

# DEPOIS DE MAIS DE CEM ANOS SEM REVOLUÇÃO CIENTÍFICA, FÍSICA (E CIÊNCIAS DA NATUREZA) AINDA É (SÃO) CULTURA?<sup>A</sup>

*José André Peres Angotti<sup>B</sup>*

angotti@ced.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina

## RESUMO

A categoria Revolução Científica (RC) é discutida e questionada desde as origens do conhecimento científico moderno do século XVI. Verifica-se que além das RC determinadas quando da implantação das ciências disciplinares, a começar pela Física no século XVII, só ocorreram efetivamente duas RC na aurora do século passado, justamente no escopo desta área, a saber, as teorias da Relatividade e Quântica. Não se verificam períodos similares em todas as outras ciências, evidência que gera uma assimetria quando discutimos esse traço característico da ciência em geral. Esse aspecto é pouco enfatizado ou mesmo negligenciado nas atividades de formação comprometidas com as contribuições da Epistemologia ao Ensino de Ciências. Elas continuam muito vinculadas às contribuições originárias dos anos 30 do século passado, calcadas fortemente nas RC da Física. As revoluções tecnológicas (RT) reconhecidas costumam ser menos evocadas e discutidas em nossas atividades docentes e de pesquisa. Em outra direção e múltiplos sentidos, uma revolução inédita, uma mutação distinta das RC e das RT, resultante dos processos teóricos e práticos da eletrônica, óptica e comunicação, chamada Tecnocientífica marcou as últimas décadas e prossegue em intenso movimento, atingindo todas as formas de conhecimento, produção e culturas. Os debates e escritos epistemológicos ainda não dão conta deste novo cenário, muito menos seus desdobramentos na Educação Científica e Tecnológica, que a nosso ver precisam ser urgentemente exercitados, na perspectiva benefício/risco.

Palavras chaves: Revolução Científica; Revolução Tecnocientífica; Epistemologia e Ensino de Ciências; Epistemologia, Ciência e Tecnologia Contemporâneas.

A - Texto reestruturado a partir de idéia apresentada no IX EPEF-Londrina-PR, 2008; versão mais ampla publicada sob título Depois de mais de cem anos sem revolução científica, física ainda é cultura? In: Martins. A. F.. (Org.). Física ainda é cultura?. São Paulo: Livraria da Física, 2009, v. 01, p. 77-96.

B - Apoio CNPQ e CAPES

**AFTER MORE THAN ONE HUNDRED YEARS WITHOUT SCIENTIFIC  
REVOLUTION, PHYSICS (AND NATURAL SCIENCES) STILL IS (ARE)  
CULTURE?**

*Jose Andres Peres Angotti*

ABSTRACT

Scientific Revolution (SR) as a category is argued and questioned since the origins of the modern scientific knowledge of century XVI. It is verified that beyond the definitive SR when of the implantation of sciences to discipline, to start for the Physics in century XVII, had only occurred effectively two SR in the dawn of the passed century, exactly in the target of this area, namely, the theories of Quantum and Relativity. Similar periods in all are not verified other sciences, evidence that generates an asymmetry when we in general argue this characteristic trace of science. This aspect usually is little emphasized or even neglected when we teach the contributions of Epistemology to Science Educacion. They continue very entailed to the originals contributions of 1930 decade, strongly sidewalk in the SR of the Physics. The Technological Revolutions (TR) are less recognized when evoked in our teaching of research activities. In contrast, a new *mutation* named *Technoscientific* revolution, different of the standards SR and the TR, resultant of the theoretical and practical processes of electronics, optics and communication, marked the last decades and continues in intense movement, reaching all the knowledge forms, production and cultures. The debates and writings not yet give account of this new scene in epistemic foundations, much less its relations with Scientific and Technological Education, a challenge that we must exercise in the benefit/risk perspective.

Key Words: Scientific Revolution, Technoscience Revolution, Epistemology and Science Teaching, Epistemology and Contemporaries Science -Technology

## **Introdução**

A categoria Revolução Científica (RC) é considerada um evento mais próximo à Física, dentre todas as ciências básicas e aplicadas. Física para nós é cultura “hermética e pouco acessível” por conta dos pobres resultados de sua transposição didática no ensino e na aprendizagem. Mesmo assim, as estruturas do conhecimento conquistadas pela Física, dos universais às aplicações, permeiam todas as atividades humanas, de modo explícito, implícito ou pervasivo. Teorias de largo alcance com inúmeras aplicações e testes são considerados requisitos para o reconhecimento de um período como revolucionário. Verifica-se que além das RC determinadas quando da implantação das ciências disciplinares, a começar pela Física no século XVII, só ocorreram efetivamente duas RC na aurora do século passado, justamente no escopo desta área, a saber, as teorias da Relatividade e Quântica. Não se verificam períodos similares em todas as outras ciências, evidência que gera uma assimetria quando discutimos esse traço como característico da ciência em geral.

Em outra direção e múltiplos sentidos, vimos convivendo com uma revolução inédita, diferente das RC e das Revoluções Tecnológicas - RT, resultante dos processos teóricos e práticos da microeletrônica, óptica e comunicação, que chamaremos *Revolução Tecnocientífica* (RTC). Sua disseminação e uso - fluente ou não, cresce exponencialmente desde os navegadores pioneiros, até as redes sociais e acervos ilimitados “nas nuvens” de hoje. Os processos e resultados costumam ser flexíveis, potentes, gratuitos ou “a preços de mercado”. Prosseguem em intenso movimento, atingindo e modificando todas as formas de conhecimento, produção, saberes e culturas.

Considerado o ritmo intenso em breve período, não podemos contar com debates e escritos epistemológicos sobre o novo cenário, muito menos seus desdobramentos na Educação Básica e na Educação Científica e Tecnológica.

Ainda assim, o desafio e seus desdobramentos merecem ser urgentemente exercitados, computados e enfrentados no balanço benefício, dúvida e risco.

Pouco mais de vinte anos atrás, João Zanetic questionou e mostrou, em seu doutoramento, que 'Física ainda é cultura'. Na época, a telefonia móvel engatinhava, não tínhamos *navegadores* Internet-Web, o Google, o i.Pod, nem CD, muito menos DVD e tantas outras “*coisas do mundo virtual*”. Não existiam também o Euro Túnel, a Ambev, a Brazil-foods, a revista Carta Capital <sup>1</sup> e outras obras, iniciativas e fusões de empresas gigantes do mundo das “*coisas reais*”, embora construídas ou reconstruídas sobre lastro imbricado do inédito *real-virtual*. A *realidade aumentada*, uma curiosidade especulada há 20 anos, foi mostrada em 2009 na primeira página de um jornal diário <sup>2</sup>.

Algo duradouro ao longo deste percurso vintenário é nossa convicção de que a Física, neste cenário da Tecnociência, se mantém como um campo de conhecimento cujos construtos, achados e aplicações são enormes contribuições à cultura universal, muito embora com traços distintivos relativamente a outros campos do conhecimento, mesmo quando consideramos todas as demais ciências, inclusive as afins.

### **Sobre revolução científica: interpretações e pressupostos**

“*There was no such thing as Scientific Revolution, and this is a book about it.*” Essa é a frase da introdução do livro “The Scientific Revolution” de Steven Shapin, que consultamos pela primeira vez há cerca de sete anos. Ele se refere ao período de transição entre a cultura tradicional anterior ao intercurso dos séculos XVI e XVII, que incluía estudos “científicos” da filosofia natural e as novas bases do conhecimento reconhecido como científico. Afirma e sustenta, com metodologia declaradamente seletiva, que a transição ocorreu muito mais imbricada com o pensamento tradicional – aristotélico e escolástico do que muitos historiadores da ciência e epistemólogos sugeriram. A expressão *Revolução Científica*, ao que tudo indica foi utilizada por Koyré em 1943 e logo depois por Butterfield para enaltecer e destacar este período como a mais profunda revolução

---

<sup>1</sup> De onde retiramos parte das novidades citadas, Ed. Carta Capital 15 anos

<sup>2</sup> O Globo, edição de 12/06/2009

na cultura humana. Anos antes, Bachelard utilizarara o termo “mutações” como uma descontinuidade de larga escala, ou *rupturas*. Desde meados do século passado, esse atributo da ciência permeia as publicações de ciências e sobre ciências, tanto nos originais, como nas publicações didáticas.

Não concordamos com a ousadia de Shapin, quando defende a inexistência deste traço revolucionário da ciência, nem com sua conduta metodológica que minimiza o valor das contribuições teóricas. Contudo, seu texto destaca, com mérito, a instrumentação científica e o papel dos equipamentos especialmente desenvolvidos como encomendas para as pesquisas, a “fabricação dos fatos científicos”, a repetição e o controle sistemático, de maneira muito próxima aos escritos de Bachelard, quanto à organicidade teoria-equipamento científicos.

Muito empenhado nos estudos sociais da ciência, que valorizam a heterogeneidade cultural nas mudanças ocorridas há cerca de 400 anos, Shapin, integrante do Programa Forte de Edimburgo, atribui grande importância ao legado de Boyle e da “sua bomba de vácuo” (a rigor desenvolvida por Hooke, assistente de Boyle, como informa brevemente o autor). Em contrapartida, não constatamos um mínimo de reflexão ou sequer menção ao Principia de Newton, texto reconhecido como dos mais influentes do período e de todos os tempos pelos pares e estudiosos da ciência.

Em tempos atuais, esforços para a aproximação da realidade são mais complexos, a virtualidade ganha contornos mais nítidos e sugere construções de simulacros cada vez mais verossímeis. Antes a demarcação entre empirismo e racionalismo e entre modelos prototípicos e abstratos, era mais nítida, hoje a fusão da imagem-objeto do real com o virtual, da simulação, do contacto face-tela-face, deixam mais obscuro o espaço-tempo das reflexões epistemológicas.

Será que existem categorias presentes na atividade dos cientistas que persistem nos períodos normais e revolucionários? Segundo Holton, os *temas* (*themata*) estão sim, sempre presentes na imaginação científica, nos períodos de ciência normal (longos) e também nos períodos de transição de ciência revolucionária (muito breves) para outro período de ciência normal. Os pares contrapostos *análise e síntese, contínuo e discreto, unificação e diversificação,*

*empirismo e racionalismo* são exemplares que, segundo este autor, permanecem na mente dos investigadores, sendo escolhidos desde a infância ou ao longo das construções de aprendizado.

A necessidade premente de um Ensino de Ciências que privilegie tanto o conhecimento clássico como o contemporâneo nos diversos níveis de escolaridade, impõe o debate e o questionamento de nossas convicções e de nossa adesão a correntes epistemológicas. Mas ao que tudo indica, estas parecem não mais responder às demandas para o ensino contemporâneo de Física e de Ciências no cenário da *tecnociência*.

### **Revoluções científicas no século XX**

Vamos considerar a consolidação de cada uma das ciências da natureza a partir do século XVII como revoluções científicas, resultantes de processos de investigação com resultados sem precedentes (Koyré , Kuhn, Bachelard), porque caracterizados muito mais pela *ruptura* com o legado, do que pela sua *continuidade*. Estamos cientes de que não há consenso dentre os cientistas, epistemólogos e historiadores sobre a natureza deste episódio (Toulmin, Laudan, Shapin).

É ilustrativa a asserção de Koyré sobre o que ocorreu naquele período, aludindo o duplo sentido da revolução científica (RC), como “raiz e fruto”, fecundidade simultaneamente à criação. A partir da Física (Copérnico, Galileu, Descartes, Newton), que unificou a Mecânica (Terra) com a Astronomia (Céu), seguiram-se eventos similares em épocas posteriores, com a fundação da Química (Lavoisier, Dalton), Biologia – Genética (Darwin, Mendel) e Geologia (Lyel). Ciências aplicadas podem ser incluídas neste conjunto, ainda que com dificuldades maiores para a demarcação da necessária *ruptura* com os métodos, teorias e práticas do passado.

Áreas específicas avançaram celeremente e se consolidaram, com o reconhecido *trunfo* dos resultados diretamente aplicados dos processos tecnológicos, também pautados por eventos considerados revolucionários: a primeira Revolução Tecnológica (RT) vinculada à mecânica e termodinâmica, a segunda ao eletromagnetismo, óptica e transformações químicas.

Em meados do século XIX, a História da Ciência aponta uma unificação das ciências clássicas com intensa repercussão a nível *intradisciplinar* – deflagrados inicialmente nos escopos da Física e da Química e também a nível *interdisciplinar*, estabelecendo elos entre conhecimentos antes distintos, demarcados pelas fronteiras disciplinares. Trata-se da *Conservação e Degradação da Energia*, com seus princípios e extensão aos universais dos conhecimentos disciplinares (Termodinâmica e Mecânica Estatística), mais inclusão dos campos aplicados como a Medicina, a Engenharia e a Tecnologia, reformulados sob novos marcos e metas. Até mesmo o otimismo europeu que não era consensual no campo da Filosofia, mas de certa forma atingia as criações da literatura e das artes, passou a ser questionado, dado o fantasma do futuro assustador prognosticado pelo limite da irreversibilidade, a “morte térmica”. Consideramos essa conquista teórica não uma RC, mas sim uma *grande síntese*, forte contribuição para mais esclarecimento.

Diante de um cenário promissor de continuidade e do despertar da desconfiança dos resultados de Ciência e Tecnologia como sempre benéficos, eclodiram duas revoluções científicas no início do século passado. Podemos chamar RC de 2a. ordem, ou revolução na revolução, com origens em datas consensualmente identificadas e muito próximas (1900, Física Quântica - Planck e 1905, Relatividade Restrita – Einstein). Nas duas décadas posteriores, tais teorias efetivamente romperam com as bases universais da Física Clássica, sem contudo apagar os seus êxitos, presentes até hoje. Passamos a conviver então com teorias novas e tradicionais no escopo da Física, agora clássica e moderna, com enorme fertilidade e desdobramentos em todos os campos do conhecimento.

Assim, houve duas RC quase simultâneas, somente na esfera da Física, oferecendo novas bases para a reflexão epistemológica, dado seu caráter polêmico, sua utilização das contribuições mais recentes da Matemática (geometrias não euclidianas, operadores, espaços de Hilbert, matrizes, probabilidade, grupos, tensores...); a Quântica – forjada e amadurecida em meados da década de 20, mas sujeita a discussão permanente com Bohr, Born, Eisenberg, Schrödinger, De Broglie, Dirac, Compton, Bohm e a Relativística, da

Restrita para a Geral a partir de 1915, também bastante polêmica, com Einstein, Hilbert, Friedman, Minkowsky, Eddington, Gamow, Wheeler.

Nossa hipótese é, então, a seguir explicitada sucintamente: desde o início do século XX, há mais de cem anos, não ocorreu nenhuma revolução científica; tendo ocorrido uma única revolução inédita, a chamada *tecnocientífica*.

### **Ensino de Física, revoluções científica e tecnocientífica**

Com relação ao Ensino de Física, um esforço considerável vem sendo realizado nas últimas décadas em favor da introdução dos conceitos, relações e teorias modernas nos programas escolares da educação básica, já a partir do final do ensino fundamental e em todo o ensino médio. A efetiva prática deste ensino, contudo, revela-se ainda incipiente e episódica, não obstante as mudanças sugeridas pelos documentos orientadores de propostas curriculares (PCN, PCN+, Propostas Estaduais-PR, SC...) e as resoluções sobre a formação profissional da área para físicos educadores, pesquisadores, tecnólogos e interdisciplinares (MEC/SESU/CNE/Res. no. 09).

Dentre os instrumentos constitutivos como influentes na formação docente inicial e continuada, especialmente as investigações da sub-área do Ensino de Física: dissertações, teses, artigos em periódicos e trabalhos completos apresentados em eventos do país e exterior, verificamos um conjunto de contribuições significativas apoiadas nas reflexões epistemológicas originárias do período mais efervescente do século passado, os anos 30. Bachelard e Popper publicaram seus textos considerados clássicos nesta época, respectivamente “A Formação do Espírito Científico” e “A Lógica da Pesquisa Científica” embora a circulação mais efetiva das idéias centrais dos autores terem sido mais efetivas e de grande repercussão a partir dos anos 60, no caso de Popper e um pouco mais tarde, de Bachelard. O clássico de Kuhn “A Estrutura das Revoluções Científicas” publicado em 1962, repercutiu mundialmente desde sua primeira edição, gerando desdobramentos em todos os setores afins, em particular na educação científica. Os escritos posteriores de Kuhn, com reflexões sobre seus críticos e rediscussões das categorias “paradigma” e “incomensurabilidade”, parecem muito menos consultados e discutidos do que o livro original.

Em resumo, parece haver mais repercussão dos estudos *sobre* a física moderna e mesmo contemporânea, do que das próprias. Por conseqüência, até no ensino médio, publicações didáticas e para-didáticas se referem às RC do século XX como características da Ciência, não somente da Física, em que pesem a exagerada concentração no estudo dos conhecimentos clássicos destes instrumentos de mediação docente. Não raro o discurso sobre as ciências, desde as bases mais tradicionais do empirismo lógico até os estudos da chamada pós-modernidade, integram às suas plataformas normativas o caráter revolucionário da Ciência. Não se restringem à Física, embora sempre apelando para as RC fundadoras do século XVII ou as únicas duas RC do início do século XX.

Cabe então perguntar: Quais são, quando e onde se originaram as RC das outras ciências, similares às duas citadas?

Nossa resposta é negativa, se considerarmos o critério de revolução na revolução. Não se verifica até hoje situações semelhantes, em que pesem extraordinárias conquistas das ciências básicas e aplicadas nos últimos cem anos.

A Física Quântica e a Relatividade Restrita, a partir dos autores e idéias do início do século XX, repercutiram enormemente nos campos afins à Física, estabelecendo as bases norteadoras para as investigações, em escala microscópica, das “ciências moleculares” e da equivalência massa-energia. Na escala macroscópica, além das aplicações tecnológicas em larga escala, com riscos, perplexidade, benefícios e prejuízos, induziram e promoveram novas investigações do universo em Astrofísica e Cosmologia, estimulando ilações entre essas escalas, das dimensões fermianas nucleares às galáticas.

Embora sem assistir a novas RC desde os primórdios do século XX, cabe registrar uma revolução não propriamente científica nem propriamente tecnológica, mas sim imbricada aos dois empreendimentos, denominada Tecnocientífica (conforme a acepção francesa). Trata-se de algo inédito, se comparada às RC e às RT históricas, deflagrada nos últimos 30 anos, ainda pouco presente nas discussões epistemológicas. Segue um período *tecnocientífico* sem precedentes, cujas origens e marcos remontam a 1947, com a *invenção* do transistor, resultante de aplicação direta da Física Quântica, da Eletrônica e das

Comunicações, que viabilizaram a virtualidade em novas bases. Dos inéditos que invadiram nossas casas, espaços de trabalho, lazer e cultura. Destacamos a rede *web*, um *spin off* desenvolvido por Berners-Lee e colaboradores para facilitar a demanda para divulgação de dados em profusão obtidos em um laboratório típico da “big-sicence – o CERN na Europa”. Não patenteada, foi disponibilizada amplamente a partir de 1995/96, viabilizou acesso e participação de comunidades ao conhecimento acumulado e atual, antes totalmente alijadas. Os desdobramentos se verificaram em todos os setores, a ponto de promoverem a reconfiguração dos organogramas de pesquisa em Ciência e Tecnologia (C&T). Como exemplo, temos hoje uma *Ciência Computacional*, exercitada, dentre outras áreas pelos pesquisadores da *Física Computacional*.

Sabemos que nos processos e produtos de C&T, novos benefícios tornam-se tangíveis acompanhados de novos prejuízos e como em todas as RT (por extensão nossa, na RTC atual). Sempre há ganhadores e perdedores (Postman, 1994); a rede “aceita tudo”, das boas inovações para o ensino de ciências ao verniz do ranço das verdades de muitas publicações didáticas, dos jogos criativos aos violentos, dos endereços sérios aos nem tanto, da fabricação de necessidades nobres e outras discutíveis, do estudo individual e em equipe, da boa amizade virtual e do embotamento de consumidores e usuários ingênuos, da profusão do *e. comércio...*

Voltando ao marco da discussão deste texto, ressaltamos que ocorreram “apenas duas RC”, como as demarcadas em 1900 e 1905, resultantes em grande parte da imaginação de poucos pesquisadores, em pequenas equipes ou até quase isoladamente. Essa configuração quase poética parece hoje cada vez mais remota, dados os imperativos da Tecnociência, dos grandes projetos, interesses, financiamento de grupos interdisciplinares e interinstitucionais.

É plausível afirmarmos que as ciências disciplinares e a ciência em geral, podem ser reconhecidas no século XX muito mais no seu sentido “normal” do que parece ser proclamada nos textos epistemológicos, sem rótulos, sem depreciação. Prevalece a continuidade das teorias mais aceitas do que suas rivais, das macro instalações e grupos de pesquisa, com as discontinuidades dos

achados do século passado, inventos e descobertas, tanto em quantidade como em qualidade. Houve também limites, estagnação e mesmo algum retrocesso por vezes, ao lado de avanços, ora modestos, ora espetaculares.

Como classificar então as conquistas amplamente reconhecidas? Algumas estão associadas a bases teóricas consistentes e muitas têm resultados de larga aplicação na Matéria Condensada, Biologia Molecular, Agricultura, Bioquímica, Medicina e Engenharias. Como não relevar as descobertas, achados e invenções? Em nossa interpretação, essas contribuições espetaculares, não podem ser alinhadas na História da Ciência como Revoluções Científicas, porque não estão diretamente ancoradas em teorias ruptoras de amplo alcance.

### **Mais Questões Do Que Conclusões**

Nossa inserção e compromisso com o imperativo da Tecnociência na formação docente inicial e continuada tem uma pequena e intensa história. Os limites e possibilidades do ensino-aprendizagem de Física com mediação das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), são explorados por meio de investigações realizadas desde 1996 com licenciandos e egressos do curso de Física da UFSC e com pós-graduandos do Programa de PG em Educação – Ensino de Ciências (até 2004) e, a partir de 2002, no Programa de PG em Educação Científica e Tecnológica desta IES. As TIC têm sido concebidas e utilizadas tanto como *meio*, quando da sua utilização fluente e criteriosa, e também como *fim*, ao apontar novos objetos e ambientes de ensino-aprendizagem como projetos de pesquisa, sempre vinculadas e complementares a outras ações. Se Física e as Ciências afins são *cultura*, é um direito de todos os estudantes terem acesso ao seu conhecimento básico, oxigenado e vigoroso.

Propomos então um conjunto de questões sobre a tensão aqui debatida, porque somos diretamente responsáveis pelo ensino das contribuições epistemológicas ao ensino de ciências, embora fundamentados não raro nos escritos dos anos 30 a 60, bastante influenciados pelas RC do século XX. Esses livros ou não perguntam onde estão as RC nas outras áreas, nem discutem explicitamente critérios nítidos para a demarcação de uma RC que sejam consensuais.

Assim, encerramos este texto apoiado na possibilidade especulativa do discurso epistêmico, pela via do questionamento, desconfiança e vigilância dos “observadores dos observadores”: ciência será mesmo o que epistemólogos do século XX proclamaram? Em especial o que escreveram, de maneira entusiasta e com muita razão, nos anos 1930 e enorme repercussão a partir da década de 1960? Não prevalecem as teorias originais com reformulações ou descontinuidades ajustadas ao arcabouço teórico da área (como o *neo-darwinismo*), garantida *continuidade elástica* suficiente para não implodir?

Não teriam as duas RC da Física apontado para mais prudência dos pesquisadores, sem provocar arrombamentos, na acepção bachelardiana? Que tipo de influência terá ocorrido dos debates epistemológicos na formação e prática dos pesquisadores desde meados do século anterior até os contemporâneos? O intenso debate sobre a incomensurabilidade entre paradigmas teria provocado um certo receio, ou será que muitos buscaram a *ruptura* mas não conseguiram?

A contribuição kuhniana, que contraditoriamente acabou servindo de “paradigma” para tantos outros campos do conhecimento, não precisa ser reconsiderada, como sugeriu Toulmin décadas passadas?

As metáforas em favor da *nova aliança*, que insiste em desbancar a *antiga aliança* a exemplo da *escuta poética da natureza* (Prigogine e Stengers, 1997), fazem tanto sentido diante da Tecnociência? Abuso de termos do tipo Crise de Paradigmas é compatível com o que aconteceu na história da ciência e do ensino de ciências no século passado?

No cenário contemporâneo da virtualização do real estamos desafiados na capacidade analítica quando enfrentamos o conjunto cognoscitivo imagem-objeto e não mais as imagens distintivas dos objetos anteriores. Não estamos diante de um estranho amálgama “empirismo-racionalismo”, um Frankstein da tecnociência muito mais persuasivo porque disfarçado nos equipamentos sofisticados da virtualidade?

Enfrentar as controvérsias é uma tarefa de formação dos licenciados e pesquisadores da educação científica e tecnológica. De nossa parte, temos fortes indicadores para maior vigilância das nossas convicções epistemológicas.

E para nós a Física - Clássica, Moderna e Contemporânea continuará sendo cultura, nem sempre evidente ou transparente. Cabe agora, mais do que antes, contar com a massa crítica da área para superar dificuldades recorrentes das últimas décadas, a começar por transformar efetivamente seu ensino e aprendizagem com auxílio de contribuições de pesquisas, materiais didáticos, trabalhos técnicos e de divulgação que alcançam resultados auspiciosos, em escala proporcional ao contingente de estudantes, docentes e demais interlocutores da área, das outras áreas específicas e dos campos interdisciplinares.

### **Bibliografia:**

ABRANET. História da Internet. Disponível em [www.abranet.org.br/home/historiadainternet/menu.htm](http://www.abranet.org.br/home/historiadainternet/menu.htm)

ANGOTTI J. A. Ensino de Ciências e Complexidade. In: *Atas do II ENPEC- Encontro de Pesquisadores em Ensino de Ciências. CD-Rom*. Valinhos (SP), 1999.

\_\_\_\_\_ Cem anos sem revolução científica. In: *Atas do IX EPEF – Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, Londrina/PR – SBF.

\_\_\_\_\_ Depois de mais de cem anos sem revolução científica, física ainda é cultura? In: Martins. A. F.. (Org.). *Física ainda é cultura?*. São Paulo: Livraria da Física, 2009, v. 01, p. 77-96.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. Contraponto, Rio, 1996

CARR, W. E KEMMIS, S. *Becoming critical: knowing trough action research*. London, Folmer Press, 1986.

CASTELS, M. *A sociedade em rede*. São Paulo, Paz e Terra, 1999.

CATTS e LAU. “Documento de Política para el Cambio y el desarrollo en la educación Superior”, UNESCO, Paris, 2008.

CHALMERS, A. *A fabricação da ciência*. São Paulo, UNESP, 1994.

DELIZOICOV, D. E ANGOTTI, J. A . *Física*. São Paulo, Cortez, 1991.

DELIZOICOV, D. et al. *Ensino de ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo, Cortez, 2003

ELLIOTT, J. *Action Research for Educational Change*. London, Open University Press, 1991.

BERTOICHE, G. *A objetividade da ciência na filosofia de Bachelard: e.book*. Edição do Autor, 2006 - <http://www.ebooksbrasil.org/adobeebook/objbachelard.pdf>

HOLTON, G. *Einstein, history and other passions: the rebellion against science at the end of twentieth century*. Reading, MA, Addison-Wesley, 1996.

- \_\_\_\_\_. A imaginação científica. Rio de Janeiro, Zahar, 1979.
- \_\_\_\_\_. Science and anti-science. Cambridge-MA, Harvard University Press, 1994.
- KUHN, T. "What Are Scientific Revolutions?" In: *The Probabilistic Revolution, Volume I: Ideas in History*, eds. Lorenz Kruger, Lorraine, J. Daston, and Michael Heidelberger (Cambridge, MA: MIT Press, 1987), excerpt from pp. 7-22. Disponível em "Digital Humanities: Methaphor as Technology" <http://www.units.muohio.edu/technologyandhumanities/metastech.htm> – abril/2011
- LAUDAN, L. Beyond positivism and relativism.: theory, method and evidence. Boulder-CO, Westview Press, 1996.
- LÈVY, P. (2000) – "A revolução contemporânea em matéria de comunicação". In: *Para navegar no século XXI*. EDIPUCRS, Porto Alegre, 2000.
- MARTIN A. e MADIGAN, D. (Eds) Digital Literacies for learning, London, Facet, 2006.
- MORAES, M.C (1998) - "Novas tendências para o uso das tecnologias da informação na Educação" – *Revista Edutecnet*. <http://www.edutecnet.com.br>. Visitada em 09.2011
- OLIVEIRA, B. J. Uma conversa com Stevem Shapin; *Revista da Sociedade Brasileira de História da. Ciência*; 2004; (2) 32; 40.
- \_\_\_\_\_. Kuhn contra os kuhnianos. In: Martins, R. A.; Martins L. A., Silva, C.C, Ferreira, L.J.H. (eds). *Filosofia e História da Ciência no cone sul – 3º. Encontro*. Campinas. AFHIC, 2004. pp. 74-80. Disponível em <<http://www.ghtc.ifi.unicamp.br/afhic3/Trabalhos/09-Bernardo-Jefferson-Oliveira.pdf>>
- POSTMAN, N. – *Tecnopólio. A rendição da cultura à tecnologia*. Nobel, 1994.
- PRIGOGINE, I e STENGERS, I. A nova aliança. Brasília: Editora da UnB, 1997.
- SHAPIN, S. The scientific revolution. Chicago, The University of Chicago Press, 1996.
- SILVA, J.A. Recensão de A revolução Científica de S. Shapin , trd. Ricardo Roque, Lisboa, Difel, 1999, disponível em <http://disputatio.com/articles/008-5.pdf> . Maio/2011
- TOULMIN, S. É adequada a distinção entre ciência normal e ciência revolucionária? In: Lakatos, I. e Musgrave, A. A crítica e o desenvolvimento do conhecimento. São Paulo, Cultrix e USP, 1979.
- WEISSBERG, J. Real e Virtual. In: Parente, A . (org) *Imagem máquina*. Rio de Janeiro, Ed. 34, 1996.