

Processo e Transformação: para além da Ciência*

Francisco Caruso

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas

R. Dr. Xavier Sigaud 150, 22290-180, Rio de Janeiro, RJ

&

Instituto de Física da Universidade do Estado do Rio de Janeiro

R. São Francisco Xavier 524, 20559-900, Rio de Janeiro, RJ

Recebido 6 de outubro, 1996

Destacam-se algumas das etapas mais importantes do processo de construção da Ciência, mostrando, através de poucos exemplos, seu impacto transformador sobre o Homem. Argumenta-se que a curiosidade e o desejo de compreender racionalmente os processos e as transformações da Natureza, implícitos na atividade científica, acabam por desencadear um amplo processo que muda o próprio Homem. Com base no conjunto de exemplos escolhidos, mostra-se que a Ciência, quanto ao seu propósito, vai, na verdade, além de uma interação de compreensão e conquista da Natureza, constituindo-se, também, em uma forma mais ampla de compreensão da própria natureza humana — instrumento de conquista da cidadania — e, portanto, a Ciência tem um papel fundamental a desempenhar na Educação do Homem do próximo milênio que não pode ser negligenciado.

Introdução

Despertar a consciência da importância da reflexão crítica em geral e, em particular, sobre a própria Ciência é, sem dúvida, um dos maiores objetivos da iniciação científica. Neste sentido, é importante que o estudante compreenda que a *curiosidade* é a mola mestra da Ciência, mas, sobretudo, entenda também que cultivar e aguçar esta curiosidade — e a vontade — de compreender os processos e as transformações da Natureza, de forma racional, acaba por constituir-se em um amplo processo que transforma o próprio Homem. Como disse uma vez um famoso historiador da Ciência, S. Sambursky [1], a Ciência “quanto ao método é uma interação de indução e dedução, e quanto ao propósito é uma interação de compreensão e conquista da natureza.” — e, podemos acrescentar: compreensão da própria natureza humana e conquista da cidadania. É este o tema que pretendo abordar. E como fazê-lo?

Claro que os caminhos são muitos. Poderia ter escolhido apresentar o processo evolutivo de um conceito basilar em Ciência como, por exemplo, o de *espaço* ou o de *átomo*, ou ainda como a idéia de processo e trans-

formação está relacionada ao conceito de *tempo*, cuja dificuldade, em minha opinião, continua sendo melhor expressa pela resposta de Santo Agostinho à questão do que é o tempo: “Se ninguém mo perguntar eu sei; se o quiser explicar a quem me fizer a pergunta, já não sei.” [2]. Entretanto, qualquer que fosse a escolha, achei que desta forma enveredaria por uma estrada cheia de conceitos muito técnicos.

Outra possibilidade, que igualmente esbarraria no tecnicismo, seria discutir as diversas concepções do termo *processo*, ao longo da História da Ciência. Dada a limitação de espaço e a heterogeneidade do público, optei por não enveredar por este caminho e por me ater, como ponto de partida, apenas à seguinte definição da palavra *processo*, dada por Antônio Houaiss: é “uma seqüência contínua de fatos que apresentam uma certa unidade” [3].

Dito isso, vou me limitar a destacar algumas das etapas mais importantes do processo de construção da Ciência Moderna, mostrando, através de poucos exemplos, seu impacto transformador sobre o Homem.

Nesse processo, a primeira fase a ser destacada é a origem e o florescimento da filosofia grega, do séc.

*Palestra apresentada na Abertura da 5a. *Semana de Iniciação Científica* da UERJ, 13 de maio de 1996.

VI ao séc. IV a.C. [4]. Quando hoje se considera que Tales, fundador da chamada *Escola de Mileto*, responde à pergunta “De que é constituída a matéria?”, afirmando ser “a água a causa material de todas as coisas”, pode parecer-nos absurdo. No entanto, é importante compreender, na sua perspectiva histórica, porque esta resposta representa uma drástica mudança de atitude com relação à Natureza (*Physis*), de grande importância para a evolução deste tipo de filosofia, refletindo-se, de certa forma, no procedimento científico contemporâneo. Ela pressupõe, inicialmente, a idéia de *causa*: a matéria tem uma causa, e a explicação causal da Natureza deve ainda ser *racional*. Há, portanto, aqui, uma ruptura com a explicação mitológica. O entendimento da Natureza está ligado, segundo Tales, a um *único princípio*: a água. Este ideal de simplicidade na descrição dos fenômenos físicos é compartilhado, *mutatis mutandis*, por pensadores como Aristóteles, Einstein e Dirac, entre outros.

Outra contribuição marcante do período pré-socrático advém da *Escola Pitagórica*. Aristóteles ressalta que, para os adeptos desta Escola, as coisas eram iguais aos números. E o que quer dizer esta afirmativa que atribui, tão taxativamente, uma realidade aos números? Em primeiro lugar, ela destaca a importância dada à Matemática como instrumento de racionalização da multiplicidade da Natureza. Em segundo, expressa a convicção de que “o número é o princípio, tanto como matéria das coisas como formador das suas modificações e dos seus estados permanentes”, como nos ensina Aristóteles. Portanto, as coisas, os processos e as transformações têm por *princípio* os números. Que fique claro que número aqui significa número racional.

Consideremos, então, o (“aparentemente inofensivo”) triângulo retângulo isósceles cujos catetos medem 1 unidade de comprimento. Todo aluno de segundo grau sabe hoje que sua hipotenusa vale $\sqrt{2}$. Ora, acontece que esta medida não é um número racional! Se admitimos, como os pitagóricos, que as coisas são iguais aos números (racionais) surge então um dos problemas mais importantes da história da filosofia: a questão dos incomensuráveis. Logo, existe um objeto que não tem um número como essência! A solução deste problema terá uma enorme influência no processo de desenvolvimento científico e foi estabelecida por Platão. E o que

faz Platão? Ele muda a base do seu sistema explicativo. Ele diz: não importa que a diagonal do quadrado de lado unitário não seja um número racional, porque a essência das coisas não são os *números*, mas sim as *formas geométricas*.

Por volta do final do séc. V a.C. há, portanto, uma forte tendência à exaltação da racionalidade como critério de busca da Verdade, para a qual a Matemática (em particular, a Geometria) desempenhou um papel muito importante. Esta característica vai ter enormes conseqüências em outras áreas e em outras épocas. Vejamos alguns exemplos.

Segundo J.-P. Vernant, há uma relação entre a geometrização da Natureza e o surgimento da democracia grega [5]. O exercício da democracia parte da igualdade de oportunidade e baliza-se no princípio do convencimento, na força da argumentação lógica. Torna-se necessário, portanto, ir além da retórica sofista. A busca de uma lógica irrefutável, de uma argumentação perfeita, presentes na construção da Geometria, passam a ser consideradas importantes para o estabelecimento das relações sociais. Além disto, em nossa opinião, a praça, onde as pessoas vão defender suas idéias políticas — a *ágora* — é um espaço geométrico público onde não há um lugar eternamente privilegiado, ao contrário do espaço dos palácios que é hierarquizado, onde o poder está associado ao trono. Quem o ocupa não é por ter o poder de convencimento pela palavra, como quem fala na *ágora*.

Também a Medicina vai ser afetada por essa tendência racionalista, com Hipócrates. Só para dar um exemplo, podemos citar a transformação do conceito de loucura na antigüidade clássica [6]. A loucura, como desrazão, ou delírio, descrita na poesia grega, era concebida por Homero e por Hesíodo invariavelmente como resultado da intervenção divina na vida do homem. São os deuses que roubam ou confundem a razão dos homens e os enloquecem. Hipócrates vai recusar qualquer tipo de explicação mitológica da vida e dos estados do homem, incluídas as doenças corporais e mentais, como ressalta Isaias Pessotti, em seu livro *A Loucura e as Épocas* [6]. A loucura passa a ser considerada uma mera conseqüência de disfunções humorais; é através da razão que se deve explicar a desrazão.

O papel da Matemática, como instrumento da busca

da Verdade à qual a Ciência se dedica, será fortemente enfatizado por Galileu. Em suas palavras “o grandíssimo livro [da natureza] está escrito em língua matemática e os caracteres são os triângulos, círculos e outras figuras geométricas (...) sem as quais se estará vagueando em vão por um obscuro labirinto.” [7].

Outro aspecto fundamental do método científico, proposto por Galileu, é a valorização da experimentação. Para ilustrar a relevância da face empírica do método científico, podemos citar outro homem de Ciência, Leonardo da Vinci, que o vê como um instrumento de honestidade intelectual: “meu propósito é resolver um problema [científico] em conformidade com a experiência (...) e devemos consultar a experiência em uma certa variedade de casos e circunstâncias, até podermos extrair deles uma regra geral que esteja contida nos mesmos (...) Elas nos conduzem a ulteriores investigações da natureza e a criações da arte. Impede-nos de iludirmos a nós mesmos, ou a outros, ao acenarmos com resultados que não possam ser obtidos.” [8].

Ao combinar, de forma indissolúvel, o conhecimento empírico com a Matemática, Galileu faz a grande síntese que vai originar o que se convencionou chamar de o método científico moderno. Além deste novo método, uma transformação intelectual — o desenvolvimento de uma nova visão do mundo — concorreu para desencadear uma revolução científica, nos sécs. XVI e XVII, que representou, em última instância, a convergência das tradições artesanal e erudita que coexistiram no final da Idade Média. Vamos mostrar agora algumas das principais etapas desta transformação.

A concepção científica empírica de Leonardo da Vinci fez com que ele estudasse a anatomia do corpo humano através de dissecações de cadáveres. Esta prática, conhecida dos antigos médicos romanos, como Galeno, por exemplo, foi considerada profana pelo cristianismo e, por conseguinte, abandonada no Ocidente durante a Idade Média. Tal tendência extrapola em muito os limites da Medicina e, em linhas gerais, a *observação* passa a ser substituída pela *contemplação*. Veremos mais tarde que, neste período, apenas o desenvolvimento das técnicas artesanais e da alquimia tem relação com a prática, com o desejo de transformar a Natureza.

A obra de Galeno pode ser considerada um expoente da medicina greco-romana, mas a partir dela terá início um processo de decadência da medicina, cujas origens

não vamos abordar [9]. Gostaríamos apenas de salientar que a humanidade foi assolada por cinco grandes pestes nos primeiros quatro séculos d.C. e o terror da morte e a descrença em todos os meios de cura destas doenças fizeram florescer um período no qual dominaram a magia e um sentimento místico. Neste contexto, o cristianismo parece ter introduzido na medicina uma nova componente: a caridade. Formou-se, assim, uma medicina religiosa cristã, na qual as orações e as unções com santos óleos eram os remédios mais importantes.

A partir do século V d.C. teve início o que muitos historiadores chamam de “Idade das Trevas”; período compreendido mais ou menos entre a queda de Roma, em 455, e o ano 1000. Durante este período da Idade Média o Homem passa a ser o centro dos seus próprios interesses e preocupações, e a Filosofia da Natureza é praticamente abandonada. O *olhar* do homem volta-se para questões humanísticas e espirituais, volta-se para Deus. Difunde-se, no mundo cristão, a crença de que o corpo é uma fonte de pecado e o homem deve preocupar-se em salvar sua alma. Paralelamente a este acentuado declínio do interesse pela Filosofia da Natureza desenvolve-se um número expressivo de inovações técnicas, as quais vão constituir a base de um modo de vida materialmente superior ao da antigüidade clássica, a partir do séc. IX.

Quando os bárbaros teutônicos — que abitavam as margens do mar Báltico — invadiram o Império Romano, introduziram o uso das calças ao invés da toga, o hábito de consumir manteiga ao invés de azeite de oliva, aperfeiçoaram métodos do fabrico de feltros e a manufatura de barris e tinas. De maiores conseqüências foram a introdução do cultivo de centeio, da aveia, de uma variedade de trigo e do lúpulo, a introdução do estribo para andar a cavalo e, principalmente, a introdução do *arado pesado*. Vamos nos limitar a comentar o papel deste último, para dar um idéia de como as inovações técnicas dessa época contribuíram para transformar a sociedade e, mais tarde, a Ciência (maiores detalhes podem ser encontrados no livro *História da Ciência* de S.F. Mason [10]).

O arado pesado vem substituir o arado leve cujo emprego persistiu da idade do bronze até o início do séc. IX. Dadas as suas características — dentre as quais a de não possuir rodas — o arado leve servia ape-

nas para o cultivo dos solos leves e secos da região do Mediterrâneo, onde era praticado o sistema bienal de colheita, seguido por um ano de pousio. Exigia grande esforço do lavrador e apenas arranhava a terra com sulcos irregulares e de pequena profundidade. Desta forma era absolutamente ineficaz para o cultivo das terras férteis e úmidas do Norte da Europa, onde o arado pesado encontrou as condições ideais de emprego. Este novo arado permitiu o desenvolvimento de novas técnicas de plantio e colheita implicando um sistema de produção bastante mais eficiente do que o do Sul, e trouxe também a necessidade de união entre os lavradores de cada aldeia, dado o esforço considerável que ele exigia. Com a invenção de novos tipos de arado, a tração bovina foi substituída pela equina, cuja eficiência passou a ser muito maior, economizando tempo e trabalho.

Outros inventos importantes neste período foram a *roda hidráulica*, e, posteriormente, os moinhos de vento, utilizados na moagem de cereais, difundidos por grande área da Europa. Essas invenções vão contribuir para resolver o problema da fome e delas resultam a liberação de uma significativa parcela do tempo de trabalho físico rude imposto ao homem desde a antiguidade e um excedente de alimentos como jamais visto até então. A partir daí há o desenvolvimento das cidades e do comércio, gerando o acúmulo de riquezas necessário aos notáveis empreendimentos dos sécs. XI, XII e XIII, a saber: as Cruzadas, viabilizadas pelo estribo, as construções das Catedrais e a fundação das Universidades. Além disto, há uma mudança dos centros de influência e riqueza na Europa, do Sul para o Norte, de onde nunca mais saíram.

Infelizmente não podemos aqui detalhar o impacto desses três empreendimentos. Entretanto, gostaríamos de ressaltar a importância do papel das Cruzadas como instrumento do encontro de culturas distintas. A Cruzada ocidental contra os muçulmanos da Espanha contribuiu para a difusão dos trabalhos científicos gregos traduzidos a partir das versões árabes, só para citar um exemplo.

A Universidade surgiu, no séc. XI, a partir de associações entre mestres e estudantes. No séc. XIII, existiam três tipos de universidades: as ligadas à igreja, como Paris, Oxford e Cambridge; as cidadinas, como as de Bologna e Padova; e aquelas estaduais formadas

por monarcas, como as de Napoli ou Salamanca. É difícil resistir à tentação de abordar este tema, também fascinante, em um texto dedicado principalmente a um público universitário, mas seria fugir demais do tema do artigo [11].

Começava a haver, portanto, uma retomada da tradição erudita na Europa, com as traduções e as universidades, ao que se aliou o despertar da pesquisa experimental, para a qual os franciscanos muito contribuíram; em particular, Roger Bacon, de Oxford.

Este despertar da prática experimental têm sua origem na Alquimia, que manteve acesa a chama do ideal de transformação da natureza, desde seu surgimento no Islã, por volta do séc. IX, e, na Europa Medieval, a partir do séc. X [10]. O próprio Bacon [8] e, séculos mais tarde, o grande Newton [12] vão se dedicar à Alquimia. Segundo Bacon, conhecer Alquimia era um dos requisitos fundamentais do sábio, ao lado da Ciência Natural, dos medicamentos e de todas as coisas do céu e abaixo dele. Mas, outro aspecto importante, ressaltado pelo Prof. Jung, deve ser lembrado, pela relação que tem com o tema que estamos tratando: a Alquimia vai além da busca da transformação direta da natureza; ela envolve também um processo de evolução espiritual [13]. Talvez por isso mesmo, tenha interessado tanto vários religiosos e sábios na Idade Média. Podemos dizer que a Alquimia transcende o ideal de educar a matéria; ela também provoca, ou visa a busca de, uma transformação intelectual do próprio alquimista.

Espero que esse pequeno mosaico que apresentamos de um período tão vasto, como é a Idade Média, tenha servido ao nosso propósito de ressaltar que foi necessária uma mudança de atitude do homem para com a Natureza e para com ele mesmo, para se chegar às portas da Revolução Científica dos sécs. XVI e XVII.

Uma das Ciências que muito contribuíram para esta revolução foi a Astronomia. A partir do século XV, a Astronomia observacional ganha novo impulso na medida em que se relaciona com as navegações e com a reforma do calendário juliano, já muito defasado do solar. Em 1543, Copérnico publica sua obra maior, intitulada "*Sobre a Revolução dos Orbes Celestes*", expondo seu sistema do Universo [14]. Seu sistema é fundamentado na Matemática e é essencialmente pitagórico. Os dados observacionais são ainda, para Copérnico, meras

aparências a serem salvas. De acordo com ele, uma suposição em desacordo com as observações não possuía defeito mais grave do que o de se afastar dos axiomas de Pitágoras. O sistema heliocêntrico de Copérnico, ao se contrapor ao sistema geocêntrico aceito por Aristóteles, introduz na Física de sua época um enorme problema, que é o seguinte. Passa a haver uma inconsistência entre a Física utilizada para descrever os fenômenos sub-lunares (aristotélica) e a Física para descrever os fenômenos celestes. Esta contradição só será resolvida por Newton, como veremos mais adiante. Claro está que este novo sistema acena com uma mudança sociológica, uma vez que o Homem deixa de estar no centro do Mundo, quando a Terra é substituída pelo Sol no centro do Universo.

Mais tarde, Kepler, calcado nas observações de Tycho Brahe, descobriu as leis do movimento da Terra ao redor do Sol. Kepler chegou a cogitar que existiriam anjos a guiar os planetas em suas órbitas, mas também considerou a possibilidade de haver apenas uma ação do sol sobre os planetas. Para ele, a harmonia do Universo tinha a ver com a Santíssima Trindade que, inclusive, justificava a tridimensionalidade do espaço [15]. O sistema de Kepler era essencialmente platônico, calcado nos cinco poliedros regulares e nas esferas. Nele se vê com muito mais nitidez a combinação do método experimental e da matemática.

As descobertas de Galileu sobre Astronomia também contribuíram para a afirmação do sistema copernicano. No seu famoso *Diálogo* [16], publicado treze anos depois da divulgação da terceira e última lei de Kepler, ele discute os sistemas ptolomaico e copernicano e ignora a contribuição deste cientista.

Mas é Newton quem vai dar uma explicação dinâmica para as leis de Kepler. Mais do que isso, Newton vai mostrar que uma maçã cai pelo mesmo motivo que um planeta orbita em torno do sol. Ele unifica, assim, novamente, a Física dos fenômenos terrestres e celestes. É um passo gigantesco, do ponto de vista epistemológico.

O elemento básico da Física, para Newton, é a *lei universal do movimento* e não a essência dos *corpos* ou *formas geométricas*. Newton aceita o atomismo sem questionar a origem ou a composição do átomo [17], como podemos aprender do seu livro *Opticks* [18], onde ele vai aplicar estas idéias à luz. Numa linguagem mais

moderna, Newton está preocupado com a *forma da interação* pela qual matéria atrai matéria e não exatamente com sua composição. Este tema é abordado nos seus *Principia* [19].

Tem origem a partir do programa newtoniano a visão mecanicista do Universo, cuja metáfora usual é considerá-lo como um grande relógio. Para os newtonianos, a pesquisa científica gira em torno da determinação das forças que geram os movimentos. Esquemáticamente, podemos dizer que este programa, originado em Descartes, ganha corpo em Newton, é formalizado por Euler, e culmina em Laplace, como se pode ver da seguinte citação do início do séc. XIX: “*Nós devemos considerar o estado presente do Universo como efeito de seu estado anterior, e causa do que se deve seguir. Uma Inteligência que, por um dado instante, conhecesse todas as forças de que a natureza é animada e a situação respectiva dos seres que a compõem, se fosse suficientemente vasta para submeter esses dados ao cálculo, abraçaria na mesma fórmula os movimentos dos maiores corpos do universo e os do átomo mais leve: nada seria incerto para ela e o futuro, como o passado, estaria presente aos seus olhos.*” [20]. É o predomínio absoluto do determinismo mecanicista.

A obra de Newton teve, indiscutivelmente, um enorme impacto na Física e sobre o Homem. Por exemplo, na segunda metade do Séc. XIX, a Teoria Cinética dos Gases consegue mostrar que as propriedades físicas dos gases são explicadas supondo-se que estes sejam formados de um número imenso de átomos e moléculas em movimento. Avogadro, que introduziu o conceito de molécula, admite, por hipótese, que dois volumes iguais de dois gases quaisquer contêm o mesmo número de moléculas, desde que a temperatura e a pressão sejam as mesmas. As conseqüências práticas dessas idéias foram imensas, e o impacto dos novos conhecimentos de Termodinâmica e da Teoria Cinética dos Gases sobre a sociedade foi também espetacular, com a invenção das máquinas a vapor e a subseqüente Revolução Industrial, cuja relevância dispensa comentários.

Naturalmente, deixamos de comentar os progressos que houve a partir do séc. XVII em diversas áreas, tais como: Óptica, Eletricidade, Magnetismo, Química, Medicina, dentre outras, não por negar sua importância, mas por absoluta falta de espaço para dis-

cutir aqui as conquistas nestas áreas. Sugerimos que o leitor interessado consulte as Refs. [21-22].

Com vistas ao séc. XX, vale a pena mencionar o impacto transformador da grande síntese feita por Maxwell [23], onde a Óptica, a Eletricidade e o Magnetismo são unificadas em sua Teoria Eletromagnética, sem a qual não haveria telefone, rádio, televisão, computador, satélite *etc.* Notem que enquanto o desenvolvimento da técnica medieval pode anteceder à formalização da teoria mecanicista de Newton, uma parte expressiva da tecnologia desenvolvida no séc. XX só foi possível graças à formalização efetuada por Maxwell — que previa a existência das ondas eletromagnéticas, observadas na virada do século por Hertz — e, numa segunda fase, dos novos conceitos da Mecânica Quântica.

Em 1897, J.J. Thomson descobriu o elétron abrindo um novo horizonte para a compreensão do átomo. Apesar disto, havia, no final do séc. XIX, um clima de grande esperança na Física Clássica. Lord Kelvin, por exemplo, acreditava que “no céu azul da Física Clássica existiam apenas duas nuvens a serem dirimidas” [24], que eram as seguintes: (i) o fato das equações de Maxwell não serem invariantes sob o grupo das transformações de Galileu — válidas para a Mecânica — e a falta de clareza com respeito ao conceito de éter; (ii) a existência de uma grande discrepância entre o espectro observado de emissão de radiação de um corpo negro e aquele previsto pela Física Clássica, além da não compreensão de porque os espectros de emissão dos átomos eram espectros de raias e não de bandas. Este exemplo é muito instrutivo pela combinação original de pretensão e de perspicácia. Destas duas “pequenas nuvens” de Lord Kelvin resultou, nada mais nada menos, um processo de revisão dos conceitos e limites da Física Clássica, dando origem à *Teoria da Relatividade* [25] e à *Mecânica Quântica* [26], logo no início do séc. XX.

Embora a Teoria da Relatividade de Einstein tenha provocado uma enorme transformação dos conceitos de espaço e tempo, fundamentais na Física, talvez o impacto da Mecânica Quântica sobre o Homem tenha sido maior, pois a sua interpretação mais aceita (até hoje) põe em xeque o determinismo mecanicista tão arraigado na cultura ocidental. A Mecânica Quântica, desenvolvida desde 1900 até 1926, questiona o chamado conhecimento objetivo e faz parte de um gigantesco movimento sócio-cultural que engloba coisas que vão

do surgimento da psicanálise e do surrealismo nas artes — ambos valorizando o inconsciente, o subjetivismo — passa pela primeira guerra mundial, e pela revolução russa, até o subsequente surgimento dos regimes totalitários na Europa. A compreensão da relação entre a Ciência e os demais movimentos, neste que, sem dúvidas, foi um dos períodos mais férteis da humanidade, só a história vai nos ensinar.

Contudo, do ponto de vista prático, a Mecânica Quântica trouxe o desenvolvimento da Eletrônica e de toda uma tecnologia dela decorrente, da qual a televisão e o computador são os grandes expoentes de hoje. Numa visão externalista da Ciência, o papel integrador de cultura desempenhado na Idade Média pelas Cruzadas está sendo substituído hoje pela mídia eletrônica tradicional e pelas grandes redes de computadores, como a Internet. Mas como disse Picasso uma vez: “*Computadores não servem para nada. Só sabem dar respostas.*” E as perguntas?

Estamos absolutamente convencidos de que elas só vêm a partir da *Educação*. Mais do que isto, estamos convencidos de que a Ciência possui um papel fundamental a desempenhar na Educação. Ou ainda, estamos convencidos de que a Educação, com maiúscula, não é tarefa só dos educadores, mas também dos pesquisadores, dos homens de Ciência [27], e a Universidade não pode fugir a essa sua responsabilidade maior: educar e se preocupar com a educação em todos os níveis [28]; e incluo aqui a reformulação ampla de todas as licenciaturas [29].

Assim como os pais educam seus filhos nos primeiros anos a partir de seu exemplo, é preciso ensinar aos jovens a humildade frente ao *não-saber* — com que o cientista se confronta diariamente —, o valor da curiosidade, o valor de poder dizer *não* como essência da atividade crítica, como instrumento de produção de conhecimento, como instrumento de elevação do espírito humano, e não utilizá-lo de forma niilista. Somente desta forma poderemos realmente afirmar que a Ciência, quanto ao seu propósito, vai além de uma interação de compreensão e conquista da natureza, constituindo-se, também, em uma interação mais ampla de compreensão da própria natureza humana e conquista da cidadania. Nesta transformação reside o grande desafio para o Homem contemporâneo. Tenho a certeza de que o dia

que isto acontecer, as pessoas compreenderão os riscos do atual processo de valorização exacerbada do misticismo em detrimento dos valores da Ciência, presente hoje em escala global (para usar o termo da moda). Será que o Renascimento só pode se suceder à Idade das Trevas?

Gostaria de concluir este artigo com a citação do trecho da canção chamada *Divina Comédia Humana*, de Belchior, que diz assim: “*Enquanto houver espaço, corpo, tempo e algum modo de dizer não, eu canto.*”.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer o convite do Prof. Reinaldo Guimarães para participar da mesa-redonda de Abertura da 5a. *Semana de Iniciação Científica* da UERJ, ocorrida em 13 de maio de 1996. Foi sua a sugestão de abordar o tema genérico “Processo e Transformação”, tão estimulante e tão apropriado para jovens que estão fazendo ou pensando em fazer uma iniciação científica. Quero aproveitar também a oportunidade para agradecer ao meu grande amigo, Prof. Roberto Moreira, com quem tenho sempre o prazer de discutir temas como o abordado aqui, certo de que seus pontos de vista e comentários contribuíram para uma maior clareza deste texto.

References

1. Sambursky, S.; *Physical World of the Greeks*, Princeton, New Jersey, Princeton Univ. Press, 1987.
2. Santo Agostinho; *Confissões*, Livro XI.
3. Houaiss, Antônio: *Enciclopédia e Dicionário Ilustrado*, Koogan/Houaiss, Rio de Janeiro, Edições Delta, 1994.
4. Kirk, G.S.; Raven J.E.; Schofield, M.; *Os Filósofos Pré-Socráticos*, 4a. edição, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1994.
5. Vernant, J.-P.: *As Origens do Pensamento Grego*, São Paulo, Difel, 3a. edição, 1981; *Mitos & Pensamento entre os Gregos*, Rio de Janeiro, Paz e Terra, edição revista e aumentada, 1990.
6. Pessotti, Isaias: *A Loucura e as Épocas*, Rio de Janeiro, Editora 34, 1994.
7. Galileo, *Il Saggiatore*, 6^o; Milano, Istituto Editoriale Italiano, s/d; pp. 44-5.
8. *Apud* Mason, *op. cit.*, 1962 [10].
9. Castiglioni, Arturo: *História da Medicina*, São Paulo, Companhia Editora Nacional, vol. 1, 1947.
10. Mason, Stephen F.: *História da Ciência*, Rio de Janeiro – Porto Alegre – São Paulo, Editora Globo, 1962.
11. Verger, Jacques: *As Universidades na Idade Média*, São Paulo, Editora UNESP, 1990.
12. Dobbs, Betty J. Teeter: *Les fondements de l'alchimie de Newton ou la chace au lion vert*, Paris, Édition de la Maisnie, 1981. Ver também Westfall, Richard S.: *A vida de Isaac Newton*, Rio de Janeiro, Editora Nova Fronteira, 1993.
13. Jung, C.G.: *Psicologie und Alchemie*, p. 637, 1944. Publicado em português in: *Psicologia e Alquimia*, Petrópolis, Editora Vozes, 1991, correspondendo ao vol. 12 das Obras Completas de Jung.
14. Copérnico, Nicolau: *De Revolutionibus Orbium Caelestium*, a cura di A. Koyré, Torino, Einaudi, 1975; edição em português, *As Revoluções dos Orbes Celestes*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1984.
15. *Apud* Jung, C.G.: *O Homem e seus Símbolos*, Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 11a. edição, 1992, p. 307.
16. Galileo Galilei: *Dialogo sopra i due Massimi Sistemi del Mondo*, edizione a cura di Libero Sosio, Torino, Einaudi Editore, 1970.
17. Snow, A.J.: *Matter & Gravity in Newton's Physical Philosophy*, New York, Arno Press, 1975.
18. Newton, I.: *Opticks or A Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections & Colors of Light* (baseada na quarta edição, Londres, 1730), New York, Dover, 1952. Ver também Rupert Hall, A.: *All was light: An Introduction to Newton's Opticks*, Oxford, Clarendon Press, 1995.
19. ——— : *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*. The third editon (1726) with variant readings assembled and edited by Koyré, A. and Co-

- hen, I.B., Cambridge, Harvard University Press, 1972.
20. Laplace, P.S. *Teoria Analítica das Probabilidades — Prefácio*, 1814. *apud* Ferrater Mora, J.: *Diccionario de Filosofia*. Madrid: Alianza, 1982.
21. Taton, René: *Histoire Générale des Sciences*, Paris, Presses Universitaires de France, tomes II, III e IV, 1958-1964.
22. Bassalo, José Maria Filardo: *Crônicas da Física*, Belém, Universidade Federal do Pará, tomos I a IV, 1986-1994.
23. Maxwell, J.C.: *A Treatise on Electricity & Magnetism*, unabridged third edition, republished by Dover, New York, vols. I-II, 1954.
24. *Phil. Mag.* **6 S**, vol. 2 (1901) pp. 1-2, *Apud* F. Cajori, *A History of Physics*, revised edition, Macmillan Co., 1929. Uma terceira nuvem foi mais tarde introduzida por Sommerfeld. *Cf.* A. Sommerfeld, *Thermodynamics and Statistical Mechanics*, Academic Press, New York, 1956, p. 233.
25. Miller, Arthur I.: *Albert Einstein's Special Theory of Relativity: Emergence (1905) and early interpretation (1905-1911)*, Reading, Massachusetts, Addison Wesley, 1981; Graves, John C.: *The Conceptual Foundations of Contemporary Relativity Theory*, Cambridge, MIT Press, 1978; Resnick, Robert: *Introdução à Relatividade Especial*, São Paulo, Editora Polígono, 1971; Amoroso Costa, M.: *Introdução à Teoria da Relatividade*, Rio de Janeiro, Editora da UFRJ, 2a. edição, 1995.
26. Para uma tradução em língua inglesa de vários artigos fundamentais para o nascimento e desenvolvimento da Mecânica Quântica *cf.* B.L. Van der Waerden, *Sources of Quantum Mechanics*, Dover, New York, 1968. Ver também M. Jammer, *The Philosophy of Quantum Mechanics: the Interpretations of Quantum Mechanics in Historical Perspective*, J. Wiley & Sons, New York, 1974; P.A.M. Dirac, *The Development of Quantum Theory*, Gordon & Breach, New York, 1971; Leite Lopes, J.: *A Estrutura Quântica da Matéria: do átomo pré-socrático às partículas elementares*, Rio de Janeiro, Editora da UFRJ, 1992; Caruso, F. & Predazzi, E.: “Sobre o Nascimento e o Desenvolvimento da Mecânica Quântica”, *in* Caruso, F. & Santoro, A. (eds.): *Do Átomo Grego à Física das Interações Fundamentais*, Rio de Janeiro, AIAFEX, 1994, pp. 61-70.
27. Caruso, Francisco: “Divulgar e Motivar: Responsabilidade do Pesquisador”, aceito para publicação na revista *Revista Brasileira de Tecnologia Educacional*.
28. ——— : “Universidad y Educación Básica: una Nota Sobre una Vocación Adormecida”, *Alma Máter: Revista de Investigación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, Perú, vol. **15**, pp. 143-145 (1998).
29. ——— : “Em Defesa da Licenciatura”, *Scientia* **6** (1) pp. 93-98 (1995).