

CIÊNCIAS E FILOSOFIA DA NATUREZA NO SÉCULO XIX: ELETROMAGNETISMO, EVOLUÇÃO E IDÉIAS ¹

Gildo Magalhães (Professor Associado – USP)

1ª Conferência: A unidade do mundo, a *Naturphilosophie* e o eletromagnetismo

À medida que a ciência amadurecia e se consolidava socialmente como empreendimento, o que se verificou de forma decisiva por volta da virada para o século XIX, seus praticantes foram levados a refletir sobre uma poderosa noção subjacente ao conhecimento. Refiro-me à *unidade* entre as diferentes ciências que compõem o saber, uma idéia que tinha sido longamente acalentada, reaparecera no Renascimento e fora objeto de considerações desde então, especialmente durante o período do Iluminismo, em que o racionalismo e a ideologia do progresso são considerados traços importantes ². Algum tempo depois, em meados do século XIX a idéia de unidade parecia ter praticamente desaparecido no torvelinho das tendências de especialização do conhecimento, cada vez mais presentes e legitimadas por ideologias como a do positivismo, por razões provenientes de questões epistemológicas que emergiram então e que vêm sendo reencontradas nas ciências. A divisão intelectual hoje tacitamente aceita entre ciências e humanidades (tomando “ciências” no sentido corriqueiro da palavra), o sempre presente e conhecido abismo entre essas duas culturas, ainda que artificialmente construído, é um claro exemplo das conseqüências do assunto da unidade do conhecimento, ou de sua antítese, da falta de unidade.

¹ Este trabalho se beneficiou de pesquisa realizada em 2003 na qualidade de *Resident Scholar* na biblioteca de livros raros e manuscritos científicos da Smithsonian Institution, em Washington, D.C., graças à bolsa de estudos concedida pela Fundação Dibner para a história da ciência e tecnologia.

² Concepções bastante diferentes sobre o que seria a unidade das ciências foram apresentadas por Bacon, Descartes e Leibniz – cf. Robert McRae, “The unity of sciences: Bacon, Descartes, Leibniz” in Wiener e Noland (1957). Sinto-me mais identificado com a proposta de Leibniz, para quem as diferentes ciências seriam como que rearranjos de uma mesma verdade.

Quando porém se fala de *unidade* em um contexto científico, deve-se levar em conta algumas outras acepções ligadas a esse conceito. A palavra se liga com toda uma gama de outras expressões dúbias que significam coisas variadamente diferentes e até mesmo opostas. A “unidade” pode referir-se por exemplo a um enquadramento reducionista dos fenômenos naturais, implicando que todo o universo deveria ser analisado sob alguma forma de descrição física definitiva, um fisicalismo (geralmente de fundo mecanicista), como ocorre no caso da hipótese de um “mecanismo” da vida feito atualmente por grande parte dos intérpretes do projeto do genoma humano. Note-se ainda como a noção de “unidade” também foi transformada ao longo do século XX e adquiriu outras conotações, como se observa a respeito do movimento chamado de “Unidade das Ciências”³.

A idéia que desejo enfatizar aqui situa-se porém num outro extremo do espectro desses exemplos, estando associada com uma forma integrada, isto é, não dividida ou especializada de conhecimento sobre a natureza do mundo. Apenas nesse sentido é que será aqui considerada a unidade como diretriz nesta história das idéias, de modo que vale a pena insistir no que significará a crença numa unidade da ciência dentro da análise que se segue: não me referirei à unidade como uma espécie de princípio singelo perseguido pelos ideólogos do fisicalismo, mas sim como uma interconectividade subjacente a todos fenômenos naturais, considerando-os como sendo possivelmente correlacionados e coerentes. Em outras palavras, refiro-me à idéia de que pode haver unidade na diversidade, ou em termos de história da filosofia, a algo que pode ser considerado equivalente ao problema platônico do Um e do Múltiplo, tal como explorado na tradição socrática do diálogo platônico do *Parmênides*. Pretendo aqui explorar sucintamente como as idéias próximas e cada vez mais abrangentes de unidade das forças naturais, unidade das ciências e unidade do mundo foram historicamente elaboradas no período mais contemporâneo, a partir da época citada no começo deste trabalho, ou seja, em torno do período da Revolução Francesa e nos anos imediatamente seguintes.

³ Esse movimento organizado foi responsável pela publicação do conhecido livro sobre a estrutura das revoluções científicas, de Thomas Kuhn, e contemporaneamente vem sendo associado à seita internacional da Igreja da Unificação, do coreano conhecido como Reverendo Moon (Yong Myung Mun), de tendências fortemente esotéricas.

Disseminada inicialmente por filósofos e cientistas alemães no final do século XVIII, essas idéias de unidade foram encampadas por uma corrente do pensamento alemão chamada *Naturphilosophie*, que se espalhou depois por outros países, uma tendência filosófica que muitos que lhe são contrários consideram e esperam ter sido o canto do cisne para a intromissão da metafísica no campo das ciências. O rótulo de “romantismo” costuma ser um tanto quanto inadequadamente ligado a essa percepção unitária exatamente devido ao peso da tradição da *Naturphilosophie* alemã, que se preocupou cientificamente com o problema da unidade numa das questões que vieram a ser imprecisamente chamadas de “românticas”, configurando um “romantismo alemão” nas ciências. Em geral, o vulgo tende a associar “romântico” com aquilo que não é prático, muitos até consideram-no um epíteto tão negativo que o tomam como insulto, algo que deveria ser aplicado apenas a poetas e aos que não têm os pés nos chão (...), portanto em oposição a assunto de interesse potencialmente pragmático, como supõem ser a ciência. Na verdade, o conceito de “romantismo” está repleto de ambivalência e há muito do que já foi discutido sobre o assunto que poderia ser retomado com proveito, pois tem sido a causa de concepções enganadoras não apenas na arte, mas também na história das ciências. Ficarei aqui apenas com o essencial desta problemática no que diz respeito às ideologias, porque senão o assunto se estenderia para além dos limites a que me propus.

Apenas para dar uma ilustração dos diferentes contextos em que “romântico” vem sendo usado, vale mencionar que Goethe ridicularizava os literatos românticos, e não obstante ele é considerado tanto uma proeminente figura da *Naturphilosophie*, devido principalmente aos seus trabalhos sobre a física das cores e a biologia, quanto é saudado por muitos como um dos grandes escritores da literatura “romântica”, por romances como o *Werther*⁴. Embora seja importante estudar a origem e transformação de um termo tão

⁴ Citado por Eichner (1982). Vide também, de Dennis L. Sepper, “Goethe, colour and the science of seeing” e, de Jeremy Adler, “Goethe’s use of chemical theory in his *Elective Affinities*”, in Cunningham e Jardine (1990). A superioridade da teoria de Goethe sobre as cores em comparação com a de Newton tem sido ignorada no contexto do conflito ideológico entre a tradição empirista britânica e a continental, de extração platônica (vide adiante); o que ocorre, em resumo, é que para Goethe, o olho não vê simplesmente, pois o olho “teoriza” – cf. Ribe (1985), pp. 315-335. Sobre a descoberta do osso intermaxilar por Goethe, vide Schauerhammer (2001), pp. 12-26.

amplo que acaba nada definindo, pois é usado para se referir a obras tão diferentes como a poesia de Victor Hugo, ou à música de Chopin, nos escritos de história das ciências vemos quase sempre identificado com a rejeição de uma filosofia da natureza mecanicista típica do Iluminismo e sua substituição por uma visão orgânica do universo, tal como aquela esposada pelo filósofo Friedrich von Schelling ⁵. A versão de Schelling para a *Naturphilosophie* enfatizava a idéia de que a natureza era um todo e recomendava a pensadores que perseguissem essa união, mesmo que expressa apenas em termos genéricos, reservando para os cientistas que a interpretassem de forma mais particular e precisa.

Incidentalmente, a *Naturphilosophie* nunca se tornou um movimento organizado, pois se expressava de forma muito vaga para tal e talvez este seja um dos motivos que levam historiadores da ciência, também de forma vaga e desqualificante, a equacionar essa tendência com o chamado “romantismo alemão”, pelos motivos já sugeridos. Sua identificação com os alemães é historicamente explicável também quando se leva em conta a oposição ideológica entre o empirismo de Newton e o platonismo de Leibniz, que levou a uma divisão entre cientistas britânicos e continentais, e que continuou por muito tempo após o desaparecimento dos dois protagonistas da arena científica. O questionamento que a *Naturphilosophie* fez ao paradigma empirista de Francis Bacon e à matematização típica do newtonianismo pode ser visto como uma herança do apelo de Leibniz à metafísica como necessária à ciência, porque segundo ele as teorias deveriam perguntar pela essência das coisas ⁶. Talvez se possa concordar com os críticos quando dizem que exageros perpetrados por adeptos “românticos” da *Naturphilosophie* seriam responsáveis pelo abandono por parte de muitos historiadores de suas contribuições para o avanço da ciência. De qualquer maneira, há argumentos de peso para afirmar que o “romantismo alemão”, denominação que continuarei a usar apenas para me adequar à tradição, influenciou a ciência numa extensão maior do que usualmente se reconhece, e um ponto de partida conveniente para essa análise é a história das teorias sobre a eletricidade no período de 1800 a 1850,

⁵ Cf. “Organismo e mecanismo”, prefácio da 1ª edição de *Da alma do mundo: uma hipótese de física superior para a explicação do organismo universal* – Schelling (1973), pp. 227-229. Vide também, de S.R. Morgan, “Schelling and the origins of his *Naturphilosophie*”, in Cunningham e Jardine (1990), pp. 25-37.

⁶ Gower (1973), pp. 301-356.

principalmente sob a égide do eletromagnetismo, como ilustrado pelo trabalho exemplar de Hans Christian Oersted.

Considere-se então o caso deste cientista dinamarquês, que constante e publicamente reconheceu e advogou os princípios estabelecidos por Schelling para o tema da *Naturphilosophie*, e sobre quem não há dúvida de que teve sucesso ao estabelecer a primeira prova irrefutável da unidade entre eletricidade e magnetismo, dois aspectos da natureza que eram antes considerados distintos, com sua famosa experiência de 1820 sobre o desvio de uma agulha imantada pela passagem de corrente elétrica num fio metálico próximo ao ímã⁷. Sua descoberta não foi acidental, como se lê infelizmente em diversos livros-textos, mas sim o resultado de um cuidadoso e longo plano para explorar a unidade da natureza, o que pode ser atestado tanto pelos seus numerosos trabalhos científicos quanto por sua poesia e ensaios filosóficos⁸. O resultado tanto foi uma consequência por ele esperada, que terminou seu relato desse experimento dizendo: *Demonstrei em livro que publiquei há sete anos que o calor e a luz são um efeito [“conflito”] elétrico*⁹. Isto pode ser cotejado com diversos escritos de Oersted, na verdade bem anteriores, como por exemplo:

*Como poderia haver três efeitos mais diferentes do que o calor, a eletricidade e o magnetismo? Contudo, todos eles são devidos ao efeito das mesmas forças fundamentais, só que em diferentes formas...[ainda:] De fato, seria um assunto valioso para o pensador que procurasse aquela unidade interna de todas as ciências*¹⁰.

⁷ Stauffer (1957) e Dibner (1961).

⁸ A obra não científica está representada pelo poema *A aeronave*, em Oersted (1837), escrito em homenagem aos balões dos irmãos Montgolfier - é interessante como nela o autor expõe já uma utilidade pedagógica para a história das ciências - e, principalmente, pelo seu alentado ensaio *O espírito na natureza* - vide Oersted (1850). Uma seleção extensa e bastante representativa de suas publicações científicas está em Oersted (1998).

⁹ *Demonstrasse me in libro septem abhinc annis edito, calorem et lucem esse conflictum electricum*. Cf. Oersted (1820).

¹⁰ Respectivamente: “New investigations into the question: what is chemistry?” (Copenhagen, 1805), original em dinamarquês, in Oersted (1998), p. 197; “Reflections on the history of chemistry: a lecture” (Copenhagen, 1807), original em dinamarquês, in Oersted (1998), p. 245.

No seu prefácio ao poema *A aeronave*, Oersted expandiu sua busca da unidade não só dentro da ciência, mas procurando a unidade desta com a arte:

*Ademais, parece que a ciência deveria estar em posição de nos dar muita indicação para a pesquisa sobre a essência da beleza... Pela observação da maneira pela qual a natureza produz a beleza, poder-se-ia distinguir melhor entre o maravilhoso que vemos nas obras de arte, que possuem uma profunda verdade como fundamento, e as aberrações cujo sentido a pessoa de mau gosto confunde com o bom e o belo.*¹¹

Oersted via a necessidade de unir a ciência com a poesia e seus modelos eram Goethe e Schiller, pensadores que em sua obra - e assim como Alexander von Humboldt - poderiam perceber que este seria o caminho para uma “filosofia natural universal”, em que *cada investigação bem conduzida de um objeto limitado nos revela uma parte das leis eternas do todo infinito*¹². Esta convicção cresceu com suas descoberta da interação mútua entre eletricidade e magnetismo, que levaram Oersted a pesquisar outros assuntos como as simetrias na natureza, fundamentadas nas artes.

Por que a eletricidade parecia particularmente atraente e adequada para o propósito de busca da unidade nesse período? Porque ela perpassava grandes áreas de pesquisa: a física, naturalmente, onde procuravam-se ligações entre eletricidade, magnetismo, calor, luz e gravidade; a química, pelo estudo da eletrólise, mas também devido a alguns cientistas já sugerirem a natureza elétrica das reações químicas ou das chamadas “afinidades”; a biologia e medicina, pois já tinha havido pontos de contato, como na fisiologia muscular e no tratamento de algumas doenças por meio de choques elétricos. Além disso, o eletromagnetismo fez a ciência passar por um grande descompasso desde a síntese newtoniana do século XVII: pela primeira vez inúmeros fenômenos não conseguiam mais ser explicados dentro do quadro do mecanicismo, podendo todavia ser englobados numa

¹¹ Oersted (1837), pp. xix-xx.

¹² Oersted (1850), vol. IV, p. 449.

alternativa que parecia ser surpreendentemente metafísica, como a dos campos eletromagnéticos, que exigiam algo imaterial ¹³.

A história do eletromagnetismo durante a primeira metade do século XIX está assim especialmente vinculada às idéias de unidade no universo e ainda com um subconjunto delas, qual seja, a unidade do que pareciam ser tipos diferentes de “força”, no sentido da palavra alemã *Kraft*, que veio a ser substituída progressivamente por “energia”, uma distinção entre ambas que perdura até o momento presente ¹⁴.

Na história da eletricidade, um primeiro passo metodológico foi determinar se as várias formas e fontes de fenômenos elétricos tinham um caráter uniforme ¹⁵. Foi possível provar que isto era verdadeiro, por meio da identificação do que era comum à origem das cargas estáticas (como nos condensadores) e das cargas dinâmicas (as correntes elétricas). Foi esse o tempo das descobertas de cientistas como Benjamin Franklin, o abade Nollet, Alessandro Volta (e das aplicações da sua pilha), que levaram os pesquisadores a refletir ainda mais sobre a unidade da natureza.

Mas exatamente o que pensavam em geral os cientistas sobre a unidade da natureza? Havia aqueles, como no caso mencionado de Oersted, que abertamente se proclamaram ao longo de sua vida a favor dessa unidade. Na verdade, referi que Oersted foi ainda mais longe, propondo em seu poema épico sobre a aviação uma unidade de todo o conhecimento, que a seu ver tinha que incluir as ciências naturais, a poesia e a arte como um todo, metas que influenciaram sua carreira, que foi consistentemente a de um erudito intelectual e cientista prolífico.

¹³ Doran (1975), pp. 133-260. Essa autora vai porém expor uma visão oposta à minha, defendendo que esta revolução nas visões de mundo da ciência se deveria à tradição empirista britânica.

¹⁴ A energia na forma de trabalho está associada a um deslocamento (real ou virtual) de um ente submetido a uma força, sendo a medida do trabalho proporcional ao produto desta força pelo deslocamento. O estudo desse desenvolvimento e do enunciado da lei da conservação da energia pelo cientista alemão Robert Mayer (que usava o termo “conservação da força”) está no amplo e cuidadoso estudo de Caneva (1993).

¹⁵ Não pretendo me expandir aqui sobre a fascinante história das teorias e práticas da eletricidade, a não ser para os objetivos imediatos deste estudo. Para um tratamento sistemático e abrangente desse assunto, vide Heilbron (1999).

Havia também cientistas que deixaram uma reputação dúbia, como Johann Ritter, outro adepto entusiasta das idéias da *Naturphilosophie* e que inicialmente tinha exibido uma face “séria” no mundo científico, aplicando-se a estudos experimentais de eletroquímica e eletrofisiologia, com base na sua crença da unidade entre o orgânico e o inorgânico ¹⁶. Ritter depois se tornou suspeito aos olhos de outros cientistas, ao tentar “cientificamente” encontrar água por meio de rdomancia, isto é, através de vibrações numa varinha cortada de um arbusto. Tais excessos foram sendo desprezados e taxados de meras “especulações”, uma qualificação que acabou aplicada ao trabalho global de Ritter e logo estendida injustamente a todo e qualquer aspecto da *Naturphilosophie*. Além dos trabalhos citados, Ritter descobriu a radiação ultravioleta, justamente porque acreditava numa dupla polaridade da natureza e o cientista Wilhelm Herschel já havia detectado raios infravermelhos, na outra extremidade do espectro visível. Como descreveu Ritter, em termos que ainda se podem considerar científicos, essa sua descoberta foi

...o resultado duma grande pesquisa fatural, demonstrando que a polaridade da química, da eletricidade, do magnetismo, do calor, etc., tem seus princípios numa totalidade única. Esse Uno e Todo em sua manifestação mais pura é a luz. ¹⁷

Creio que por temor de não serem acusados de idéias especulativas, porque estariam carregadas de “metafísica” e portanto longe duma suposta objetividade científica, os cientistas na verdade têm se servido desse pretexto e justificativa para fugirem de preocupações filosóficas mais profundas e certamente mais espinhentas sobre o universo físico. Um dos aspectos interessantes na história das ciências desde essa época da *Naturphilosophie* tem sido que nem todos cientistas aderiram a essa tendência de evitar a qualquer custo tais questões. Desse ponto de vista, pode ser instrutivo reavaliar abordagens como a do físico Christian Heinrich Pfaff, ele mesmo um adepto da unidade das forças e

¹⁶ Ele via uma alternância entre evolução e involução na natureza – cf. Dietrich Engelhardt, “Historical consciousness in the German romantic *Naturforschung*”, in Cunningham e Jardine (1990). Sobre a influência de uma concepção dualística da natureza na *Naturphilosophie*, com suas polaridades e traços de oposição dialética, vide Snelders (1970), pp. 231-240.

¹⁷ Ritter (1806), vol. II, p. 107, que reproduz um trabalho original de 1801.

que, na que talvez seja a primeira história escrita sobre o eletromagnetismo, caracterizou os físicos de sua época como estando divididos entre “dinamicistas” e “atomistas”. Com isto distinguiu justamente entre aqueles que acreditavam (como os primeiros, identificados com a *Naturphilosophie*), ou não, numa unidade das forças, considerada algo exatamente “metafísico” e “especulativo” pelos últimos. Pfaff separou então entre os cientistas os que consideravam haver uma identidade entre eletricidade e magnetismo, como Oersted e Ampère, daqueles que disso discordavam, como Seebeck ¹⁸.

Mas também havia pesquisadores que simplesmente ignoravam tais preocupações, assim como existiam aqueles que as reconheciam mas eram-lhes totalmente contrários, pois as julgavam como puras ilusões metafísicas e portanto inadequadas ou inúteis como objetos da ciência. De fato, a crescente matematização da física auxiliava a evitar essa tendência de “especulação” ¹⁹. Tornou-se moda obrigatória nos escritos científicos não se demorar em considerações que pudessem ser tidas como de natureza mais filosófica, mas sim se restringir a conclusões lógicas que fossem de alguma forma consistentes com dados experimentais, na linha recomendada pelas cartilhas do empirismo.

Ernst Mach, em trabalho que marcou época sobre a história e filosofia da mecânica, identificou que foi Joseph-Louis Lagrange quem fez prevalecer no início do século XIX a visão que privilegiava uma ciência matematicamente “objetiva” e que definitivamente rejeitava digressões filosóficas ²⁰. É interessante como a consolidação da metodologia de Lagrange se deu no bojo da condenação napoleônica ao grupo denominado de “ideólogos”, a quem o imperador chamou de “metafísicos tenebrosos”, mostrando mais uma vez a associação entre ciência e ideologia. Mesmo assim, Mach reconheceu que a física não se divorciou completamente da metafísica, como se pode verificar na sua interessante discussão sobre noções que se consideram até muito simples, ou intuitivas, como a do conceito de “força”. Mach acabaria justificadamente sendo associado com o positivismo, mas me parece que uma acusação que costuma ser sustentada contra ele, de que seria

¹⁸ Pfaff (1824), pp.14-16 e 204-206; este ponto foi também levantado por Hermann (1987). Vide também Pfaff (1837), sobre sua posição a respeito da unidade das forças.

¹⁹ Caneva (1978) e Archibald (1989).

²⁰ Mach (1942), p. 553.

retrógrado em termos científicos de sua época porque não acreditava no “átomo”, por não ser este um objeto “positivo”, poderia também ser uma posição de cautela devido à sua percepção de que esse átomo não se tratava de um “objeto” feito de “partículas”, que são na verdade simplificações (ele diria abstrações), mas sim de algo bem mais complexo.

Pode-se dizer que já havia uma tradição no sentido contrário à metafísica, fundamentada pela escola empirista britânica e que pode mesmo ser datada de muito antes, recuando pelo menos até o nominalismo medieval e aos pressupostos de Francis Bacon e dos seus seguidores nos séculos XVI e XVII. Isto exerceu claramente uma pesada influência em cientistas britânicos contemporâneos da *Naturphilosophie* como Thomas Young e Joseph Priestley. As exceções de cientistas “metafísicos” britânicos foram de pessoas como Humphry Davy e Michael Faraday, ambos incidentalmente preocupados com a unidade da natureza ²¹. Faraday chegou a escrever trabalhos científicos sobre experimentos que conduziu para comprovar a interação entre a luz e o magnetismo, assim como da unidade da eletricidade e gravidade. Assim começou ele uma comunicação a esse respeito (note-se seu uso da nomenclatura de “força” para o que hoje chamaríamos de “energia”):

A longa e constante persuasão de que todas as forças da natureza são mutuamente dependentes, tendo uma origem comum, ou então diferentes manifestações de uma força fundamental, tem-me feito freqüentemente pensar sobre a possibilidade de estabelecer, experimentalmente, uma conexão entre gravidade e eletricidade, introduzindo assim a primeira no grupo cujo encadeamento, incluindo também o magnetismo, a força química e o calor, interliga com relações mútuas tantas e tão variadas exibições de força. ²²

²¹ Vide Davy (1839-40), vol. 9; e, de Christopher Lawrence, “The power and glory: Humphry Davy and romanticism”, in Cunningham e Jardine (1990).

²² “On the possible relation of gravity to electricity”, in Faraday (1839-1855), série XXIV, § 30. Isto foi escrito em 1850, mas mesmo posteriormente e pouco antes da sua morte, Faraday manteve aquela esperança, voltando ao assunto numa de suas últimas grandes conferências públicas, “Some thoughts on the conservation of force”, in Youmans (1865), pp. 359-383 e Faraday (1839-1855), comunicação nº 30, de 1850. Quase as mesmas palavras haviam sido por ele usadas em outra comunicação de 1846 (§ 26), a respeito da ação de ímãs sobre a luz.

Ao final deste mesmo trabalho, Faraday anuncia sua inabalável confiança na unidade, mesmo não tendo tido sucesso:

Aqui terminam minhas experiências no momento. Os resultados são negativos. Eles não abalam meu forte sentimento quanto à existência de uma relação entre gravidade e eletricidade, embora não provem que uma tal relação existe.

Faraday se via como um filósofo da natureza, muito perto da tradição da *Naturphilosophie*, especulando livremente sobre a anisotropia do espaço (em oposição a Newton), ao contrário do que suas biografias procuram mostrar ao colocá-lo como avesso à matemática e engajado na linha do empirismo britânico²³. A inclinação de Faraday pela unidade da natureza, com sua hipótese de que a matéria é composta de campos de força e que estes são polarizações do espaço, tem analogias com as idéias de outro cientista, que na época foi influente mas hoje está relativamente esquecido, o italiano Mossotti²⁴.

A esse respeito, deve ser apontado que, contrariamente a uma opinião superficial e muito difundida, a matemática da ciência não é um divisor de águas nesse assunto, apesar do muito que já se escreveu sobre a *Naturphilosophie* como opositora da abordagem matemática e a favor dum raciocínio primordialmente qualitativo e não quantitativo. Pelo contrário, houve cientistas que comprovaram ter bastante talento matemático, mas que “especularam” ao esposar a idéia de unidade da natureza, como será mencionado mais adiante no contexto da ciência francesa. Também fica aparentemente esquecido nessa contraposição errônea que os próprios fundamentos da matemática apresentam controvérsias e não são uma verdade inabalável quando confrontados com considerações

²³ A exceção honrosa e notável é a vibrante biografia científica escrita por Agassi (1971), que colocou a obra de Faraday no contexto apropriado da filosofia natural.

²⁴ Mossotti (1836); suas idéias sobre atração e repulsão molecular foram concebidas ao dar um curso de física na Universidade de Buenos Aires.

históricas e filosóficas, já que há disputas muito atuais quanto à natureza das verdades matemáticas²⁵.

Uma outra falsa questão no contexto em que se discute a *Naturphilosophie* é a suposição de que as cada vez mais freqüentes aplicações práticas do conhecimento, na forma de tecnologia, teriam significado um golpe mortal para as especulações metafísicas. Pessoas certamente muito pragmáticas e de grande projeção como o físico norte-americano Joseph Henry, sem simpatia nenhuma com atividades classificáveis como de “especulação”, mas conhecido por sua empolgação com a ideologia do progresso e com a tecnologia, podiam ainda em 1850 falar de forma muito parecida com Oersted a favor da unidade do conhecimento e contra a especialização exagerada como sendo prejudicial ao progresso da ciência²⁶. Schelling também havia feito uma campanha pela reforma universitária alemã, defendendo que não há oposição entre teoria e experiência, mas recusando o caráter meramente utilitarista do conhecimento, e suas idéias seriam endossadas na criação do moderno sistema proposto por Wilhelm von Humboldt em 1810 para a nova Universidade de Berlim, modelo pedagogicamente revolucionário na época e muito admirado nos EUA²⁷. Com a implantação desse modelo, instituiu-se que a missão da universidade na Alemanha seria levar tanto professores quanto alunos a serem responsáveis pela produção de novos conhecimentos criativos.

Se, ao contrário do que ainda hoje sustenta a historiografia usual, a matematização e a aplicação prática não podem adequadamente servir para estigmatizar os cientistas que fizeram especulações filosóficas em suas pesquisas, é preciso procurar algures. Proponho aqui que a distinção se encontra no processo de hipotetização, isto é, nos pressupostos por vezes cuidadosamente escondidos que fazem muitos cientistas a respeito dos pontos de

²⁵ A esse respeito, vide as interessantes colocações de Fuchs (1970).

²⁶ “Address to the American Association for the Advancement of Science” (1850), in Henry (1980), pp. 35-50. Henry foi presidente da Associação Americana para o Progresso da Ciência e o primeiro diretor do Instituto Smithsonian, tendo-lhe imprimido um caráter muito atuante tanto de museu quanto de centro de pesquisas científicas, como aconteceu em geral com os museus em outros países, inclusive no Brasil. Observo ainda que a unidade das forças reforça a unidade do mundo, o que implica necessariamente na unidade do conhecimento, ao contrário da especialização positivista.

²⁷ Gregory (1989), pp. 17-35.

partida de suas próprias pesquisas. A camuflagem das hipóteses é um processo de velamento que, curiosamente, se aproxima do que ocorre com as ideologias, pois que caso sejam as hipóteses conscientes tampouco costumam ser explicitadas, principalmente nos textos científicos. A formação de hipóteses está intimamente ligada ao processo pelo qual passa a mente do cientista à medida que se aproxima de um novo conhecimento sobre um assunto. A unidade do mundo é portanto uma dessas idéias que têm sido largamente ignoradas de parte de tantos historiadores da ciência, embora se encontre subjacente a muitas hipóteses, irrompendo aqui e ali do tratamento de “asepsia” aplicado pelos próprios cientistas na esperança de que estejam sendo “objetivos”, sempre pelo medo de que a ciência não poderia por princípio compartilhar nenhuma parte do seu objeto com a metafísica .

Entre alguns cientistas alemães nota-se uma atitude mais clara e duradoura em favor de considerar a unidade da natureza, provavelmente devida à já mencionada influência de Leibniz e visível nas obras muito populares do cientista Alexander von Humboldt, que desenvolveu pesquisas em mineração, biogeografia, magnetismo terrestre e muitos assuntos de tecnologia ²⁸. Seu *Cosmos*, que atingiu várias edições durante um longo tempo e foi traduzido para muitas línguas, tem um sumário “comentado” que é um verdadeiro programa ideológico em favor do progresso, como na parte em que Humboldt indica a *Necessidade de considerar simultaneamente todos os ramos da ciência natural. Influência desse estudo sobre a prosperidade nacional e o bem estar das nações*. Logo após o sumário, na introdução ele afirma que:

A natureza considerada racionalmente, isto é, submetida ao processo de pensamento, é uma unidade na diversidade dos fenômenos; uma harmonia, combinando todas coisas criadas, por mais diferente na forma e atributos; um grande todo (το παν) animado pelo sopro da vida. O resultado mais importante da pesquisa racional da natureza é, portanto, estabelecer a unidade e harmonia dessa massa estupenda de força e matéria, determinar com justiça imparcial o que é devido às descobertas do passado e às

²⁸ Rush (2002), pp. 12-30.

*do presente e analisar as partes individuais dos fenômenos naturais sem sucumbir sob o peso do todo.*²⁹

Esse procedimento metodológico humboldtiano, de procurar a unidade e harmonia na diversidade, apareceu explicitamente em termos de unidade das forças físicas nas publicações científicas de pesquisadores do eletromagnetismo como Georg Friedrich Pohl, Carl Friedrich Gauss, Wilhelm Eduard Weber, Bernhard Riemann e Johann Carl Friedrich Zöllner, bem como no trabalho sobre eletromagnetismo (publicado em alemão) pelo dinamarquês Ludvig Valentin Lorenz, todos eles influenciados pela tradição da *Naturphilosophie*, como veremos a seguir.

Pohl tratou da unidade entre eletromagnetismo e gravitação; de inclinação platônica, enfatizou a revolução epistemológica desencadeada pelas leis de Kepler e repudiou a solução newtoniana para a força da gravitação, que não resolve o chamado “problema dos três corpos”. Segundo ele,

*A Terra e os corpos celestes em seu movimento seguem as mesmas leis e determinações ativas que se nos apresentam aos olhos os fenômenos fundamentais e rotatórios do eletromagnetismo, isto devo agora considerar uma certeza sumamente decisiva e evidente após os resultados por mim obtidos*³⁰.

O “príncipe dos matemáticos” Gauss fez diversas contribuições fundamentais como a que revolucionou a geometria com sua teoria sobre curvaturas, que se prestam para descrição de espaços de qualquer número de dimensões, e ao mesmo tempo, foi responsável por trabalhos pioneiros na teoria e prática da eletricidade. Seu método epistemológico o levava a resolver mentalmente os problemas matemáticos antes de fazer os cálculos, isto é, Gauss não era adepto do empirismo demonstrado por muitos cientistas, da reiteração de tentativa e erro. Um exemplo memorável disso foi sua surpreendente determinação da órbita de Ceres, a partir de poucas observações feitas em 1801, um

²⁹ Humboldt (1850), p 24.

³⁰ Cf. Pohl (1845), p. 3.

problema de física matemática julgado impossível de resolução exata até então ³¹. Riemann, que juntamente com Gauss refez os fundamentos da geometria, usou a função chamada por Gauss de “potencial” e interpretou as ações elétrica e magnética se propagando com uma velocidade finita, ao invés de uma ação instantânea e à distância, como queria a tradição newtoniana. Além disso, mostrou que as denominadas leis de Weber e Riemann para o eletromagnetismo estão de acordo com a conhecida lei de Ampère, que permite calcular a intensidade do campo magnético em volta da corrente elétrica num fio condutor ³².

Assinale-se ainda que a formulação que Weber fez para o eletromagnetismo já contém a correção relativística das velocidades, que seria bem depois incorporada por Einstein em sua teoria. Weber desconsiderou a teoria newtoniana da gravitação e propôs uma teoria própria e mais abrangente, pela qual a gravitação seria também de origem elétrica, como queria Faraday ³³. Este cientista se notabilizou na parte experimental, aperfeiçoando instrumentos com técnicas que ainda se usam hoje em dia, como seu famoso eletrodinamômetro, capaz de medir forças bem pequenas, mas também foi um grande físico teórico, inserindo-se na tradição anti-kantiana de procurar a essência dos fenômenos, assim como Ampère e Gauss (de quem foi assistente) e o já citado Riemann ³⁴. Por isso escreveu Weber que

A verdadeira constituição dos corpos e os verdadeiros processos que disto dependem, ainda que mais complexos, podendo entretanto ser mentalmente representados

³¹ Tennenbaum e Director (1998), pp 4-88.

³² Riemann (1876) ; cf. também Riemann (1996), pp. 50-62. Para uma análise que mostra a superioridade epistemológica do tratamento do campo eletromagnético em Riemann, quando comparado com Maxwell, vide White (1977). Uma apreciação bastante completa de Riemann enquanto matemático e físico está em Schauerhammer e Tennenbaum (1991, pp. 34-42 e 1992, pp. 32-48).

³³ A diferença é fundamental, pois o potencial entre duas massas m e m' a uma distância r seria, de acordo com Newton, igual a $m.m'/r$ e, de acordo com Weber, $m.m'/r(1 - v^2/c^2)$, sendo v a velocidade relativa entre as duas massas e c igual ao atual valor da velocidade da luz multiplicada pela raiz quadrada de dois.

³⁴ Cf. Weber (1892-94) e a correspondência entre Weber e Gauss, in Hecht (1996), pp. 21-43.

*como processos mais simples, abstraindo-se todas as dificuldades, continuam a ser o objeto e a finalidade última da pesquisa.*³⁵

Zöllner, um platonista assumido que foi aluno e editor dos trabalhos de Weber, via a massa como uma propriedade elétrica e criticou acidamente a linha empirista dos cientistas Emil Heinrich Du Bois-Reymond e Hermann von Helmholtz, que seguiam a tradição britânica de William Thomson (Lorde Kelvin), Peter Guthrie Tait e James Clerk Maxwell, contrapondo-a à epistemologia de Ampère, Gauss, Riemann e Weber. Zöllner, à maneira do que aconteceu com Ritter, ficou posteriormente com má reputação pela sua associação com o cientista britânico William Crookes (que costumava praticar o espiritismo mediúnico), mas isto não impediu que entendesse corretamente ser a teoria de Weber da eletrodinâmica vantajosa sobre as demais porque tomava como ponto de partida a hipótese atomística, com elementos (nossos “elétrons”) carregados de eletricidade positiva e negativa, o que somente seria confirmado experimentalmente muitas décadas depois. Em sua explicação sobre a gravitação universal, Zöllner mostrou como Weber se apoiou na teoria dos gases do já citado Mossotti para concluir que a massa teria de ser uma propriedade elétrica³⁶.

O trabalho do dinamarquês Ludvig Lorenz costuma ser ignorado nos textos de história do eletromagnetismo, mas ele chegou de forma independente aos mesmos resultados de Riemann sobre potenciais eletromagnéticos retardados (que assumem a propagação finita da luz e de outros campos eletromagnéticos), e ultimamente tem-se estabelecido como essas pesquisas, bem como seus estudos sobre a luz, foram influenciadas pela *Naturphilosophie*³⁷.

Por outro lado, aparentemente essa preocupação com a metafísica não era seguida por outros cientistas do eletromagnetismo como Thomas Johann Seebeck, Georg Simon Ohm e Gustav Kirchhoff, que preferiam “ir diretamente ao assunto”, seguindo o modelo

³⁵ Reproduzido em Zöllner (1876), trata-se de trabalho originalmente publicado em 1846 por Weber em *Poggendorf's Annalen*, vol. 156, p. 61.

³⁶ É o que consta de uma carta enviada para Zöllner por Weber em 6 de abril de 1880 - cf. Zöllner (1882), pp. 71-81; sobre as anotações feitas a partir das aulas de Weber, vide também Zöllner (1876).

³⁷ Cf. o resgate feito por Ole Keller, “Optical works of L.V. Lorenz”, in Wolf (2002).

anti-metafísico de Lagrange ³⁸. Tem havido uma argumentação forte e cuidadosamente estudada contra a existência de influências das idéias do “romantismo alemão” sobre Julius Robert von Mayer em sua formulação da conservação da energia, mas penso que isto ainda é discutível. Embora Mayer tenha aparentemente recusado uma filiação com a *Naturphilosophie*, em seus escritos sobre o assunto da energia no entanto também buscava uma “força” (no sentido de energia) única, ainda que se possa acusá-lo de reducionista:

A priori demonstra-se e se constata por meio da experiência que as diversas forças se transformam umas nas outras. Na verdade só existe uma única força ³⁹.

Em outras passagens também se nota uma inconfessa inclinação de Mayer para a metafísica, como quando discute a passagem do reino inanimado para o vivo, alternando entre o reducionismo da biologia à física e sua irredutibilidade, como quando afirma: *O cérebro é apenas uma ferramenta, ele não é o próprio espírito*. Isto é ainda mais pronunciado nas passagens em que Mayer filosofa a partir de textos do escritor Friedrich Schiller e conclui (já influenciado pela divulgação do darwinismo na Alemanha por Ernst Haeckel) que na luta pela existência o mundo não está sustentado pela fome, guerra ou pelo ódio, mas pelo amor, em uma nova e até então insuspeita aproximação sua com o pré-socrático Empédocles ⁴⁰. Pode-se mesmo contrastar seus pontos de vista com os de um tradicional cruzado contra a especulação metafísica como Helmholtz, que considerava a

³⁸ Isto pode ser comprovado pela dedução puramente formalista da famosa lei sobre a relação entre potencial e corrente elétricas em Ohm (1827), ou ainda os escritos com visão estritamente matemática sobre nós e malhas nas redes elétricas em Kirchhoff (1891) e a comunicação sobre a descoberta do efeito da polarização magnética em metais em Seebeck (1895).

³⁹ Mayer (1845), p. 6.

⁴⁰ Os dois trechos fazem parte respectivamente das conferências “Sobre conseqüências e inconseqüências necessárias da mecânica do calor”(1869) e “Sobre a nutrição” (1871), *in* Mayer (1874).

unidade da energia de um ponto de vista diretamente reducionista e mecanicista, um fisicalismo útil apenas para o simples cálculo da conversão energética ⁴¹.

Para acompanhar bem esses desenvolvimentos na Alemanha, reitero que se deve considerar todas as implicações da tradição filosófica mais profunda, que se expressa na literatura ocidental desde alguns pré-socráticos e que se opunha ao empirismo britânico, cuja epítome é Newton; durante algum tempo, e até o momento do romantismo, o pensamento unitário não hesitava em perguntar pelas causas dos fenômenos. Como referido atrás, essas influências na *Naturphilosophie* remontam mais diretamente a Leibniz; a ele deve-se acrescer sua extensa rede de amigos e colaboradores, inclusive o cientista notável que foi Huygens. Na verdade, as atitudes opostas, e que por motivos de brevidade nesse contexto, sujeitas a exceções e maiores esclarecimentos, têm sido chamadas simplificadaamente de tradições “britânica” e “continental”, estão enraizadas em questões ideológicas que vão muito mais atrás no tempo, pelo menos até a cosmovisão da ideologia platônica que se opunha à aristotélica, temas de disputas que foram reavivadas durante o Renascimento e que no fundo jamais se extinguiram desde então.

⁴¹ Vide os trabalhos sobre conservação da energia em Helmholtz (1847 e 1854). Para uma visão oposta à minha, de que a influência da *Naturphilosophie* sobre Mayer e outros cientistas seria exagerada e imerecida, vide Caneva (1997).

CIÊNCIAS E FILOSOFIA DA NATUREZA NO SÉCULO XIX: ELETROMAGNETISMO, EVOLUÇÃO E IDÉIAS

Gildo Magalhães (Professor Associado – USP)

2ª Conferência: A metafísica da ciência – eletromagnetismo e teorias da evolução

Há naturalmente desenvolvimentos interessantes e influentes quanto à intromissão da metafísica nas ciências em outras partes da Europa além da Alemanha, como por exemplo no trabalho do cientista croata Ruggero Boscovitch (Rudjer Josip Boškovic'), que viveu na Itália durante o século XVIII, geralmente considerado um predecessor da teoria “atômica”. Boscovitch afirmava manter uma posição equidistante de Leibniz e Newton, em termos de suas idéias sobre “pontos” materiais, mas foi contra o espaço absoluto newtoniano. Sua teoria sobre a matéria é que ela seria composta por pontos com inércia e não contíguos, normalmente exercendo atração ou, caso diminuísse bastante sua distância mútua, repulsão; com isto pretendia ter uma explicação única para os fenômenos gravitacionais, elétricos, magnéticos e do calor, colocando assim fortemente a idéia de unidade ⁴².

Um século mais tarde vemos a permanência dessa idéia unitária na Rússia no caso de Dmitri Mendelêiev, que embora admirasse os resultados dos cientistas britânicos da escola newtoniana merece um escrutínio mais de perto, precisamente devido à sua firme crença na unidade das forças da natureza, que ele assim expressa:

Mas a relação exatamente similar que existe entre os fenômenos químicos e os do calor... apenas prova a unidade das forças da natureza, a capacidade que tem uma força de produzir e ser transformada em outras ⁴³.

⁴² Boscovitch (1922).

⁴³ Mendelêiev (1891), pp. 27-28. Noto incidentalmente que este cientista era um entusiasta da ideologia do progresso e da aplicação da ciência à indústria para alcançar o desenvolvimento nacional, aspectos a que retornarei adiante.

Isto faz mais sentido ainda quando se considera o paralelo profundo que existe entre o sistema da tabela periódica dos elementos químicos elaborada por Mendelêiev e a harmonia do universo proposta por Kepler para o sistema solar, que pressupõe todo um programa de pesquisa sobre uma unidade profunda do sistema solar com a música, ambas reveladas por um substrato de relações matemáticas⁴⁴. Em ambos casos, há uma verdadeira crença na unidade que pressupõe a existência dessas relações, pois pensam em sistemas unos e coesos, mesmo desconhecendo em suas respectivas épocas, em grande parte, como cada um dos dois sistemas seria completado mais tarde.

A França está a meio caminho entre a Grã-Bretanha e Alemanha, assim como a atitude de muitos dos seus cientistas da primeira metade do século XIX perante a metafísica. Além do que já mencionei atrás sobre o conflito entre os físicos “dinamicistas” e os “atomistas”, a divisão entre os cientistas franceses na era napoleônica tem a ver com a adesão ortodoxa de alguns ao empirismo britânico, de acordo com um modelo de newtonismo divulgado no continente em meados do século XVIII por Voltaire e sua amante, a Madame du Châtelet⁴⁵. Essa facção contava entre outros com Pierre Simon de Laplace, Joseph Louis Lagrange, Jean-Baptiste Biot, Étienne-Louis Malus, enquanto que os opositores do modelo britânico nem sempre assim se declaravam, mas é razoável incluir neste lado cientistas como Augustin Jean Fresnel, Jean-Baptiste-Joseph Fourier, André Marie Ampère⁴⁶. No meio dessas facções tentava se equilibrar François Arago, que se notabilizara dirigindo a comissão que instituiu o padrão métrico de medidas, juntamente com Biot, este o autor de uma interessante história das ciências relativa ao período da

⁴⁴ Tennenbaum (2000) chamou a atenção para esse paralelismo.

⁴⁵ Voltaire publicou em 1738 seus *Elementos da Filosofia de Newton* - há indicações de que na verdade o livro foi mais de autoria da Marquesa de Châtelet do que dele – obra que se revelou essencial para minar a influência ainda restante de Leibniz e seus discípulos no continente europeu.

⁴⁶ O grupo anti-laplaciano no qual Ampère se situou, em oposição a Biot e seus aliados, está bem caracterizado em Caneva (1980), pp. 121-138 – embora Caneva discorde de que a motivação tivesse algo a ver com ideologias como a da unidade da natureza. Ampère havia sido muito ligado a filósofos do grupo dos ideólogos da era napoleônica, como Brian de Marne e Destutt de Tracy.

revolução francesa, apesar de sua posição francamente empirista e positivista ⁴⁷. Na verdade, Arago foi uma figura fundamental em todo o mundo das ciências porque durante meio século foi o interlocutor de inúmeros cientistas franceses e internacionais, principalmente depois que se tornou secretário da Academia de Ciências, cargo para o qual derrotou Poisson, indicado por Laplace e sua facção. Além disso, Arago atuou na política como deputado, com tendências socialistas, e lutou pelo progresso da ciência, a educação das massas e o desenvolvimento tecnológico ⁴⁸.

Fourier, o brilhante companheiro de Arago na Academia Francesa de Ciências, geralmente ia direto às demonstrações matemáticas nos seus trabalhos, com a “objetividade” recomendada e sem “devaneios” de metafísica, reconhecidamente com resultados profundos e muito influentes. Sua grande capacidade de trabalho foi notada por Napoleão, que o levou em sua campanha militar egípcia e o incumbiu de organizar os volumes da monumental obra *Descrição do Egito*, publicada a partir de 1802, incluindo registros arqueológicos, etnográficos e um rico levantamento da fauna e flora do país visitado, com ilustrações luxuosas de cientistas como Cuvier e Savigny. Apesar de também seguir o modelo corrente matematizante e anti-metafísico das ciências, no discurso preliminar que fez à sua mais conhecida e influente obra científica (sobre a difusão do calor), após ter cautelosamente elogiado Newton e Laplace, Fourier discorreu sobre a matemática aplicada aos fenômenos naturais, dizendo que

(...) ela os interpreta pela mesma linguagem, como para atestar a unidade e simplicidade do plano do universo (...) ⁴⁹.

⁴⁷ Tenho designado de positivistas mesmo autores que viveram antes de Comte, não por anacronismo mas pela comunhão de mesmos princípios. Neste sentido, Isaac Newton por exemplo, era um positivista – cf. Burt (1991).

⁴⁸ Ele escreveu uma interessante autobiografia - Arago (1855-58) e creio ser possível fazer algumas aproximações ideológicas suas com Mendelêiev.

⁴⁹ Fourier (1822), p. xv. Nesta obra, são descritas as transformações de funções matemáticas em séries trigonométricas, que estão na base da eletrônica moderna e tiveram influência em partes relevantes da mecânica quântica.

Ampère seguia igualmente o modelo “objetivo” de Fourier em termos da apresentação de suas comunicações científicas, apesar de haver indicações em contrário em sua correspondência privada, onde ele se expande exatamente sobre considerações metafísicas, o que no fundo não é de estranhar devido a suas ligações históricas com o grupo dos ideólogos franceses. Ele foi um cientista polivalente, tendo descoberto a lei fundamental na química sobre o número de moléculas de gases a uma dada pressão e temperatura - mais tarde redescoberta ao que parece independentemente por Amedeo Avogadro – além de ter se ocupado bastante com a epistemologia e filosofia das ciências⁵⁰. Ampère na verdade flertou com a ideologia empirista newtoniana, mas creio que pode ter sido só uma questão de fachada, pois se na versão de 1826 da sua teoria eletrodinâmica ele diz, como Newton, que não fará hipóteses, deduzindo tudo “unicamente a partir da experiência”, para logo depois apresentar exatamente as hipóteses fundamentais da existência de “moléculas” elétricas e magnéticas⁵¹. Este trabalho de Ampère representou o segundo mais importante passo para o eletromagnetismo, após Oersted, permitindo calcular o campo magnético em torno de uma corrente elétrica circulando num fio. Sua teoria eletrodinâmica o levou ainda a prever a existência de uma força repulsiva entre os elementos longitudinais da corrente elétrica, conclusão que acabou sendo geralmente suprimida dos livros-textos de eletromagnetismo desde a época de Maxwell, sob a suspeita de “metafísica”, mas que é um assunto que tem despertado um renovado interesse atualmente, inclusive de alguns cientistas não convencidos pela linha empirista da física⁵². Na década de 1830, Gauss e Weber projetaram várias experiências para testar essa teoria eletrodinâmica de Ampère, o que levou a uma concepção por Weber de elétron e núcleo atômico mais de cinquenta anos antes de sua confirmação empírica, como referido atrás.

Fresnel foi responsável pela retomada da teoria ondulatória da luz, inicialmente proposta um século e meio antes por Huygens e, apesar de ter uma grande e reconhecida

⁵⁰ Respectivamente, Ampère (1814) e Ampère (1834 - 43).

⁵¹ Cf. Ampère (1826). Sua correspondência está em Ampère (1936,1973 e 1975) .

⁵² Saumont (1997), pp. 53-60.

competência matemática, escreveu mais “especulativamente” na sua correspondência privada exatamente sobre a unidade da eletricidade, luz, calor e gravidade:

Enquanto isso eu te confesso que estou fortemente tentado a acreditar nas vibrações dum fluido particular para a transmissão da luz e do calor. Explicar-se-ia a uniformidade da velocidade da luz como se explica aquela do som, e ver-se-ia talvez nas perturbações deste fluido a causa dos fenômenos elétricos ⁵³.

Suas cartas mostram, além disso, uma pessoa muito interessada nos assuntos tecnológicos, como no projeto de máquinas hidráulicas e aplicações da química, tais como a extração econômica de soda a partir do sal marinho. Após sua admissão na Academia de Ciências, Fresnel fez diversos relatórios sobre instrumentos científicos e processos tecnológicos, incluindo microscópios, aparelhos para cortar cristais e espelhos parabólicos. Se na maioria de seus trabalhos científicos Fresnel preferia não dizer nada sobre esse assunto de unidade das forças, talvez fosse para não ser acusado de metafísico ou de algo pior pela facção de Laplace, tendo que procurar inicialmente o apoio de pessoas como o inglês Thomas Young que, apesar de suas opiniões favoráveis sobre a natureza ondulatória da luz (contra uma das teorias de Newton, portanto), era ainda um forte defensor do empirismo britânico ⁵⁴.

Reparo, entre parênteses, que com Fresnel volta com vigor à atualidade o estudo da luz como um motivo condutor dentro da história das ciências, como foi o caso entre os gregos e árabes, bem como na Idade Média e Renascença, ou depois, com Descartes, Huygens e outros. Mesmo sendo Fresnel publicamente reservado quanto às suas convicções metafísicas, esse tipo de motivação irrompe em alguns pontos da obra científica, como ao final do seu tratado sobre a luz, em que repete o tema da carta citada atrás, dizendo que a luz é um modo de vibração de um fluido universal, cuja ação química sobre um corpo consiste numa combinação das moléculas do corpo com as da luz, através de tais vibrações. Esta é uma descrição bastante arrojada para a época, pois compatível até com os termos da

⁵³ Carta de Fresnel a seu irmão Léonor, de 5 de julho de 1814, *in* Fresnel (1866-70).

⁵⁴ Young (1855).

ciência atual, que considera as transformações químicas ocasionadas pelas excitações por fótons dos elétrons nas camadas externas dos elementos. Assim, termina Fresnel o tratado com uma reafirmação implícita de que há uma unidade nos fenômenos naturais:

Se qualquer coisa deve contribuir fortemente para esta grande descoberta [dos princípios da mecânica molecular] e revelar os segredos da constituição interior dos corpos, é o estudo aprofundado dos fenômenos da luz. ⁵⁵

Em seu trabalho como engenheiro de estradas, Fresnel havia se recusado a trabalhar para Napoleão Bonaparte quando do retorno do imperador de seu exílio, tendo sido por esse motivo suspenso do funcionalismo público, o que foi revertido com o auxílio de protetores influentes como Arago. Após sua reintegração no serviço, foi sendo cada vez mais absorvido por suas invenções de lentes para faróis de marinha, que resultaram na famosa “lente de Fresnel”, intensivamente utilizada mais tarde nos faróis de automóveis e semáforos. Sua grande atividade podia por vezes acarretar para ele um difícil equilíbrio na arena científica francesa, numa época em que a batalha entre as facções se desenrolava tão acirradamente, se estendendo para uma luta ideológica, mas também certamente política e filosófica, que se ramificava nas diferentes visões sobre o eletromagnetismo, e que recordava o já mencionado dualismo entre dinamicistas e atomistas.

Um outro exemplo do clima político das disputas científicas pode ser extraído dos trabalhos do naturalista Georges Cuvier, que tinha vivido e se formado na Alemanha com o *Naturphilosoph* Carl Friedrich Kielmeyer, tendo ainda Cuvier sido professor de Christian Heinrich Pfaff, a quem já mencionei como também um adepto da *Naturphilosophie*. Nesta época, Cuvier acreditava numa visão orgânica do mundo, inclusive no aspecto da “grande cadeia da vida” ⁵⁶. Ao voltar para viver na França era a época da Revolução e Cuvier se tornou um bonapartista e rompeu com Kielmeyer, tendo rapidamente criado renome como anatomista; sua intuição e conhecimento devem ter sido mesmo notáveis, pois podia

⁵⁵ Fresnel (1866-70), vol. II, p. 141.

⁵⁶ Sobre Kielmeyer e o ambiente político e cultural na Alemanha por ocasião da Revolução Francesa, vide Lenoir (1978), pp. 57-100.

reconstituir um animal desconhecido a partir apenas de um osso, como se comprovou diversas vezes, tendo ficado famosa sua reconstituição do íbis egípcio a partir de ossos mumificados encontrados na já referida expedição ao Egito. Seu caráter bastante oportunista confirmou-se, pois tendo pressentido as várias mudanças políticas pós-napoleônicas que viriam, Cuvier pediu para ficar sob a proteção do círculo de Laplace, de modo que sua postura ao final da era napoleônica foi a de se converter novamente em monarquista. Nas ciências, se Cuvier ao tempo da Revolução defendia as variações biológicas das espécies, e fora receptivo às idéias evolucionistas de Jean-Baptiste Lamarck e Geoffroy de Saint-Hilaire, posteriormente virou suas costas para eles; sua teoria na época da restauração monárquica, pelo contrário e talvez significativamente, foi a fixidez e permanência das espécies⁵⁷.

A ascensão de Auguste Comte como pensador influente entre os cientistas franceses (bem como também no exterior) por volta de 1850 foi um ponto de inflexão marcante nesse debate sobre a metafísica nas ciências, pois ele insistiu muito enfaticamente que a ciência deveria ser “positiva”, ou baseada em fatos e não em “especulações”, ecoando e ampliando neste ponto idéias expressas anteriormente por Francis Bacon, Newton e Kant, além de Laplace e outros. Ademais, Comte reforçava como sendo ideal a hoje tradicional apresentação da ciência em livros-textos – algo pronto para ser usado, um desenvolvimento linear, não historicizado e livre de conflitos e de qualquer “metafísica”. Esta a seu ver era um estágio arcaico e incompatível com o que considerava a situação contemporânea de desenvolvimento científico, que ele por sua vez pensava estar ou já definitivamente completo ou em vias de se completar. Um tópico interessante e relacionado com a doutrina comteana do desenvolvimento ascendente da ciência é que ele apoiava a história das ciências, enquanto disciplina, mas para ficar coerente com suas outras idéias, via-a como uma sucessão de teorias triunfantes, colocadas umas sobre as outras de forma a criarem o estofamento científico dos livros didáticos. Em outras palavras, Comte já fazia parte do debate entre internalismo e externalismo na história das ciências, sem que estes nomes houvessem

⁵⁷ Para interceptar a trajetória científica e ideológica deste cientista nesses dois momentos distintos, pode-se comparar Cuvier (1798) e Cuvier (1828).

sido cunhados, e naturalmente preferia a visão internalista, que também tem sido com razão chamada de positivista.

A facção positivista triunfou em geral na ciência, especialmente com a reação irada na Alemanha contra a influência da *Naturphilosophie*, num movimento capitaneado pelo químico Justus von Liebig⁵⁸. Será contudo que os cientistas pararam de considerar como um fio condutor nas suas pesquisas as fundamentações metafísicas, tais como a unidade do mundo, depois de 1850? Não me parece que este seja o caso. A tradição de procurar enxergar um quadro mais amplo se manifestou e expandiu exatamente onde a história passava obrigatoriamente a ser parte integrante da própria ciência, o que foi cada vez mais o caso tanto na biologia quanto na geologia, onde se discutia a evolução da vida e do planeta.

De fato, pessoas como o geólogo Charles Lyell, o já citado naturalista Lamarck, e muitos outros evolucionistas britânicos como Richard Owen e alemães como Lorenz Oken e Haeckel, receberam fortes marcas dos desenvolvimentos da *Naturphilosophie*⁵⁹. Lamarck propôs uma primeira teoria evolutiva moderna consistente a partir de suas pesquisas de que haveria uma crescente complexificação na “cadeia animal” de órgãos como a coluna vertebral, coração e olho⁶⁰. Oken foi um biólogo e profundo humanista que estudou, em particular, as relações entre eletricidade, calor e luz, bem como os organismos biológicos e as produções artísticas e científicas humanas. Seus livros foram usados por várias gerações como material didático sobre história natural e, mais especificamente, sobre biologia. Sua linguagem é muito figurada, freqüentemente exagerada, mas o que se discerne na sua obra é

⁵⁸ Liebig foi quem chamou em 1840 a *Naturphilosophie* de a “peste negra” da ciência do seu século, além de outras coisas piores, numa diatribe em que houve aparentemente idiosincrasias pessoais em jogo, e não apenas ideologias – cf. Kirschke (2003).

⁵⁹ Cf. Nicholas A. Rupke, “Caves, fossils and the history of the earth” e, de Timothy Lenoir, “Morphotypes and the historic-genetic method in romantic biology”, in Cunningham e Jardine (1990); ver ainda, de Walter Baron, “Die Entwicklung der Biologie im 19. Jahrhundert und ihre geschichtlichen Voraussetzungen”, do mesmo autor “Wissenschaftsgeschichtliche Analyse der Begriffe Entwicklung, Abstammung und Entstehung im 19. Jahrhundert”, e de Helmut Hölder, “Die Entwicklung der Paläontologie im 19. Jahrhundert”, in Treue e Mauel (1976), vol. 1.

⁶⁰ Do conjunto de sua obra, destaco Lamarck (1794, 1802, 1809 e 1835).

que ele procurou construir um esquema explicativo para toda a natureza, inclusive para a psicologia humana, em termos de dualidade dialética. Sobre a luz, afirmou que ela

... não é simplesmente um movimento em si, mera excitação da polaridade no éter, mas é também o próprio éter assim colocado em movimento ⁶¹.

Na Inglaterra, Richard Owen foi muito influente e controverso em sua geração. Owen propôs a existência de um arquétipo dos esqueletos de vertebrados, como um elemento na procura de um arquétipo biológico geral mais primordial, o que é revelador de uma concepção unitária da vida, que por sua vez pode ser visto como um desenvolvimento de idéias goethianas da *Naturphilosophie* ⁶². Em seu estudo de anatomia comparada dos membros locomotores, Owen afirma:

Se pararmos para fazer um retrospecto do terreno sobre o qual estamos pisando, e considerarmos as numerosas e maravilhosas evidências de unidade de plano que as estruturas dos membros locomotores têm revelado... a mente pensante não pode deixar de ser fortemente impressionada por esses fatos, e ser impelida pelo desejo de penetrar mais profundamente, e ascender se possível até a lei ou generalização mais alta da qual procedem essas harmonias. ⁶³

A tradição historiográfica positivista tem negado a contribuição positiva da *Naturphilosophie* às ciências da vida, especialmente após os escritos do biólogo Thomas Huxley, que as chamou exatamente de “mistificações metafísicas”, quando atacou Owen em defesa do “purismo” das idéias de Darwin, que nada deveriam a influências “estranhas” como as do sábio alemão Oken, acusadas de terem sido intermediadas na Inglaterra por

⁶¹ Oken (1847), epigrama nº 198; vide também Oken (1805) e Oken (1813-1826).

⁶² Em especial o arquétipo das plantas, *Ur-Pflanz* - cf. Goethe (1997).

⁶³ Owen, 1849, p. 39.

Owen ⁶⁴. A ideologia do empirismo costuma apresentar a versão de que a biofísica surgiu como uma reação ao ambiente estéril do romantismo alemão, mas parece-me que foi bem o oposto que sucedeu: a tradição da *Naturphilosophie* se entranhou no *ethos* político e científico da Alemanha. Essa continuidade cultural e científica, com sua ênfase na preocupação epistemológica e na unidade do conhecimento, que se refletem na defesa da unidade e papel do Estado nacional e preponderância da lei natural sobre o “contrato social” de Rousseau, na admissão da liberdade e consciência como distinção do homem sobre os animais, é que foram responsáveis pelos grandes sucessos dos trabalhos de físicos e químicos alemães que se dedicaram a problemas biológicos como os da fisiologia e acabaram ainda influenciando o desenvolvimento da psicologia ⁶⁵.

Para os cientistas adeptos do “romantismo alemão”, ou da *Naturphilosophie*, a própria idéia de progresso, que chegou a desempenhar um papel relevante nas ciências da vida e também se relaciona com a idéia de unidade ⁶⁶, só poderia ter sentido de um ponto de vista mais amplo, pois ao mesmo tempo havia à sua volta sinais inquietantes de decadência e não de progresso, quando se olhavam áreas e períodos mais delimitados e pontilhados por guerras, pobreza e outras tragédias humanas. Em contraposição, uma perspectiva mais estreitamente anti-progressista se desenvolveu igualmente em sistemas filosóficos da época, apontando para um sentimento de pessimismo, incluindo-se nesta visão o ceticismo geral para com a ciência e tecnologia, que se desenvolveu primeiro principalmente na Alemanha e França. Na segunda metade do século XIX houve uma confluência de um pessimismo de fundo racista, bem disseminado na Europa por Joseph-Arthur Gobineau (que foi incidentalmente embaixador da França no Brasil e amigo do imperador D. Pedro II), com um pessimismo histórico e cultural, expresso nas obras do historiador Jacob Burckhardt, mas impulsionado extraordinariamente por Friedrich Nietzsche, que culminou na separação

⁶⁴ Eveleen Richards, “Metaphorical mystifications”, in Cunningham e Jardine (1990). Para essa autora, o desenvolvimentismo ou ideologia do progresso é que acabou absorvendo as idéias da *Naturphilosophie*, o que não deixa de ser interessante, considerando o que expus como defesa da ideologia do progresso tecnocientífico por Arago e Mendelêiev.

⁶⁵ Cf. Culotta (1974).

⁶⁶ Ainda que no período atual a maioria dos biólogos despreze a idéia de progresso, ela não pode ser ignorada.

ideológica entre civilização e cultura, alimentando o pensamento do filósofo Oswald Spengler sobre a decadência do Ocidente, bem como toda a tradição anti-científica da Escola de Frankfurt, mais tarde também absorvida por Michel Foucault ⁶⁷.

Uma imbricação da questão evolucionista da natureza com o problema humano levou às discussões do lugar do homem na natureza, com diferentes respostas, de acordo com as respectivas posições filosóficas e científico-ideológicas. Na tradição aristotélica e empirista o homem é apenas mais um animal e essa ideologia se expressa via de regra numa atitude indesejada ou indiferente com relação ao poder de transformação da natureza pelo homem, ao passo que na tradição neoplatônica (especialmente como trabalhada e readequada na corrente leibniziana que leva à *Naturphilosophie*) admite-se que o homem tem um lugar especial no mundo, por ser capaz de interpretá-lo e transformá-lo; esse poder faria parte da própria natureza, ampliando o sentido de unidade do mundo, aqui entendido no seu sentido mais amplo, conforme aludido anteriormente.

Meu argumento é que essa problemática biológica penetra profundamente na busca da unidade do mundo e que esse é um assunto que está longe de ter sido resolvido nos dias que correm, mesmo que o edifício científico esteja aparentemente construído sobre as rochas sólidas de uma teoria como a seleção natural, tida como o motor principal da evolução. Isto deve no entanto ser contrastado com a crescente bibliografia sobre evolução não darwinista e a sua história ⁶⁸. Embora isso possa parecer esquisito à primeira vista, é muito interessante reconhecer o retorno contemporâneo de idéias biológicas exatamente daqueles cientistas “metafísicos” como Goethe nos escritos de alguns brotos da árvore da *Naturphilosophie* que floresceram em pleno século XX, tais como o pensamento da botânica Agnes Arber ⁶⁹. Na mesma linha de raciocínio pode-se examinar o conceito matemático abrangente da secção áurea, de importante papel na ciência grega e renascentista, e retomado como um dos alicerces das raízes metafísicas comuns à biologia e

⁶⁷ Herman (1999) fez um estudo bastante instigante e praticamente ignorado no meio acadêmico, em que a partir das origens dos conceitos de progresso, declínio e decadência vai até as ideologias científicas do multiculturalismo e ecopessimismo, bastante em voga na atualidade.

⁶⁸ Vide, do autor, “Darwin: herói ou fraude?”, texto divulgado na internet (2002).

⁶⁹ Arber (1950 e 1963).

à física, de modo ilustrado exemplarmente no influente trabalho do biólogo escocês D'Arcy Thompson ⁷⁰.

Também é interessante que foi uma questão de crença na unidade do universo que em última instância levou muitos cientistas famosos no século XX a renovarem essa tradição reprimida contra a metafísica. Apesar de os cientistas na sua esmagadora maioria continuarem adotando a ideologia de uma mítica “objetividade” na ciência, os problemas que se ligam com as essências dos fenômenos permanecem fortemente arraigados na metafísica, como se vê nas discussões sobre temas tais como os fundamentos da física, a constituição da matéria, a essência do que é a energia ou o que é vida ⁷¹.

Esse ressurgimento seria algo talvez mais natural de se esperar no panorama alemão, devido à rica tradição cultural do “romantismo alemão”. Este foi efetivamente o caso exemplificado pelos físicos Max Planck e Albert Einstein, já que ambos tiveram uma preocupação constante ao longo da vida sobre a unidade de todas as forças da física. Planck foi quem iniciou a teoria quântica, propondo em 1900 a quantização da energia irradiada pelo “corpo negro” ⁷². Sobre a unidade do mundo ele diz que

Desde sempre, enquanto houve consideração sobre a natureza, seu fim último e mais elevado foi a união da multicolorida diversidade dos fenômenos físicos num sistema unificado, se possível numa única fórmula. ⁷³

A preocupação de Einstein era tanto com a unificação das forças da natureza quanto com uma eventual mas improvável unificação da teoria realista e causalista da relatividade com a oposta ideologia do acaso e da indeterminação, presentes na teoria quântica

⁷⁰ Thompson (1992).

⁷¹ Um exemplo dessa irrupção num mundo acadêmico que foge à metafísica é Redhead (1997).

⁷² Levitt (1981), pp. 45-55; Hartmann (1995), pp. 18-34.

⁷³ “Die Einheit des physikalischen Weltbildes” (conferência feita em 1908) in Planck (1933), pp. 1-2; vide também Hartmann (1995). As reflexões de Planck em meio às tragédias nacional e pessoal causadas pelo nazismo são lições de otimismo ímpar.

interpretada pela Escola de Copenhague ⁷⁴. A posição einsteiniana foi mais tarde seguida por remanescentes franceses desta tradição causal, pois a unidade se tornou um dos esforços do físico Louis de Broglie (que antes de se dedicar à física se formara como historiador e possuía sólida cultura humanista, tendo sido um dos mais jovens ganhadores do prêmio Nobel) para unificar ondas e partículas, o que fazia parte de sua visão da unidade de todos fenômenos materiais ⁷⁵. Sua concepção ondulatória da matéria representou um desafio aberto à escola de Copenhague da mecânica quântica, de acentos fortemente empiristas, que em oposição enfatizava a separabilidade ou incomensurabilidade entre onda e partícula – e já se demonstrou como a formulação não causal dos princípios quânticos está em débito para com a vaga pessimista que atingiu um ápice na época da República de Weimar mas ainda assola os fundamentos da física ⁷⁶.

O famoso físico inglês Paul Adrien Maurice Dirac, que em muitos aspectos tem sido corretamente descrito como um cientista que se considerava anti-metafísico, por outro lado dedicou muito esforço à união da física quântica com a relatividade por meio do eletromagnetismo. Seu confessado despreço pelas considerações filosóficas contrasta bastante com a filosofia que está implícita nas suas hipóteses e contribuições fundamentais para a física contemporânea ⁷⁷. De fato, há quatro temas que são como que meta-princípios para Dirac dos quais destaco primeiramente a unidade da natureza e, em seguida, a doutrina da observabilidade, pela qual os conceitos das teorias físicas devem se referir a quantidades que possam ser observadas; vem então o princípio da plenitude, defendido também por Leibniz, e que implica na continuidade, como estaria evidenciado por exemplo na “grande cadeia do ser”, pela qual há uma ordem nos elementos que compõem a natureza. O quarto tema em que Dirac acreditava é, significativamente, que a “beleza” seria um princípio superior da verdade – na frase que o próprio Dirac cunhou, “*uma lei física precisa ter*

⁷⁴ Cf. Pais (1995), pp. 385-430.

⁷⁵ Há diversos ensaios que tocam nestes temas em Broglie (1956).

⁷⁶ Selleri (1990).

⁷⁷ Baseio-me no estudo aprofundado da vida e obra de Dirac, que tem o viés de ser escrito em tom anti-metafísico, feito por Kragh (1990), especialmente os capítulos 13 e 14. Cf. também “Quantum electrodynamics”, in Dirac (1978), pp. 21-37.

beleza matemática". Parece-me que esses princípios seriam algo bem apreciado pela *Naturphilosophie*.

Considerações metafísicas foram também um dos principais componentes da disputa que envolveu a alegada descoberta por Felix Ehrenhaft de cargas menores do que a do elétron, considerada a menor unidade de carga no mundo subatômico. Historiadores da ciência têm desconsiderado sua outra alegação, a de ter encontrado correntes e monopolos magnéticos (algo em que também Dirac acreditava, ao contrário da maioria dos físicos), e é significativo que Ehrenhaft afirmava se basear exatamente na antiga meta de unir a gravitação com o eletromagnetismo. Os trabalhos de Ehrenhaft foram desqualificados como ilusões pelas lideranças entre os físicos de sua época, entre eles Einstein e o próprio Dirac, mas este pelo menos trabalhou com aquela hipótese de cargas fracionárias e atualmente o assunto voltou a ser cogitado, com as atuais teorias que admitem *quarks* e *subquarks*⁷⁸.

Essa mesma linha de motivações metafísicas perpassa profundamente algumas pesquisas desenvolvidas nos EUA até a década de 1980 por Winston Bostick, sobre plasmas em fusão e as estruturas internas das “partículas”. Bostick fez notáveis trabalhos experimentais sobre física de plasmas, mostrando sua tendência a formar espontaneamente estruturas filamentosas em vórtices que concentram energia, uma demonstração de tendência à ordem no que aparentemente é só caos, dadas as altíssimas temperaturas como as que existem nos plasmas que formam as estrelas⁷⁹. Esse físico recusava-se inclusive a chamar qualquer entidade subatômica de “partícula”, preferindo empregar a palavra hebraica “chayia” (isto é, “vivo”). Com isto enfatizava estar longe da representação reducionista da ideologia empirista, que até hoje continua tratando essas entidades a grosso modo como “bolinhas”, na tradição mecanicista de Newton – ao contrário, para ele, as entidades subatômicas, assim como as grandes estruturas estelares (constituídas por

⁷⁸ Ehrenhaft (1910 e 1942). Uma história dos atritos de Ehrenhaft contra Millikan, relativamente parcial contra o primeiro, está em Holton (1979), pp. 35-83. Uma pessoa que levou Ehrenhaft mais a sério e não como um chralatão foi o físico e filósofo da ciência Paul Feyerabend, seu aluno em Viena.

⁷⁹ Bostick (1977).

plasmas em fusão nuclear) exibem tendências à organização espontânea, estando portanto de certa forma “vivas”⁸⁰.

Relatei atrás a frustração de Faraday por não encontrar resultados positivos sobre a interação entre gravidade e eletromagnetismo, mas essa relação, que seria facilmente acusada de “metafísica”, continuou sendo objeto de pesquisas teóricas de física, como na teoria do campo unificado de Einstein. Também no lado experimental, o físico e economista francês Maurice Allais verificou em 1953 que um pêndulo de vidro oscilando gravitacionalmente dentro de um solenóide muda de direção em resposta a alterações na direção da corrente elétrica, o que o fez suspeitar que pode mesmo haver uma unidade maior na natureza⁸¹.

Naturalmente o problema da unificação na física permanece em aberto, talvez mais do que o deveria, e talvez precisamente porque questões filosóficas como a da unidade da natureza tenham sido em grande parte excluídas das discussões científicas. Em tudo isso deve-se enfatizar uma vez mais o quanto a visão pessimista cultural contemporânea deve à idéia científica de que a natureza não deveria ser vista como unificada – a unificação a tornaria mais compreensível e muitos cientistas não acreditam mais na compreensibilidade da natureza. O resultado palpável é que, em oposição à unidade, a separação e especialização do conhecimento estão se tornando cada vez mais dominantes e há poucas tentativas de atacar questões essenciais de formas mais globais e interrelacionadas. É preciso ainda lembrar que muitas vezes quando as fundações paradigmáticas da física foram contestadas, houve um apelo recorrente ao misticismo esotérico, o que naturalmente tem repellido muitos cientistas e serve para nos recordar como é delicado o equilíbrio entre o questionamento metafísico e o esoterismo, uma constante pelo menos desde os dias da *Naturphilosophie* de Ritter⁸².

⁸⁰ Bostick (1985), pp. 9-52.

⁸¹ Allais (2002), pp.34-40. Ele é um caso curioso de cientista, pois apesar de sua paixão pela física experimental ganhou o prêmio Nobel de economia.

⁸² Uma destas disposições recentes é a do taoísmo de Capra (1991), muito divulgado nos círculos da contracultura.

A idéia de unidade que aparece na história do pensamento acarreta ainda uma outra questão metafísica permanente nas ciências: se realmente houver algum sentido na unidade em meio à natureza diversificada, isso implica por sua vez em algum tipo de ordem entre as múltiplas partes que compõem a realidade. E porque haveria ordem ao invés da desordem no universo, situação esta que os cientistas descrevem como *entrópica*? Respostas a isso trazem à tona a própria essência problemática da existência de um projeto inteligente, o que na biologia se centralizou no conhecido debate teleológico, realçado pela visão de Pierre Teilhard de Chardin sobre uma “noosfera”, espaço para a evolução tanto da espécie humana quanto do seu conhecimento ⁸³. Um significado maior poderia ser acrescentado pelo estudo dos conceitos cósmicos ainda mais amplos de uma “biosfera”, em que se reconhece que o homem já se expandiu pelo espaço extraterrestre, como proposto pelo antigo professor de Chardin em Paris, o geoquímico russo Vladímir Vernadsky, que defendeu veementemente o progresso tecno-científico e se tornou uma figura politicamente proeminente durante o regime soviético ⁸⁴.

Na astrofísica, o argumento teleológico disparou muitas inquietações entre os cientistas com as implicações levantadas pelo astrônomo Fred Hoyle e outros. Trata-se do chamado “princípio cosmológico antrópico”, pelo qual se reivindica a revogação da expulsão (desencadeada a partir da obra de Copérnico) do homem como ocupante de uma posição privilegiada no universo ⁸⁵. Pelo contrário, pela teoria antrópica nossa localização numa galáxia como a Via Láctea e num sistema solar como o nosso seria necessariamente privilegiada, para torná-la compatível com nossa existência enquanto observadores e praticantes das ciências e do conhecimento em geral. Tais princípios antrópicos guardam potencialmente um grande impacto em toda a história e filosofia das ciências, além de serem um argumento a ser pesado diretamente nos fundamentos de ciências como a física e a bioquímica. Tudo isso por sua vez faz reviver as discussões sobre causalidade e acaso, na

⁸³ Chardin (1965).

⁸⁴ Vernadsky (1997), pp. 243-252, apresentou a gênese histórica do conceito de noosfera, embora haja um precedente importante que ele não mencionou, que é o ensaio “Der Weg zur Natur”, in Oersted (1851), volume IV. Ver também Vernadsky (2001).

⁸⁵ Barrow e Tipler (1996).

esfera do poder atribuído à razão humana, em sua busca incessante de conhecimento e compreensão. Creio que este último exemplo de per si encerra definitivamente a pretensão de que a metafísica já teria sido banida das ciências.

Na biologia, estas derradeiras considerações nos levam de volta uma vez mais para a conseqüente discussão da ideologia do progresso e da evolução. Sob esta luz, talvez se consiga avançar definindo evolução como um processamento do conhecimento da diversidade na busca em direção à unidade, ao longo do tempo. Sei que isto seria algo negado por muitos cientistas e filósofos, invocando que somente faria sentido *a posteriori*, para aqueles que já testemunharam a série de estágios temporais que arbitrariamente estariam postos em seqüência com um critério extemporâneo de ordem, mas fica aqui a possibilidade desta definição lançada como desafio.

Retorno também por esse motivo à discussão sobre liberdade e livre arbítrio, o confronto secular entre liberdade e necessidade. É significativo que os primeiros biólogos da *Naturphilosophie* tenham lidado com o problema de uma ordenação implicitamente evolutiva que emanaria da própria natureza, opondo-se aos argumentos de evolução baseada no acaso, que foram amplamente aceitos no caso do darwinismo. O debate evolucionista recebeu novas influências no século XX, destacando-se o trabalho do embriólogo russo Alexander Gurvitch, ainda bastante desconhecido entre os biólogos do meio acadêmico em geral. Em sua “experiência da cebola” na década de 1920, ele verificou que a mitose (processo de divisão celular) na região apical da cebola era acompanhado pela emissão de uma radiação fraca, na faixa do ultravioleta ⁸⁶.

Este resultado foi elaborado por Gurvitch como uma ordenação do processo vital que se contrapunha à ideologia do darwinismo, motivo pelo qual foi desacreditado por cientistas da Fundação Rockefeller, mas suas experiências e idéias foram retomadas com êxito na Alemanha nas últimas décadas por grupos de biofísicos, com melhor aparelhamento do que se dispunha na União Soviética da primeira metade do século XX. Situo os esforços de Gurvitch também na esfera de influência da *Naturphilosophie*,

⁸⁶ Gurvitch e Gurvitch (1999), pp. 41-53. Vide também Lipkind (1998); Voeikov (1999).

principalmente porque sua obra foi inspirada pelos trabalhos de dois *Naturphilosophen* assumidos, os famosos embriólogos alemães Karl Ernst von Baer e Hans Driesch ⁸⁷.

Essas questões científicas têm sobretudo uma consequência prática nas discussões em torno do desenvolvimento social e econômico, pois há implicações neste se o desenvolvimento cognitivo é considerado um resultado aleatório ou se pelo contrário advém de uma cadeia causal na qual intervém decisivamente o próprio homem desde sua aparição no universo. Por último, não se deve esquecer da forma pela qual filósofos no Iluminismo acreditavam numa auto-ordenação da sociedade humana, corporificada na teoria de um *Naturgesetz*, ou direito “natural”, teoria que possuía em sua abordagem um viés “científico” que não é estranho à *Naturphilosophie* e está intimamente ligado a argumentos mais amplos a favor da ideologia do progresso científico e civilizatório, opondo-se ao tom de pessimismo cultural tão conspícuo na sociedade contemporânea.

Em conclusão, reafirmo que a idéia multifacetada da unidade tem estado presente como um dos principais impulsos para o desenvolvimento científico. Na história das ciências isto se tornou bastante explícito com a *Naturphilosophie* e a disputa ideológica que opõe, inutilmente a meu ver, metafísica e ciência. Não fosse esse embate difuso e mal conhecido, poderia até ser taxado de truísmo que ele tenha sido uma fonte para o avanço do conhecimento, como testemunhado pela existência continuada de cientistas com propensões filosóficas que têm refletido sobre a idéia de unidade, não abdicando de indagações mais metafísicas. Penso que uma reflexão mais aprofundada em torno dessa questão possibilitará voltar a pensar no *universo* com um sentido mais próximo da etimologia desta palavra e que anda esquecido, mas que decorre por força da interpretação filosófica e científica que emprestei a esta discussão: *uni-verso*, aquilo que é virado de forma unitária, ou seja, tornado único.

⁸⁷ Baer (1828-1888 e 1956) e Driesch (1908).

Bibliografia

- AGASSI, Joseph – *Faraday as a natural philosopher*. Chicago: University of Chicago, 1971
- ALLAIS, Maurice – “The action of a magnetic field on the motion of a pendulum”, traduzido do francês por Richard Sanders, *21st Century*, vol.15, nº 2, 2002
- AMPÈRE, André-Marie - Lettre de M. Ampère a M. Le comte Berthollet: sur la détermination des proportions dans lesquelles les corps se combinent d’après le nombre et la disposition respective des molécules dont leurs particules intégrantes sont composées. Paris: Perroneau, 1814
- AMPÈRE, André-Marie - *Théorie des phénomènes électro-dynamiques, uniquement déduite de l’expérience*. Paris: Mequigon-Marvis, 1826
- AMPÈRE, André-Marie - *Essai sur la philosophie des sciences: ou, exposition analytique d’une classification naturelle de toutes les connaissances humaines*. Paris: Bachelier, 1834-1843
- AMPÈRE, André-Marie - *Journal et correspondance de André-Marie Ampère: recueillis par Mme. H.C.* Paris: J. Hetzel, 1873
- AMPÈRE, André-Marie - *Correspondance et souvenirs (1805 à 1864): André-Marie Ampère et Jean-Jacques Ampère: recueillis par Madame H.C.* Paris: J. Hetzel, 1875
- AMPÈRE, André-Marie - *Correspondance du Grand Ampère: publié par L. de Launay*. Paris: Gauthier-Villars, 1936
- ARAGO, Dominique François Jean – “The history of my youth: an autobiography” in Arago, François - *Biographies of distinguished men*. London: Longman, Brown, Green & Longmans, 1855-1858
- ARBER, Agnes - *The natural philosophy of plant form*. Cambridge: University Press, 1950
- ARBER, Agnes - *The mind and the eye: a study from the biologist’s standpoint*. Cambridge: University Press, 1963
- ARCHIBALD, Thomas – “Energy and the mathematization of electrodynamics in Germany, 1845-1875”, *Archives Internationales d’Histoire des Sciences*, nº 39, 1989
- BAER, Karl Ernest von - *Über Entwicklungsgeschichte der Thiere: Beobachtung und Reflexion*. Königsberg: Borntrager, 1828-1888
- BAER, Karl Ernest von - *On the genesis of the ovum of mammalia and of man*. Cambridge: History of Science Society, 1956
- BARROW, John D. e TIPPLER, Frank J. – *The anthropic cosmological principle*. Original de 1986. Oxford: Oxford University, 2^a ed., 1996
- BOSCOVICH, Ruggero Giuseppe - *A theory of natural philosophy*. Edição bilíngüe, em latim (facsimilar do original de 1763) e inglês. Chicago - London: Open Court, 1922
- BOSTICK, Winston H. – “The pinch effect revisited”, *International Journal of Fusion Energy*, vol. 1, nº 1, 1977
- BOSTICK, Winston H. – “The morphology of the electron”, *International Journal of Fusion Energy*, vol. 3, nº 1, pp. 9-52, 1985
- BROGLIE, Louis de - *Nouvelles perspectives en microphysique*. Paris; Albin Michel, 1956
- BURTT, Edwin Arthur – *As bases metafísicas da ciência moderna*. Traduzido de *The metaphysical foundations of modern science* por José Viegas F^o e Orlando Araújo Henriques, original de 1931. Brasília: Universidade de Brasília, 1991
- CANEVA, Kenneth L. – “From galvanism to electrodynamics: the transformation of German physics and its social context”, *Historical Studies in Physical Sciences*, vol. 4, 1978
- CANEVA, Kenneth L. – “Ampère, the etherians, and the Oersted connexion”, *British Journal for the History of Science*, vol. 13, nº 44, 1980
- CANEVA, Kenneth L. – *Robert Mayer and the conservation of energy*. Princeton: Princeton University, 1993
- CANEVA, Kenneth L. – “Physics and Naturphilosophie: a reconnaissance”, *History of Science*, nº xxxv, 1997

- CAPRA, Fritjof – *O tao da física: um paralelo entre a física moderna e o misticismo oriental*. Traduzido de *The tao of physics: an exploration of the parallels between modern physics and Eastern mysticism* por José Fernandes Dias, original de 1975. São Paulo: Cultrix, 1991
- CHARDIN, Pierre Teilhard de – *The phenomenon of man*. Traduzido de *Le phénomène humain* por Bernard Wall, original de 1955. New York: Harper & Row, 2ª ed., 1965
- CULOTTA, Charles A. – “German biophysics, objective knowledge and romanticism”, *Historical Studies in the Physical Sciences*, vol. 4, 1974
- CUNNINGHAM, Andrew e JARDINE, Nicholas (eds.) – *Romanticism and the sciences*. Cambridge: Cambridge University, 1990
- CUVIER, Georges - *Tableau élémentaire de l'histoire naturelle des animaux*. Paris: Baudouin, 1798
- CUVIER, Georges - *Discours sur les révolutions de la surface du globe: et sur les changements qu'elles ont produits dans le règne animal*. Paris: Dufour et D'Ocagne, 1828
- DAVY, Humphry - *The collected works of Sir Humphry Davy*. London: Smith & Elder, 1839-1840
- DIBNER, Bern – *Oersted and the discovery of electromagnetism*. Norwalk: Burndy Library, vol. 16, 1961
- DIRAC, Paul Adrien Maurice – *Directions in physics*. New York: Wiley-Interscience, 1978
- DORAN, Barbara Giusti – “Origins and consolidation of field theory in nineteenth-century Britain: from the mechanical to the electromagnetic view of nature”, *Historical Studies in the Physical Sciences*, vol. 6, 1975
- DRIESCH, Hans - *The science and philosophy of the organism: the Gifford Lectures*. London: Adam & Charles Black, 1908
- EICHNER, Hans – “The rise of modern science and the genesis of romanticism”, *Proceedings of Modern Language Association*. Vol. 97, nº 1, 1982
- EHRENHAFT, Felix – “Über eine neue Methode zur Messung von Elektrizitätsmengen, die kleiner zu sein scheinen als die Ladung des einwertigen Wasserstoffions oder Elektrons und von dessen Vielfachen abweichen”, *Physikalische Zeitschrift*, nº 11, 1910
- EHRENHAFT, Felix – “Photophoresis and its interpretation by electric and magnetic ions”, *Journal of the Franklin Institute*, vol. 233, nº 3, 1942
- FARADAY, Michael - *Experimental researches in electricity*. London: The Royal Society, 1839-1855
- FOURIER, Jean Baptiste Joseph - *Théorie analytique de la chaleur*. Paris: Firmin Didot, 1822
- FRESNEL, Augustin Jean - *Oeuvres complètes d'Augustin Fresnel*. Paris: Imprimerie Impériale, 1866-1870
- FUCHS, Walter – *Matemática moderna*. Traduzido de *Knaurs Buch der modernen Mathematik* por Marianne Arnsdorf e Josef Manasterski. São Paulo: Polígono, 1970
- GOETHE, Johann Wolfgang von – *A metamorfose das plantas*. Traduzido de *Metamorphose der Pflanzen* por Friedhelm Zimpel e Lavinio Viotti, original de 1790. São Paulo: Antroposófica, 3ª ed., 1997
- GOWER, Barry – “Speculation in physics: the history and practice of *Naturphilosophie*”, *Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 3, nº 4, 1973
- GREGORY, Frederick – “Kant, Schelling, and the the administration of science in the romantic era”, *Osiris*, 2ª série, nº 5, 1989
- GURVITCH, Alexander G. e GURVITCH, Lydia D. – “Twenty years of mitogenetic radiation: emergence, development, and perspectives”, traduzido do russo por Vladimir Voeikov, original de 1943, *21st Century*, vol. 12, nº 3, 1999
- HARTMANN, Caroline – “A tragedy of science: the life of Max Planck”, *21st Century*, vol. 8, nº 2, 1995
- HECHT, Laurence – “The significance of the 1845 Gauss – Weber correspondence”, *21st Century*, vol. 9, nº 3, 1996

- HEILBRON, John L. – *Electricity in the 17th and 18th centuries*. Original de 1979. New York: Dover, 1999
- HELMHOLTZ, Hermann von - *Über die Erhaltung der Kraft: eine physikalische Abhandlung: vorgetragen in der Sitzung der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin am 23sten Juli 1847*. Berlin: G. Reimer, 1847
- HELMHOLTZ, Hermann von - *Über die Wechselwirkung der Naturkräfte: und die darauf bezüglichen neuesten Ermittlungen der Physik: Ein populär-wissenschaftlicher Vortrag gehalten am 7. Februar 1854*. Königsberg: Gräfe & Unzer, 1854
- HENRY, Joseph - *A scientist in American life: essays and lectures of Joseph Henry*. Washington: Smithsonian Institution Press, 1980
- HERMANN, Armin – “Unity and metamorphosis of forces (1800-1850): Schelling, Oersted and Faraday”, in *Symmetries in physics (1600-1980): Proceedings of the 1st International Meeting on the History of Scientific Ideas (1983)*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, 1987
- HERMAN, Arthur – *A idéia de decadência na história ocidental*. Traduzido de *The idea of decline in Western history*, por Cynthia Azevedo e Paulo Soares, original de 1997. Rio de Janeiro: Record, 1999
- HOLTON, Gerald – *A imaginação científica*. Traduzido de *The scientific imagination: case studies* por Waltensir Dutra, original de 1978. Rio de Janeiro: Zahar, 1979
- HUMBOLDT, Alexander von – *Kosmos: Entwurf einer physischen Weltbeschreibung*. Stuttgart - Tübingen: I.G. Cotta, 1850
- KIRCHHOFF, Gustav Robert - *Gesammelte Abhandlungen: Nachtrag*. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1891
- KIRSCHKE, Martin – “Liebig, his university professor Karl Wilhelm Gottlob Kastner (1783-1857), and his problematic relation with romantic natural philosophy”, *Ambix*, vol. 50, parte I, 2003
- KRAGH, Helge – *Dirac: a scientific biography*. Cambridge: Cambridge University, 1990
- LAMARCK, Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet de - *Recherches sur les causes des principaux faits physiques: et particulièrement sur celles de la combustion, de l'élévation de l'eau dans l'état de vapeurs, de l'origine des composés et de tous les minéraux: enfin de l'entretien de la vie des êtres organiques, de leur accroissement, de leur état de vigueur, de leur dépérissement et de leur mort*. Paris: Maradan, 1794
- LAMARCK, Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet de - *Recherches sur l'organisation des corps vivants: et particulièrement sur son origine*. Paris: o autor e Maillard, 1802
- LAMARCK, Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet de - *Philosophie zoologique, ou, Exposition des considérations relative à l'histoire naturelle des animaux: à la diversité de leur organization et des facultés qu'ils en obtiennent, aux causes physiques qui maintiennent en eux la vie et donnent lieu aux mouvements qu'ils exécutent, enfin, à celles qui produisent, les unes le sentiment, et les autres l'intelligence de ceux qui en sont doués*. Paris: Dentu e o autor, 1809
- LAMARCK, Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet de - *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres: présentant les caractères généraux et particuliers de ces animaux, leur distribution, leurs classes, leurs familles, leurs genres, et la citation des principaux espèces que s'y rapportent: précédée d'une introduction offrant la détermination des caractères essentiels de l'animal, sa distinction du végétal et des autres corps naturels, enfin, l'exposition des principes fondamentaux de la zoologie*. Paris - London: J. B. Baillière, 1835
- LENOIR, Timothy – “Generational factors in the origin of *Romantische Naturphilosophie*”, *Journal of the History of Biology*, vol. 11, n° 1, 1978
- LEVITT, Morris – “The original mystery of blackbody radiation: its relevance to fusion today”, *Fusion*, vol. 4, n° 3, 1981
- LIPKIND, Michael – “Alexander Gurwitsch and the concept of biological field”, *21st Century*, vol. 11, n° 2 (Parte 1) e vol. 11, n° 3 (Parte 2), 1998

MACH, Ernst - *The science of mechanics: a critical and historical account of its developments*. Traduzido do alemão por Thomas McCormack, original de 1883. LaSalle - London: The Open Court, 1942

MAYER, Julius Robert von - *Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel: ein Beitrag zur Naturkunde*. Heilbronn: C. Drechsler, 1845

MAYER, Julius Robert von - *Die Mechanik der Wärme: in Gesammelten Schriften*. Stuttgart: J.G. Cotta, 1874

MENDELEIEV, Dmitri Ivanovitch - *The principles of chemistry*. London – New York: Longmans & Green, 1891

MOSSOTTI, Ottaviano Fabrizio - *Sur les forces qui régissent la constitution intérieure des corps: aperçu pour servir à la détermination de la cause et des lois de l'action moléculaire*. Turin: Imprimerie Royale, 1836

OHM, Georg Simon - *Die galvanische Kette: mathematisch bearbeitet*. Berlin: T.H. Riemann, 1827

OERSTED, Hans Christian – *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam*. [Copenhague]: edição do autor, 1820

OERSTED, Hans Christian - *Das Luftschiff: ein Gedicht*. Kopenhagen: C.A. Reitzel, 1837

OERSTED, Hans Christian - *Der Geist in der Natur*. Leipzig: Carl B. Locker, 1850

OERSTED, Hans Christian - *Selected scientific works*. Traduzido e editado por Karen Jelved, Andrew Jackson e Ole Knudsen. Princeton: Princeton University, 1998

OKEN, Lorenz - *Abriss der Naturphilosophie; bestimmt zur Grundlage seiner Vorlesungen über Biologie*. Göttingen: Vandenhock & Ruprecht, 1805

OKEN, Lorenz - *Okens Lehrbuch der Naturgeschichte*. Leipzig: C.H. Reclam, 1813-1826

OKEN, Lorenz - *Elements of physiophilosophy*. London: Ray Society, 1847

OWEN, Richard - *On the nature of limbs: a discourse delivered Friday, February 9, at an evening meeting of the Royal Institution of Great Britain*. London: J. Van Voort, 1849

PAIS, Abraham – “*Sutil é o Senhor...*”: *a ciência e a vida de Albert Einstein*. Traduzido de “*Subtle is the Lord...*”: *the science and the life of Albert Einstein* por Fernando Parente e Viriato Esteves, original de 1982. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995

PFÄFF, Christian Heinrich - *Der Elektro-Magnetismus: eine historisch-kritische Darstellung der bisherigen Entdeckungen auf dem Gebieten desselben; nebst eigenthümlichen Versuchen*. Hamburg: Perthes & Besser, 1824

PFÄFF, Christian Heinrich - *Revision der Lehre vom Galvano-Voltaismus: mit besonderer Rücksicht auf Faradays, de La Rives, Becquerels, Karstens u.a. neueste Arbeiten über diesen Gegenstand*. Altona: Johann Friedrich Hammerich, 1837

PLANCK, Max – *Wege sur physikalischen Erkenntnis: Reden und Vorträge*. Leipzig: S. Hirzel, 1933

POHL, Georg Friedrich - *Grundlegung der drei Kepler'schen Gesetze: besonders durch Zurückführung des dritten Gesetzes auf ein neu entdecktes weit allgemeineres Grundgesetz der kosmischen Bewegungen*. Breslau: Georg Philipp Aberholz, 1845

REDHEAD, Michael – *Da física à metafísica*. Traduzido de *From physics to metaphysics* por Valter Alnis Bezerra, original de 1995. Campinas: Papirus, 1997

RIBE, Neil M. – “Goethe's critique of Newton: a reconsideration”, *Studies in the History and Philosophy of Science*, vol. 16, nº 4, 1985

RIEMANN, Georg Bernhard - *Schwere, Elektrizität und Magnetismus*. Hanover: Carl Rumpler, 1876

RIEMANN, Georg Bernhard – *Philosophical fragments*. Traduzido de *Fragmente philosophischen Inhalts* por David Cherry, original de 1876. *21st Century*, vol. 8, nº 4, 1996

RITTER, Johann Wilhelm - *Physisch-chemische Abhandlungen in chronologischen Folge*. Leipzig: C.H. Reclam, 3 vol., 1806

RUSH, Timothy – “Alexander von Humboldt: a republican scientist in the tradition of Franklin”, *21st Century*, vol. 15, nº 1, 2002

- SAUMONT, Rémi – “The battle over the laws of electrodynamics”, *21st Century*, vol. 10, nº 1, 1997
- SCHAUERHAMMER, Ralf e TENNENBAUM, Jonathan – “The scientific method of Bernhard Riemann- Part 1: Riemann and the Göttingen School”, *21st Century*, vol. 4, nº 4, 1991
- SCHAUERHAMMER, Ralf e TENNENBAUM, Jonathan – “The scientific method of Bernhard Riemann- Part 2: Riemann the physicist”, *21st Century*, vol. 5, nº 1, 1992
- SCHAUERHAMMER, Ralf – “The natural science of Johann Wolfgang Goethe”, *21st Century*, vol. 14, nº 1, 2001
- SCHELLING, Friedrich von – *Escritos filosóficos*. Tradução de Rubens Rodrigues Torres Fº, original de 1809. *Os Pensadores*, vol.XXI. São Paulo: Abril, 1973
- SEEBECK, Thomas Johann - *Magnetische Polarisation der Metalle und Erze durch Temperatur-Differenz*. Leipzig: W. Engelmann, 1895
- SELLERI, Franco – *Paradoxos e realidade: ensaio sobre os fundamentos da física*. Traduzido de *Paradossi e realtà: Saggio sui fondamenti della microfísica* por Annetta Vox e Leonardo Pankovic, original de 1987. Lisboa: Fragmentos, 1990
- SNELDERS, H.A.M. – “The influence of the dualistic system of Jakob Joseph Winterl (1732-1809) on the German romantic era”, *Isis*, nº 61, 1970
- STAUFFER, Robert C. – “Speculation and experiment in the background of Oersted’s discovery of electromagnetism”, *Isis*, nº 48, 1957
- TENNENBAUM, Jonathan e DIRECTOR, Bruce – “How Gauss determined the orbit of Ceres”, *Fidelio*, vol. VII, nº 2, 1998
- TENNENBAUM, Jonathan – *Energia nuclear: uma tecnologia feminina*. Traduzido de *Kernenergie: die weibliche Technik* por Gildo Magalhães, original de 1994. Rio de Janeiro: MSIA, 2000
- THOMPSON, D’Arcy Wentworth – *On growth and form*. Original de 1942. New York: Dover, 1992
- TREUE, Wilhelm e MAUEL, Kurt (eds.) – *Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im 19. Jahrhundert*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 2 vol., 1976
- VERNADSKY, Vladimir Ivanovitch– *Scientific thought as a planetary phenomenon*. Traduzido do russo por B.A. Starosin, original de 1945 (resumido) e 1991(completo). Moscow: Nongovernmental Ecological V. I. Vernadsky Foundation, 1997
- VOEIKOV, Vladimir – “The Scientific Basis of the New Biological Paradigm” – *21st Century*, vol. 12, nº 2, 1999
- WEBER, Wilhelm Eduard - *Wilhelm Weber’s Werke*. Berlin: J. Springer, 6 vol., 1892-1894
- WHITE, Carol – *Energy potential: toward a new electromagnetic field theory*. New York: Campaigner Publications, 1977
- WIENER, Philip e NOLAND, Aaron (eds.) – *Roots of scientific thought: a cultural perspective*. New York: Basic Books, 1957
- WOLF, E. (ed.) – *Progress in Optics*, vol. 43. Amsterdam: Elsevier, 2002
- YOUMANS, Edward L. (org.) - *The correlation and conservation of forces: a series of expositions*. New York: D. Appleton, 1865
- YOUNG, Thomas – *Miscellaneous works*. London: John Murray, 2 vol., 1855
- ZÖLLNER, Johann Karl Friedrich - *Principien einer elektrodynamischen Theorie der Materie*. Leipzig: W. Engelmann, 1876
- ZÖLLNER, Johann Karl Friedrich - *Erklärung der universellen Gravitation aus den statischen Wirkungen der Elektrizität und die allgemeine Bedeutung des Weber’schen Gesetzes*. Leipzig: L. Staackmann, 1882