5 Os olhares de Janus

A história é acontecer, um tipo particular de acontecer, e o redemoinho que gera. Onde não há acontecer não há história. A pura eternidade – se é que porventura pode ser imaginada -, a permanência sempre estável, desprovida de toda mudança, e isto quer dizer o vazio como tal, é absoluto nirvana, não tem história. [...]. Para transformar-se em história, os acontecimentos devem antes estar todos relacionados entre si, formar uma corrente, um contínuo fluxo.

Erich Kahler

Lente senex, idemque celer, claudensque relaxans,
anne bonum quis te dixerit, anne malum?
Largus es, esque tenax: quae munera porrigis, aufers;
quique parens aderas, ipse peremptor ades;
visceribus educta tuis in viscera condis,
tu cui prompta sinu carpere fauce licet.
Omnia cumque facis cumque omnia destruis, hinc te
nonne bonum possem dicere, nonne malum?
Porro ubi tu diro rabidus frustraberis ictu,
falce minax illo tendere parce manus,
nulla ubi pressa Chaos atri vestigia parent
ne videare bonus, ne videare malus.

Giordano Bruno, *Al tempo.*[1]

[1] Tradução nossa para o português, a partir da tradução inglesa de Richard J. Blackewll (In: BRUNO, 1998, p. 13-14): “Oh, velho homem, vagaroso e ligeiro, que revela e esconde, devemos elogiá-lo ou maldizê-lo? Você é generoso e avarento; os presentes que você oferece, você retoma; você mata aquilo que você fez nascer, e o que você gera nas suas entranhas, nas suas entranhas você devora, a você é permitido consumir com suas presas o fruto do seu ventre. Você cria tudo e destrói tudo: Não poderia, então, chamá-lo benevolente, e chamá-lo maligno? E, quando você me surpreender com seu vivaz sopro mortal, com sua foice ameaçadora, deixe-me apontar as mãos para onde não há vestígios do sombrio Caos: então, você não parecerá nem bom, nem mau”.

I

Na mitologia romana, *Janus* (ou Jano) é a divindade bifronte que mantém uma de suas faces sempre voltada para frente, o porvir, e a outra, para trás, em apreciação ao que já se passou. É o deus da transformação e o mediador das preces humanas aos demais deuses. Ele guardava os portais e os caminhos por onde passavam os soldados romanos em tempos de guerra. Seu reinado na Itália foi um tempo de paz e prosperidade. Saturno dotou-o de rara prudência, colocando o passado e o futuro diante dos seus olhos. É, também, o deus dos princípios, sendo-lhe consagrado o primeiro mês do ano, janeiro, *januarius*.

A imagem do *Jano bifronte* foi utilizada por Ceruti (1995, p. 66) como caracterização dos limites da ciência contemporânea que, ao estabelecer "as *fronteiras* de um universo de discurso dado, abrem *novas possibilidades* para a construção de novos universos de discurso". Com isso, ele se refere à mudança da perspectiva ambivalente da Modernidade baseada na heurística do lugar fundamental da observação de um lado e, do outro, na descentralização do sujeito cognoscente.

A tradição científica moderna fundou-se no ideal regulador do ponto de vista absoluto do observador como aporte da descentralização do sujeito em relação ao conhecimento. À derrubada da isomorfia entre o universo do discurso e o universo natural que subsidiava a noção de cosmos da Antigüidade, sucedeu, na Idade Moderna, um núcleo de ideais e um conjunto de leis reguladoras do conhecimento e da prática científica que caracterizaram, de acordo com Ceruti (1985), um processo de sacralização secundária da Modernidade como contrapeso à radicalidade da

dessacralização da cultura produzida nesse período. Exemplos desse episódio são as tentativas da generalização de saberes pela diluição dos seus aspectos idiossincráticos, da previsão dos acontecimentos pela ampliação e acumulação do saber em substituição à perspectiva da idéia cíclica do tempo do universo medieval e sua conseqüente noção de conservação do conhecimento, da apreensão atemporal do tempo e das invariâncias espaco-temporais que corroboram a onisciência do observador.

Tais atitudes impuseram limites ao universo do discurso científico como demarcação do campo da ciência. Como conseqüência, produziram vetos à pesquisa, característicos da validação das perguntas que mereciam o *status* da investigação científica. Para os demais questionamentos, restou a categoria do enigma como uma negação do saber. Ceruti (1985) menciona "*Os sete enigmas do mundo*" conforme foram formulados, em 1880, pelo fisiólogo alemão Emil Du Bois-Reymond: a natureza da matéria e da força, o problema do início do movimento, o fenômeno da consciência, a origem da vida, o finalismo da natureza, a origem da linguagem e do pensamento racional e a questão do livre arbítrio. É precisamente sobre tais questões que se baseia grande parte da pesquisa científica contemporânea. No entanto, se as mesmas perguntas persistiram, o *tipo* de abordagem destinada a elas teria sofrido profundas mudanças no sentido de que "todo o aumento decisivo do conhecimento provoca a produção de nova ignorância, de *novos tipos* de ignorância; e as novas ignorâncias podem provocar a produção de novos problemas e de novos universos possíveis para o conhecimento" (CERUTI, 1985, p. 68).

De certo modo, o sujeito cognoscente contemporâneo pode ser comparado ao *Jano bifronte*, pois se encontra reposicionado no centro epistemológico do saber.

No entanto, como sujeito humano, vive sob a égide da assimetria do tempo: o passado é, para ele, de uma natureza translúcida porém interpretável, e o futuro, de uma opacidade e imprevisibilidade irredutíveis[2]. O momento presente se afigura como permanente transição, exigindo do sujeito o juízo acerca do conhecimento, ou seja, o ato de pensar. Um tempo de intersubjetividades epistêmicas se reestabelece.

Também se pode relativizar o peso da tradição moderna ao concebê-la como uma síntese policêntrica das idéias renascentistas e de acordo com o sincretismo e a decomposição de diferentes posturas de conhecimento do mundo. Ceruti (1995) ressalta o entrecruzamento histórico de dois arquéticos culturais distintos como, por exemplo, o do universo mágico e alquimista no pensamento newtoniano[3] e as problemáticas modernas compartilhadas pela alquimia de Paracelso e seus seguidores. Acerca desse último, Debus (1996, p. 55) enfatiza a defesa paracelsiana da medicina como uma filosofia natural e a postulação, pelos seus adeptos e ao lado de uma revalorização do cristianismo, do neoplatonismo, do hermetismo[4], da observação e da experimentação:

---

[2] Essa caracterização da condição epistêmica do sujeito humano contemporâneo foi inspirada num comentário de Heinz Von Foerster no prefácio do livro *O vínculo e a possibilidade* (1995), no qual ele se refere ao "golpe de gênio" de Ceruti, autor daquela obra, "quando decidiu argumentar os seus passos servindo-se de um caso de assimetria (quase) perfeita, de um caso em que as coisas passadas são de uma transparência e de uma interpretabilidade (quase) completa e em que as coisas que estão por vir são de uma opacidade e de uma imprevisibilidade (quase) universal: o caso da Evolução Biológica". (CERUTI, 1995, p. 10). Ceruti, por sua vez, faz em seu livro uma menção ao pensamento de Von Foerster, quando esse último se refere à extrapolação das capacidades e incapacidades humanas de fazer deduções infalíveis aos fenômenos naturais correspondendo, respectivamente, às noções de "necessidade" e "acaso".

[3] Nesse sentido, é interessante mencionar o título da obra de Betty Jo Teeter Dobbs, editada em 2002, acerca das bases alquimistas do pensamento newtoniano: *The Janus faces of genuis: the role of alchemy in Newton's thought*. Laszlo (1997) ressalta a presença das forças de atração e repulsão na física newtoniana como um legado da alquimia. Para Westfall (1995), no entanto, o conceito newtoniano de força não coadunava com as simpatias e as antipatias do naturalismo renascentista, mas representava um aperfeiçoamento da filosofia mecânica, articulando-se às categorias da matéria e do movimento. Era, por outro lado, uma realidade ontológica relacionada à intervenção direta de Deus no mundo.

[4] A revalorização do cristianismo e do platonismo revitalizaram a crença renascentista na unidade da natureza e na correspondência entre macrocosmos e o microcosmos (o homem como espelho da perfeição divina), possibilitando uma reconciliação entre religião e observação científica. De fato, os laboratórios dos alquimistas eram geminados com os mosteiros. Para Laszlo (1997), o grande objetivo dos alquimistas era a emulação da criação. Os escritos gregos de Hermes Trimegisto,

> A filosofia química seria uma nova ciência baseada firmemente na observação e na religião. Porém, aqueles que recorriam aos métodos quantitativos recordavam, talvez, que Deus havia criado "todas as coisas em número, peso e medida". Isto se interpretava como um mandato dirigido ao médico, ao químico e ao farmacêutico – homens que pesavam e mediam regularmente na execução do seu trabalho.

Uma leitura da urdidura histórica a partir da sua trama epistemológica[5], permite reavaliar os impasses modernos que se prolongam e se atualizam nas questões científicas contemporâneas. Nesse caso, não se trata de assumir uma continuidade histórica dos dilemas da Modernidade, senão da perspectiva de releitura hodierna dos posicionamentos renascentistas acerca dos possíveis desdobramentos dos paradigmas de conhecimento que se desenvolviam naquele momento histórico da cultura ocidental. É o que faz Gatti (1999) com o pensamento de Giordano Bruno (1548-1600), filósofo italiano mais conhecido pela sua proposta da infinitude do universo.

A questão da conciliação da unidade imutável do todo com a multiplicidade mutável das coisas encontra-se profundamente relacionada com as preocupações de Bruno. Ela conduziu à articulação, no pensamento bruniano, da cosmologia com o atomismo. De acordo com Gatti (1999), Bruno esboçou uma atitude epistemológica que se relacionava com a percepção de uma crise sobre a compreensão humana da infinitude do universo, bem como da extensão mínima da matéria. Ambas consistiam em entidades não mensuráveis e obscuras à finitude da mente humana.

A epistemologia de Bruno articula às coisas sensíveis um necessário julgamento pela razão. Ainda que a verdade tenha fundamento nos sentidos, os sentidos necessitam ser complementados por um princípio que os examina, ou seja, a razão (NEUSER, 1995). A idéia da infinitude do universo é, ela própria, obtida por meio da analogia com as coisas finitas. De acordo com Bruno (1998, p. 28):

Corpus hermeticum, traduzidos para o latim em 1471 por Marsílio Ficino (1433-1499), desempenharam importante papel na busca renascentista pela harmonia cósmica.

[5] Conforme proposto no capítulo 2.

> Não existe sentido que veja o infinito, nem sentido a que se possa pedir esta conclusão, porque o infinito não pode ser objeto dos sentidos; por isso, quem procurar conhecê-lo por essa via, é como quem quisesse ver com os olhos a substância e a essência; e quem a negasse por não ser sensível, ou visível, viria a negar a própria substância do ser.

Numa atitude simultaneamente neopitagórica e neoplatônica, Bruno advogará um monismo no qual o Uno, representado pela figura do círculo, é o princípio de tudo e o infinito que se desdobra na multiplicidade das coisas particulares, as quais conservam em si, o *mínimo*[6]. Desse modo, o átomo é o mínimo do corpo. De acordo com Abbagnano (2000, p. 139):

> O *mínimo* é, portanto, para Bruno, a unidade última e real, qualitativamente diferenciada, que permite entender, em primeiro lugar, a constituição das coisas particulares, as quais tendem, cada uma, a conservar o próprio mínimo e assim conspiram para um mesmo fim; e, em segundo lugar, permite o unificar das coisas particulares de modo a formarem espécies e gêneros sempre cada vez mais vastos até ao último generalíssimo e comuníssimo *ser*, que é o universo.

Para Yates (1987), a abordagem simbólica de Bruno da infinitude do universo e do *mínimo* circunscreve-se, mais propriamente, à magia natural. Daí que, para Koyré (2001, p. 59-60), "o espírito de Bruno não é absolutamente moderno". Gatti (1999, p. 149), por sua vez, ressalta a atitude da discordância bruniana com respeito à noção clássica da matemática que foi retomada no Renascimento, e segundo a qual o processo consecutivo do raciocínio está apto a produzir uma imagem especular da ordem natural do mundo:

> Bruno tinha em mente, embora de uma forma muito embrionária, uma idéia totalmente diferente do que era a doutrina matemática e como ela se articulava à mecânica do seu universo infinito e atômico. É uma idéia que pode ser relacionada aos antigos ícones matemáticos ou templos[7], conduzindo das mais altas formas de certeza racional ao caos do

[6]Uma importante influência no pensamento bruniano foi Nicolau de Cusa. Para ele, a concepção de uma divindade transcendente e infinita era compatível com a possibilidade de redução da diversidade do mundo à unidade. Bruno mencionou a teoria de Cusa da "coincidência dos contrários" no seu livro *De la causa, principio et uno* de 1584, argumentando em termos da oposição entre uma linha reta e um círculo e da indistinção entre ambos quando o círculo e a linha são feitos infinitos (BRUNO,1998). De modo equivalente, Cusa concebeu o universo como uma esfera infinita de modo a torná-lo consistente com a onipotência criativa de Deus (KUHN, 1990b).

[7] Gatti (1999) defende a tese de que a matemática bruniana articula figuras da geometria euclidiana como círculos e triângulos a uma interpretação "semi-mitológica" das mesmas com o propósito de concebê-las como um instrumental para a mente na visualização das coisas do universo infinito assim como das suas partes mínimas. Em seu *Articuli adversus mathematicos* de 1588, Bruno representou as figuras da inteligência, *mens*, ou o Pai que gera o filho, por sua vez, o intelecto, *intellectus*, estando entre eles o amor, *affectus*. Na construção dessas figuras, Bruno faz uso de círculos que se tocam, se interseccionam e se circunscrevem uns aos outros. Yates (1987, p. 365) associa a representação pictórica bruniana com a arte clássica da mnemônica "na qual as idéias são lembradas

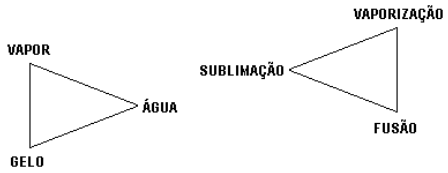
> mundo fenomenológico. Ela é também muito próxima ao colapso da concepção contemporânea do objeto e ao propósito, na mecânica quântica, da medida como um filtro através do qual um vago e "virtual" mundo de objetos pode (possivelmente) ser indiretamente capturado. (tradução nossa).[8]

Para Cassirer (2001), a disposição bruniana para as formas pictóricas representa uma atitude típica da filosofia renascentista em sua aspiração por símbolos visuais. Em sua obra *De umbris idearum* de 1582, Bruno defenderá a alegoria como veículo próprio do pensamento e do espírito humano, na medida em que o conteúdo transcendental das idéias submete-se ao entendimento de um ser finito e limitado.

A proposta bruniana sobre o papel da matemática na ciência assume as formas geométricas como um sistema de relações determinadas pela mente e não uma identificação delas com as coisas mesmas (GATTI, 1999). Uma perspectiva mais próxima da noção pitagórica da imanência dos números que da transcendência

---

graças a imagens colocadas numa determinada ordem, ou graças a lugares memorizados nos edifícios". Para Gatti, diferentemente do que pensa Yates, as imagens brunianas não desempenham o papel de talismãs ou ícones portadores de misteriosos poderes ocultos, conforme apregoava a tradição hermética. Laszlo (1997) oferece um exemplo acerca da utilização da linguagem simbólica na alquimia que contribui para o entendimento da utilização *operatória* das formas pictóricas por Bruno, no sentido da argumentação de Gatti (1999). Trata-se de um diagrama que relaciona os três estados físicos da água, posicionados nos nós de uma rede triangular, com as transformações físicas entre os estados da água, representadas num segundo triângulo:



Laszlo (1997) refere-se a uma "flutuação do sentido" propiciada pelos dois triângulos. O da esquerda apresenta uma característica estática das substâncias, enquanto o da direta atribui um caráter dinâmico às transformações físicas. No entanto, de acordo com a crítica de Laszlo, o fato do mesmo símbolo significar diversas entidades favoreceu uma impressão da alquimia como empreendimento falacioso e obscuro.

[8] No original, em inglês: "*Bruno had in mind, although in a very embryonic form, a quite different idea of what mathematical doctrine was and how it related to the mechanics of his atomic and infinite universe. It is an idea that can be related to ancient mathematical icons or temples, leading from higher forms of rational certainty into the chaos of the phenomenological world. It can also be closely related to the modern breakdown in the concept of an object and to the proposal in quantum mechanics of measurement as a grid through which a shadowy and "virtual" world of objects can (possibly) be indirectly grasped".*

platônica das formas[9] e que se distancia dos rumos que a matematização estava adquirindo na Revolução Científica.

Giordano Bruno, no seu diagrama intitulado “Campo de Demócrito” publicado na obra *De triplici minimo et mensura* de 1591, articula o domínio astronômico ao das partículas mínimas da matéria, desenhando um círculo rodeado de seis outros iguais. Nessa disposição hexagonal dos círculos, os centros dos mesmos podem ser unidos ao do círculo central, a partir de segmentos de retas que dividem esse último em ângulos de sessenta graus. O diagrama bruniano relaciona o arranjo triangular do atomismo grego de Leucipo e Demócrito (século X a.C.)[10] à sua noção da forma esférica do átomo e à tradição histórica e astronômica do número sessenta nas culturas da Suméria e da Babilônia[11] (GATTI, 1998).

[9] No poema *De monade* de 1591, Bruno se utiliza do significado simbólico dos números para derivar todo o mundo natural da *década* (que os pitagóricos associavam à figura da *tetractys*) a partir da unidade. Assim, o Uno se desdobra nas *díades* da matéria e da forma, das potências ativa e passiva, das almas intelectiva e sensível. Em seguida, tem-se a *tríade*, representada pelo triângulo e pelos três princípios da unidade, da verdade e da bondade e a *tétrada* que simboliza o bem, o intelecto, o amor, a beleza e, também, os quatro elementos da geometria: ponto, linha, superfície e a profundidade. Segundo Abbagnano (2000, p. 140): “Bruno quis demonstrar, com a sua matemática simbólica, a derivação do mundo do Uno; e quis mostrar em *ato* esta derivação [...] quis com ela responder ao problema que a sua filosofia da natureza suscitava: conciliar a unidade do universo com a multiplicidade dos seus modos de ser”.

[10] Foi Platão quem deu uma interpretação mais pitagórica para o atomismo de Demócrito e Leucipo no seu diálogo *Timeu*, associando sólidos regulares aos quatro elementos do pluralismo de Empédocles. Às partes menores da terra corresponde o cubo; ao ar, o octaedro; ao fogo, o tetraedro e, à água, o icosaedro. No entanto, tais sólidos não correspondem aos indivisíveis democritianos. No modelo de Platão, as menores porções da matéria são as formas matemáticas dos triângulos. Assim, diferentemente do atomismo de Demócrito que concebe os átomos como unidades eternas e indestrutíveis da matéria, os elementos, no modelo de Platão, podem ser transformados uns nos outros, a partir da decomposição dos sólidos regulares em triângulos básicos e por uma nova recomposição desses em um novo sólido. A teoria platônica da estrutura da matéria e o atomismo compartilham da concepção epistemológica segundo a qual, “os não-observáveis que postulamos para explicar as propriedades dos observáveis não precisam, eles, mesmos, ter essas mesmas propriedades” (VLASTOS, 1987, p. 48). Heisenberg (1987) considerou que na teoria quântica, assim como em Platão, as partículas elementares são assumidas como formas matemáticas. No entanto, a descrição ocorre mediante “autofunções” e “autovalores” subsidiados pela atitude empírica da ciência contemporânea que teria faltado aos gregos.

[11] Ifrah (1992) menciona diversas hipóteses sobre a origem da base sexagesimal entre os sumérios. Uma delas é o número de dias do ano, arredondado para 360, dando origem à divisão do círculo em 360°. Uma vez que a corda de comprimento equivalente ao raio corresponde à sexta parte da circunferência, a divisão do círculo em seis partes iguais a 60° privilegiou o uso no número sessenta.

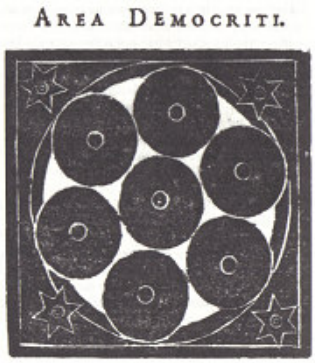
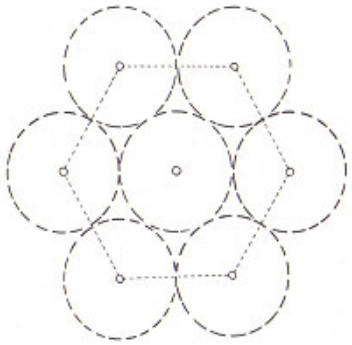


Diagrama bruniano intitulado “Campo de Demócrito (1591). (Extraído de Gatti, 1998, p. 164).



Círculos dispostos num plano, os centros dos quais formam uma rede triangular ou hexagonal isotrópica. (Extraído de Ghyka, 1977, p. 83).

Bruno, por outro lado, não assumiu o materialismo do atomismo grego em toda sua extensão. Ele mantém-se adepto do animismo, concebendo o mundo como um “gigantesco animal” no qual a matéria é o receptáculo da forma, sendo que esta última é Deus: o mundo tem uma alma e ela é Deus. Nas palavras de Abbagnano (2000, p. 132) sobre a concepção bruniana do universo:

> As formas particulares das coisas nascem do seio da matéria que continuamente as suscita e destrói; de modo que a matéria é princípio ativo [...] Por último, matéria e forma resultam idênticas e constituem uma única unidade, que é forma e matéria, alma e corpo, ato e potência. Esta unidade é o universo.

Ao lado do diagrama bruniano encontra-se representada uma possível interpretação atual do arranjo hexagonal ou triangular de círculos num plano. De acordo com Ghyla (1977), o correspondente arranjo espacial de esferas é muito freqüente na natureza como, por exemplo, na organização celular e está associado a uma economia de substância, otimização do aproveitamento espacial e redução de tensões físicas.

No século XX, Schrödinger (1996), o formulador da equação de onda que descreve o comportamento quântico da matéria, a qual leva o seu nome, se referiu ao apego da mente humana pela forma ou *gestalt* dos objetos. Uma tendência que se sobrepõe à apreciação da constituição material das coisas. No entanto, no

universo microscópico, não é possível sustentar uma atitude realista associando imagens geométricas aos arranjos atômicos e considerá-las correspondentes à "verdadeira" configuração dos objetos microscópicos[12]. Para os modelos atômicos, como aqueles que os professores costumam desenhar no quadro negro, cabe apenas o questionamento acerca da adequação pictórica dos mesmos e se é possível obter, a partir de tais modelos, uma compreensão dos fatos observados e formular novas conseqüências teóricas e fatuais. A expectativa da existência de um modelo fiel à realidade necessita, de acordo com Schrödinger (1996, p. 129-30), ser abandonada. Conforme ele escreveu:

> À medida que o olho da nossa mente penetra em distâncias cada vez menores e em tempos cada vez mais curtos, encontramos a natureza se comportando de um modo totalmente diferente daquilo que observamos nos corpos visíveis e palpáveis do nosso entorno, de tal modo que *nenhum* modelo oriundo da nossa experiência macroscópica poderá ser precisamente "verdadeiro". Um modelo completamente satisfatório deste tipo não é somente praticamente inacessível, mas também é impensável. Ou, para ser preciso, nós podemos, obviamente, pensá-lo, mas, ainda que o façamos, ele está errado, não que porventura seja completamente sem sentido como um "círculo triangular", mas muito mais como um "leão alado". (tradução nossa)[13].

À parte a matemática pictórica praticada por Bruno durante o Renascimento, Henry (1998, p. 21) menciona a passagem do uso instrumentalista da matemática para uma perspectiva mais realista da mesma na abordagem dos fenômenos naturais, como uma das principais características do surgimento da Ciência Moderna,. De acordo com ele:

---

[12] Ainda assim, de acordo com Wessels (1989), Schrödinger empenhou-se, durante a segunda etapa do seu trabalho com a mecânica ondulatória, na reinterpretação da teoria por ele formulada, na tentativa de torná-la compatível com uma imagem espaço-temporal dos sistemas físicos. Schrödinger (1926 apud WESSELS, 1989, p. 244) manifestou uma atitude realista e engajada, por sua vez, numa tradição descritiva da ciência. Ele afirmou numa carta à Wien que "o propósito da teoria atômica é ajustar nossa experiência relativa a ela com o resto do nosso pensamento. Na medida em que tem a ver com o mundo externo, o resto do nosso pensamento acontece no espaço e no tempo". No entanto, o projeto de Schrödinger não teve êxito e prevalesceu a interpretação da Escola de Copenhagen e seus lemas: "medir é perturbar" e "conhecer é medir".

[13] No original, em inglês: "*As our mental eye penetrates into smaller and smaller distances and shorter and shorter times, we find nature behaving so entirely differently from what we observe in visible and palpable bodies of our surrounding that* no *model shaped after our large-scale experiences can ever be "true". A completely satisfactory model* of this type *is not only practically inaccessible, but not even thinkable. Or, to be precise, we can, of course, think it, but however we think it, it is wrong; not perhaps quite as meaningless as a "triangular circle", but much more so than a "winged lion".*

> Os instrumentalistas acreditavam que as teorias derivadas da matemática eram propostas de maneira apenas hipotética, para facilitar cálculos e predições matemáticos. O realismo, em contraposição, insistia em que a análise matemática revelava como as coisas deveriam ser; se os cálculos funcionavam, devia ser porque a teoria proposta era verdadeira, ou muito aproximadamente verdadeira.

Como exemplo dessa transição, Henry (1998) cita Nicolau Copérnico (1473-1543) e sua obra *De revolutionibus orbium coelestium (Sobre as revoluções das esferas celestes)*, publicada em 1543 e na qual o astrônomo repudiaria a abordagem instrumentalista da matemática dispensada à astronomia ptolomaica ao longo da Idade Média. Na visão copernicana, segundo Henry (1998), o movimento da Terra deveria ser verdadeiro, pois a matemática assim o exigia.

Uma posição como a de Henry acerca da atitude realista da obra copernicana não se encontra livre de controvérsias. A referência que ele utiliza em sua defesa é Westman (1980). Para esse último, Copérnico desempenhou um importante papel no sentido de ampliar os limites disciplinares da astronomia, enquanto cálculo matemático do movimento planetário, e articulá-la com as especulações da filosofia natural. Nesse sentido, teria havido uma reação conservadora ao propósito copernicano representada num prefácio apócrifo acrescentado à primeira edição de *De revolutionibus* pelo pastor luterano Andreas Osiander. No referido prefácio, Osiander escreveu:

> Não duvido de que certos eruditos, pela fama já divulgada acerca da novidade das hipóteses desta obra[14], onde se afirma que a Terra se move e o Sol está imóvel no centro do Universo, se tenham sentido gravemente ofendidos e julgem que não convém lançar a confusão nas artes liberais, há muito constituídas com exatidão. [...] Nem tampouco é necessário que estas hipóteses sejam verdadeiras nem até sequer verossímeis, mas bastará apenas que conduzam um cálculo conforme às observações [...] (COPÉRNICO, p. 1).

A concepção copernicana de "hipótese" foi problematizada por Rosen (1959). De acordo com ele, Copérnico utilizava os termos *principium*, *assumptio* e *hypothesis* todos com o mesmo sentido de "salvar as aparências" dos fenômenos,

[14] A publicação do *De revolutionibus* foi precedida pela circulação das idéias copernicanas sobre o heliocentrismo contidas no manuscrito *Commentariolus* ("pequeno comentário"), escrito aproximadamente em 1510.

ou seja, os resultados oriundos de determinada hipótese devem concordar satisfatoriamente com os fenômenos observados e, ainda, as hipóteses devem ser coerentes com pressupostos físicos tais como a circularidade e uniformidade dos movimentos celestes. Nesse sentido, o propósito de Copérnico era a descrição da realidade física. No *De revolutionibus* Copérnico (1984, p. 14-15) escreveu a respeito:

> [...] esta ciência [astronomia], muito mais divina do que humana, que investiga os mais complicados temas, não está livre de dificuldades. A principal razão disso reside em que os seus princípios e suposições, chamadas "hipótese" pelos gregos, foram um ponto de partida para desacordo, como nós vemos, entre muitos daqueles que decidiram ocupar-se deste tema; e por isso eles não confiavam nas mesmas idéias. Outra razão adicional consiste em que os movimentos dos planetas e a revolução das estrelas não podem ser medidas com precisão numérica e informação completa, exceto com o decorrer do tempo e a contribuição de muitas observações, através das quais esse conhecimento foi transmitido para a posteridade, de mão em mão, por assim dizer.

O posicionamento de Rosen (1959) é de que a concepção da hipótese científica não se enquadra exclusivamente na dicotomia do realismo ou da ficção teórica, mas se coaduna com o compromisso da melhor explicação possível para um fenômeno, num certo momento e segundo os dados disponíveis.

Acerca do papel de Copérnico na passagem do sistema geocêntrico para o heliocêntrico, ou melhor, heliostático, pois o centro do sistema solar e do universo, na concepção copernicana, era um "sol médio" localizado no centro da órbita da Terra (COHEN, 1967), Koestler (1961) apontou Copérnico como pré-revolucionário e "o último dos aristotélicos" ao professar uma obstinada crença nas órbitas circulares dos planetas, uma sugestão semi-alegórica de Platão que foi assumida como um dogma por Aristóteles e seus seguidores medievais.

Articulada à perspectiva das órbitas circulares, havia a prática astronômica medieval de "salvar as aparências", resolvendo o movimento irregular dos planetas segundo a composição de círculos, sem a preocupação com a realidade física das hipóteses necessárias ao empreendimento *ad hoc*. A astronomia, como uma

geometria celeste abstrata, foi assumida por Ptolomeu (apud KOESTLER, 1961, p. 43) nos seguintes termos:

> Tendo-nos proposto a tarefa de provar que as irregularidades aparentes dos cinco planetas, do Sol e da Lua podem ser representadas por meio de movimentos circulares uniformes, por somente tais movimentos serem adequados à divina natureza deles [...] podemos considerar a realização dessa tarefa como fim último da ciência matemática baseada na filosofia.

Copérnico (1984, p. 8) no prefácio do *De revolutionibus* se refere à incapacidade da astronomia ptolomaica de descobrir "a forma do Universo e a justa simetria das suas partes", condenando a atitude oportunista dos matemáticos em salvar as aparências dos fenômenos, o que conduziu a uma imagem do universo segundo um monstro com membros perfeitos mais desarticulados entre si.

Para Westman (1980), Copérnico assumiu a realidade do movimento da Terra. Em defesa a essa perspectiva, ele menciona o seguinte trecho do *De revolutionibus*:

> [...] admitindo os movimentos que eu à Terra atribuo na obra infra, com perguntas e longas observações, descobri que, se estabelecermos relação entre a rotação da terra e os movimentos dos restantes astros, e os calcularmos em conformidade com a revolução de cada um deles, não só se hão de deduzir daí os seus fenômenos mas até se hão de interligar as ordens e grandezas de todas as esferas e astros assim como o próprio céu, de modo que, em parte nenhuma, nada de si se possa deslocar sem a confusão das restantes partes e de toda a universalidade (COPÉRNICO, 1984, p. 9).

No entanto, Copérnico não teria sido bem sucedido no desenvolvimento de uma nova física capaz de respaldar seu modelo helioestático. Ainda que ele tenha obtido sucesso na relativa facilidade com que seu sistema explicava o movimento retrógrado dos planetas, a partir das suas posições relativas ao Sol, e fornecesse uma base para a determinação das distâncias dos planetas ao Sol e à Terra, o apelo a harmonias universais foi mais uma retórica direcionada aos astrônomos matemáticos que propriamente uma realização copernicana. Para Koestler (1961), Copérnico teria considerado os epiciclos e os excêntricos remanescentes no seu sistema apenas como dispositivo de cálculo.

Caberia a Kepler o verdadeiro reestabelecimento de uma harmonia matemática universal baseada numa síntese entre astronomia e cosmologia, bem como na descrição dos movimentos celestes articulados às suas causas físicas como, por exemplo, a força emanando do sol - a *vix motrix.* (SELLÉS e SOLÍS, 1991; KOESTLER, 1961).

Para Kuhn (1990b), era o aspecto matemático da astronomia planetária ptolomaica que Copérnico considerou monstruoso, tendo a revolução copernicana, paradoxalmente não vivenciada por Copérnico[15], mas por seus sucessores como Kepler, Galileu e Newton, sido iniciada por uma mudança nas técnicas matemáticas empregadas no cálculo das posições planetárias. Conforme assinala Kuhn (1990b, p. 171):

> A matemática de Copérnico distingue-o dos seus predecessores, e foi em parte devido à matemática que o seu trabalho inaugurou uma revolução, o que não acontecera com os dos outros.

Nesse contexto de ascensão da matemática na explicação da realidade representada pela obra copernicana, a cosmologia e a ontologia de Bruno o levaram a viver, no âmago do Renascimento, um impasse epistemológico. De um lado, ele foi proponente de uma transição da cognição sensual para a intelectual, referindo-se à impossibilidade de se fundar o conhecimento científico e filosófico na confusão e no erro que eram produzidos pela percepção sensorial. A infinitude do mundo seria acessível ao intelecto e não aos sentidos (KOYRÉ, 2001). Por outro lado, a matemática que se desenvolvia no tempo de Bruno sinalizava uma crescente abstração da realidade, o que poderia conduzir ao perigo do círculo vicioso e do processo de auto-referência entre a mente humana e o mundo que ela deseja compreender.

[15] Copérnico publicou o livro *De revolutionibus* no ano de sua morte.

A abordagem contemporânea da física das partículas parece representar uma etapa do "ziguezague" da história da ciência mais próxima ao instrumentalismo matemático[16] de Bruno. Exemplo disso seriam os diagramas espaço-temporais desenvolvidos por Richard P. Feynman (1918-1988) e utilizados como recurso pictórico para a representação e a contabilidade de interações fundamentais entre partículas subatômicas na eletrodinâmica quântica [17].

Os *diagramas de Feynman* possuem uma "gramática" própria de manipulação correspondendo às operações matemáticas que descrevem a interação entre o campo eletromagnético e as partículas. Há uma inextricável relação entre essas entidades físicas, levando a concepção de que o campo eletromagnético e partículas não podem existir separadamente[18] (WALLACE, 1991).

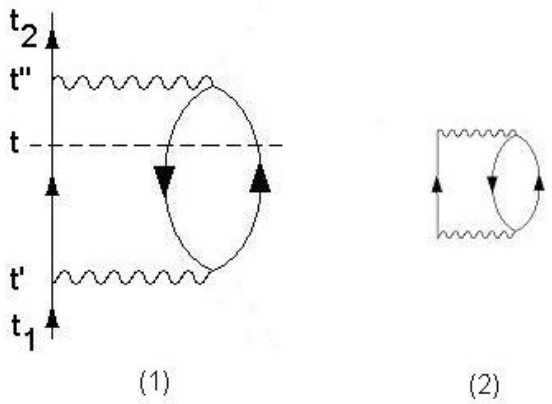
---

[16] Ressalta-se que o instrumentalismo matemático e o naturalismo de Bruno estão profundamente relacionados. De acordo com Abbagnano (2000, p. 134), "Bruno viu e quis a natureza bem viva, plenamente animada, e o sustentar esta universal animação, o projetar a vida na infinidade do universo, constituiu o alvo mais alto do seu filosofar". Desse modo, ele teria preferido o simbolismo matemático neopitágorico à matematização científica que se encontrava em ascensão. Para Vendrine (apud GATTI, 1999), essa escolha de Bruno constitui o "obstáculo realista" à sua matemática.

[17] O trabalho e Feynman na *eletrodinâmica quântica* aborda o problema dos valores infinitos para a interação do elétron consigo próprio. Segundo a teoria eletromagnética clássica, a energia de interação de um conjunto de cargas elétricas, U, pode ser expressa em função dos potenciais de campo, φ, produzidos pelas cargas. Para o caso de duas partículas elétricas, e_1 e e_2, por exemplo, o potencial de campo produzida por cada uma delas à uma distância r, adotando-se o sistema de unidades CGS, é, respectivamente, $\varphi_1=e_2/r$ e $\varphi_2=e_1/r$. Desse modo, a energia de interação do sistema de duas cargas é dado por $U=1/2(e_1\varphi_1+e_2\varphi_2)$. Generalizando para um número arbitrário de n cargas, tem-se $U=1/2\Sigma e_\alpha\varphi_\alpha$, com $\alpha=1,2,...,n$. No caso de uma única carga elétrica, como o elétron, a sua "auto-energia" potencial é igual à $e\varphi/2$, onde φ é o potencial de campo produzido pela carga no local onde ela se encontra. No entanto, de acordo com a teoria da relatividade, uma partícula elementar deve ser concebida como um ponto geométrico e não como corpo rígido, de modo a se evitar o problema com a velocidade finita de transmissão das interações entre as partes que compõem o corpo. Mas, por outro lado, ao se considerar a carga como um ponto geométrico, o seu potencial de campo torna-se infinito em $r=0$. Em virtude dessa singularidade, a aplicação dos princípios fundamentais da eletrodinâmica clássica tornam-se limitados à ordens de grandeza maiores que 10^{-10} cm. Em dimensões inferiores os efeitos quânticos devem ser considerados e nesse caso, aplica-se a eletrodinâmica quântica oriunda da associação de três teorias da física moderna: a eletrodinâmica clássica, a mecânica quântica e a teoria da relatividade. Richard P. Feynman, Julian S. Schwinger e Sin-itiroTomonaga dividiram em 1965 o prêmio Nobel pelos seus trabalhos nessa área da física. Foi demonstrado que a abordagem diagramática da eletrodinâmica quântica desenvolvida por Feynman é formalmente equivalente aos tratamentos mais analíticos de Schwinger e Tomonaga.

[18] De acordo com o relato do próprio Feynman (1991, p. 40-41):

> Bem, pareceu-me bastante evidente que a idéia de uma partícula atuar sobre si mesma, de uma força elétrica atuar sobre a mesma partícula que a originou, não é forçosamente correta – na verdade, até é um pouco insensata. Com base neste fato, considerei como hipótese para a minha análise que os elétrons não poderiam atuar sobre si mesmos, mas apenas sobre os outros elétrons. Isto significa que não há campo. [...]. Não era necessário considerar nenhum campo: o que se passa é que, quando se perturba uma carga, uma outra perturba-se mais tarde. Há então uma certa interação direta entre as cargas, ainda que com um certo atraso.

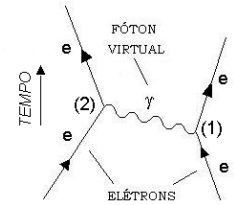


Exemplo da "gramática" dos *diagramas de Feynman*. A linha reta representa a probabilidade de uma partícula se propagar livremente desde o instante t_1 até o instante t_2. A partícula cuja seta aponta no sentido negativo do eixo dos tempos é interpretada como a antipartícula[19] correspondente se movendo no sentido "normal" do tempo[20]. As linhas onduladas equivalem às probabilidades de ocorrência de interações entre partículas[21]. Em (2) encontra-se destacado a parte do diagrama (1) que ilustra a "auto-interação" da partícula (ou interação de segunda ordem) a partir da criação de um par partícula-antipartícula "virtuais"[22]. O diagrama (1) é utilizado na descrição da criação de um par elétron-pósitron no instante t', a partir de um fóton e na sucessiva aniquilação, no instante t'', do par e recriação do fóton.

Numa atitude favorável ao instrumentalismo da matemática na descrição da natureza, Feynman (1991, p. 75) propôs a eliminação das descrições físicas e o

---

Na eletrodinâmica quântica, a repulsão elétrica entre dois elétrons é interpretada como uma troca mútua de fótons "virtuais" (um fóton "virtual" tem uma brevíssima existência da ordem de 10^{-18} s) entre os elétrons. Diz-se que a força eletromagnética é mediada por fótons. A troca de fótons virtuais entre dois elétrons pode ser representada por um *diagrama de Feynman*:



Interação de dois elétrons a partir de um fóton virtual. É indiferente considerar a emissão do fóton ocorrendo em (1) ou em (2). Nesse último caso, o fóton viajaria "para trás" no tempo.

O número de fótons virtuais trocados entre dois elétrons cresce à medida que a distância entre eles diminui correspondendo ao aumento da força de repulsão entre os elétrons.

[19] Vide nota 9 do capítulo 2, p. 73.

[20] Feynman mostrou a equivalência matemática de se considerar o pósitron, a antipartícula do elétron, como um elétron que "recua" no tempo, idéia que lhe foi sugerida originalmente por John Wheeler.

[21] O diagrama representa dois processos de interação que podem ocorrer com uma partícula num instante t qualquer representado pela linha horizontal pontilhada. Um deles é a propagação livre da partícula e o outro, a ocorrência de uma auto-interação produzindo duas partículas e uma antipartícula. Há infinitas outras possibilidades de interação que não estão representadas. Os *diagramas de Feynman* são utilizados um recurso pictórico utilizado no cômputo dessas diversas probabilidades de interação entre partículas.

[22] A existência das partículas *virtuais* é breve. No entanto, como partículas *livres* elas podem ser estáveis desde que haja energia suficiente para o processo de criação das mesmas. Tanto o elétron quanto o pósitron são partículas estáveis. No entanto, devido à abundância de elétrons na matéria, o pósitron tem uma existência efêmera, uma vez que ele é *aniquilado* quando se encontra com um elétron.

exercício da adivinhação das equações que traduzam as observações experimentais. Segundo ele:

> Dirac obteve a equação para a descrição do elétron a partir de uma proposição matemática pura; e ainda hoje nos falta uma visualização física simples que ofereça todo o conteúdo dessa equação. Por conseguinte, adivinhar as equações *poderá* ser o melhor método para obter as leis da física ainda desconhecidas.

Tal atitude extrapola a perspectiva moderna do *reductio scientiae ad mathematicam* representada pela concepção galileana de uma física matemática dedutiva e abstrata *articulada* à ontologia e à metafísica mecanicistas[23]. É, por outro lado, uma conseqüência dos dilemas epistemológicos engendrados pela concepção moderna do mundo, os quais teriam sido antecipados pela intuição bruniana. De acordo com Gatti (1999, p. 218):

> Se aquela possessão [do mundo natural] levaria a novas formas de alienação entre a natureza e a mente, e se tal alienação eventualmente provaria ser objeto de uma nova e superior forma de reconciliação, é um tema sobre o qual Bruno já havia meditado antes de que o projeto tivesse totalmente iniciado. (tradução nossa)[24]

A Modernidade radicalizou a configuração matemática da natureza e da mente humana. O ato da observação mediante a experimentação matematicamente planejada fez com que o homem, segundo Arendt (2001, p. 278), "ao invés de observar os fenômenos naturais tal como estes se lhe apresentavam, colocou a natureza sob as condições de sua própria mente".

A sujeição da geometria à álgebra, conforme o projeto cartesiano, desterritorializou a percepção humana dando-lhe a possibilidade de um ponto de vista astrofísico e de apreensão da infinitude. Essa matemática universal implicou no

---

[23] A extrapolação acontece uma vez que a ciência contemporânea, em particular, a eletrodinâmica quântica, abdica dos pressupostos ontológicos e metafísicos. De acordo com Chauí (2001, p. 23), a ciência contemporânea "acredita que não contempla nem descreve realidades, mas a *constrói* intelectual e experimentalmente nos laboratórios" (grifo nosso). O mecanicismo de Galileu, a sua vez, está baseado na interpretação da natureza como uma máquina, na identificação do espaço físico com o espaço geométrico e na unidade da mecânica celeste e a mecânica terrestre.

[24] No original, em inglês: "*Whether that possession would lead to new forms of alienation between nature and the mind, and whether such alienation would eventually prove to be subject to new and superior forms of reconciliation, is a subject about wich Bruno was already meditating before the project had fully begun*".

rompimento com a perspectiva platônica das formas ideais apreendidas pelos “olhos da mente”, visto que eram, desde então, obras do intelecto. Arendt (2001, p. 274) utiliza a metáfora da descoberta moderna do ponto de vista arquimediano como o auge da alienação do homem em relação ao universo:

> [...] o antigo temor de que os nossos sentidos, os próprios órgãos de que dispomos para receber a realidade, podem nos trair, e o desejo arquimediano de um ponto fora da Terra a partir do qual o homem pudesse analisar o mundo – só podiam realizar-se ao mesmo tempo, como se o desejo só pudesse ser satisfeito se a realidade nos fugisse, e o temor só se consumasse quando compensado pela aquisição de poderes supramundanos.

Na busca pela natureza do universo, o homem acabou por defrontar-se consigo mesmo[25]. No entanto, trata-se de um confronto com o enigma da natureza matemática do intelecto humano quando se questiona contemporaneamente se a mente é ou não uma entidade algorítmica. Para Penrose (1991), por exemplo, ela não o é, visto que o mundo matemático apresenta porções de caráter não-algoritmizável. Penrose defende um retorno a Platão quando se refere ao paradoxo da natureza abstrata da realidade física, sugerindo que os conceitos matemáticos podem adquirir uma realidade concreta no mundo platônico[26]. Referindo-se ao argumento de Gödel[27] acerca do fato de que nenhum sistema de regras computacionais pode caracterizar as propriedades dos números naturais, Penrose (1998) cita o exemplo humano de uma criança que abstrai a noção de número natural a partir da vivência com diferentes quantidades de objetos. Esse

[25] Numa alusão de Arendt (2001, p. 274) a uma reflexão de Heinsenberg sobre a questão do observador e da medida na mecânica quântica.

[26] O realismo platônico pressupõe uma existência dos “objetos” matemáticos enquanto arquétipos ou “formas eternas” que são anteriores à descoberta dos mesmos pelo intelecto humano. Os objetos do mundo físico são corporificações imperfeitas dessas formas matemáticas ideais. De acordo com Brown (1991), o platonismo envolve as seguintes assunções metafísicas e epistemológicas: os objetos matemáticos existem independentemente do conhecimento humano sobre os mesmos, ou seja, a verdade matemática é parte da realidade objetiva; os objetos matemáticos são abstratos e existem fora do espaço e do tempo; a mente humana tem a habilidade inata de apreender e se relacionar abstratamente com tais objetos; o pensamento ocorre de modo *a priori*, independentemente dos sentidos humanos. A existência de paradoxos teóricos não implica o questionamento da realidade dos objetos matemáticos. Apenas relevam o caráter conjectural do entendimento humano da realidade.

[27] Gödel também sustentava um ponto de vista compatível com o realismo platônico (NAGEL e NEWMAN, 1998; BRAWN, 1991).

“entendimento” infantil do número seria uma modalidade do contato com o mundo platônico da matemática. Conforme assinala Penrose (1998, p. 127):

> De algum modo, os números naturais já estão “aí”, existindo em algum lugar do mundo platônico, e temos acesso a esse mundo através de nossa capacidade de ter ciência das coisas. Se fôssemos apenas computadores sem mente, não teríamos essa capacidade.

No entanto, as relações entre os mundos platônico, físico e mental são concebidas por Penrose (1998) como “mistérios profundos”. Para ele, o mais certo é que a ação física do cérebro não pode ser simulada computacionalmente, ou seja, está além da computação, assim como o próprio entendimento matemático. Para o ancestral humano, o entendimento foi uma habilidade geral evolutivamente seletiva e prevalente à qualidade computacional do cérebro.

Ainda no âmbito da ciência contemporânea, Schrödinger (1996) manifestou discordâncias quanto à caracterização da mente humana como um sistema físico. Para ele, a mecânica quântica atualiza antigas questões acerca da relação entre o sujeito humano e o mundo. No entanto, haveria um acréscimo de perspectivas ao debate relacionado a duas novas situações: a impressão física que o objeto produz no sujeito e o estado do sujeito que recebe tal impressão, ou seja, a mutualidade da influência entre ambos como uma “inter-ação”.

Em consideração ao posicionamento epistemológico do realismo, Schrödinger formula uma indagação: qual o significado da antítese entre a natureza objetiva e a mente humana? Junto a essa questão, Schrödinger explicita sua perspectiva sobre o propósito da ciência como investigação filosófica fundamentada em outro questionamento sinteticamente formulado por Plotino: “Quem nós somos?”.

Numa objeção à tentativa de abordar essa questão existencial de modo quantitativo e a partir dos instrumentos científicos de observação e de medida, Schrödinger (1996) problematiza a relação “mente-objeto” interpretada como uma interação entre dois sistemas físicos. Uma vez que a mente humana poderia ser não

redutível a um desses sistemas, melhor seria preservar a sua denominação de "sujeito".

A rearticulação do sujeito frente aos cânones modernos da descentralização e neutralidade cognoscitivas e o revés contemporâneo do universo como espelho abstrato da mente não constitui um evento exclusivo da ciência. Szamosi (1988) faz referência ao abalo ocorrido no início do século XX nos modelos perceptuais artísticos, ainda que ele considere as transformações radicais sobre as concepções de espaço e de tempo ocorridas na arte e na ciência como fenômenos independentes[28]. A sincronia histórica dessa ruptura testemunha, por outro lado, o vínculo, na imaginação humana, da arte e da ciência.

As pinturas renascentistas do período que vai do século XV ao século XIX caraterizaram-se pela representação do mundo segundo figuras distintas, bem definidas e localizadas no cenário tridimensional. De acordo com Ghyka (1977), a idéia geométrica de proporção perpassou o desenvolvimento da arquitetura e de toda a arte européia e ocidental, segundo os conceitos de analogia, simetria e a noção de euritmia como um arranjo "rítmico" e simétrico das partes na composição

[28] De acordo com Szamosi (1988):

> Embora idéias radicalmente novas sobre a natureza do mundo tenham emergido simultaneamente nas ciências e nas artes, esses processos foram completamente independentes um do outro. Foram motivados por diferentes preocupações e conduzidos através de métodos diferentes por pessoas que não sabiam coisa alguma a respeito dos problemas ou soluções das outras.

Ao discutir as relações entre a Relatividade e o Cubismo, Shlain (1991) menciona que, até 1911, nenhum artista havia citado os conceitos de "espaço não euclidiano" ou "quarta dimensão", sendo que a famosa obra cubista de Picasso, *Les Demoiselles d'Avignon* havia sido exposta em 1907. No entanto, ao contrário de Szamosi que aponta diferenças conceituais importantes entre a Relatividade e o Cubismo, considerando que o primeiro retrata a bidimensionalidade espacial, enquanto a relatividade estuda o espaço-tempo quadridimensional, Shlain (1991, p. 200) argumenta considerando que para um observador imaginário se deslocando à velocidade da luz, o espaço tridimensional euclidiano torna-se "infinitamente fino", ou seja, a dimensão espacial na direção do movimento desaparece. Nesse caso, o mundo torna-se "plano" e atemporal do mesmo modo que é retratado nas pinturas cubistas, onde os tempos transiente e eterno, presentes na tradição da pintura ocidental, são eliminados: "O observador não pode *imaginar* qualquer momento seguinte na pintura cubista porquê *não há* momento seguinte. Além disso, ao destruir a perspectiva, o Cubismo elimina a profundidade. Sem tempo ou profundidade, a pintura cubista reduziu as quadro dimensões à duas".

do todo. Para Vitrúvio (apud GHYKA,1977, p. X), “a simetria reside na correlação das medidas entre os vários elementos do todo”.

A noção de euritmia expressa por Vitrúvio releva uma concepção dinâmica da simetria associada com a tradição pitagórica da harmonia musical e, nesse sentido, mais distante da idéia de uma simetria estática, concebida contemporaneamente como operação de invariância. Uma antiga noção de ritmo mencionada por Ghyka (1977, p. XI) é: “o ritmo é no tempo o que a simetria é no espaço”.

Outro elemento característico da arte clássica é a assunção da localização privilegiada do observador na convergência do ponto de fuga do quadro, correspondendo à ausência onipresente do espectador da obra artística.

Numa aproximação da arte à ciência, a idéia do espaço clássico isotrópico e homogêneo pode tanto ser aplicada à arte renascentista quanto à física clássica, visto que as noções espaciais de ambas são simbolicamente compatíveis.

Os ideais da pintura clássica foram drasticamente contestados a partir do início do século XX por movimentos artísticos como o Cubismo e o Surrealismo. O primeiro, buscando estabelecer a independência da pintura em relação ao imediatamente visível e o segundo, ao reverter o foco da percepção sensorial do mundo exterior para o universo interno do homem e ao propor o questionamento daquilo que se vê.

No entanto, o movimento mais característico do século XX foi o da arte abstrata que, a despeito do fato de toda arte partilhar de um caráter simbólico e abstrato, pretendeu se basear na criação de formas visuais sem referencial algum na realidade fora da obra de arte. Nesse sentido, a arte abstrata assemelha-se ao formalismo matemático. Para corroborar essa identidade, basta a menção às

diversas denominações dos movimentos componentes dessa arte: abstração geométrica, abstração expressiva, expressionismo abstrato.

Nada disso quer indicar, necessariamente, que a arte e a ciência contemporâneas partilham de um mesma ontologia ou epistemologia. E, tampouco, que a ciência tenha evoluído em sua abstração intelectual enquanto a arte atingiu um limite quanto à reformulação criativa da sua imaginação visual. A esse respeito, Szamosi (1988, p. 226) escreve:

> Ora, a arte do século XX evidencia um grau de sofisticação visual que nunca existiu antes. Uma vez que ela influencia o pensamento cognitivo, mesmo que através do subconsciente, pode-se mesmo especular se a freqüência e a finalidade das descobertas científicas nas ciências básicas, que marcaram época, teriam sido as mesmas se a imaginação visual de nossa sociedade, por alguma razão, não se pudesse igualar, em sofisticação, à capacidade de abstrair e de generalizar com nossos processos cognitivos.

Paralelos semelhantes entre o desenvolvimento da ciência e da arte podem ser estabelecidos com relação à música. As conexões entre a matemática pitagórica e o universo musical são evidentes. Do mesmo modo, a música do século XVII ao fim do século XIX esteve relacionada a noções clássicas do tempo, do movimento e da causalidade. A ruptura da música contemporânea com tais parâmetros clássicos parece ter sido mais radical do que aquela da pintura. Na perspectiva musical dita clássica, pode-se identificar o “movimento” dos acordes segundo uma progressão temporal métrica e desenvolvido em obediência a leis lógicas e causais e padrões matemáticos que produzem o movimento contínuo e a pausa absoluta, criando a sensação acústica de suavidade e predição (SZAMOSI, 1988). Durante o século XX, a proposta da “atonalidade” significou uma ruptura em relação à distinção clássica entre o movimento e pausa musicais. Por outro lado, a politonalidade propôs considerar não apenas um “centro tonal” em relação ao qual se define o movimento e a pausa musicais, mas a simultaneidade de diversos desses sistemas tonais. Ainda assim, prevalece na música “de consumo” contemporânea uma fruição que,

de acordo com Dorfles (1988), é baseada no repetitivo e numa tendência à revivificação. Para Szamosi (1988), esse fato indicaria o enorme grau de abstração exigido na apreciação das modalidades de vanguarda da música do século XX.

Uma tentativa de se considerar uma aproximação da ciência à arte, com vistas à apreciação da interação entre o sujeito e a obra e uma possível analogia, no âmbito científico contemporâneo, com a mutualidade entre o observador e o fenômeno observado, consiste em relativizar, como o faz Dorfles (1988), os critérios estéticos de simetria e equilíbrio na arte e, conforme se defenderá, também na ciência. O propósito da relativização está associado diretamente à prerrogativa da escolha que deve ser manifestada pelo sujeito diante de opções desarmônicas com as quais ele venha a se confrontar. Nas palavras de Dorfles (1988, p. 99):

> [...] todas as situações em que se pode verificar uma ruptura, uma quebra das prévias condições de harmonia, simetria, euritmia, consonância etc, trazem consigo a necessidade de uma escolha e são, já por isso, desarmônicas.

De fato, um arranjo estético prévio com características de harmonia, simetria e equilíbrio tende a dissolver possíveis tensões perceptuais e favorece uma acomodação do olhar. Kant (2002) contrapôs a liberdade do juízo estético à submissão da forma à determinada finalidade. A apreciação de algo, segundo os fins aos quais se destina[29], implicaria numa expectativa de simetria. Por outro lado, a regularidade matemática de uma obra artística conduz somente ao tédio. A imaginação deleita-se com a novidade.

[29] Newton (1996, p. 21), por exemplo, associou a simetria dos seres vivos com a existência de uma ordem divina na natureza:

> E assim deve a uniformidade dos corpos dos animais, tendo eles geralmente um lado direito e um lado esquerdo formados de modos semelhantes, e em ambos os lados de seus corpos duas pernas atrás, e ou dois braços, ou duas pernas, ou duas asas diante dos ombros, e entre os ombros um pescoço estendendo-se numa espinha dorsal, e uma boca e uma língua, situados de maneira semelhante. [...] e o instinto das bestas e insetos não podem ser senão o efeito da sabedoria e habilidade de um agente poderoso [...].

A concepção de uma "boa forma" defendida pelos gestaltistas e relacionada às qualidades de regularidade e simetria de um padrão visual[30] foi analisada a partir dos pressupostos da teoria da informação, concluindo-se que as formas simétricas demandam menos *bits* de informação nos processos de descrição e identificação das mesmas, em virtude da existência de eixos de simetria em relação aos quais há homologia entre as partes da figura, e ainda, do menor número de possíveis configurações alternativas a partir de rotações e reflexões da forma original. (COREN; WARD; ENNS, 1994).

Na ciência contemporânea, a noção de simetria como operação que mantém algo inalterado é um recurso heurístico importante no estabelecimento das leis que descrevem os fenômenos naturais. Nesse nível, importa a simetria das próprias leis relacionada a um princípio de invariância de acordo com o qual para cada simetria há uma correspondente lei de conservação (FEYNMAN, 1999). A existência de simetrias é, por sua vez, considerada como um fato empírico.

Três importantes simetrias, a saber, as homogeneidades temporal[31] e espacial[32] e a isotropia do espaço[33], articuladas a princípios quânticos conduzem, respectivamente, às conservações da energia, do momento e do momento angular.

Por outro lado, há casos em que foi verificada a violação do princípio que associa conservação das leis físicas à simetria. Feynman (1999) menciona o

---

[30] O princípio da "boa forma" está associado à *Lei de Prägnanz*, expressa por Koffka (1975, p. 121) do seguinte modo:

> [...] a organização psicológica será tão "boa" quanto as condições reinantes permitirem. Nesta definição, o termo "boa" é indefinido. Abrange propriedades tais como a regularidade, a simetria, a simplicidade, e outras [...]

[31] Equivalente à expectativa de se obter os mesmos resultados em dois experimentos idênticos realizados em datas diferentes, desde que considerado um tempo não próximo à origem do universo.

[32] A repetição de experimentos idênticos em distintos lugares do universo não afeta os resultados dos mesmos.

[33] Não há direções privilegiadas no universo. A isotropia do espaço implica a sua homogeneidade (a recíproca não é verdadeira). Um argumento simples dessa equivalência é considerar dois pontos do espaço e uma esfera passando por eles. Diversas esferas podem ser desenhadas em cujas superfícies localizam-se o mesmo par de pontos. Visto a partir do centro dessas esferas, os dois pontos são equivalentes devido à isotropia espacial. O mesmo procedimento pode ser repetido muitas

exemplo da física das partículas, no qual à simetria de reflexão espacial das equações da mecânica quântica, sem equivalência no mundo clássico, deve corresponder a conservação da *paridade*[34]. No entanto, essa correspondência não foi verificada experimentalmente.

Com relação à violação da conservação da paridade, Feynman (1999) relata o enigma surgido em 1954 com respeito à existência de duas partículas, méson-τ e méson-θ, com massas, cargas e tempo de vida iguais, porém se desintegrando de dois modos distintos. O méson-τ se desintegra em três mésons-π[35]. Já o méson-θ se desintegra em dois mésons-π[36]. No entanto, apenas a desintegração do méson-θ conserva a paridade[37]. Desse modo, os físicos se viram diante de um dilema, ou seja, considerar o méson-τ e o méson-θ como partículas *distintas* com propriedades

---

vezes até que todo o espaço seja coberto por pontos equivalentes entre si, o que conduz à sua homogeneidade.

[34] A paridade, *P*, se refere ao comportamento da função de onda, ψ, que descreve a partícula elementar diante da inversão de suas coordenadas espaciais. Tal inversão pode ser representada por $\psi(x,y,z) = P\psi(-x,-y,-z)$. ψ será considerada de paridade par se P=+1 e ímpar se P=-1, sendo tal paridade considerada uma propriedade quântica intrínseca da partícula à qual está associada a função de onda. A conservação da paridade expressa a independência das leis físicas com respeito à orientação levogira ou destrogira do sistema de coordenadas espaciais adotado na descrição da função ψ e pode ser enunciada do seguinte modo: *a paridade de um sistema isolado não se altera com qualquer acontecimento que ocorra dentro dele*.

[35] Devido à conservação da carga, o méson-τ que é positivo se desintegra em dois mésons-π positivos e um negativo. Um fato histórico relacionado com os mésons-π é a participação do físico brasileiro Cesar Lattes na descoberta dessas partículas, previstas teoricamente pelo físico japonês Hideki Yukawa, a partir de raios cósmicos detectados em placas de emulsões fotográficas dispostas pelo próprio Lattes, em 1947, no Morro de Chacaltaya nos Andes bolivianos. Lattes havia partido para a Universidade de Bristol, na Inglaterra, em 1946, a convite do físico italiano Giuseppe Occhialini, a fim de trabalhar com o aperfeiçoamento de emulsões fotográficas para a detecção de partículas subatômicas. Occhialini pesquisou na Universidade de São Paulo, permanecendo no Brasil durante o período de 1938-1945, quando conheceu Lattes. Nessa época, havia na Universidade de São Paulo um grupo de pesquisa em raios cósmicos comandado por Gleb Wataghin. Em 1950, o coordenador das pesquisas em Bristol, Cecil Powell, que publicou, em 1947, um artigo em co-autoria com Occhialini entitulado *Nuclear Physics in Photographics* obteve o Prêmio Nobel pelo desenvolvimento do método fotográfico de estudo do processo nuclear e pelas descobertas feitas observando mésons com esse método. Lattes também participou, em 1948, na detecção de méson-π produzidos artificialmente no ciclotron do *Radiation Laboratory of Berkeley* nos Estados Unidos.

[36] O méson-θ se desintegra em um méson-π positivo e outro neutro.

[37] Considerando que a paridade de um sistema é o produto da paridade da função de onda de cada uma de suas partículas constituintes e tendo cada méson-π paridade ímpar, os três mésons-π resultantes do decaimento do méson-τ terão uma paridade *total* ímpar enquanto a paridade dos mésons τ e θ é par.

físicas semelhantes e paridades opostas[38], ou considerá-las a mesma partícula se desintegrando de dois modos distintos, sendo que em um deles *não* há conservação de paridade.

Experimentos conduzidos pelos cientistas chineses Chen Ning Yang e Tsung Dao Lee, em 1956, fizeram com que os físicos se decidissem pela não conservação da paridade e considerassem o méson-τ e o méson-θ como sendo uma mesma partícula, o méson-K.

Um fato como a desintegração do méson-K leva à problematização do papel da simetria na abordagem dos fenômenos naturais e à conclusão de que sua aplicação na pesquisa científica consiste numa aproximação. A atitude de Feynman sobre tal assunto é considerar uma quebra de expectativa com respeito à simetria perfeita como motivação para novas investigações. Um posicionamento compatível com o elogio à desarmonia elaborado por Dorfles (1986).

O mesmo Dorfles (1986) ressalta que a desarmonia não implica desordem e nem mesmo a simetria implica ordem. De fato, a evolução temporal de um sistema isolado em direção ao seu estado de equilíbrio ou simetria máxima equivale ao acréscimo da desordem universal. Logo, simetria e desordem podem estar sincronicamente correlacionadas.

Na arte ou na ciência, a assimetria conduz ao ato de escolha, ao juízo axiológico e ao movimento cognitivo[39]. Dorfles (1986) aponta este fato em termos de uma lógica preferencial devida a Von Wright, e segundo a qual uma das propriedades essenciais das escolhas é a assimetria. Se uma situação *p* é preferencial a *q*, o que se expressa por $p^P q$, então, necessariamente, *q* não é

[38] Nesse caso, o méson-θ teria paridade par, o méson-τ, paridade negativa e a conservação da paridade não seria violada.

[39] De fato, as variantes de resolução, pelos alunos, das situações-problemas relativas à localização do centro de gravidade de figuras planas (vide capítulo 4) foram maiores para as formas irregulares.

preferida a *p*. Assim, a forma da assimetria, em termos de uma lógica preferencial, é a seguinte: $(p^{P}q) \rightarrow \sim (q^{P}p)$.

À emergência da (des)simetria, (des)ritmia e demais modalidades desarmônicas, como elementos contemporâneos da arte e da ciência e, conseqüentemente, do apelo a apreciações axiológicas, epistemológicas, lógicas, estéticas etc. do sujeito cognoscente em relação intersubjetiva com outros sujeitos, corresponde o fundamento de um critério dialógico de objetividade. De acordo com Nicol (1997, p. 79):

> *A objetivação transcende a esfera subjetiva individual*: objetivar é manifestar ou fazer evidente um ser, em sua realidade própria, independente de quem a conhece, e esta é uma operação simbólica, ou seja lógico-dialógica. *A verdade é objetiva porque é intersubjetiva*.

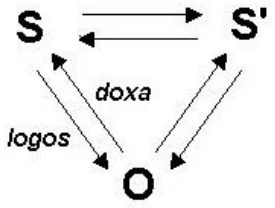
Tal perspectiva se contrapõe frontalmente ao ideal moderno do sujeito que elabora o conhecimento exclusivamente a partir da sua subjetividade cognitiva (o *ego* cartesiano) para, então, torná-lo objetivo segundo o critério de que o conhecimento independa do sujeito. Para Nicol (1997), a objetividade é essencialmente dialógica. O objeto é elemento mediador do diálogo, os sujeitos é que são congruentes entre si. No entanto, o objeto científico não abdica de sua essencialidade, visto que, segundo a perspectiva de Nicol (1997, p. 81): “a diversidade das subjetividades não dissolve a unidade do real”. O objeto e os sujeitos articulam-se segundo o *logos*.

II.

Ao que tem sido exposto articula-se uma perspectiva dialógica e comunicacional da educação científica nos moldes dos fundamentos gnosiológicos da pedagogia freiriana levantados em distintos momentos deste trabalho.

Simões (1994) caracterizou a gnosiologia freireana como uma superação da visão idealista do conhecimento originário no sujeito (S→O), da perspectiva empirista do conhecimento assimilado ao objeto (S←O) ou da concepção de um contrutivismo individualista, segundo a qual a interação sujeito-objeto (S↔O), produtora do conhecimento, se isola do contexto social. Para Simões (1994), a proposição gnosiológica freireana é construtivista sócio-interacionista. Baseando-se nela, ele propõe considerar a relação ensino-aprendizagem como uma tripla via de mão dupla envolvendo educador e educando como sujeitos cognoscentes mediatizados pelo objeto do conhecimento.

A representação do processo ensino-aprendizagem proposto por Simões (1994) pode ser detalhada em termos da discriminação que Freire (2001) faz do ato cognoscente a partir de dois momentos da transformação qualitativa do objeto "ad-mirável" em "ad-mirado". No primeiro momento, o da *doxa*, o sujeito percebe o objeto (S <*doxa*| O). Ele não é, ainda, conhecimento. Apenas no momento seguinte, o do *logos*, o sujeito "penetra" o objeto (S |*logos*> O) e atinge o seu *ontos*. É tal objeto "ad-mirado", o mediatizador da "ad-miração" dos sujeitos que sobre ele refletem mutualmente e se comunicam.



Representação esquemática do processo-aprendizagem na educação científica de acordo com a gnosiologia freireana: *S* é o aluno, *S'*, o professor e *O*, o conhecimento sobre a ciência.

Acerca do ato cognoscente descrito por Freire (2001), em que o sujeito "ad-mira" o objeto, já foi mencionado que tal ato pressupõe a diferenciação do sujeito com relação à realidade[40]. Freire menciona, ainda, a ação de penetrar o objeto, de perceber e aperceber o *ontos* do mesmo. O ato de aperceber, na conceituação leibniziana, é uma consciência das próprias percepções e do próprio ser que percebe[41]. Daí que o processo relatado no capítulo 4 sobre um episódio educativo envolvendo a determinação do centro de gravidade de figuras planas tornou-se, de fato, uma situação de "re-ad-miração" do próprio ato educativo.

A atitude na educação científica de oferecer oportunidade aos educandos de um contato mais sistemático com os fenômenos físicos que são objetos de estudo, a partir de uma apercepção das percepções que elaboram, constitui uma reafirmação da atividade significativa do pensamento humano, pois, conforme questiona Köhler (1980, p. 45):

> Os objetos só existem para nós quando a experiência sensorial se impregnou completamente de significação. Quem pode negar que, na vida adulta, a significação impregna todas as experiências?

Um respaldo dessa perspectiva educacional pode também ser encontrado em Polanyi (1983). Ele caracterizou a dimensão tácita do conhecimento, na qual o sujeito opera, de modo não completamente formalizável ou consciente, a partir da apreciação de elementos subsidiários a uma determinada situação vivencial, de

[40] Vide nota 23 do capítulo 3, p. 129.
[41] Nas palavras de Leibniz (apud MCRAE, 1995, p. 189) a apercepção é "*le sens interne"*, *"le sentiment du moi"*, "*les experiences internes immediates"*.

modo a tornar a sua percepção dos eventos sempre significativa. De acordo com Saiani (2003, p. 93), “na percepção executamos uma ação, criamos uma integração tácita de sensações num objeto percebido, a qual lhes confere um significado que elas não possuíam anteriormente”.

Gelwick (1977) caracterizou a análise epistemológica de Polanyi como uma filosofia heurística, uma vez que ela se preocupa essencialmente com a natureza da descoberta e com a superação da dicotomia moderna do sujeito-objeto.

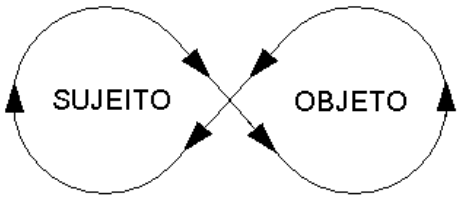
A integração das experiências prévias do sujeito pela significação das mesmas constitui subsídios tácitos para a elaboração de novos significados. Por outro lado, a percepção sensorial é prospectiva ou teleologicamente orientada pela coerência intelectual. Desse modo, o ato de conhecimento alterna-se entre a focalização consciente da percepção e a apreensão da totalidade que lhe é subsidiária e atua de modo implícito segundo uma dinâmica compatível com os princípios da *gestalt*, como é o caso da relação ρ descrita por Wertheimer (1959)[42]. É nesse sentido que se formula o aforismo de Polanyi sobre a capacidade humana de conhecer mais do que aquilo que pode ser explicitado. Gelwick (1977) utilizou como imagem desse aforismo o *iceberg*, sendo o conhecimento tácito a sua base submersa. O conhecimento que pode ser explicitado é apenas a ponta visível do *iceberg*.

Como os corpos humanos são as únicas realidades do sujeito que não são experenciadas por ele como objetos, Polanyi propõe considerar as ferramentas da investigação e da pesquisa científica “habitadas” do mesmo modo que o homem

[42] Vide capítulo 4, p. 172.

habita o seu corpo, visto que os modos de conhecer devem ser fundidos na paixão intelectual de estabelecer contato com a realidade do mundo (SCOTT, 1989)[43].

"Habitar" um problema ou situação experimental em particular significa focalizá-los e, ao mesmo tempo, integrá-los aos indícios subsidiários, à dimensão tácita do observador. Uma imagem que Gelwick (1977) utiliza para a interdependência sujeito-objeto na filosofia heurística de Polanyi é o símbolo do infinito, ∞, interligando os subsídios tácitos que compõem o campo perceptivo do sujeito e o alvo de sua percepção, o objeto do conhecimento.



A dimensão tácita do conhecimento é responsável pela interdependência sujeito-objeto. (Adaptado de GELWICK, 1977).

Na física, a simpatia entre o investigador e a natureza é expressa no exercício da visualização científica. Trata-se de uma situação, de acordo com Gleick (1993), em que o investigador se coloca *dentro da* natureza, tal como fez Einstein com um feixe imaginário de luz ao intuir, ainda quando era adolescente, os princípios da teoria da relatividade restrita por ele formalmente formulada mais tarde[44].

---

[43] Scott (1989) descreve a enorme habilidade e criatividade de Polanyi na elaboração de instrumentos de pesquisa científica. Um deles é um aparato estirador desenhado para o estudo de propriedades de esforço e tensão de fios monocristalisnos elaborados a partir de metal fundido.

[44] Em suas *Notas Autobiográficas*, Einstein (1982, p. 55) narrou a intuição que teve aos dezesseis anos de idade acerca da constância da velocidade da luz e que veio a desenvolver teoricamente mais tarde ao formular a teoria da relatividade:

> Após dez anos de estudo, o princípio surgiu, resultando de um paradoxo com o qual me defrontara quando tinha dezesseis anos: se um raio luminoso for perseguido a uma velocidade *c* (velocidade da luz no vácuo), observamos esse raio de luz como um campo eletromagnético em repouso, embora com oscilação espacial. Entretanto, aparentemente, não existe tal coisa, quer com base na experiência, quer de acordo com as equações de Maxwell.

Uma imagem equivalente ao paradoxo formulado por Einstein consiste em considerar um observador segurando à sua frente um espelho, estando ambos movimentando-se à velocidade da luz. A situação da constância da velocidade da luz em relação ao *éter* preenchendo o espaço seria análoga à constância da velocidade do som em relação ao ar em repouso? Caso assim fosse, a luz não atingiria o espelho, do mesmo modo que alguém viajando num veículo à velocidade do som não ouviria o som do próprio transporte. Einstein propôs abandonar tal analogia e admitiu que o

Para Merleau-Ponty (2004, p. 16), é a pintura e não a atividade científica que constitui o ofício emblemático da imbricação corporal com o mundo pois "é oferecendo seu corpo ao mundo que o pintor transforma o mundo em pintura". Em oposição à perspectiva do pintor, Merleau-Ponty localiza uma ciência desencarnada que, ao operar exclusivamente pela abstração do pensamento e a partir dos artificialismos de modelos cibernéticos e informacionais, se recusa a habitar as coisas. Como alternativa a esse mundo fantasmagórico do espírito, onde as coisas *são* por definição, Merleau-Ponty (2004, p. 14) propõe a encarnação do pensamento segundo uma historicidade e imanência primordiais:

> É preciso que o pensamento de ciência – pensamento de sobrevôo, pensamento do objeto em geral – torne a se colocar num "há" prévio, na paisagem, no solo do mundo sensível e do mundo trabalhado tais como são em nossa vida, por nosso corpo, não esse corpo possível que é lícito afirmar ser uma máquina de informação, mas esse corpo atual que chamo meu, a sentinela que se posta silenciosamente sob minhas palavras e sob meus atos.

Polanyi reconhece que o tratamento científico da realidade enfatiza o controle e a descrição, sendo mais condicionado pelo aspecto observacional da percepção. A arte encontra-se mais voltada à apreensão subjetiva e transcendente do real. O foco da ciência é mais centrado no objeto que nos pormenores subsidiários à apreensão do mesmo, no sentido da metáfora de que "um cego habita sua bengala quando parece sentir de modo focal o que está em sua ponta, e não em seu cabo" (SAIANI, 2003, p. 96). Na arte, não é o objeto que importa essencialmente, mas o seu subsídio simbólico que se encontra intrinsicamente associado ao contexto experencial do observador.

Seja na ciência ou na arte, é necessário contar com o conhecimento tácito. Assim, de acordo com Gelwick (1977), a tentativa moderna de encontrar princípios

---

observador viajando à velocidade próxima, porém menor que a da luz, veria a mesma imagem que é observada numa situação de repouso. Para tanto, Einstein propôs abandonar o conceito do *éter* e postulou como princípios da teoria da relatividade restrita, a constância da velocidade da luz e a independência das leis da natureza com relação à escolha do referencial de inércia.

de objetividade independentes da ação e participação do sujeito é falsa e contrária aos processos criativos que permitem ao homem compatibilizar perspectivas distintas entre si. Ao confiar em seu corpo como instrumento de exploração do mundo, o homem reconhece aquilo que Polanyi (apud Gelwick, 1977) considerou como o exercício da responsabilidade no "campo heurístico".

A educação científica, a sua vez, comporta uma dimensão de "re-ad-miração" da ciência que se opõe à doutrinação do pensamento tanto daqueles que se preparam para o exercício da investigação científica como dos alunos de uma maneira geral. Contrariando esse ideal, é mais como uma atividade dogmática que a educação científica tem sido caracterizada. De acordo com Kuhn (apud Bombassaro, 1995, p. 67):

> Embora o desenvolvimento científico seja particularmente produtivo em novidades que se sucedem, a educação científica continua a ser uma iniciativa relativamente dogmática a uma tradição preestabelecida de resolver problemas, para qual o estudante não é convidado e não está preparado para apreciar.

Ainda que se possa, segundo a perspectiva de Polanyi, "habitar" ferramentas intelectuais como, por exemplo, um livro-texto de ciência (SAIANI, 2003), os manuais adotados na educação científica, e nos quais esta última tem sido baseada, atuam como instrumentos da alienação dos alunos com relação à própria ciência na medida em que contrapõem um conhecimento simplificado de modo profundamente parcial, a-histórico e desatualizado (BOMBASSARO, 1995) ao propósito de uma educação baseada no desenvolvimento do pensamento sobre a ciência[45]. Nesse sentido, o

[45] Não se pode desconsiderar, no entanto, a diversidade dos manuais didáticos adotados, por exemplo, em cursos de física básica no ensino superior. Mesmo assim, a permanência e o predomínio da utilização dos manuais com caráter enciclopédico são um fato que corrobora a tese da dicotomia estabelecida e cultivada na educação científica entre pensamento e conhecimento. No caso brasileiro, os manuais de física básica de Pierre Lucie, editados nos anos 70 do século XX, constituem exemplares de uma proposta educacional que destoa da mera transmissão de conhecimentos científicos. Lucie (1978) é fiel a uma concepção do método científico que ele enunciou em *A gênese do método científico* e, segundo a qual, o investigador *se decide* por determinado modelo físico em conformidade com leis, teorias ou hipóteses, a partir de perguntas ou problemas que elabora ao ser motivado pela observação de um fenômeno. Ainda, segundo Lucie (1978, p. 142): "[...] sendo os modelos – com suas leis, teorias, hipóteses [...] - construções *humanas*, resta saber *se*

manual[46] tem representado um recurso pedagógico autoritário acentuando uma imagem linear e cumulativa do progresso científico. De acordo com Kuhn (1990, p. 177-178):

> [...] a tendência dos manuais a tornarem linear o desenvolvimento da ciência acaba escondendo o processo que está na raiz dos episódios mais significativos do desenvolvimento científico.
> [...] O manual sugere que os cientistas procuram realizar, desde os primeiros empreendimentos científicos, os objetivos particulares presentes nos paradigmas atuais. Num processo freqüentemente comparado à adição de tijolos a uma construção, os cientistas juntaram um a um os fatos, conceitos, leis ou teorias ao caudal de informações proporcionado pelo manual científico contemporâneo.

Como conseqüência dessa linearização da história da ciência que não faz senão suprimir a dimensão histórica da ciência (FOUREZ, 1995) e cuja motivação principal é legitimar e justificar *a posteriori* uma objetividade absoluta (em contrapartida, o "apagamento" do sujeito) do conhecimento científico, o tempo cronológico do saber é substituído por uma ordem lógica da ciência.

A educação científica, ao adotar a ordenação lógica do conhecimento, passa a disseminar uma imagem da ciência próxima ao que Fourez (1995, p. 221) caracterizou como o "efeito de vitrine" da divulgação científica baseado numa popularização da ciência destinada exclusivamente a "mostrar ao 'bom povo' as maravilhas que os cientistas são capazes de produzir", mas sem possibilitar uma real compreensão dos modos de produção da ciência. Em oposição a esse conhecimento factício, o desenvolvimento de uma verdadeira cultura científica do cidadão destina-se a dotá-lo de um poder crítico para agir e se posicionar diante dos dilemas científicos e tecnológicos da sociedade contemporânea.

---

a natureza concorda com a resposta encontrada. Há somente um meio de sabê-lo: *voltar à experiência*". Em conformidade com tal concepção do método científico, o texto didático de Lucie é entremeado de perguntas perspicazes ao aluno, questões conceituais, problematização experimental e comparação entre os modelos físico e matemático dos fenômenos.

[46] À autoridade do manual Kuhn (1990, p. 174) acrescenta os textos de divulgação científica e "obras filosóficas moldadas naqueles" que, especialmente na área científica, "moldam" os conhecimentos dos profissionais e dos leigos.

A linearização da ciência e da sua história contribui, ainda, para a desumanização do saber científico, ao projetar o contexto de sua validação numa dimensão supra-humana que suplanta o ato heurístico inerente à construção e ao aprendizado da ciência. Segundo Robilotta (1985, p. IV-10):

> A linearização é responsável por uma imagem da ciência como algo não humano, muito superior às possibilidades dos mortais. A linearização da história apresenta a ciência como um produto a ser venerado, admirado a distância, fazendo com que os estudantes adquiram um sentimento de inferioridade. Esse sentimento sugere a eles ser difícil demais a participação no desenvolvimento e difusão de ciência. A linearização da história promove o triunfo da ciência; nós somos os derrotados.

Acerca da distinção kuhniana entre o período de ciência "normal", caracterizado pela especialização de um paradigma, e o período "revolucionário", quando acontecem as mudanças paradigmáticas, Kahn (1991) se referiu à dificuldade do ensino em educar as pessoas para uma ciência revolucionária, embora se empenhe em treiná-las nas práticas que reforçam idéias rituais. Uma atitude de enfrentamento a essa dificuldade foi sugerida por Robilotta (1985). Ela é compatível com a perspectiva dialógica da educação e preconiza que a abordagem das divergências da ciência contribui para o desenvolvimento da cultura científica, segundo uma postura crítica e participante. De acordo com Robilotta (1985, p. IV-9):

> A existência de alternativas a um problema leva uma pessoa a optar. Para optar, é preciso haver critérios, que são usados na escolha do caminho a ser seguido. A não unicidade de critérios obriga a pessoa a compará-los entre si, a ver o seu peso nas decisões. Nesse processo de discussão, seja com outras pessoas, seja consigo mesmo, cada um é levado a se posicionar, o que corresponde a ter uma postura menos passiva frente ao conhecimento.

Nicol (1996, p. 80) reafirma que "a liberdade se atualiza na opção e esta radica no presente". Um passado que não é somente o que foi, mas também a consciência do que poderia ter sido mas não foi, e do que não pôde ser[47], eis a atual condição de sabedoria e prudência (a *phronèsis*[48] grega) de um *Jano bifronte* com características humanas que observa o passado tanto quanto prospecta o futuro.

---

[47] Parafraseando o texto de Nicol (1996, p. 79): "*Nuestro passado se compone de lo que fuimos; de lo que podíamos ser y no fuimos; y de lo que sabemos que no pudimos ser*".

[48] A *phronèsis* ou a reflexão é o privilégio dos homens livres na cultura grega.

O *Jano bifronte* é, por outro lado, a metáfora de “aberturas epistemológicas” que contribuem para uma reconfiguração da educação científica, pois os significados da história não se situam apenas na rede dos acontecimentos que se tece até o momento presente, mas, também, na trama das inúmeras outras possibilidades de tessituras que foram vislumbradas. Nesse sentido, vale a observação de Feyerabend (1977, p. 42-43) baseada na sua proposta de uma metodologia pluralista[49]: “necessitamos de um mundo imaginário para descobrir os traços do mundo real que supomos habitar (e que talvez, em realidade não passe de outro mundo imaginário)”.

A ciência contemporânea, vista sob a perspectiva de sua complementaridade, é moderna e renascentista, grega e babilônica. Do mesmo modo, a educação científica dialógica pluraliza os atos de pensamento ao reconhecer a importância dos conhecimentos tácitos dos educandos na construção da cultura científica como uma rede intersubjetiva de significados.

[49] A proposta da metodologia pluralista de Feyerabend (1977) articula-se com sua crítica ao empirismo e à regra que apregoa a concordância com os fatos e com a experiência como critério de legitimação das teorias científicas. Alternativamente, Feyerabend propõe que o cientista atue “contra-indutivamente” comparando idéias com outras idéias e não com a experiência, de modo a ampliar ao máximo o conteúdo empírico e o entendimento de uma teoria.