicionado pela história e pela cultura. Trata-se de uma perspectiva interessante para a minha abordagem, não obstante o fato de que está centrada no indivíduo, enquanto quero defender uma abordagem em que o conhecimento se dá necessariamente no coletivo de indivíduos reunidos em grupos sociais e institucionais. Assim, além dos problemas já mencionados do trabalho da fenomenologia hermenêutica de Heelan, talvez a primazia da experiência individual da percepção dada por essa corrente filosófica imponha um limite que a torne incompatível com uma abordagem que considera a cognição como fenômeno que se dá coletivamente. É essa abordagem do conhecimento e da cognição que quero defender em seguida.

4.1.3 Cognição Distributiva

Para a ciência da cognição, em geral, os processos cognitivos consistem daqueles que envolvem a memória, as tomadas de decisão, as inferências, o raciocínio, o aprendizado, entre outros. Nessa ciência, os processos cognitivos são caracterizados pela "propagação e transformação de representações". A cognição distributiva, entretanto, possui uma abordagem distinta das outras por partir de princípios teóricos diferentes, relacionados aos limites da "unidade de análise para a cognição" e à "gama de mecanismos que podem ser tidos como participantes dos processos cognitivos" (HUTCHINS, 2001).

Em vez de seguir a tendência principal da ciência cognitiva, que estuda a cognição como ocorrendo "dentro de atores individuais", a cognição distributiva observa uma variada classe de eventos cognitivos sem esperar que esses eventos se limitem ao corpo individual. Em vez disso, descrevem os processos cognitivos como distribuídos pelos membros de um grupo social, bem como distribuídos na coordenação entre a estrutura interna e externa (que pode ser material ou ambiental), e ainda processos que são distribuídos ao longo do tempo, ou seja, em que "o produto de eventos anteriores podem transformar a natureza de eventos posteriores". Basicamente, considera a cognição como um processo que ocorre através de conexões, seja entre neurônios, áreas do cérebro, pessoas inteiras, grupos de pessoas, grupos de grupos de pessoas - e ainda que ocorrem com apoio e em interação com objetos do ambiente, seja naturais, seja instrumentos ou objetos artificiais (HUTCHINS, 2001).

Nessa abordagem, ressalta-se o fato já estudado em sociologia, por exemplo, de que a memória dificilmente pode ser descrita de modo coerente como "propriedade de um indivíduo isolado". A capacidade para a memória e para gerenciar e obter informação são propriedades cognitivas de uma sociedade (HUTCHINS, 2001). Hoje em dia, o papel do computador, dos instrumentos e aparelhos que permitem o armazenamento e a indexação de informações, acaba sendo preponderante.

Um exemplo que podemos dar desse processo é o uso de um instrumento no laboratório, digamos, um microscópio ótico simples. O instrumento vem do fabricante com um manual de instruções. Depois, cada pesquisador que utiliza aquele instrumento, aprende "macetes" para o seu uso. Esses macetes são passados de um para outro. Quando um novo pesquisador ingressa no laboratório para aprender, será instruído pelos outros pesquisadores, muitas vezes dispensando até a leitura do manual do fabricante.

Outro exemplo é a biblioteca. Frequentemente avaliamos a qualidade de um instituto ou faculdade pelo tamanho de sua biblioteca. Uma biblioteca é viva, ou seja, uma boa

biblioteca adquire livros novos regularmente, mantém assinaturas de periódicos e organiza a sua coleção, bem como o acesso ao cadastro de livros de modo a que seja fácil encontrar algum livro, ou procurar livros que sejam relacionados a determinado tema. Cada vez mais, uma boa biblioteca é aquela que tem acesso a diferentes instituições que disponibilizam periódicos pagos.

Os autores da cognição distributiva fazem a analogia entre os processos cognitivos com a genética. Comparam o seu estudo, no interior da psicologia, àquele da epidemiologia; estudam como as representações se distribuem em uma comunidade, do mesmo modo que patógenos se distribuem numa população. Compreendem organizações como sistemas cognitivos adaptativos. Consideram como um dos princípios básicos de seu estudo a ideia de que as propriedades de agregados de indivíduos serão diferentes do que se esperaria simplesmente da soma das propriedades de cada um dos indivíduos tomados isoladamente (HUTCHINS, 2001).

Essa vertente de pesquisa da psicologia dedica atenção especial às comunidades científicas, porque "a ciência é fundamentalmente cognitiva e distribuída". Alguns dos fenômenos que têm sido estudados são: o modo como a organização dos meios de comunicação em determinada comunidade científica afeta os tipos de aprendizados que essa comunidade pode ter; o modo como as condições externas a cientistas individuais afetam as suas escolhas - levando à emergência de diferentes estruturas de alto nível; como a atividade cognitiva no interior de redes sociais e entre pessoas e registros terminam sendo a principal atividade da ciência; e como fatos científicos são verificados por comunidades em processos que simplesmente não poderiam ser abarcados pela mente de um indivíduo (HUTCHINS, 2001).

Temos, hoje, com a especialização, a possibilidade de divisão de tarefas e sua coordenação em um projeto maior. Utilizamos o poder de processamento dos computadores para realizar cálculos que levariam centenas de anos se fossem feitos por pessoas. Os computadores também têm a capacidade de registro de memória que nem as pessoas, nem os livros impressos poderiam realizar - seria curioso imaginar se tivéssemos que imprimir todos os documentos contidos no laptop de uso diário de nossa casa, e como organizaríamos essa pilha de papéis para poder encontrar um texto que precisássemos.

O principal teórico dessa corrente de pesquisa da psicologia, Edwin Hutchins. A obra a partir da qual essa corrente se desenvolveu foi 'Cognition in the wild' (HUTCHINS, 1996), em que estudou dois tipos de navegação marítima como estudos de caso para estabelecer seu quadro teórico. Primeiro, descreve o processo que envolve a navegação em um porta-

helicópteros, navio menor que um porta-aviões, mas grande o suficiente para exigir que uma equipe de seis a oito pessoas realize a navegação. Cada uma dessas pessoas tem uma tarefa específica, sendo que nenhuma delas precisa saber fazer as tarefas que as outras pessoas da equipe fazem. O centro coordenador da navegação é a ponte do navio, pois é lá que será realizada a direção do movimento do mesmo. Na ponte existem instrumentos - sonares, radares, telescópios - bem como mapas e cartas náuticas. As cartas náuticas mostram as profundidades conhecidas, correntes, etc. Elas também trazem o perfil do litoral - um traçado que pode ser reconhecido do mar. Todo esse conjunto de objetos e instrumentos são essenciais no processo cognitivo da navegação. Um navegador anota posições e tracejados nas cartas, enquanto consulta os instrumentos e os seus auxiliares (HUTCHINS, 1996).

Esses objetos e instrumentos têm a característica de serem históricos: são o acúmulo de informações e dados coletados por toda a comunidade de navegadores, organizados através de instituições, produzidos por especialistas diversos e selecionados de acordo com a sua eficácia e utilidade. Os instrumentos também são tecnologia desenvolvida de modo parecido. Ou seja, o suporte material que o ambiente da cabine de controle do navio possui tem uma natureza marcadamente coletiva e histórica. Além disso, temos o trabalho do navegador chefe. Em última análise, é essa pessoa quem requisita informações e quem dará os comandos para a navegação do navio. Essa pessoa está em comunicação com outras seis pessoas, posicionadas em locais específicos do mesmo, na popa, na proa, em meia-nau, tanto em boreste quanto em bombordo (esquerda e direita). Cada um desses auxiliares possui tarefas específicas relacionadas à observação do ambiente exterior de modo a enviar os dados que o navegador precisa para determinar a posição, a velocidade e a direção do navio, e assim tomar as decisões para navegá-lo adequadamente. Essa tarefa é especialmente difícil quando o navio está se aproximando de um porto, antes de poder ser rebocado (HUTCHINS, 1996).

O outro tipo de navegação que Hutchins estudou e descreve nesse livro é o realizado até hoje pela tradição dos nativos das ilhas da Micronésia. Na verdade, ele mesmo não estudou esse tipo de navegação, mas recolheu a pesquisa feita pelo seu orientador. A Micronésia é um país composto de arquipélagos e ilhas isoladas no meio do pacífico. São ilhas em sua maioria bem pequenas, poucas com relevo elevado, diversas são atóis. Em relação à dimensão do oceano à sua volta, são realmente pequenas. Além disso, somente são visualizáveis a uma distância relativamente pequena delas (HUTCHINS, 1996).

Utilizando canoas estreitas que possuem um equipamento de suporte externo para dar estabilidade, navegam através das longas distâncias entre as ilhas. Essa navegação é feita unicamente com a observação a olho nu e utilizando o conhecimento das estrelas, que foi

passado pela tradição oral de geração a geração. Essa navegação é feita de modo completamente contra-intuitivo para nós ocidentais, e é realmente surpreendente que de fato funcione. O navegador assume a perspectiva de que o barco está parado e é o oceano que se move embaixo do barco. Assim, ele vai mentalmente acompanhando o movimento do oceano e do horizonte. Ele sabe a sua posição de acordo com que estrelas estão nascendo no horizonte e que estrelas estão se pondo. Ele é capaz de dizer, sem ter alcance visual, que ilhas estão "passando" ao largo do barco em determinado momento, e pode direcionar o seu barco para qualquer uma delas, dependendo de onde quer chegar (HUTCHINS, 1996).

Embora essa navegação seja feita por um só indivíduo, sua cognição é distribuída em dois aspectos: primeiro, ele recorre ao conhecimento histórico que lhe foi passado das gerações anteriores. Evidentemente, o limite de sua memória individual é o limite da sua cognição, mas essa memória é constituída não só da sua experiência de vida, mas da experiência de inúmeros outros navegadores ancestrais seus. Outro aspecto em que essa cognição é distribuída é o modo como depende das "marcas" que estão no ambiente. Ele "lê" as estrelas e constelações que estão passando no céu, num movimento contínuo, umas nascendo e outras se pondo no horizonte. Sua cognição tem como apoio o céu estrelado e é olhando para o céu que calcula a sua posição e pode tomar as decisões que o levam de uma ilha a outra, percorrendo centenas de milhas náuticas se for necessário (HUTCHINS, 1996).

A cognição pode ser compreendida como distribuída por ser um conjunto de processos difundidos em um grupo social através da linguagem, como também o modo como a linguagem de um grupo social se reflete na mente de um indivíduo. A própria mente individual pode ser compreendida como sendo distributiva – no sentido de que é um conjunto de múltiplas partes que se interconectam para produzir a conexão. O ponto principal dessa abordagem é o uso das estruturas, tanto internas quanto externas ao indivíduo, para organizar a cognição, permitindo a tomada de decisões e a realização de abilidades funcionais (HUTCHINS, 2001).

Hutchins faz referência à descrição de Vygotsky, importante teórico da pedagogia, do processo de aprendizagem. No processo de aprendizagem de habilidades de "alto nível", ocorrem primeiro processos interpessoais, para depois ocorrerem processos intrapessoais. A criança desenvolve sistemas de funções primeiro em sua interação com outros (principalmente adultos) e com artefatos, para depois, sozinha, ser capaz de realizar aquelas funções. Para a cognição distributiva, esse tipo de aprendizado é visto como a propagação de padrões em determinada comunidade. As práticas culturais montam diversos agentes e os organiza em montagens funcionais, seja no interior de indivíduos, seja englobando diversos indivíduos e

artefatos. As montagens que são funcionais e que são repetidamente utilizadas nas práticas culturais se consolidam. Montagens que são usadas raramente se atrofiam, enquanto as que são empregadas frequentemente hipertrofiam, resultando em aprendizado; seja individual seja organizacional (HUTCHINS, 2001).

Essa dupla-face característica do conhecimento e da cognição, em que por um lado se estabelece nas relações interpessoais e com o ambiente, e por outro de modo intrapessoal dá conta de cobrir a questão aberta por McAllister (1996) quanto a tomar as teorias científicas enquanto objetos passíveis de avaliação estética, diferenciando-os dos registros das teorias. Como abordamos acima, McAllister defende essa diferenciação, descrevendo uma operação interna ao sujeito, em que a representação da teoria opera como se fosse um algoritmo, produzindo a teoria internamente. A teoria, então, embora abstrata, tem característica de ente, uma vez que possui existência na mente do sujeito. Isso passa a fazer ainda mais sentido levando em conta essa abordagem da Cognição Distributiva. Introjetamos a cognição, e isso é necessário para podermos operá-la. Em muitas ocasiões, segundo Hutchins (2001), é possível operar a cognição unicamente com esses elementos intrapessoais. Mas a cognição não se limita e nem se estabeleceria somente com essa instância, pois se trata de apenas de uma exceção à regra, muito embora seja importante no sentido de elucidar a diferença estabelecida entre os registros materiais das teorias e a sua concepção mental, operada pelo indivíduo de forma interna e introjetada.

Outro aspecto importante são os artefatos que são utilizados para realizar procedimentos cognitivos; desde a anotação de informações para recuperar a memória, até tabelas e calculadoras que permitem agilisar cálculos, bem como o uso de todo tipo de instrumentos e aparelhos que permitem o processamento de informações. Hutchins (2005) chama a esses artefatos de ‘âncoras materiais’, enfatizando o modo como a cognição é um processo de organização da estrutura interna e da externa, numa ‘mistura’ conceitual. Em outras palavras, a cognição é, em geral, produzida através de ‘misturas’ em que estão envolvidos processos em que as estruturas conceituais e as estruturas materiais são combinadas e associadas. Para o autor, dificilmente se pode encontrar processos cognitivos que não consistam de misturas assim (HUTCHINS, 2005).

Outro aspecto importante para a compreensão dos processos cognitivos é a sua atuação no tempo. Sociedades reúnem os seus processos cognitivos de modo dinâmico ao longo do tempo, e ocorre tanto a acumulação desses processos como a sua consolidação e modificação. Processos que são frequentemente utilizados em determinados períodos podem se tornar atrofiados em outros períodos. Circunstâncias diversas exigem a adaptação desses conjuntos

de processos em uso por determinada sociedade. Esses processos cognitivos são totalmente artificiais, ou seja, mesmo o ‘ambiente’ em que se estabelece a estrutura externa para a cognição é um ambiente criado pelo ser humano (HUTCHINS, 2001; 2005; 2010).

Os fenômenos cognitivos só podem ser compreendidos em relação a um contexto. A delimitação dos processos cognitivos ao indivíduo não permite sua total compreensão. É necessário considerar a relação entre indivíduos e o uso de artefatos, bem como o modo como os processos cognitivos ocorrem enquanto imersos num ambiente. Considerando um ‘ecosistema cognitivo’, existe uma rede de dependência mútua entre os seus elementos. A cognição precisa ser considerada necessariamente como encorporada, ou seja, ocorrendo em corpos espacial e temporalmente situados. Conforme o trabalho de Silva Neto (2014), os modelos utilizados nas ciências cognitivas podem ser divididos entre aqueles de orientação cognitivista, que restringe seu estudo ao pensamento e cujo objeto de investigação está limitado ao cérebro, e aqueles de orientação corpórea, em que a compreensão da cognição é alargada para abarcar também as experiências sensoriais, os sentimentos e a imaginação, compreendendo a cognição como ocorrendo num corpo situado em seu ambiente (SILVA NETO, 2014).

Um dos autores que são tomados como referência para esse esquema conceitual é Gregory Bateson, que propõe uma ‘ecologia da mente’, e que será comentado a seguir (HUTCHINS, 2010).

4.3 BATESON E A TEORIA ECOLÓGICA DO CONHECIMENTO

Agricultores e jardineiros conhecem uma verdade prática que é bastante surpreendente. Ao plantar espécies diferentes de vegetais umas próximas às outras, essas plantas desenvolverão muito mais as suas raízes que o caule e outras partes aéreas. Do contrário, se o plantio for feito exclusivamente de plantas de mesma espécie, esses indivíduos desenvolverão mais as suas partes aéreas, sem desenvolver tanto as suas raízes. Esse fato é explicado cientificamente pela comunicação que se dá entre plantas. Essa comunicação ocorre através das substâncias químicas segregadas na terra em que estão enraizadas e que são transportadas por bactérias simbióticas a essas plantas (DUDLEY; FILE, 2007; MURPHY; DUDLEY, 2009; BIEDRZYCKI, 2010; FILE, 2012). A comunicação entre plantas também ocorre por outros meios, como ao lançar substâncias voláteis no ar. O mesmo também ocorre entre plantas e outras espécies, como insetos e outras pragas (KARBAN, 2006; KOST; HEIL, 2006).

Os cetáceos têm sido estudados por sua capacidade comunicativa. Embora seja muito difícil estabelecer uma "tradução" das mensagens trocadas entre baleias ou golfinhos através de suas vocalizações, uma vez que os pontos de referência mais básicos para a decodificação de um código linguístico são muito diferentes entre humanos e mamíferos aquáticos, com o estudo dos sons emitidos por baleias e outros cetáceos pode-se determinar algumas coisas, como, por exemplo, o fato de que baleias possuem nomes próprios pelos quais são chamadas umas pelas outras (ANTUNES *et al*., 2011). Estudos mais recentes afirmam inclusive que os cetáceos possuem raízes sociais e culturais sendo capazes de estabelecer diversas atividades análogas às humanas, tais como: estabelecer relacionamentos de alianças complexas, trabalhando juntos em benefício mútuo; transferir socialmente técnicas de caçada, bem como ensinar a caçar e a usar ferramentas; caçar de modo cooperativo; efetuar vocalizações complexas, incluindo dialetos regionais de grupo; vocalizações exclusivas de um indivíduo, que são imitadas por outros, e compreendidas pelos cientistas como sendo nomes próprios; cooperação inter-espécies com humanos e outras espécies; cuidar de filhotes que não são os seus; e jogos sociais (FOX; MUTHUKRISHNA; SCHULTZ, 2017).

Esses são exemplos gritantes de que nós humanos não temos a exclusividade da cognição. São somente dois exemplos, que certamente provocam em qualquer um a remissão a outros. Do mesmo modo que acima foi investigada a característica não individual nem compartimentada da cognição, em vez disso foi ressaltada a sua característica social e imersa no ambiente, nesta seção a ênfase é na característica holística do conhecimento. Sem dúvida, o trabalho de Gregory Bateson foi basilar para todos que a partir de meados do século passado buscaram compreender tanto a natureza quanto o conhecimento da natureza a partir de novos modelos e paradigmas. Trata-se de autor controverso, cuja abordagem precisa ser feita com cautela e critério. Não é o propósito aqui descrever e explicar seu trabalho, mas apenas buscar alguns elementos que podem contribuir para esta análise.

A grande ênfase de Bateson (1972; 1979) é na necessidade de não compartimentalizar; nem bem tratar a natureza como composta por entidades separadas e independentes, nem bem lançar-se à empreitada científica de modo especializado. Tanto que ficou conhecido por nunca permanecer em nenhum campo do conhecimento específico, mudando de área assim que se sentia "encurralado" a tornar-se um especialista. Desse modo, foi antropólogo, psicólogo, estudou cibernética, foi biólogo evolucionista, linguista e semiótico. Uma de suas grandes bandeiras era a de que não se deveria reduzir a natureza à matéria, sugerindo a reintrodução da 'mente' na natureza (LIPSET, 1980, *passim*).

Embora tenha influenciado inúmeros pensadores, o seu trabalho é escassamente estudado. Parte das razões para isso deve ser a dificuldade que seus textos apresentam para a compreensão e elucidação. Não só utiliza um conjunto de conceitos e termos próprios, como não os apresenta de modo organizado, linear, por assim dizer. Outra dificuldade é a de apresentar as suas ideias de modo desvinculado a agendas ideológicas diversas, uma vez que suas ideias têm apelo forte tanto para defensores e divulgadores da ciência quanto para aqueles que se dedicam a questionar a ciência – Bateson sentiu-se incompreendido por ambos, bem como rejeitado por ambos, uma vez que não se prestou a defender ideias anti-cientificistas, bem como não se encaixava nos paradigmas da vertente principal de ideias científicas de seu tempo (LIPSET, 1980, *passim*). A tarefa de explicação e apresentação do pensamento de Bateson é um trabalho que pode ser desenvolvido em outro momento, mas que não farei aqui. Vou me limitar a trazer as ideias de Bateson como inspiração, tomando-as livremente naquilo que interessa a este estudo.

Em sua abordagem holística e qualitativa, Bateson propõe a ideia de que o mundo é um conjunto de sistemas que contêm aqueles de indivíduos, sociedades e ecosistemas. Estes não são entidades separadas que interagem de modo independente, mas parte de um grande sistema que controla a tudo (BATESON, 1972, *passim*). Basicamente, do mesmo modo como outros autores citados aqui, como, por exemplo, Maxwell (2017), Dirac (1980), Einstein (2006) e Heisenberg (1974), Bateson vê o mundo como uma unidade. Mais ainda, uma unidade da qual faz parte o ser humano. Entretanto, o relacionamento entre cientista e natureza, enquanto aquele sendo parte desta, toma, nesse autor, um sentido ainda mais forte. Numa espécie de panteísmo, Bateson (1972, *passim*) alude ao "supremo sistema cibernético" como "mente" e, para o autor, não haveria como separar as partes desse sistema unitário – qualquer tentativa de divisão e separação seria artificial e fadada a gerar inverdades. A mente só pode ser distinguida em seu todo, não por suas partes. A consciência é a ponte que liga indivíduo, sociedade e ecologia, e o sistema supremo está imanente nas mensagens e vias deste. A incompreensão das mensagens contidas no sistema cibernético supremo, a mente, geraria o seu colapso – e Bateson prevê ser isso que está acontecendo com a epistemologia ocidental. Para o autor, há um descompasso na compreensão dessas mensagens que gera essa situação, e que só pode ser sanado com o estabelecimento de uma nova compreensão da natureza (BATESON, 1972, *passim*).

Esse aspecto do pensamento de Bateson me parece um tanto transcedental e este o afirma como tal. Para dar conta da emergência da mente, assume que não há resposta que não implique em considerar um elemento sobrenatural (BATESON, 1972, p. 93). Entretanto, é a

partir dele que desenvolve suas outras ideias, que aqui interessam muito. Para Bateson (1972), o principal problema é a soberba (*hybris*) científica. A epistemologia ocidental perpetua um sistema teleológico, que busca realizar um fim. Ao ter um propósito, a ciência termina tendo a sua atenção controlada e estreitada por este. Isso limita a tomada de consciência e o conhecimento que poderia ser de outro modo obtido. Além disso, a epistemologia ocidental difunde a ideia de uma existência humana exterior à mente (sistema cibernético supremo), levando à crença no controle e a falso conhecimento (BATESON, 1972, pp 103ss).

Para o autor, a epistemologia ocidental é um método de pensamento que gera uma perspectiva em que se exerce um controle autocrático sobre todos os sistemas. Desse modo, o ambiente é alterado para os caprichos humanos, quebrando o equilíbrio natural de competição controlada e dependência mútua. Como o controle do sistema como um todo não pode ser alcançado, uma vez que funciona de modo não linear, o ser humano termina escravisado pelo próprio sistema que criou e termina, com sua tecnologia e soberba potencialmente danificando o sistema supremo de uma maneira que poderá ser irreparável (BATESON, 1972, *passim*).

A solução para essa situação, que permitiria que o sistema se autocorrigisse em tempo, seria a aceitação desse holismo e uma atitude de humildade, abandonando a visão de que se deveria funcionar somente com a consciência. Afirma que é necessário permitir que o inconsciente seja combinado à consciência limitada para que se evite o desastre. Propõe aliar pensamento e emoção em um todo como única via de obter conhecimento completo, acreditando que a religião e a arte seriam algumas das poucas áreas em que a consciência estaria completa. Sugere buscar evitar a separação desses âmbitos, evitar a constante competição, e buscar a complementaridade, numa cultura que fosse capaz de mudar com flexibilidade no interior do sistema cibernético supremo (BATESON, 1972, *passim*).

De modo bastante radical, o autor desqualifica o conhecimento gerado através da ciência, julgando a especialização e o fato de haver uma teleologia na tradição ocidental como males a reparar, pois, do contrário, o próprio sistema do mundo ruma ao colapso. Embora essas ideias façam sentido, uma vez que de fato o ser humano está destruindo o planeta, pode-se compreender os motivos que levaram a que suas ideias tivessem poucos seguidores.

Embora suas ideias tenham bastante apelo, o que me parece importante apreender é a possibilidade de estabelecer uma compreensão holística da ciência. Não estou disposto a dispensar e desqualificar o conhecimento obtido através da especialização e a pletora de avanços importantes que a ciência tem proporcionado à nossa tradição, da qual fazem parte as descobertas que foram utilizadas como exemplo no início desta seção. Entretanto, é

interessante adotar alguns dos pressupostos batesonianos, algo possível de operar sem ter que subscrever a toda a visão apresentada pelo autor.

A perspectiva de que é necessário compreender natureza e conhecimento sobre a natureza como extremamente complexos e totalmente interligados e participantes de um todo parece ser uma perspectiva importante. Nesse sentido, a unidade da natureza, e desta com o sujeito do conhecimento, me parece ser incontornável e necessária para fornecer uma base sólida para a epistemologia. Assim também, a compreensão de que é necessária a perspectiva de que tanto a natureza quanto o conhecimento são complexos e que, para compreendê-los, faz-se necessário adotar uma postura crítica e preparada para uma abordagem sofisticada, para usar o adjetivo de McAllister.

Também sou partidário da ideia de que de fato é necessário não deixar de lado um olhar para as consequências das decisões e programas de políticas públicas com relação à natureza, e que certamente o conhecimento científico não pode ser empreendido sem levar em conta essas implicações e consequências. Não é possível encarar a ciência como divorciada da vida social e, por consequência, da sua política, sem que isso tenha seu pesado ônus, para a ciência e para a sociedade.

5 CONCLUSÃO

A partir do trabalho de James McAllister (1996), que apresenta uma concepção analítica do uso de critérios estéticos para a avaliação de teorias científicas, bem como revendo a literatura correlata a esse trabalho, foi encontrado um quadro conceitual inicial a partir do qual a investigação se desenvolveu. Esse quadro pode ser resumido do seguinte modo. Os critérios estéticos dizem respeito à subjetividade humana, mas são estabelecidos por grupos de cientistas, situados historicamente, que, consciente ou inconscientemente, estabelecem tais critérios segundo as características das teorias que se mostraram bem-sucedidas em seu passado recente. Buscam as mesmas caracterísitcas nas teorias novas num racioncínio indutivo. O conjunto de critérios estéticos sofre alterações com o tempo, à medida que as características das teorias bem-sucedidas empiricamente se transformam, embora em ritmos diferentes. As revoluções científicas são caracterizadas como alterações radicais dos conjuntos de critérios estéticos e o uso desses critérios é um uso racional.

Partindo desse quadro conceitual, os textos filosóficos de cientistas século XX foram analisados. Einstein, Dirac, Chandrasekhar e Heisenberg, em sua defesa de critérios estéticos para a escolha de teorias científicas mostraram ter se preocupado com a questão e defendido o uso de critérios como a beleza ou a simetria na escolha de teorias. A crença desses cientistas na importância do uso de critérios estétidos está justificada pelo sucesso empírico das teorias escolhidas utilizando esses critérios. Aparentemente, não haveria outra explicação a ser dada. Todos parecem concordar em que há uma relação entre a beleza e a capacidade de apreensão da realidade pelas teorias científicas. Tendo em vista o quadro apresentado inicialmente, compreende-se o processo que permite esse tipo de defesa do uso de critérios estéticos. Uma hipótese que pode ser apresentada é a de que os critérios estéticos seriam os que permitiriam a que esse grupo de cientistas mantivesse a crença na característica teleológica do progresso da ciência rumo à sua unificação em uma teoria final, ideia corroborada por McAllister (1996).

Entretanto, essa avaliação possibilita o levantamento de outras questões, relacionadas ao realismo das teorias, à capacidade humana em apreender a realidade, bem como em relação a essa ideia de progresso da ciência, enquanto atividade que rumaria para um fim no qual toda a ciência se unificaria e abarcaria todo o conhecimento, podendo reduzir-se a princípios e teorias básicos. Essa visão foi questionada e foi apresentada uma visão alternativa, na qual a ciência é vista como atividade sem fim, plural e na qual são necessárias inúmeras perspectivas para que se dê conta da realidade. A tarefa de descrição da natureza foi apresentada como uma tarefa que pode ser direcionada de diversas maneiras, de acordo com os valores que

determinem esse direcionamento. A complementariadade entre as diversas perspectivas possíveis formam uma imagem de natureza mais completa e rica, que sempre pode ser aprofundada e aumentada indefinidamente. Além dessas, também foram aludidas as questões sobre a percepção e a cognição, e o modo como sua formação exige um tratamento complexo e holístico, corroborando com a visão apresentada.

Não é difícil estabelecer congruência entre as perspectivas apresentadas acima e o quadro conceitual apresentado nesta tese, tanto tendo em vista aquilo proposto por McAllister (1996), quando as ideias dos outros autores abordados. Primeiro, podemos transferir diretamente por indução as características descritas para a cognição como sendo aquelas da ciência. Essa operação é necessária, ou seja, as características descritas para a cognição humana também são aquelas da ciência – não há como separá-las. Como afirmou Hutchins (2001), a prática científica é o caso exemplar da cognição em exercício. Sendo assim, as características da ciência, enquanto exercício da cognição humana, poderiam ser resumidas nas linhas gerais que apresento adiante, e que me parecem ser fundamentais para a compreesão da ciência.

O instigante destas questões é o fato de que, a partir das questões levantadas para poder dar conta da questão da beleza, não há como não enfrentar essa caracterização. Para compreender como a beleza pode ser guia para a verdade de teorias é necessário traçar esse quadro. Acredito que tudo que foi exposto justifica essa minha afirmação. Assim, defendo aqui alguns pontos que me parecem cruciais e sem os quais não haveria como descrever de modo sofisticado o suficiente, a meu ver, o empreendimento científico, bem como todo o conjunto do conhecimento humano. Esses pontos podem ser resumidos livremente como sendo os seguintes.

- A ciência se estabelece historicamente e é um empreendimento coletivo e social.
- A ciência ocorre situada no espaço e no tempo.
- Os valores e os critérios estéticos regulam a prática científica.
- O conhecimento científico é de fim indeterminado e poderá encontrar múltiplos rumos, não necessariamente excludentes uns dos outros.
- A atividade científica é uma atividade sem fim, sempre haverá aspectos da natureza a conhecer.
- O empreendimento científico é uma atividade realista, aproximando-se da descrição da realidade tal como ela é.

- A descrição da realidade nunca será completa, pois a realidade só pode ser parcialmente descrita pela atividade humana. A realidade é de natureza multifacetada e só pode ser descrita através de múltiplas perspectivas, que são de número indeterminado, talvez infinito.

Levar em conta a dimensão histórica da ciência é necessário não só para a compreensão da ciência, mas também para o melhor estabelecimento de sua prática. A partir do quadro conceitual descrito para a percepção e a cognição, é importante ter em vista o conjunto das dimensões históricas que envolvem a ciência. Para poder determinar em que medida o conhecimento científico dá conta de aproximar-se do real, em que medida tem capacidade de descrever a natureza e como se aproxima de uma descrição exata ou fidedigna da natureza, é necessário ter em conta a dimensão histórica social e cultural, bem como o modo como o conhecimento se desenvolve ao longo do tempo na história pessoal de indivíduos – como isso é estabelecido no interior de um grupo social, e ainda também ter em conta o desenvolvimento humano enquanto espécie, no sentido de que enquanto sujeitos do conhecimento também fazemos parte da natureza que é estudada.

A compreensão dessas dimensões históricas não apenas permitem compreender no que consiste a ciência, mas também sobre o que a leva a desenvolver-se de determinadas maneiras ao longo do tempo. Levando-se em conta que a ciência não está num caminho inexorável rumo a um objetivo final, no qual estaria completa, tendo sido unificada e apresentando as teorias absolutas e finais que abarcariam toda a natureza e que poderiam ser reduzidas a um só conjunto simples e conciso de determinada ciência básica, a física, é necessário estabelecer de que modo se desenvolve ao longo do tempo. Em outras palavras, a ciência pode desenvolver-se de múltiplas maneiras – poderia ter sido o caso no passado e poderá percorrer múltiplos caminhos no futuro. Além disso, o conhecimento científico não é passível de total redução de um de seus ramos a outro; as diversas ciências são complementares entre si. Também sempre haverá maiores desenvolvimentos a serem realizados no sentido de aumentar o conhecimento científico. Não haverá uma perspectiva única nem completa que dê conta de descrever a natureza. O conhecimento é formado por múltiplas perspectivas complementares e que podem ser desenvolvidas indeterminadamente.

O conhecimento, sendo cultural e historicamente situado, segue o caminho mais "natural" para aquela cultura determinada e situada espacial e temporalmente. Evidentemente, ao se falar hoje em ciência, leva-se em conta que a cultura ocidental é a preponderante e hegemônica. Mas isso não significa que outras tendências culturais não estejam em jogo.

Também não significa que a cultura atualmente hegemônica seja aquela que "deveria" ser, no sentido de que se não estamos num caminho inexorável para o objetivo final de uma ciência absoluta que um dia teria sua expressão na completude do conhecimento, os caminhos que a ciência poderia traçar seriam de número indeterminado. Em outras palavras, o caminho em que estamos hoje não sabemos aonde nos leva, não é o único caminho possível e poderia ser muito bem outro sem prejuíso qualitativo ou quantitativo em termos da ciência que produz. A ciência hoje hegemônica não pode ser tida como a "melhor" ou a "mais adequada", em nenhum sentido.

O caráter não teleológico da ciência também implica que o progresso, seja o que for que se tenha como sendo progresso, não é um aumento qualitativo e quantitativo ao longo do tempo, mas tão somente diz respeito ao progresso naquela direção específica que a história levou a humanidade a percorrer. O progresso poderia ter sido direcionado em outror rumos, como muito bem o pode ser. Assim, são os valores que estão por trás do estabelecimento de objetivos e da valorização de determinados modos de realizar ciência que direcionarão o seu progresso.

Outra razão que corrobora essa perspectiva é o aspecto visto sobre o modo como a percepção humana é formada pelo ambiente no qual se desenvolve. Essa descrição, conforme foi estudado em Heelan (1983), dá conta de uma das questões muito discutidas na filosofia da ciência das últimas décadas; a questão do fato de que as observações científicas são carregadas de teoria. O são e é isso que as torna científicas. Esse é um "carregamento" que tem dupla-face. O que constitui uma observação como científica é o fato de ser carregada de teoria. Ao mesmo tempo, para ser científica, a observação precisa estar ciente da teoria que carrega e disposta a questioná-la e desafiá-la. A observação é formada pela teoria e também a forma e a corrobora. Além disso, a formação individual do cientista também é uma das razões que me faz afirmar a múltipla possibilidade de desenvolvimento para a ciência, pois implica que tanto a formação educacional quanto o contexto histórico e cultural são determinantes para os rumos gerais que a ciência toma.

Também faz parte desse quadro a formação, ao longo do tempo, de cânones estéticos dominantes em grupos sociais de cientistas. Acredito não ser um salto muito longo estender a caracterização feita para os cânones estéticos ao conjunto de valores desses grupos sociais. Muito embora o cânone estético esteja ligado e seja estabelecido pelo processo indutivo guiado pelo sucesso das teorias científicas, o conjunto de valores, ainda que direcionando a ciência de um ponto mais externo a ela, tem menores vínculos relacionados aos seus sucessos. Compreender o desenrolar histórico da ciência ao longo da sua história vai além de

estabelecer que cânones estéticos determinados grupos de cientistas mantinham como ótimos, mas também compreender os conjuntos de valores que os moviam ou aos quais almejavam.

Há ainda que ressaltar um aspecto importante dessa característica não teleológica e não determinística da ciência. Haveria quem pudesse objetar à ideia de que inúmeros fins seriam possíveis para o desenrolar histórico da ciência, levantando a questão do determinismo. Esse argumento diria que embora não nos fosse possível conhecer todas as condições iniciais que teriam trazido o desenrolar de eventos que configurou o estado de coisas atual, em última análise, por mais caótico que esse desenrolar se apresente, tratar-se-ia de um caos determinístico, tal como aquele observado em sistemas complexos estudados na física hodierna. Tenho uma objeção simples a esse argumento, que certamente poderá render alguma pesquisa que a desenvolva – e pretendo fazê-lo, embora aqui apenas a enunciarei. Minha objeção leva em conta que, ao considerar sistemas complexos em que exista ao menos um agente autônomo em seu interior, há que se considerar também que existam escolhas feitas por esse agente que são *indiferentes* a toda rede causal anterior que compõe a sua história.

Essa objeção parte do princípio (axioma ou premissa) de que existam, na trajetória histórica de um agente autônomo (um ser vivo qualquer), *escolhas indiferentes*. As escolhas indiferentes são escolhas que não são determinadas pela história do indivíduo, seja a sua história biológica, seja a sua história de vida ou, no caso dos seres humanos, sua história cultural. Se aceitarmos como plausível esse cenário, poderemos aceitar a premissa de que existem escolhas indiferentes e teremos que aceitar as suas implicações filosóficas.

Um exemplo pode melhor ilustrar o que seria uma escolha indiferente. Imaginemos que um pequeno mamífero percorre um caminho no meio de uma densa floresta a procura de alimento. Nesse caminho, o mamífero encontra uma bifurcação. Essa bifurcação se configura indiferente, ou seja, não há nada no cenário que determine, por meio de sua história de vida ou biológica, qual das duas opções do caminho o pequeno mamífero deveria seguir. Entretanto, não escolher não é uma possibilidade e o pequeno mamífero fará essa escolha. Como se trata de uma escolha indiferente à sua história, trata-se de um evento de fato arbitrário. Seria o caso de um evento estritamente randômico, no sentido forte e exato do termo, ou seja, não determinado, ou indeterminístico. Uma única ocorrência de uma bifurcação como essa torna todo o sistema complexo no qual aquele pequeno mamífero está inserido um sistema caótico de fato randômico e de fato indeterminístico.

Existem outras considerações que precisariam ser feitas para estabelecer e provar essa proposição, como a questão que envolve a determinação do universo ou das fronteiras que

delimitam qualquer que seja o sistema a ser considerado, e sua possível recepção de elementos externos ao sistema, mas não é aqui o lugar para elas, esse será um trabalho a ser desenvolvido posteriormente. Desse modo, levando em conta que a história pode de fato ser considerada como um desenrolar não determinístico de acontecimentos, a múltipla possibilidade de seu desenvolvimento está caracterizada.

Para mim, é importante caracterizar a história como sendo não teleológica, pois isso também garante a possibilidade do estabelecimento de um ambiente científico plural e pluralista, ainda que se mantenha a crença no realismo da ciência. Se os desenvolvimentos científicos não são um desenrolar que levará a uma ciência última e absoluta, final, e se a ciência é um empreendimento para o qual não há completude, pois sempre haverá por onde continuar desenvolvendo, nada impede que se abram diversas frentes simultâneas; o conhecimento de uma ordem não será necessariamente excludente ao conhecimento de outra ordem.

Os valores que regulam a atividade científica têm, então, importância inegável, pois são eles que estabelecem as escolhas por determinada via para a ampliação da pesquisa. Talvez não seja esse o caso para as ciências de mais alta ordem, para usar os termos de McAllister (1996), aquelas com macro-teorias extremamente abstratas e que dão conta de gamas enormes de fenômenos, como é o caso da física e de outras macro-ciências, as chamadas ciências naturais exatas. Mas ao se descer na ordem do grau de abstração das ciências, passando para a biologia, as ciências da saúde e as ciências humanas, bem como àquelas ciências exatas que estão diretamente relacionadas à sua aplicação pragmática, como, por exemplo, a geologia, a bioquímica e a agronomia, para citar somente algumas, os rumos tomados são determinados por valores sociais. As instituições e a sociedade orientam e alimentam as perspectivas e os objetivos a serem perseguidos.

Ainda com relação ao realismo e à racionalidade; talvez sejam importantes alguns dos aspectos ressaltados por Bateson e descritos brevemente acima. Por mais que seja contundente o argumento de que a ciência encontra respostas às perguntas que põe à natureza, em seu desenrolar empírico, não se pode almejar conhecer a natureza sem levar em conta a sua caracterização interligada e a artificialidade das divisões impostas pela extrema especialização do conhecimento. Para poder defender o realismo científico, inevitavelmente há que se abordar a natureza de maneira holística. Isso diz respeito também à racionalidade.

Como foi visto, a própria racionalidade que constitui todo o conhecimento humano não pode ser determinada e estabelecida de modo completo e absoluto. Do mesmo modo que se podem configurar inúmeras geometrias, também se podem produzir inúmeras lógicas e

possivelmente inúmeras linguagens que permitam a operação de dados e informações de modos os mais diversos. Esse é outro aspecto que corrobora para a multiplicidade de possíveis rumos a se tomar ao futuro. A racionalidade também não é absoluta e não determina as características da ciência, nem tampouco define seus rumos e, mais uma vez, não caracteriza seu desenvolvimento de forma teleológica. Também a racionalidade é aberta ao pluralismo.

Essa caracterização da ciência indica muitas possibilidades de investigação para a filosofia da ciência. É uma posição que não só permite que diversas das posições que são tidas como dicotômicas e mutuamente excludentes o deixem de ser, passando a ser complementares, como aplia os horizontes para a investigação. Em vez de alimentar controvérsias e enrigecer posições, é uma perspectiva que permite diálogo e comércio entre as diversas vertentes e vieses que formam o conjunto dos discursos acerca da ciência.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, R. et al. Individually distinctive acoustic features in sperm whale codas. **Animal Behaviour**, vol. 81, 2011, pp. 723-730.

ARAÚJO, Priscila Silva. Feyerabend e o pluralismo. In: VIDEIRA, Antonio Augusto Passos (Org.). **Perspectivas contemporâneas em filosofia da ciência**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2012, pp. 131-164.

ÁVILA, Gabriel da Costa. **Epistemologia em conflito**: uma contribuição à história das Guerras da Ciência. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em História. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011, 107p.

BATESON, Gregory. **Mind and Nature**: A Necessary Unity. New York: Dutton, 1979.

_____. **Steps to an Ecology of Mind**: Collected Essays in Anthropology, Psychiatry, Evolution, and Epistemology. Chicago: University of Chicago Press, 1972.

BIEDRZYCKI, M.L. Root exudates mediate kin recognition in plants. **Communicative & Integrative Biology**, vol. 3, pp. 28-35, 2010.

BLASJO, Viktor. A Definition of Mathematical Beauty and Its History. **Journal of Humanistic Mathematics**, vol. 2, n. 2, july 2012.

BOLZANI FILHO, Roberto. Oswaldo Porchat, a Filosofia e algumas "necessidades de essência". **Sképsis**, ano V, nº 8, 2012.

_____. A *Epokhé* cética e seus pressupostos. **Sképsis**, ano II, nº 3-4, 2008.

BORN, Max; EINSTEIN, Albert. **The Born - Einstein Letters**: Correspondence between Albert Einstein and Max and Hedwig Born from 1916 to 1955 with Commentaries by Max Born. Tradução Irene Born (Newton-John), Britain: MacMillan, 1971.

CARNAP, Rudolf. **The logical structure of the world**; and Pseudoproblems in philosophy. ROLF, George (Trad.). California: University of California Press, 2005.

CHANDRASEKHAR, Subrahmanyan. **Newton's Principia for the Common Reader**. New York: Oxford University Press, 1995.

_____. **A quest for perspectives**, Selected Works of S. Chandrasekhar (with Commentary) WALI, Kameshwar (Editor). Volume 2. Londres: Imperial College Press, 2001.

_____. **Why things are the way they are.** Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

DE REGT, Henk W. Beauty in physical science circa 2000. **International Studies in the Philosophy of Science**, vol. 16, n. 1, pp. 95-103, 1998. DOI: 10.1080/02698590120118855

DIRAC, P. A. M. **The evolution of the Physicist's Conception of Nature**. Scientific American, May, 1963, v. 208, n. 5, pp 45-53.

_____. **The Excellence of Einstein's theory of gravitation**, UNESCO, Unesco Document, 1978. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0003/000311/031102eb.pdf> Acesso em: Outubro, 2016.

_____. The requirements of fundamental physical theory. **European Journal of Physics**, 1984, Vol. 5, N. 2, p. 65-68.

_____. Why we believe in Einstein's Theory. In: GRUBER, B. et al. (Eds) **Symmetrics in Science.** New York: Plenum Press, 1980.

DUDLEY, S.A.; FILE, A.L. Kin recognition in an annual plant, **Biology Letters**, Vol. 3, pp. 435-38, 2007.

DUHEM, Pierre. **A Teoria Física:** seu objeto e sua estrutura. COSTA, Rogério (Trad.). Rio de Janeiro: Eduerj, 2014.

EINSTEIN, Albert. **Albert Einstein Philosopher-Scientist**. Volume VII in the Library of Living Philosophers. SHILPP, Arthur (Ed.). New York: MJF Books, 1949.

_____. **Como vejo o mundo.** ALMEIDA, H. P. (Trad.). Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2015.

_____. Física e realidade. (Physik und Realität) **Revista Brasileira do Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 1, pp. 9-22, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172006000100003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 04 dez 2016. http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172006000100003.

_____. Physik und Realität. **Journal of The Franklin Institute**. Vol 221, No. 3 pp. 313-347, March, 1936.

_____. Princípios da pesquisa. Discurso pronunciado por ocasião do sexagésimo aniversário de Max Planck. In: _____. **Como vejo o mundo.** ALMEIDA, H. P. (Trad.). Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2015, pp. 101-104.

_____. **Principles of Research.** Address to the Physical Society, Berlin, for Max Planck's sixtieth birthday. 1918. Disponível em: <http://www.site.uottawa.ca/~yymao/misc/Einstein_PlanckBirthday.html> Acesso em: 28 nov 2016.

FARMELO, Graham. **The Strangest Man**: The hidden Life of Paul Dirac, Quantum Genius. London: Faber & Faber, 2009.

FEYERABEND, Paul. Realism and the Historicity of Knowledge. **The Journal of Philosophy**, Vol. 86, No. 8, Aug., 1989, pp. 393-406.

FILE, A.L. et al. Plant kin recognition enhances abundance of symbiotic microbial partner. **PLOS ONE**, vol. 7, p. e45648, 2012.

FISCHER, Ernst Pater. **Beauty and the beast**: the aesthetic moment in science. Translated from German by Elizabeth Oehlkers. München: Springer, 1999.

FOX, Kieran C. R.; MUTHUKRISHNA, Michael; SCHULTZ, Susanne. The social and cultural roots of whale and dolphin brains. **Nature Ecology & Evolution**, vol. 1 November 2017, pp. 1699-1705. DOI: doi.org/10.1038/s41559-017-0336-y

GIROD, Mark. **A conceptual overview of the role of beauty and aesthetics in science**, 2006, Disponível em: <https://redneck.wou.edu/~girodm/litreview.pdf> Acesso em 15 maio 2015.

GOLDSTEIN, Bruce. (Ed.) **Encyclopedia of perception**. New Delhi: SAGE, 2010.

GREGORY, Richard. Perception. In: GREGORY, Richard; ZANGWILL, Oliver. **The Oxford Companion to the Mind**. Oxford: Oxford University Press, 1987, pp. 598-601

HEELAN, Patrick. **Space-Perception and the Philosophy of Science**. Berkeley and Los Angeles: University of California Press, 1983.

HEISENBERG, Werner. The Meaning of Beauty in the Exact Sciences. HEATH, Peter (Trad.) In: _____. **Across the Frontier.** New York: Harper & Row, 1974, p. 167-180.

HORGAN, J. Profile: Subrahmanyan Chandrasekhar—Confronting the Final Limit, Scientific American 1994, vol. 270, n. 3, pp. 32–33.

HOWARD, Don. **Einstein's Philosophy of Science.** Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2014. Disponível em: <https://plato.stanford.edu/entries/einstein-philscience/> Acesso em: 04/11/2016.

HUME, David. **An Enquiry concerning Human Understanding**, edited by Tom L. Beauchamp, Oxford/New York: Oxford University Press, 1999.

_____. Of the Standard of Taste. In: **The Philosophical Works of David Hume**, edited by T. H. Green and T. H. Grose. Volume 3, London: Longman, Green, 1874–75.

_____. **Tratado da natureza humana**: uma tentativa de introduzir o método experimental de raciocínio nos assuntos morais. São Paulo: UNESP, 2001.

HUTCHINS, Edwin. **Cognition in the Wild**. Cambridge: MIT Press, 1996.

HUTCHINS, Edwin. Cognitive Ecology. **Topics in Cognitive Science**, vol. 2, pp. 705-715, 2010. DOI: 10.111/j.1756-8765.2010.01089.x

_____. Distributed cognition. In: **The International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences**, pp. 2068-2072, 2001.

_____. Material anchors for conceptual blends. **Journal of Pragmatics**. Vol. 37, pp. 1555-1577, 2005.

KAKU, Michio. **Quantum Field Theory**: A Modern Introduction. Oxford: Oxford University Press, 1993.

KANT, Immanuel. **Crítica da Faculdade do Juízo**. ROHDEN, Valério; MARQUES, Antônio (Trads.) 2ª ed.. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1995.

KARBAN, R. et al. Damage-induced resistance in sagebrush: volatiles are key to intra- and interplant communication. **Oecologia**, vol. 87, pp. 922-30, 2006.

KOST, C.; HEIL, M. Herbivore-induced plant volatiles induce an indirect defense in neighboring plants. **Journal of Ecology**, vol. 94, pp. 619-28, 2006.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. BOEIRA, Beatriz Vianna; BOEIRA, Nelson (Trads.). 10ª Edição. São Paulo: Editora Perspectiva, 2011.

KUIPERS, Theodorus. Beauty, A Road to the Truth. **Synthese** vol. 131, pp. 291-328, 2002.

LATOUR, Bruno. **Ciência em ação**: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora. Tradução de Ivone C. Benedetti. São Paulo: Ed. UNESP, 2000.

LIPSET, David. **Gregory Bateson:** The Legacy of a Scientist. New Jersey: Prentice-Hall, 1980.

MACHADO, Cristina de Amorim. Laudan, a sociologia da ciência e a questão da demarcação entre ciência e pseudociência. In: VIDEIRA, Antonio Augusto Passos (Org.). **Perspectivas contemporâneas em filosofia da ciência**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2012, pp. 89-129.

MARCUS, Gyorgy. Why is there no Hermeneutics of Natural Science? Some Preliminary Thesis. **Science in Context**, v. 1, n. 1, 1987, pp. 5-51.

MAXWELL, James Clerk. Account of experiments on the perception of colour. In: NIVEN, W.D. (ed.) **The scientific papers of James Clerk Maxwell,** v. 1 (Two volumes bound in one). 1857. New York: Dover, 1965, pp. 263-70.

_____. On Faraday's Lines of Force. 1855, In: NIVEN, W D. (ed.) **The Scientific Papers of James Clerk Maxwell**, vol. 1, Cambridge University Press: Cambridge, 1890. pp 155-229.

MAXWELL, James Clerk. On the theory of compound colours with reference to mixtures of blue and yellow light. In: NIVEN, W.D. (ed.) **The scientific papers of James Clerk Maxwell,** v. 1 (Two volumes bound in one). 1856. New York: Dover, 1965, pp. 243-45.

_____. **Textos Selecionados**. PUIG, Carlos Fils (Trad.) Rio de Janeiro: EdUerj, 2017.

MCALLISTER, James. **Beauty and Revolution in Science**. New York: Cornell University Press, 1996.

_____. Scientist's Aesthetic Preferences Among Theories: Conservative Factors in Revolutionary Crises. In. TAUBER, Alfred I. (Org.) **The Elusive Synthesis:** Aesthetics and Science. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996a, pp. 169-187.

_____. The Evidential Significance of Thought Experiment in Science. **Studies in the History and Philosophy of Science**, Vol. 27, No. 2, pp. 233-150, 1995.

MCMAHON, Jennifer A. Perceptual Principles as the Basis for Genuine Judgments of Beauty, **Journal of Consciousness Studies**, vol. 7, no. 8-9, pp.29-35, 2000.

MEHRA, Jagdish. **Einstein, Physics and Reality.** Danvers: Clearence Center, 1999.

MENDONÇA, André Luís de Oliveira. Filosofia da ciência e science studies: a guerra pela paz. In: VIDEIRA, Antonio Augusto Passos (Org.). **Perspectivas contemporâneas em filosofia da ciência**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2012, pp. 165-184

MONTANO, Beauty in science: a new model of the role of aesthetic evaluations in science, **European Journal for Philosophy of Science** vol. 3, pp. 133-156, 2013. DOI 10.1007/s13194-013-0064-3

MURPHY, G.P.; DUDLEY, S.A. Kin recognition: competition and cooperation in Impatiens (Balsaminaceae), **American Journal of Botany**, Vol. 96, pp. 1990-96, 2009.

NEWTON-SMITH, W. H. **The Rationality of Science**. Oxford: Balliol College, 1981.

O'CONNOR, J. J.; ROBERTSON, E. F. **Subrahmanyan Chandrasekhar**. Biographies. School of Mathematics and Statistics University of St Andrews, Scotland, 2005. Disponível em <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Chandrasekhar.html> Acesso em 15 de abril de 2017.

PATY, Michel. **A física do século XX**. MARICONDA, Pablo (Trad.). Aparecida: Ideias & Letras, 2009.

_____. Einstein, cientista e filósofo? **Estudos Avançados**. Vol. 7, No. 19, 1993, pp 91-132.

PEREIRA, Oswaldo Porchat. Discurso aos estudantes sobre a pesquisa em filosofia. in: TUGENDHAT, Ernst et al (Org.). **A filosofia entre nós**. Editora Unijuí: Ijuí, 2005.

PEREIRA, Oswaldo Porchat. **Rumo ao ceticismo**. Editora Unesp: São Paulo, 2006.

PUIG, Carlos Fils. **James Clerk Maxwell e a unidade do mundo**: modelos e metáforas na construção de teorias científicas. Dissertação [mestrado]. Rio de janeiro: UERJ, 2014

PUIG, Carlos Fils; TOLFO, Rogério; VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. Patrick Heelan, Fenomenologia e a Percepção Visual. **Revista Portuguesa de Filosofia**. 2016, vol. 72, No. 2-3, pp. 475-518.

REIS, Verusca Moss Simões dos. A "Lenda" cognitiva na filosofia da ciência segundo John Michael Ziman. In: VIDEIRA, Antonio Augusto Passos (Org.). **Perspectivas contemporâneas em filosofia da ciência**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2012, pp. 185-214.

SCHACTER, Daniel; GILBERT, Daniel; WEGNER, Daniel. **Psychology**. New York: Worth, 2009.

SILVA NETO, Thompson Lemos da. **A cognição corpórea como continuidade crítica das ciências cognitivas**, Tese (Doutorado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. 200 f..

SMITH, Plínio Junqueira. **Ceticismo filosófico**. EPU e Ed. da UFPR: Curitiba, 2000.

_____. **Do começo da filosofia e outros ensaios**. Discurso Editoria: São Paulo, 2005.

TAUBER, Alfred I. (Org.) **The Elusive Synthesis**: Aesthetics and Science. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.

TODD, Cain. Unmasking the Truth Beneath the Beauty: Why the Supposed Aesthetic Judgements Made in Science May Not Be Aesthetic at All. **International Studies in the Philosophy of Science**, vol. 22, n. 1, pp. 61-79, 2008. DOI: 10.1080/02698590802280910 2008

TUGENDHAT, Ernst et al (Org.). **A filosofia entre nós**. Editora Unijuí: Ijuí, 2005.

VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. **A inevitabilidade da filosofia na ciência natural do século 19**. Ed. Unijuí, 2013.

_____. **Por que os físicos acreditam que as coisas existem?** Breves comentários a respeito das relações entre ciência e metafísica. Braga: Axioma, 2017.

VIDEIRA, Antonio Augusto P.; MENDONÇA, Andre L. de O. Contextualizing the Contexts of Discovery and Justification: How to do Science Studies in Brazil. In: KRAUSE, Décio; VIDEIRA, Antonio Augusto P. **Brazilian Studies in Philosophy and History of Sciences**: An account of recent works. Dordrecht: Springer, 2011, pp. 233-243.

WEBER, Max. **Ciência e Política**: duas vocações. São Paulo: Cultrix, 2011.

WHITEHEAD, Alfred. **Aventures of Ideas**. New York: The Free Press, 1967.

ZIMAN, John. **Real science**: what it is, and what it means. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.