

CAOS E COMPLEXIDADE: UMA VISÃO TRANSDISCIPLINAR NA EDUCAÇÃO

Karlyle Nalena ds Silva Santos
Departamento Acadêmico de Formação de Professores
Curso de Licenciatura em Física
Av. Brancas Dunas, 2016. Candelária CEP 59064-720. Natal-RN
e-mail: knss7@yahoo.com.br

Prof. Ms. Samir Cristino de Souza
Departamento Acadêmico de Formação de Professores
samir@cefetrn.br

RESUMO

A crença de uma construção do saber a partir da hiperespecialização e baseada na ciência clássica provocaram a fragmentação das idéias e, conseqüentemente, a limitação do entendimento da realidade pelos profissionais da educação, condicionando-os à compreensão de uma minúscula parcela do conhecimento. No entanto, a ciência de hoje desenvolve-se prioritariamente a partir da transposição das fronteiras existentes entre as áreas do conhecimento e pela admissão dos resultados inesperados como novos caminhos a serem analisados. Isso está ocorrendo devido às novas descobertas científicas que têm mostrado a interdependência do Homem com a natureza, da matéria com o Universo e da matéria com a própria matéria. Além disso, percebeu-se que a maioria dos sistemas naturais são dinâmicos e apresentam comportamentos não-lineares, ou seja, imprevisíveis às leis físicas vigentes, logo, surgiu uma teoria física para descrevê-los: a Teoria do Caos. Embora essa teoria seja bastante recente ela já é empregada em várias áreas da ciência, pois seu enunciado aborda as características presentes em inúmeros sistemas, tais como, financeiros, biológicos, químicos, etc. Assim, compreende-se atualmente que o processo de aquisição do conhecimento também ocorre de maneira dinâmica e multidimensional. Dessa forma, o objetivo desse trabalho é, através do Pensamento Complexo, defender um processo de aprendizagem que respeite as características do sistema Homem-natureza-sociedade, o qual apresenta incertezas e autoevoluções de seus integrantes; e mostrar que a educação se fundamenta na capacidade de apresentar dinamismo e mudança – inclusive imprevisíveis –, o que fortalece a idéia de que a educação deve se desenvolver alicerçada na Teoria do Caos. Portanto, é essencial construir um modelo educacional transdisciplinar de modo que o ser humano reconheça-se como um ser natural, social, psicológico.

Palavras-chaves: Teoria do Caos, Pensamento Complexo e Transdisciplinaridade.

1. INTRODUÇÃO

A ciência está intimamente relacionada ao poder econômico e o que vemos ao longo da história é a soberania das idéias científicas dos países mais ricos. O pensamento cartesiano instalou-se na cultura ocidental não apenas porque reunia os conceitos que explicavam de maneira mais convincente alguns fenômenos físicos, mas também por fragmentar o conhecimento. Essa fragmentação promoveu, ao longo dos anos, a construção de um saber limitado devido à superespecialização desenvolvida no processo de ensino escolar. Entretanto, uma nova teoria surge no século XIX que rompe com a idéia de determinismo e segregação das áreas do conhecimento, a qual foi denominada de Teoria do Caos.

O novo paradigma, denominado de Caos pelo matemático aplicado da Universidade de Maryland, Jim Yorke, fundamenta-se na variação temporal dos fenômenos físicos que apresentam hipersensibilidade às condições iniciais. Assim como, inicialmente, foi difícil a aceitação da Teoria do Caos pelos próprios cientistas, também há resistência ao Pensamento Complexo. O que percebemos, no entanto, é o surgimento de novos paradigmas, na ciência e na educação, que se completam ao admitirem a aleatoriedade dos acontecimentos de inúmeros sistemas e a inter-relação existente entre as disciplinas.

Entretanto, na própria ciência percebeu-se a necessidade de haver a interação das inúmeras áreas do conhecimento a fim de se alcançar melhores resultados nas pesquisas desenvolvidas atualmente cujos propósitos buscam o domínio do saber pelo Homem. A partir disso, observou-se a importância de uma educação fundamentada em uma visão transdisciplinar, de modo que proporcionasse ao aluno a capacidade de compreensão ampla da realidade, aprendendo o significado das partes que compõem um sistema, assim como o do próprio sistema. Portanto, Neste artigo, trataremos de forma introdutória da teoria do caos e suas relações com a educação, a partir de um novo paradigma emergente.

2. BREVE INTRODUÇÃO A TEORIA DO CAOS

O estudo dos sistemas dinâmicos inicia-se com Henri Poincaré (1854-1912), o qual percebeu as propriedades essenciais dos sistemas caóticos, que na época ainda não eram chamados assim. A eficácia de seus estudos ocorreu ao utilizar métodos geométricos na integração de equações diferenciais. Sua dedicação às equações diferenciais está relacionada a problemas de mecânica celeste, particularmente, a estabilidade do sistema solar. Ao analisar a estabilidade das equações, na vizinhança de soluções periódicas, ele percebeu que os desenvolvimentos em série de perturbações promoviam a sua divergência, tornando imprópria a aproximação feita das pequenas perturbações, descobrindo com isso, que sistemas com tais características tornam-se imprevisíveis à longo prazo. Essa conclusão o fez compreender uma das principais características dos sistemas caóticos, a hipersensibilidade às condições iniciais (SCI), o que o fez afirmar que “uma causa muito pequena, que nos escapa, determina um efeito considerável, que não podemos deixar de ver, e então dizemos que esse efeito se deve ao acaso ... pode acontecer que pequenas diferenças nas condições iniciais gerem diferenças enormes nos fenômenos finais ... a predição torna-se impossível” (BERGÉ et al, 1996).

Jacques Hadamard (1865-1963), professor no Collège de France, foi outro pioneiro dessa área. Seu interesse não era pelos problemas dinâmicos, mas por problemas geométricos, em particular, as geodésicas que são as curvas da trajetória mais curta entre dois pontos sobre superfícies, ou ainda, os caminhos de massas pontuais que obrigatoriamente se moveriam sobre essas superfícies devido a sua inércia. Hadamard se dedicou a geodésicas sobre superfícies de “curvatura negativa” e mostrou que, nesse tipo de superfície, toda mudança sutil dada à direção inicial de uma geodésica origina uma nova geodésica completamente diferente. Coerente com o pensamento de Henri Poincaré, Jacques Hadamard confirma a propriedade de alguns sistemas denominada hipersensibilidade às condições iniciais, a qual leva ao caos.

O que verificamos ao longo da história da construção dessa teoria é uma descentralização de idéias, que caminharam independentemente, porém obtiveram resultados semelhantes, os quais levaram cada pesquisador à Teoria do Caos. Em todo o mundo havia cientistas desenvolvendo pesquisas ou observando fenômenos que posteriormente seriam descritos como sistemas caóticos.

Na Rússia surgiram trabalhos importantes que influenciaram os estudos modernos dos sistemas dinâmicos. Na mesma época de Poincaré, cientistas como A. M. Lyapunov e L. I. Mandelshtam surgiram como grandes nomes associados a essa teoria. Lyapunov (1857-1918) calculou expoentes, os quais receberam seu nome, que medem a velocidade de divergência ou convergência de trajetórias vizinhas do espaço das fases, contribuindo assim para os estudos da estabilidade dos movimentos (1892). Já Mandelshtam se destacou pela abordagem vibratória na Física e por ter fundado uma escola (a partir de 1914) que viria a participar do desenvolvimento das idéias dos fenômenos não-lineares. A. Andronov (1901-1952), aluno da escola de Mandelshtam, estudou os sistemas oscilantes auto-sustentados e esclareceu o sentido físico da noção de ciclo limite de Poincaré. Um aluno de Andronov, Neimark, mostrou na década de 1950, a

possibilidade teórica da existência de “auto-oscilações estocásticas” e, com isso, talvez o primeiro sistema caótico, bem antes de Edward Lorenz.

Dentre os inúmeros cientistas russos que proporcionaram com suas descobertas a construção dessa nova teoria, destacam-se ainda, B. V. Chirikov que evidenciou, através de cálculos numéricos, comportamentos caóticos a partir da interação de ressonâncias para trajetórias em aceleradores de partículas (1959); A. N. Kolmogorov (1903-1987), matemático e teórico, que completou as idéias de Poincaré ao mostrar que existem condições iniciais as quais fornecem resultados estruturalmente estáveis diante de pequenas perturbações, descrevendo assim as trajetórias nos toros de KAM (nome dado ao teorema desenvolvido por Kolmogorov, Arnold e Moser); Arnold, por sua vez, além de contribuir à prova do teorema KAM também deixou a “transformação de Arnold” e o “gato de Arnold”, dois artifícios matemáticos utilizados nas análises de regimes caóticos; e finalmente, Y. Siani que descobriu, nas décadas de 60 e 70, uma particularidade da SCI que se aplica à trajetória de bolas esféricas que ricocheteiam sobre as paredes de um bilhar que contenha um obstáculo convexo.

Na “época moderna” que corresponde à década de 1950 até os dias atuais, surgem grandes nomes fora da Rússia, dentre eles o famoso Edward Lorenz, um meteorologista que desenvolveu equações que modelizavam evoluções dos movimentos atmosféricos e nas quais surge o atrator estranho e demonstra-se o efeito SCI. No final dos anos 60 e início dos anos 70, Ruelle e Takens escreveram um artigo que admitia a influência dos movimentos descritos por duas ou mais frequências temporais na formação de turbulências em fluidos. E atualmente, a teoria do caos é trabalhada por inúmeros cientistas de todas as áreas do conhecimento, pois o que se percebeu foi o caráter caótico na maioria dos sistemas naturais.

3. A METÁFORA DO CAOS NA EDUCAÇÃO

No cotidiano o uso de metáforas no processo de ensino, é fundamental à compreensão de muitas informações, dessa forma a teoria do Caos que foi enunciada pela ciência também pode, através de uma metáfora, descrever um novo modo de transmissão de conhecimento: o transdisciplinar. Cientificamente a palavra “caos” “refere-se a uma interconectividade subjacente que existe em fatos aparentemente aleatórios. A ciência do caos enfoca matrizes, padrões ocultos, a ‘sensibilidade’ das coisas e as ‘regras’ que regem os meios pelos quais o imprevisível causa o novo” (BRIGGS,2000).

Essa teoria descreve a maioria dos sistemas naturais e, portanto, a relação homem-natureza-sociedade não pode ser diferente. Ela nos ajuda a perceber que na realidade a educação não deve ser sistêmica, fragmentada, linear e estereotipada, pois dessa maneira o aluno absorve apenas um conhecimento subjetivo do professor, além de aprender as disciplinas escolares superficialmente e de maneira abstrata.

A educação não pode ser tratada de modo linear, tendo em vista que a própria construção do pensamento ocorre de maneira não-linear, ou seja, ela se desenvolve *ao acaso*. A partir disso, podemos relacionar essa construção com o que Prigogine denomina de bifurcações, pois assim como em um sistema caótico um microfenômeno pode promover respostas de altas magnitudes devido à realimentação positiva e só atingir a estabilidade devido a realimentações negativas, no processo de formação do conhecimento também há a possibilidade de uma atitude, uma metodologia ou uma técnica promover um retorno positivo que possa ultrapassar as barreiras da própria escola e chegar à sociedade. Mas, para isso devemos considerar as imprevisibilidades do percurso, tais como, a aceitação ou não do método, técnica inadequada à estrutura da escola, surgimento de novas idéias que complementem a atitude do professor, um acontecimento social que reflita diretamente na explicação do conteúdo, etc.

Um sistema caótico depende de inúmeras variáveis e, embora ele evolua sempre tendendo a um mesmo ponto de equilíbrio, os atratores, suas condições nunca são idênticas. O atrator é “uma região, um ponto ou um foco interno, mas ativo, para o qual tende o sistema” (COLOM,2004). No sistema educacional o atrator é a transmissão do conteúdo científico, tendo em vista que este é o “foco interno”, ou seja, para onde as aulas são direcionadas. Entretanto, como todos os sistemas caóticos, a transferência de informações, embora tendam sempre ao mesmo ponto, jamais se desenvolvem de maneira idêntica, pois a aula deve ser direcionada de acordo com as particularidades dos alunos.

Portanto, o conhecimento científico não pode ser o único, mas também os estudantes não devem ficar alheios a ele. No processo de ensino-aprendizagem é importante considerar “as partes” do sistema (escola, sociedade, alunos) e “o todo” (a realidade de cada aluno, incluindo suas particularidades), pois à medida que as informações são processadas de acordo com o mundo de cada aluno o entendimento torna-se real, ou seja, o aluno constrói seu pensamento a partir da sua própria visão de mundo.

4. CAOS E COMPLEXIDADE

A educação ocidental sempre esteve atrelada unicamente ao conhecimento científico, o que limitou os cientistas do Ocidente a compreenderem os fenômenos naturais de forma unidimensional, ou seja, apenas pela ótica das disciplinas científicas. O conhecimento científico, por sua vez, sempre esteve ligado ao mercado de trabalho de modo que as instituições educacionais passaram a se preocupar com a rapidez da formação de profissionais adequados a ele e, por isso, com a necessidade da especialização da mão-de-obra, pois o modelo econômico era condizente com o modelo cartesiano.

O que percebemos atualmente é a necessidade de interligação de todas as áreas do conhecimento a fim de se obter um melhor resultado nas pesquisas científicas, e as próprias leis da ciência explicam a inevitável formação de um sistema educacional capaz de admitir os erros e todas as dinâmicas reflexivas do percurso. Assim, fundamentado em algumas teorias científicas, dentre elas a teoria do Caos, surge o Pensamento Complexo.

A Complexidade busca atuar exatamente no processo de transmissão do conhecimento, de modo a considerar o sujeito e o objeto de estudo inseparáveis, logo “a complexidade diz respeito não apenas à ciência, mas também à sociedade, à ética e à política. É, portanto, um problema de pensamento e de paradigma que envolve uma epistemologia geral.” (MORIN,2003).

Essa teoria caracteriza-se ainda por não excluir nenhuma idéia, por defender a dialógica, a recursividade, a hologramaticidade e a holoscópica. É um pensamento que admite as incertezas e o simples, mesmo criticando a simplificação como afirmou Edgar Morin , no livro Educar na Era Planetária, “a complexidade não é nem a simplificação colocada às avessas, nem a eliminação do simples: a complexidade é a união da simplificação e da complexidade”, ela possibilita a construção de um pensamento que se forma passo à passo e, com isso, tem como estratégia o método. Dessa forma, a Complexidade, assim como a teoria do Caos, rompe com o determinismo e a fragmentação do saber defendido pelo pensamento cartesiano.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A transmissão de conhecimento é o principal condicionante do processo de ensino-aprendizagem, na verdade a prioridade está em *como deve ocorrer esse processo?* Se a educação significa a formação de um indivíduo, não podemos, portanto, limitá-los à visão do professor, devemos desenvolver no aluno a capacidade de construir da sua própria percepção do mundo. Para isso, a escola deve assumir uma postura objetiva na exposição das disciplinas, deve considerar as individualidades de seus alunos e as imprevisibilidades do processo educativo.

Por isso, o pensamento complexo se fundamenta na enunciação de macroconceitos, os quais foram formados por conceitos mais simples, até então separados, “Os macroconceitos associam conceitos que se excluem e se contradizem, mas que, uma vez criticamente associados, produzem uma realidade lógica mais interessante e compreensiva do que quando se encontram separados” (MORIN,2003). Caracterizamos assim a Complexidade como uma teia que une todas as áreas do conhecimento objetivando a transposição das barreiras do saber, através do englobamento das partes do sistema educacional.

Para essa teoria pedagógica o homem não pode ser visto apenas como um ser biológico, ou cultural, ou social, ele deve ser enxergado como um ser completo, como afirma claramente Edgar Morin no livro Educar na Era Planetária:

“A concepção das antropologias culturalistas que negam a realidade biológica do homem, bem como os biologicismos que acreditam que a cultura está determinada pela biologia, são descendentes de um pensamento redutor, simplificador e logicamente excludente. Como o é também o pensamento daqueles que crêem que tudo é determinista ou que tudo é aleatório. Eles não compreendem que um mundo totalmente determinista seria tão absurdo quanto um mundo no qual só existisse o acaso. A fenomenologia natural, biológica e humana é uma mistura de ordem/desordem, necessidade/acaso, estabilidade/dinamismo.” (Morin, 2003)

Portanto, é importante se discutir a construção de um conhecimento pedagógico que considere a Terra e todos os sistemas nela existentes em sua totalidade complexa física/biológica/antropologicamente. E o homem tem que ser educado em sua totalidade e particularidades, de modo a permitir à humanidade a possibilidade de compreensão do mundo de acordo com seus próprios princípios.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERGÉ, Pierre et al. **Dos ritmos ao caos**. São Paulo: UNESP, 1996.

BRIGGS, John e Peat F. David. **A sabedoria do caos:** sete lições que vão mudar sua vida. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

COLOM, Antoni J. **A (des)construção do conhecimento pedagógico:** novas perspectivas para a educação. Porto Alegre: Artmed, 2004.

MORIN, Edgar et al. **Educar na Era Planetária:** o pensamento complexo como método de aprendizagem no erro e na incerteza humana. São Paulo: Cortez; Brasília: UNESCO, 2003.