



AS ESTRUTURAS DISSIPATIVAS: POSSÍVEIS CONTRIBUIÇÕES PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS A PARTIR DO PENSAMENTO DE ILYA PRIGOGINE

Mônica Costa¹

Luciana da Cunha² Evandro Ghedin³

¹Universidade do Estado do Amazonas/Mestrado Profissional em Ensino de Ciências na Amazônia/ Escola Norma Superior/ monicaitm@hotmail.com

²Universidade do Estado do Amazonas/Mestrado Profissional em Ensino de Ciências na Amazônia/ Escola Norma Superior/ luciana1953@gmail.com

³Universidade do Estado do Amazonas/Mestrado Profissional em Ensino de Ciências na Amazônia/ Escola Norma Superior/ ghedin@usp.br

RESUMO

Este artigo trata das teorias de Ilya Prigogine e as contribuições destas para o Ensino de Ciências. Prigogine foi autor da teoria das estruturas dissipativas e realizou várias pesquisas sobre o tempo e leis do caos e da natureza. A discussão destes conceitos proporcionou uma compreensão mais adequada de inúmeros conceitos físicos e químicos que foram essenciais na elaboração do cenário que deu origem a uma metamorfose da ciência. Esse cenário favorece o Ensino de Ciências à medida que contribui para a inovação de conceitos da física, química e matemática que já encontraram seus limites, mas, sobretudo pela incorporação da reflexão do papel da ciência e da relação que o homem estabelece com a natureza, reafirmando o caráter evolutivo e incerto desta. Com a discussão da flecha do tempo, Prigogine traz ao campo científico conceitos essenciais para a nova ciência, a irreversibilidade e o indeterminismo, obrigando a ciência clássica a rever suas concepções do tempo.

Palavras Chaves: Prigogine, Estruturas Dissipativas, Caos, Tempo, Ensino de Ciências

Abstract

This article discusses the theories of Ilya Prigogine and the contributions of the Teaching of Science. Prigogine was author of the theory of dissipative structures and conducted several studies on the time and chaos and the laws of nature. The discussion of these concepts provided a better understanding of many physical and chemical concepts that were essential in preparing the scenario that led to the metamorphosis of science. This scenario favors the teaching of science as it contributes to the innovation of concepts of physics, chemistry and mathematics that has found its limits, but especially by the incorporation of discussion of the role of science and the relationship that man establishes with nature, reaffirming the nature of this evolving and uncertain. With the discussion of the arrow of time, Prigogine brings the science concepts essential for the new science, the irreversibility and indeterminate, leading to classical science to revise their conceptions of time.

Keywords: Prigogine, Dissipative Structures, Chaos, Time, Teaching of Science

INTRODUÇÃO

O universo é regido por leis deterministas? Qual é o papel do tempo? Estas duas inquietações foram formuladas pelos pré-socráticos no alvorecer do pensamento ocidental e permanecem até hoje instigando inúmeros cientistas, teóricos e filósofos que desejam encontrar explicações plausíveis para respondê-las.

A reflexão aqui proposta tem como autor principal Ilya Prigogine. Este físico-teórico nasceu em 1917, na cidade de Moscou, Rússia. Estudou Química na Universidade

Livre de Bruxelas, Bélgica. Em 1959, foi indicado diretor do Instituto Internacional Solvay. Trabalhou como professor na Universidade de Texas, Austin, nos Estados Unidos, onde em 1967, fundou o Center for Complex Quantum Systems. Desde criança, foi apaixonado pela ciência e pelo estudo do tempo. Pode ser considerado como um dos mais brilhantes cientistas e filósofos do século XX.

Recebeu o prêmio Nobel de Química, em 1977, por seu trabalho sobre estruturas dissipativas e o papel das mesmas nos sistemas termodinâmicos enquanto sistemas distantes de um ponto de equilíbrio e sobre a irreversibilidade destes. Faleceu em 2003, na Bélgica. Foi autor de diversos livros, entre eles: *A Nova Aliança* (1991), *O fim das certezas* (1996) e *As Leis do Caos* (2002).

O autor teve grande contribuição não apenas pelas teorias na sua área, mas também pela discussão filosófica de temas pertinentes a vários outros campos (Filosofia da Ciência, Epistemologia), como no caso do tempo e o futuro da Ciência. Tais temáticas vêm sendo discutidas com maior frequência no campo científico, assistimos à emergência de uma ciência que não está mais limitada a situações simplificadoras, idealizadas, mas que nos coloca diante da complexidade do mundo real, como bem reafirma Prigogine (2002): de uma Ciência que permite à criatividade humana viver como expressão singular de um traço fundamental de todos os níveis da natureza.

Assim, o objetivo deste artigo é discutir as transformações e o futuro da Ciência a partir das principais obras de Prigogine (1983, 1991, 1996, 1997, 2002), assim como ressaltar suas implicações para o Ensino de Ciências. Em um primeiro momento, explicitaremos as principais preocupações que perpassam o fazer Ciência na atualidade. Em seguida, discutiremos as suas descobertas sobre as estruturas dissipativas e as redefinições que ocasionaram na produção científica, abordando sua concepção de tempo e de caos. Por fim, iremos refletir sobre tais teorias e suas implicações em nossa sociedade e em especial no Ensino de Ciências, seguida de algumas considerações sobre a importância de novas reflexões e pesquisas sobre as teorias de Ilya Prigogine.

Ciência: o fim das certezas

No final do século XIX, foi colocado em xeque o futuro da Ciência, teria esta chegado ao seu fim? Que descobertas ainda seriam feitas? Quais os procedimentos e os conceitos seriam envolvidos neste panorama?

Ilya Prigogine traz em seus livros inúmeras contribuições para esse debate ao tratar de assuntos primários da Física e da Matemática na atualidade. A sua teoria das estruturas dissipativas incorpora uma nova visão do tempo (flecha do tempo), pautada na irreversibilidade. Tudo isso contribui para uma reformulação dentro da própria Ciência, pois não se pode mais aceitar a explicação de alguns fenômenos a partir de conceitos da mecânica clássica, que se apresenta como determinista e reversível. Conforme ressalta Gonçalves:

Incorrendo no perigo de provocar uma leitura demasiado simplista, e não mistificar o que pretendemos transmitir, diremos que a diferença fundamental entre ciência e filosofia da ciência é intencional: na ciência faz-se, na filosofia pensa-se como se faz, para que se faz e por que se faz” (1991, p. 34).

Sua principal preocupação baseia especialmente nos sistemas instáveis (não-equilíbrio) encontrados na base da descrição microscópica do universo e, com isso, as leis da dinâmica precisam ser formuladas em nível estatístico, onde a irreversibilidade e a seta do tempo surgem como elementos fundamentais e indissociáveis dos sistemas instáveis. A nova visão de Prigogine quebra radicalmente e definitivamente com muitas concepções da física ocidental, um triunfo extraordinário do pensamento humano dos últimos séculos, entretanto

alicerçada em sistemas estáveis e deterministas, onde sistemas instáveis são tratados como exceções. Na nova visão, inverte-se essa perspectiva, ou seja, sistemas estáveis passam a ser casos especiais de uma dinâmica estendida, com formulação estatística, não mais baseada em trajetórias individuais (caso clássico) ou em funções de onda (caso quântico).

Dessa forma, Prigogine (1991) afirma que a Ciência precisa passar por uma metamorfose, principalmente em virtude da relação que o homem estabelece com a natureza. Na mecânica clássica, a natureza é autômata e as suas leis refletem bem essa característica. Perceber a natureza com toda sua complexidade e infinitude é o primeiro passo para derrubar algumas certezas que a ciência insistiu em construir.

Este fato também exige uma maneira diferente de utilizar a linguagem usada para descrever o universo. Ao abandonar essa ciência dogmática e neutra, precisamos rever e redimensionar os instrumentos de apreensão. Para Prigogine (1991), a ciência só se tornará benéfica para a humanidade quando for possível plantar a atitude científica no seio da sociedade e, para isso se tornar real é necessário que os cientistas compreendam melhor os fenômenos que estudam.

Diante da análise das teorias e pensamentos de Prigogine (1991), é inegável sua contribuição para o ensino de Ciências, principalmente quando trata desse próprio conceito, a partir de uma perspectiva histórica e filosófica. Sua proposta é oportuna para a transformação dessa sociedade mecanicista que pensa como tal e que nega uma descrição irreversível do tempo e complexa da natureza, criando um mundo estável e de certezas, mas que não encontramos na realidade.

Em busca de explicações: as estruturas dissipativas

O ser humano sempre se inquietou em indagar sobre temas relacionados ao universo e à sua existência. Ao longo da história, as ciências buscaram respostas para as perguntas levantadas em cada época. No final do século XIX, as dúvidas recaem sobre a própria ciência: Qual o seu futuro? Ainda estará atrelada a respostas idealizadas da realidade? Qual o papel do tempo para a ciência?

Tendo como base a complexidade do mundo e o atual estágio do conhecimento científico (MADDOX (1996) apud DELIZOICOV, 2002), busca-se uma nova conceituação de Ciência, pautada nos conceitos da Matemática e da Física a cerca do tempo e da lei do caos. Prigogine deseja em suas teorias discutir possibilidades de respostas para essas questões implementando mudanças não apenas nas novas afirmações, mas nos conceitos já firmados no meio científico e que não cabem nos novos paradigmas.

Um dos assuntos aos quais Prigogine (1996) dedica suas pesquisas é o da física do não-equilíbrio, que começava a se direcionar aos processos irreversíveis na natureza, especialmente as estruturas dissipativas de não-equilíbrio, considerando-o como evolução na direção da desordem, ou seja, um processo contínuo e linear. Este conceito traz em si o seu próprio fracasso, visto que, mesmo acreditando na existência de processos irreversíveis, considera a natureza e suas leis como algo determinado e estável. As estruturas dissipativas não podem ser explicadas num mundo regido por leis reversíveis.

Diante da necessidade de uma melhor explicação, como estudar as propriedades dissipativas em sistemas instáveis? O autor acredita ser possível através da formulação das leis da dinâmica no nível estatístico. Esta idéia exige uma mudança conceitual sobre as descrições da natureza, pois, os objetos essenciais da física serão as probabilidades e, não mais, as trajetórias ou funções de onda.

O tempo determina papel importante nessa reflexão, sendo conceituado por muitos físicos e filósofos: Lagrange (1796) compreendia a dinâmica como a geometria em quatro dimensões, Eisnten (1949) entendia que o tempo não poderia estar atrelado à irreversibilidade,

Hawking (1991) defende o tempo imaginário. Assim, a física clássica ao tratar de problemas simples reduzia o tempo a um parâmetro geométrico.

Seguindo esse raciocínio, Prigogine (1996), ao tratar de assuntos mais complexos, acredita ser necessário modificar esse conceito. Para tanto, é preciso estudar a origem do tempo, pois, a flecha do tempo nunca surgirá num mundo regido por leis deterministas, que defendem a simetria temporal, negando a existência de passado e futuro. O autor explica esse fato através de uma pergunta: a água envelhece?

Para responder esse questionamento, o autor recorre à evolução da distribuição de probabilidade sob o efeito das colisões. Ao observar as moléculas da água no copo, percebe-se que elas têm dois efeitos: distribuição das velocidades mais simétrica e criam correlações entre as moléculas, as partículas correlatas encontram-se, constituindo correlações binárias, terciárias, etc, formando então um fluxo de correlações ordenadas no tempo. Portanto, a irreversibilidade pode ser compreendida a nível estatístico: através da construção da dinâmica das correlações em substituição à dinâmica das trajetórias.

Na obra “*As leis do caos*” (2002), o autor afirma que este fato permite outras possibilidades diante do desejo de construir uma nova ciência, já que parece um equívoco falar de “leis do caos” estudando trajetórias. Dessa forma, ao afirmar que o caos possui aspectos negativos, tal como a divergência exponencial das trajetórias, concluiremos que a situação muda completamente se passar a uma descrição probabilista, pois, ela permanece válida para tempos tão longos quanto for necessário.

Dessa forma, os sistemas caóticos exigem uma reformulação das leis da dinâmica a partir da probabilidade. Verifica-se então que os processos irreversíveis descrevem propriedades fundamentais da natureza, além disso, possibilitam a formação de estruturas dissipativas de não-equilíbrio. Esses processos não são possíveis num mundo regido pelas leis deterministas reversíveis da mecânica clássica ou quântica. Dessa forma, as estruturas dissipativas requerem a introdução de uma flecha do tempo, pois, não admitem uma ação linear deste.

Podemos ampliar essa discussão refletindo sobre o papel da instabilidade na mecânica clássica (PRIGOGINE, 1996), ciência que compreende que a natureza é regida por leis deterministas e reversíveis em relação ao tempo. Ao tratar de alguns fenômenos da natureza, como a relatividade, as leis newtonianas utilizam-se de duas medidas simultâneas: descrição individual (em termos de trajetória, de funções de onda ou de campos) e descrição estatística. No entanto, a instabilidade e a não-integrabilidade rompem com a equivalência dessas duas descrições. Percebe-se então que a reformulação da mecânica clássica deve acontecer em todos os níveis, pois se mostra incompatível com o universo aberto e em evolução que vivemos.

Prigogine (2002) analisa essas questões em aplicações caóticas simples, pois a mecânica quântica também busca respostas para essas limitações que à mecânica clássica não consegue responder. A primeira por estar diretamente relacionada à dimensão probabilista, procura responder aos sistemas dinâmicos instáveis, a partir de uma descrição realista e estatística, nesta reformulação, a grandeza fundamental não é mais a amplitude da probabilidade, mas a própria probabilidade. Esse retorno ao realismo não significa uma concepção determinista, mas sim uma reafirmação na dimensão probabilista da mecânica quântica.

Prigogine (2002) relembra que a mecânica de Newton não consegue explicar a irreversibilidade. A dinâmica só fornece condições necessárias à integridade dos modos de evolução. No próprio interior da termodinâmica, são necessárias condições adicionais para observar o surgimento das estruturas dissipativas e dos outros comportamentos complexos associados ao afastamento do equilíbrio. E esses comportamentos de auto-organização física são, por sua vez, apenas condições necessárias, não suficientes, do surgimento da auto-

organização própria da vida. A distinção entre condições necessárias e suficientes é essencial para descrever a dimensão narrativa da natureza, que está de acordo com as descrições dos processos dinâmicos ou quânticos. Acredita-se então que a mecânica quântica poderá responder as questões que as leis de Newton não deram conta. No entanto, o autor apresenta a necessidade de reformular a mecânica quântica, devido sua simetria temporal, pois ela é incapaz de descrever processos irreversíveis como a aproximação do equilíbrio, apesar de constituir a descrição da natureza. Os sistemas em equilíbrio abundam ao nosso redor, desde a famosa radiação residual de corpo negro a 3°K (fato ocorrido a uma época próxima ao big-bang) até os sistemas gasosos, líquidos e sólidos, de que trata a Física macroscópica.

A reformulação da teoria quântica caracteriza-se como realista em dois planos: atribuição de significado dinâmico ao traço essencial do mundo constituído por seu aspecto evolutivo, onde a termodinâmica é testemunha; permissão para interpretar em termos dinâmicos a redução da função de onda. O retorno ao realismo é fruto da relação com o indeterminismo presente na realidade.

Prigogine (1991) estabelece a relação entre todos esses conhecimentos e a construção da ciência, que as explicou em sua origem e processo. Este autor conceitua ciência como um diálogo com a natureza, onde os assuntos e suas soluções foram o mais imprevisíveis possível. No entanto, como foi possível este diálogo se um mundo simétrico ao tempo é um mundo incognoscível? O conhecimento pressupõe um vínculo entre o que conhece e o que é conhecido, mas também entre passado e futuro, ou seja, a realidade do devir é condição necessária para esse diálogo.

A Física e as outras ciências confirmam nossa experiência de temporalidade, ao afirmarem que vivemos num universo em evolução, destituindo definitivamente a idéia de universo determinista. É no nível estatístico que a instabilidade pode ser incorporada às leis fundamentais. As leis da natureza adquirem, então, um novo significado: não tratam mais de certezas morais, mas sim de possibilidades. Acreditam no devir e não somente no ser. O mundo é constituído por movimentos irregulares, caóticos, concepção mais próxima dos atomistas antigos do que das órbitas newtonianas.

Tempo, Caos e Leis da Natureza

Ao tentar determinar como começamos a conhecer e de que forma, surge um questionamento: quando surgiu o universo? O tempo precede a existência? Para explicar tais questões, Prigogine (1991) utiliza o termo de flecha do tempo, cuja existência precede a criação e não tem razões para deixar de existir. Retornamos novamente para dois conceitos básicos dessa discussão: a irreversibilidade e a probabilidade. Os processos irreversíveis associados às instabilidades dinâmicas desempenharam um papel decisivo desde o nascimento do nosso universo. Nessa perspectiva, o tempo é eterno. Temos uma idade, a civilização tem uma idade, o universo tem uma idade, mas o tempo não tem começo nem fim.

Nessa mesma perspectiva de redefinir o tempo, Prigogine (2002) rediscute o caos e as leis da natureza, mesmo porque todos esses conceitos estão entrelaçados:

Na visão clássica, uma lei da natureza estava associada a uma descrição determinista e reversível do tempo, em que o futuro e o passado desempenhavam o mesmo papel. A introdução do caos obriga-nos a generalizar a noção de lei da natureza e nela introduzir os conceitos de probabilidade e de irreversibilidade. Trata-se, nesse caso, de uma mudança radical, pois, se quisermos mesmo seguir essa abordagem, o caos nos obriga a reconsiderar a nossa descrição fundamental da natureza [...] quer microscópico, quer macroscópico, quer cosmológico.” (2002, p.11)

O caos é concebido como fruto da instabilidade (PRIGOGINE, 2002), que geralmente é analisada a partir dos conceitos fundamentais: determinismo, irreversibilidade e

até fundamentos da mecânica quântica. Esse processo possibilita uma reformulação das leis da natureza, mesmo sendo muito difícil para as ciências naturais compreenderem essas mudanças por seu caráter determinista. Talvez seja esse também um dos motivos da dicotomia que existe entre ciências naturais e humanas, onde cientistas não leem poesias e os humanistas são insensíveis à beleza da matemática. Entretanto, Prigogine (2002) defende a idéia de que a diferença entre as duas culturas é a compreensão que cada uma tem do tempo, mesmo considerando a complexidade e as diferenças entre os seus objetos, é na noção do curso de tempo que se encontra o divisor entre essas culturas.

Nas ciências naturais, o ideal tradicional era alcançar a certeza associada a uma descrição determinista, tanto que até a mecânica quântica persegue esse ideal. Ao contrário, as noções de incerteza, de escolha e de risco dominam as ciências humanas, quer se trate de economia, quer se sociologia. [...] Estou completamente de acordo com Karl R. Popper quando afirma que o problema central, que está na base da dicotomia entre as duas culturas, é o do tempo. O tempo é a nossa dimensão existencial e fundamental, é a base da criatividade dos artistas, dos filósofos e dos cientistas. (PRIGOGINE, 2002, p.13)

O reaparecimento do paradoxo do tempo se deve a dois desenvolvimentos inesperados (PRIGOGINE, 1991): a descoberta das estruturas de não-equilíbrio e a nova evolução da dinâmica clássica, que há quase três séculos não se modificava, esperava-se mudanças na relatividade e na mecânica quântica, este fato foi singular na história das ciências. Isto porque essa renovação na dinâmica mostrou que o determinismo, que já símbolo da integridade na ciência, não passa de uma propriedade válida apenas em casos limites, ou seja, nos sistemas dinâmicos estáveis. A partir desse fato, fala-se em sistemas dinâmicos caóticos, esses sistemas não são novidades, apenas mudaram-se as explicações baseadas na inserção e aceitação de outros conceitos. Assim, a instabilidade e o caos representam à *situação normal* no quadro dos problemas estudados pela Física contemporânea.

Chegamos ao âmago dessa discussão: sair de uma *natureza autômata* e passar para uma natureza aberta, imprevisível, indeterminista. É o processo de metamorfose da ciência que renova a concepção das relações dos homens com a natureza e a ciência como prática social. Há uma necessidade dessa transformação, já que a ciência clássica obteve muitos sucessos, como a dinâmica clássica, mas também criaram muitos equívocos devido algumas concepções que adotou, como a do tempo e a de natureza. Os conceitos básicos que fundamentava a concepção clássica do mundo encontraram seus limites num progresso teórico que já não aceita reduzir o conjunto de processos naturais em um pequeno número de leis.

De agora em diante as ciências da natureza descrevem um universo fragmentado (PRIGOGINE, 1983) cheio de diversidades qualitativas e de surpresas em potencial. Explorar a natureza não é mais sobrevoá-la por acreditar que já a conhece, mas sim caminhar por ela e nela, para perceber sua multiplicidade e complexidade. A metamorfose da ciência parte da modificação do objeto das ciências da natureza, que não são mais as situações estáveis, as permanências e os fenômenos imutáveis que interessa agora, são as evoluções, as crises e as instabilidades, como por exemplo, as perturbações geológicas, a evolução das espécies, a gênese das normas que interferem nos comportamentos sociais, entre outros.

Num primeiro momento, pode parecer mudança apenas conceitual, entretanto, uma concepção de ciência não fica apenas no plano das idéias, mas possui uma influência direta em outros âmbitos. A concepção do mundo produzida pela ciência clássica parece obrigar a escolher entre a aceitação das conclusões alienantes e a rejeição dos procedimentos científicos. Nenhuma dessas alternativas é dialeticamente plausível para uma proposta de sociedade mais igualitária.

É sem dúvida aí que está o símbolo do que entendemos por metamorfose da ciência: a abertura dum novo espaço teórico no seio do qual se inscrevem algumas oposições que, anteriormente, tinham definido as fronteiras da ciência clássica, espaço no seio do qual se afirmam, pelo contrário, diferenciações intrínsecas entre objetos físicos e, antes de mais, entre sistemas conservativos e sistemas dissipativos. (1991, P.7)

Este processo não foi fácil nem linear, pois depreender o significado de três séculos de evolução científica e perceber como a ciência parte de uma cultura ocidental, dita clássica, através de um complexo histórico, abriu-se pouco a pouco até poder integrar diferentes interrogações. Será que teremos duas ciências para um único mundo? Provavelmente não, a partir das ciências das conversões da energia e a ciência das máquinas térmicas, originou-se a termodinâmica, primeira ciência não clássica que introduziu a flecha do tempo.

Foi também a termodinâmica e seus desenvolvimentos que possibilitaram a descoberta dos processos de organização das estruturas dissipativas (PRIGOGINE, 1996), cuja origem implica a associação indissolúvel do acaso e da necessidade, um dos pontos iniciais de toda essa metamorfose. Fica evidente o processo de relação das questões produzidas pela cultura e a evolução conceitual da ciência dentro dessa mesma cultura. Neste cenário, é necessário que as teorias científicas sejam capazes de desvincular-se de limites e concepções de uma cultura passada, que não aceita conceitos que hoje são imprescindíveis para a compreensão científica. Uma alternativa para essa superação é compreender de uma outra forma o tempo ou os tempos, se foi ele que despertou toda essa transformação e reviravolta, possivelmente nele encontremos a ponte para realizar a aliança do homem com a natureza de que ele agora trata.

Implicações das teorias de Ilya Prigogine ao Ensino de Ciências

A ciência proposta por Prigogine é viva. Por tratar da realidade, sua concepção de ciência acredita que as teorias são mutáveis, propícias a transformações e atualizações, que se estabelecem por meio das exigências culturais e contexto histórico. Entretanto, o atual quadro do Ensino de Ciências valoriza as teorias em detrimento do contexto da sua construção. Este fato reforça nos alunos concepções equivocadas, tais como a dissociação entre ciência e realidade, a visão de que os cientistas são pessoas com altas habilidades e, especialmente, que os conteúdos escolares não possuem relação com a vida deles.

Além disso, ao afirmar que as teorias conseguem explicar até determinado ponto da realidade, sendo necessário o auxílio de outras teorias ou até mesmo de outras ciências, Prigogine nos faz lembrar que o professor de Ciências precisa ter a compreensão de que as antigas descobertas científicas não podem ser rejeitadas, mas servem de parâmetros para a avaliação das novas explicações. A elaboração e a construção do conhecimento exigem do professor um trabalho de forma contextualizada, demonstrando o percurso do conhecimento científico e sua utilidade para a vida, despertando em seus alunos a reflexão e a criticidade. O mundo natural é complexo e a atividade científica é limitada. Portanto, ensinar e pesquisar Ciência é uma tarefa de descoberta constante, que exige disposição, dedicação, criatividade, disciplina e autonomia dos docentes e discentes.

No caso específico da Física, a mudança de paradigma alterou seu papel de ciência que estuda fenômenos isolados da realidade para ciência que estuda a vida e isso é coerente com a sociedade atual e com a harmonia da interconexão presente na natureza. Esses conhecimentos necessitam ser disponibilizados para os estudantes no sentido de aproximar a Ciência e suas produções ao conhecimento que é construído na escola. Conforme Praia:

As teorias científicas, enquanto versões em construção ao longo dos tempos, evidenciam as mudanças e a complexidade das relações entre os conceitos, assim como as próprias visões das comunidades científicas de determinada época. Merecem, pois, um tratamento

cuidadoso no ensino, procurando-se através do exercício da sua construção uma compreensão mais autêntica das dificuldades e dos obstáculos por que passam até se imporem na comunidade científica. (2002, p. 123)

O Ensino de Física tem especificidades advindas da Ciência Física, como por exemplo, explicações construídas na racionalidade, que precisam ser adaptadas para o âmbito escolar. A idéia de vincular os conteúdos escolares aos conhecimentos científicos promoveu nas escolas atitudes de transposição de saberes e práticas dos cientistas para o processo de ensino e aprendizagem, valorizando metodologias que popularizassem o conhecimento científico. Entretanto, a promoção da formação e da sistematização do conhecimento científico, viabilizando o desenvolvimento do ensino, exige princípios filosófico-pedagógicos que guiem a ação através de propósitos e convicções que instrumentalizem a ação docente do professor de Física frente aos desafios da realidade escolar. Especialmente no que tange a superação do papel do estudante como ser passivo na sua aprendizagem. O Ensino de Ciências, incluso o da Física, requer a consciência por parte do professor de que a ciência, transposta como saber escolar, tem se afastado da realidade e dos anseios dos jovens da atualidade, provocando desinteresse ao invés de curiosidade e amor pelo conhecimento científico.

A atividade docente deverá despertar o desejo para a compreensão da natureza e a eterna busca de respostas às inúmeras inquietações que o universo nos impõe. Conteúdos fragmentados, fórmulas vazias e informações soltas desconsideram a dinamicidade e o caráter inacabado da ciência, tornando sua aprendizagem monótona para os alunos. Prigogine enfatiza em suas obras a necessidade do fortalecimento de uma postura de pesquisa, onde é necessário abandonar convicções formalizadas e tidas como verdadeiras e únicas e lançar-se na prazerosa inquietação de aprender e construir continuamente, mesmo diante de conclusões absurdas. Conforme Maddox (1996 apud DELIZOICOV, 2002, p. 16)

No momento, a ciência pode ser comparada a uma curiosa colcha de retalhos. O caso da física fundamental é provavelmente o mais estranho: a comunidade dos pesquisadores está dividida entre aqueles que acreditam que brevemente haverá uma “teoria de tudo” e aqueles que têm a suspeita (ou a esperança) de que assistiremos ao surgimento de algum tipo de “nova física”.

Prigogine (1997) insere todo esse apanhado de conhecimentos científicos explicando os limites de cada conceito e sua superação, tudo isso permeado pelo contexto e intenção dos seus sujeitos, desmistificando que a ciência domina todos os campos e que suas realizações são portadoras de verdade absolutas. Para Castro (2003, p.18),

Encarar a ciência como produto acabado confere ao conhecimento científico uma falsa simplicidade que se revela cada vez mais como uma barreira a qualquer construção, uma vez que contribui para a formação de uma atitude ingênua ante a ciência. Ao encararmos os conteúdos de ciência como óbvios, as diversas redes de construção, edificadas para dar suporte a teorias sofisticadas, apresentam-se como algo natural e, portanto, de compreensão imediata.

Esta concepção de Ciência está muito presente nas escolas e ainda é a base da formação científica dos nossos alunos. De acordo com Borges (1997, p. 43), “o ensino tradicional de Ciências, da escola primária aos cursos de graduação, tem se mostrado pouco eficaz, seja do ponto de vista dos estudantes e professores, quanto das expectativas da sociedade”. Fica evidente que o conhecimento científico necessita ser constituído a partir de uma ação intencional, de nível epistemológico e social, já que a sociedade é formada pela luta de classes e o ato de conhecer é fruto do triângulo ação-reflexão-ação. Assim, estaremos construindo as bases de uma nova concepção de Ciência, que não está preocupada com

idealizações ou situações simplificadas, mas que se encanta com a criatividade de se autoconstruir.

Considerações Finais: um caminho estreito

O contexto atual apresentado neste trabalho evidencia a necessidade de termos a compreensão de que as novas descobertas científicas concorrem decisivamente para que possamos superar o estágio da visão de um mundo mecanicista da ciência cartesiana newtoniana. Aceitar novas visões e concepções para a ciência não é uma tarefa fácil, significa alterar conceitos já assimilados como verdadeiros e únicos. Como tornar este caminho estreito? A criatividade científica oferece algumas possibilidades, apesar de ser muitas vezes subestimada ou desconsiderada, por se acreditar que ela não é compatível com exigências e critérios rigorosos na solução dos problemas da ciência. A criatividade tem um papel fundamental na escolha e solução de leis da natureza. Se ela não existisse, como a ciência teria deixado os estudos dos fatos empíricos para dedicar-se ao tempo?

Assim, o valor das obras de Prigogine (1983, 1991, 1996, 1997, 2002), em conformidade com Sevalho (1997) e Massoni (2008), não está em mostrar a construção de novas teorias físicas e suas formulações matemáticas, até porque as ciências clássicas e modernas estão repletas de sucessos, mas sim em possibilitar uma reflexão a cerca das certezas e criatividade científicas dentro das ciências. Porque minimizar a importância e o alcance da ciência na tentativa de formular certezas, se a realidade relatada é dinâmica, instável e complexa? Por que desconsiderar a criatividade, se é ela que faz emergir nossas preocupações e indicações de como apreendê-las?

Compreende-se que diante de leis cegas e eventos arbitrários, muitas indagações ainda não foram feitas ou apreendidas pela compreensão humana. A Ciência vive um novo momento: discernir novos horizontes, novas questões e novos riscos, esta é a única certeza e possibilidade de estabelecer uma aliança entre homem, a ciência e a natureza. O Ensino de Ciências deverá contemplar essas novas orientações, no sentido de superar a tradição livresca e disciplinar na qual se encontra. Além disso, surge a necessidade de estudos que demonstrem possibilidades da inserção dessa nova visão de Ciência na escola, implicando no amadurecimento e senso crítico do aluno, despertando-o para as influências culturais oriundas do pensamento científico vigente, não considerando a Ciência enquanto verdade absoluta, mas sim parte de um processo dinâmico e evolutivo do conhecimento.

Referências

BORGES, A. T. **O papel do laboratório no ensino de ciências.** In MOREIRA, M. A., ZYLBERSZTA J. N, A., DELIZOICOV, D. & ANGOTTI, J. A. P. Atlas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Editora da Universidade – UFRGS, Porto Alegre, RS, 1997. 2 – 11.

CASTRO, R.S. **História e epistemologia da ciência;** Investigando suas contribuições Num Curso de Física de Segundo Grau. Dissertação de Mestrado Apresentada à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

DELIZOICOV, Demétrio et al., **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

GONÇALVES, R. **Ciência. Pós-Ciência. Meta-Ciência. Tradição, Inovação e Renovação**. Lisboa: Discórdia Editores. 1991. 165 p.

MASSONI, N. T. **Ilya Prigogine: uma contribuição à Filosofia da Ciência**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, nº 2, p. 52-64, 2008.

PRAIA, J. F., CACHAPUZ, A. F. C., GIZ-PEREZ, D. **Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência**. Ciência & Educação, v.8, nº1, p.127 – 145, 2002

PRIGOGINE, Ilya. **O fim das certezas: tempo, caos e leis da natureza**. Tradução Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1996.

_____. **As leis do caos**. Tradução Roberto Leal Ferreira. São Paulo: UNESP, 2002. Título original: The leggi del caos.

_____. Stengers, Isabelle. **A nova aliança: metamorfose da ciência**. Tradução Miguel Faria e Maria Joaquina Machado Trincheira. Brasília: UnB, 1991.

_____. **El Nacimiento del Tiempo**. Barcelona: Tusquets Editores, 1991. Coleção Metatemas.

_____. **Tan solo una ilusion?** Barcelona: Tusquets Editores, 1983. Coleção Metatemas.

_____. GREGOIRE, Nicolis. **La estructura de do complejo**. Madri: ALIANZA EDITORIAL, 1997.

SEVALHO, G. **Tempos históricos, tempos físicos, tempos epidemiológicos: prováveis contribuições de Fernand Braudel e Ilya Prigogine ao pensamento epidemiológico**. Revista Saúde Pública, v. 13, nº 01, p. 7-36, 1997.