

## O simples e o complexo na educação científica: da ciência à formação docente

Gisele Lemos Shaw  
gisele.shaw@univasf.edu.br  
Professora Auxiliar da Universidade Federal do Vale do São Francisco

### Resumo

O presente texto provém de reflexões acerca das relações entre educação científica e a complexidade. A partir da revisão de bibliografias que discutem o complexo, a educação científica e a formação docente, este trabalho objetiva situar a educação científica no paradigma da complexidade. O trabalho é introduzido a partir da contextualização do paradigma da complexidade no universo científico, apresentando a imersão da complexidade em várias áreas do saber (biologia, química, física e matemática). No primeiro tópico discute-se a identidade complexa da prática educativa, alguns de seus componentes e a necessidade do pensar complexo. Em seguida, analisa-se o posicionamento docente frente ao complexo, as concepções didático-epistemológicas docentes e as lógicas avaliativas.

### Introdução

Uma das questões mais abordadas durante o século XXI é a complexidade. Os problemas e descobertas surgidas nas ciências no decorrer dos últimos séculos trouxeram à humanidade a percepção de que o universo não obedece a leis simplistas. O desenvolvimento da física, química, matemática e biologia passam a requerer uma nova compreensão de mundo, que possa responder às indagações dos cientistas, uma compreensão acessível ao campo da complexidade. O determinismo laplaciano do século XIX, baseado na mecânica newtoniana, não mais concernia com o novo espírito científico: “O êxito das teorias científicas, sobretudo da teoria da gravitação de Newton, levou o cientista francês Marquês de Laplace, no início do século XIX, a argumentar que o Universo era completamente determinista.” (HAWKING, 1994, p.36).

O problema da complexidade surge a partir de necessidades impostas pelo próprio saber científico. A realidade previsível, objetiva, mecânica e linear torna-se um obstáculo ao conhecimento de mundo. A ideologia mecanicista moderna passa a ser limitada pelos seus próprios conceitos, requerendo uma nova forma de pensar, flexível e antidiscriminatória. Vasconcellos (2002, p. 180) afirma a necessidade de uma revisão de conceitos em virtude da percepção de uma nova ordem das coisas:

Penso que o pensamento complexo é fundamental sim, mas apenas se for pensado como uma dimensão do pensamento sistêmico novo-paradigmático. Um pensamento complexo não dará conta de realizar a transdisciplinaridade se não fizer também a inclusão do sujeito, assumindo a objetividade entre parênteses.

O tema da complexidade é difundido principalmente em junho de 1984, no Colóquio de Cérisy, na França, denominado “As Teorias da Complexidade”, quando cientistas de diversas áreas uniram-se para reconhecer a existência de uma realidade além do pensamento moderno. Um dos autores que mais referem-se ao tema é Edgar Morin (2000, p. 38), destacando a necessidade de um saber complexo:

O conhecimento pertinente deve enfrentar a complexidade. Complexus significa o que foi tecido junto; de fato, há complexidade quando elementos diferentes são inseparáveis constitutivos do todo (como o econômico, o político, o sociológico, o psicológico, o afetivo, o mitológico), e há um tecido interdependente, interativo e inter-retroativo entre o objeto do conhecimento e seu contexto, as partes e o todo, o todo e as partes, as partes entre si.

A matemática da complexidade é reconhecida ainda no século XVII a partir da necessidade de resolver questões que exigem um pensamento não linear, como a descrição do movimento de um corpo animado com velocidade variável. De acordo com Hawking (1994, p. 37): “Para prever a posição e a velocidade futuras de uma partícula, é necessário poder medir com precisão a sua posição e velocidade atuais”. Descartes e Newton empenharam-se nessa descoberta até que Newton pôde formular uma estratégia de resolução conhecida como cálculo diferencial, que introduziu ao contexto científico a noção de infinito.

Após o século XX outros pensamentos complexos surgem na matemática, comprovando a existência massiva de soluções não simplistas. A teoria do caos<sup>1</sup> proposta em 1960 por Edward Lorenz rompe com o determinismo proposto por Laplace. A partir de observações climáticas, Lorenz cria o conceito de efeito borboleta<sup>2</sup>, que comprova que mudanças diminutas de estado podem ocasionar grandes consequências, o que torna impossíveis previsões em longo prazo – a comunidade científica então passa a conceber a validade dos estudos acerca do caos. Afirma Gleick (1991, p. 7) que:

Com o curso da revolução no caos, os melhores físicos se estão voltando, sem constrangimento, para os fenômenos em escala humana. Estudam não apenas as galáxias, mas as nuvens. [...] Não obstante, a ordem surge espontaneamente nesses sistemas – o caos e a ordem, juntos. Só um novo tipo de ciência poderia começar a atravessar o grande abismo entre o conhecimento daquilo que uma coisa faz – uma molécula de água, uma célula de tecido cardíaco, um neurônio – e o que milhões delas fazem.

A teoria do caos de Lorenz veio quebrar paradigmas de linearidade e de determinismo mecanicista. A partir da descoberta dos fenômenos caóticos, diversos físicos tiveram então respostas para muitas de suas indagações sobre linhas de fuga<sup>3</sup> que ocorriam em suas pesquisas. O estudo do caos pôde revelar uma dinâmica nos sistemas, antes considerados estáticos dentro de uma natureza determinista.

Entre 1960 e 1970, Benoît Mandelbrot<sup>4</sup> inventa o conceito de geometria fractal. Passa a observar a geometria da natureza a perceber que suas formas superam as descrições formais euclidianas. De acordo com Gleick (1991, p. 120), Mandelbrot deu à “ciência do caos”<sup>5</sup> uma “[...] linguagem indispensável e um catálogo de imagens surpreendentes da natureza”. Benoît Mandelbrot

1 Caos diz respeito à teoria que explica o funcionamento de sistemas complexos e dinâmicos. Nesses sistemas os resultados de variações e interações de elementos podem ser aleatórios, não determinados. Vários pesquisadores estudaram o caos principalmente após o século XX, mas preferiam esconder dos outros cientistas seus estudos por não ter certeza sobre sua validade. Um dos estudos que mais têm proeminência acerca da Teoria do Caos é o conceito de efeito borboleta de Edward Lorenz. Ver Caos, de James Gleick, nas Referências deste artigo.

2 Edward Lorenz, matemático e meteorologista dos Estados Unidos da América, em seus estudos sobre a teoria do caos a partir da análise de condições atmosféricas, observou que a mudança das condições iniciais de um processo gerava variações do percurso, fenômeno esse que classificou como efeito borboleta. Após ter criado um modelo matemático para determinação acerca do movimento do ar na atmosfera, Lorenz pôde observar a formação de um sistema que não repetia os padrões determinados; esse sistema foi nomeado como atrator de Lorenz (GLEICK, 1991, p. 20-27).

3 As linhas de fuga são um conceito provindo da figura de rizoma proposta por Deleuze e Guatárri (1995, p. 17): “A Linha de fuga marca, ao mesmo tempo: a realidade de um número de dimensões finitas que a multiplicidade preenche efetivamente; a impossibilidade de toda dimensão suplementar, sem que a multiplicidade se transforme segundo esta linha [...]”. A figura de rizoma por sua vez é uma representação filosófica que traz uma estrutura simbólica que representa um sistema múltiplo, plural, desprovido de hierarquias.

4 Matemático polonês que propôs o conceito de geometria para abranger a classificação das formas encontradas na natureza, o que não era contemplado pela geometria euclidiana.

5 Termo utilizado por James Gleick (1991, p.120).

encontra uma geometria formada a partir de padrões ordenados. A forma fractal é delineada a partir da repetição das partes na constituição do todo que tem a mesma forma de cada parte. Conforme Barbosa (2002, p. 10):

Na constituição de nosso mundo, da natureza em geral, por mares e oceanos, separando os continentes e ilhas, com suas costas, suas montanhas e rios, rochas, plantas e animais, e acima as nuvens etc., temos componentes com suas formas nas quais dominam a irregularidade e o caos; tentar simplificá-las, empregando formas usuais da clássica geometria euclidiana, com triângulos, círculos, esferas, cones, etc., seria absurdamente inadequado. A geometria dos fractais pode fornecer aproximações para essas formas.

Na biologia a idéia de Teia da Vida passa a responder às indagações acerca das relações no meio natural. De acordo com Capra (1996) a noção de ecossistema passa a ser pensada a partir dos conceitos de comunidade e rede, no sentido de distribuição de matéria e energia. A compreensão de organismos também perpassa pelo mesmo pensamento, em uma visão de rede de células tecidos, sistemas e órgãos. O autor afirma:

Sabemos hoje que, em sua maior parte, os organismos não são apenas membros de comunidades ecológicas, mas também são, eles mesmos, complexos ecossistemas contendo uma multidão de organismos menores, dotados de uma considerável autonomia, e que, não obstante, estão harmoniosamente integrados no funcionamento do todo. Portanto, há três tipos de sistemas vivos – organismos, partes de organismos e comunidades de organismos – sendo todos eles totalidades integradas cujas propriedades essenciais surgem das interações e da interdependência entre suas partes. (CAPRA, 1996, p. 44)

Na química, a necessidade de um pensamento complexo surge principalmente a partir do desenvolvimento das teorias atômicas. As indagações sobre a dialética de o elétron comportar-se como partícula ou onda passa a gerar agitação no meio científico. Nesse momento, Heisenberg surge com seu Princípio da Incerteza, afirmando que não se pode determinar a velocidade e a posição de uma partícula ao mesmo tempo, o que gera a incerteza, a superação de um modo simplista de pensar.

Heisenberg mostrou que a incerteza quanto à posição da partícula a multiplicar pela incerteza da sua velocidade e pela massa da partícula nunca pode ser menor do que certa quantidade, que é conhecida por constante de Planck. Além disso, este limite não depende da maneira como tentamos medir a posição ou a velocidade da partícula ou do seu tipo: o princípio da incerteza de Heisenberg é uma propriedade fundamental e inevitável do mundo. (HAWKING, 1994, p. 37-38)

O lançamento do Princípio da Incerteza de Heisenberg deflagra o surgimento da mecânica quântica, uma das grandes teorias da ciência contemporânea, junto a Teoria da Relatividade, de Einstein, e à Teoria do Caos.

Esta ideia levou Heisenberg, Erwin Schrodinger e Paul Dirac a reformular a mecânica, nos anos 20, numa nova teoria chamada mecânica quântica, baseada no princípio da incerteza. Nesta teoria, as partículas deixaram de ter posições e velocidades distintas e definidas, que não podiam ser observadas. Em vez disso tinham um estado quântico resultante da combinação da posição e velocidade. (HAWKING, 1994, p. 38)

A ascensão da Física Quântica força a comunidade a finalmente aceitar o pensamento complexo. Percebe-se que o nível subatômico requer padrões inter-relacionais de comportamento: em nível subatômico os átomos não podem ser considerados como entidades isoladas, mas elementos correlacionados. A compreensão das coisas passa a pressupor a importância dos processos.

O presente estudo visa a situar os docentes que trabalham com educação científica no paradigma da complexidade. O professor de ciências da atualidade deve repensar sua prática a partir do pensamento complexo e suas implicações. A complexidade surge como um paradigma que atende as proposições impostas pela própria realidade contemporânea e que perpassam pelas práticas

educativas docentes: a operacionalização da aula, a instrumentalização do erro, a aquisição do saber e as práticas avaliativas.

## O complexo na praxis educativa

No sistema educativo, o problema da complexidade gera polêmicas por movimentar debates em torno da suplantação da fragmentação do saber, da hiperespecialização, da compartimentação do conhecimento. Para Carvalho e Gil-Perez (1993), a visão simplista do ensino é um dos grandes entraves a um ensino de qualidade, e o professor é um sistema complexo. Além da concepção da multidimensionalidade do professor e sua condição humana<sup>6</sup> (ser físico, emocional, psicológico, religioso, mítico etc.), é necessário conceber que o ensino também é multidimensional, pois se articula com os âmbitos político, econômico, histórico e filosófico do próprio professor, do aluno e de todos os entes envolvidos, a comunidade escolar e a comunidade extraescola.

Perceber o universo como um sistema complexo implica considerar que a realidade em que se vive não pode ser simplificada nem fragmentada, ou seja, reduzida a unidades isoladas, mas sim que estas unidades são relações de nós do rizoma<sup>7</sup>, uma vez que cada parte do universo atua de modo interligado e interrelacional. Em relação ao ensino de ciências, pensar complexamente implica não conceber as disciplinas, a instituição educativa, os conteúdos, a sala de aula e o planejamento como unidades fechadas e sim como unidades inter-relacionadas. O exemplo é por meio da consideração dos diversos conceitos e ideias que são apresentadas pelos alunos para a construção dos conceitos.

Uma forma de superar os conceitos fechados é por meio do uso de mapas conceituais. Este tipo de abordagem guarda as características de um sistema auto-organizado e complexo, não linear, com muitos pontos de entradas e conexões e que evolui. Portanto, para a apresentação de um conteúdo, o recurso do mapa conceitual, à semelhança de um rizoma ou rede, parece mais propício<sup>8</sup>.

Pensar o complexo no ensino de ciências significa compreender que a comunidade educacional não é isolada do mundo e assim sendo não pode agir de modo individualizado - o processo de decisão interno da escola deve considerar o seu entorno. A comunidade educacional considerada como sistema complexo é um sistema ecológico e precisa agir de modo articulado com o contexto familiar dos sujeitos envolvidos no meio educativo, com a sociedade local na qual se insere e de modo coordenado com a sociedade planetária e global.

Morin (1977, p. 22) afirma que o método a ser utilizado frente a todas as mudanças na ciência deve ser “reorganizar o nosso sistema mental para reaprender a aprender”. A complexidade em Morin perpassa pela conscientização do homem a aprender a viver imerso em um universo plural, múltiplo, onde enfrentamos incertezas, uma diversidade de saberes, em que o homem necessita resgatar sua identidade terrena e sua condição humana<sup>9</sup>.

Na perspectiva da complexidade apresentada por Morin, a aquisição de conteúdos conceituais mostra ser insuficiente à imersão em um contexto complexo. De acordo com Zabala (1998) e de acordo com os conceitos de Morin, a função do ensino deve abranger os âmbitos conceitual,

6 A condição humana é discutida na obra de Edgar Morin Os sete saberes necessários à educação do futuro.

7 Vide nota número 3.

8 Antônio Carlos Amorim, no livro Currículo de ciências em debate, utiliza a figura do rizoma para traçar a produção dos conhecimentos em sala de aula. Segundo Amorim (2004, p.158): “Os traçados formaram-se em expansões, fraturas, conquistas e aberturas nos quadros convencionalmente produzidos na área de ensino das ciências”. A figura do rizoma é um modelo muito utilizado no universo da complexidade por remeter à pluralidade, à conectividade.

9 Vide Os Sete saberes necessários à educação do futuro, de Edgar Morin.

procedimental e atitudinal. É necessário que, além de saber, o indivíduo aprenda a fazer e a ser, que desenvolva competências, habilidades, valores e normas essenciais à convivência pacífica em um mundo plural<sup>10</sup>.

Enfrentar a complexidade na educação científica significa perceber a conexão entre todas as partes envolvidas no processo. Isso significa em nível escolar trabalhar a partir de problemas e projetos interdisciplinares<sup>11</sup>. Conceber o âmbito educacional como inserido e contextualizado em uma sociedade maior, implica estimular a transdisciplinaridade<sup>12</sup>, trazer às instituições educativas temas vigentes e operantes na sociedade planetária, de modo a estimular o desenvolvimento de competências necessárias à formação de seres humanos que saibam interferir no seu meio social de modo construtivo e responsável.

## Epistemologia docente x complexidade

A epistemologia docente deve estar ancorada ao enfrentamento da complexidade. Perrenoud et al. (2002, p. 14) apontam as competências necessárias ao profissional docente do século XXI, indispensáveis à lida com o novo contexto de complexidade e contradições, destacando como referência um professor que fosse:

1. Organizador de uma pedagogia construtivista;
2. Garantia do sentido dos saberes;
3. Criador de situações de aprendizagem;
4. Administrador da heterogeneidade;
5. Regulador dos processos e percursos de formação.

Na perspectiva docente proposta por Perrenoud et al. (2002), para atuação no século XXI o enfoque seria a formação de um profissional que fosse instrumentalizado em termos de competências para o enfrentamento de situações complexas, incertas, diversas. As competências propostas acima demonstram a indeterminação dos acontecimentos escolares e a preparação para a diversidade.

Bachelard (1996) defende que um dos pressupostos básicos à educação científica é a superação dos obstáculos epistemológicos. De acordo com Bachelard, o progresso da ciência depende da superação desses obstáculos impostos pela própria realidade e pensamento. Barbosa (1996) ressalta que os obstáculos epistemológicos citados por Bachelard não se referem aos obstáculos externos, como a complexidade, mas sim aos conhecimentos mal construídos e à imediatez<sup>13</sup>.

O pensamento de Bachelard sobre superação de obstáculos epistemológicos remete-nos justamente à necessidade de superação da visão simplista. Por exemplo, o indutivismo na sala

10 Pensar a função social do ensino dentro desses três âmbitos – conceitual, procedimental e atitudinal, materializa, de certa maneira, a proposta de Morin (1977) em unir as ciências da natureza à realidade antropológica.

11 De acordo com Araújo (2002, p. 29): “A interdisciplinaridade se traduz numa perspectiva de articulação interativa entre as diversas disciplinas no sentido de enriquecê-las através de relações dialógicas entre os métodos e conteúdos que as constituem”. Portanto, a interdisciplinaridade relaciona-se com um “diálogo entre as disciplinas”.

12 Ressalta-se a necessidade do trabalho disciplinar tendo em vista a superação da fragmentação do saber e o descaso com o mundo, com a natureza: “Considerando que a vida está fortemente ameaçada por uma tecnociência triunfante que obedece apenas à lógica assustadora da eficácia pela eficácia”. (CARTA DE TRANSDISCIPLINARIDADE, 1994). De acordo com Araújo (2002, p. 30): “A transdisciplinaridade se territorializa entre, através e além das disciplinas e das suas especificidades e fronteiras, vislumbrando a unidade do conhecimento mediante os traços de sua diversidade”. A transdisciplinaridade suplanta o âmbito disciplinar por trabalhar com assuntos que perpassam a fragmentação, ao contrário, ancora-se na lógica da inter-relação, contempla assuntos que são de interesse mundial.

13 Gaston Bachelard (1884-1962), professor da Sorbonne, explica em seu livro *A formação do espírito científico* que existem vários obstáculos que devem ser enfrentados para a aquisição do conhecimento, tais como a experiência primeira, o conhecimento geral, o substancialismo.

de aula leva-nos a uma visão simplista de universo: a concepção indutivista de que, a partir de procedimentos investigativos objetivos concretos o investigador vá alcançar um conhecimento pronto da própria natureza. Ao estabelecer exercícios fechados e pré-conceituados no quadro, o professor assume essa perspectiva. A conceitualização imediata de um conteúdo ao aluno também faz parte dessa perspectiva.

O professor que lida com o complexo assume o conhecimento como isento de verdades indubitáveis. Lança problemas, escuta, motiva, desafia. A concepção do momentum-aula como um sistema aberto pressupõe o enraizamento de ideias, a receptividade a argumentos e a concepções alternativas.

Em se tratando da perspectiva evolutivo-construtivista de Popper e Lakatos<sup>14</sup> como influenciadora de modelos didáticos, por exemplo, a aquisição de conhecimentos é um processo complexo, que envolve a descrição, o envolvimento e a ação sobre a realidade, sujeita a todos os tipos de influências e saberes prévios. Nessa perspectiva, a mera observação da aula expositiva ministrada pelo professor não garante a construção do saber, mas sim a interferência, a ação, o envolvimento com o conteúdo.

Algumas premissas inerentes à simplificação na educação, provinda de epistemologias absolutistas<sup>15</sup> devem ser abandonadas pelo professor da contemporaneidade. O modelo tradicional de ensino, de acordo com Harres (1999), baseia-se em uma concepção epistemológica absolutista. A eliminação do erro, a transmissão do saber e o uso da avaliação como instrumento de criação de hierarquias<sup>16</sup> em sala de aula, por exemplo, partem de uma perspectiva simples e linear de universo, incompatíveis com a realidade complexa. A concepção do erro assumida como sinal de fracasso do aluno provém de representações de uma ciência infalível, a concepção de ensino como transmissão do saber valoriza apenas a memorização de conteúdos em detrimento da aprendizagem significativa<sup>17</sup> e a avaliação como promotora de desigualdades gera fracasso e evasão escolar.

O conceito de erro enquanto sinal de fracasso está vinculado à noção de ciência enquanto um ente fechado, infalível, a percepção de que não existem verdades indubitáveis, de que a cada época defrontamo-nos com uma gama de paradigmas<sup>18</sup>. De acordo com Lopes (1996, p. 252-

14 Recorrer ao trabalho de Epistemologia e modelos didáticos no ensino de ciências de João Batista Harres, que explica que os modelos didáticos evolutivo-construtivistas relacionam-se às contribuições da epistemologia, em que ele inclui Popper, Lakatos, Kuhn, Feyrabend e Toulmin.

15 As epistemologias absolutistas são descritas por Harres em seu texto Epistemologia e Modelos Didáticos no Ensino de Ciências e referem-se a concepções epistemológicas em que a verdade científica está contida no meio ou na razão. Em um outro artigo, intitulado “Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a Natureza da ciência e suas implicações para o ensino”, acerca das concepções epistemológicas docentes, Harres discute que a maioria dos professores investigados tem concepções absolutistas acerca da natureza da ciência e isso relaciona-se à sua práxis pedagógica. Harres, em referência a Porlan, cita no texto que grande parte dos professores têm concepções empiristas acerca da natureza da ciência e racionalistas em relação ao ensino.

16 Vide Phillipe Perrenoud em “Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens”. O autor afirma que o processo avaliativo do modo como tem sido operacionalizado em muitas escolas tem gerado hierarquias de excelência na medida em que classifica os alunos por meio do fracasso ou do êxito, a partir de instrumentos homogeneizadores. A avaliação, entretanto, deve ser concebida como um momento de tomada de decisão para recondução do processo de ensino, de modo a considerar as diferenças e peculiaridades.

17 O conceito de aprendizagem significativa é o conceito base da teoria de David Ausubel, médico-psiquiatra dos Estados Unidos da América que se dedicou à psicologia da educação. De acordo com Ausubel (apud MOREIRA, 1999, p. 153): “Aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como *conceito subsunçor*, ou simplesmente *subsunçor*, existente na estrutura cognitiva do indivíduo.” Moreira esclarece que a palavra *subsunçor* não existe em português, significando algo equivalente a “facilitador”.

18 Vide Thomas Kuhn em sua obra A estrutura das revoluções científicas em que ele aborda o conceito restrito e o conceito geral de paradigmas. De acordo com Fernanda Ostermann, em um artigo intitulado “A epistemologia de Kuhn” (1996, p. 186), o conceito geral refere-se “ao conjunto de compromissos de pesquisas de uma comunidade científica”

253) em referência ao pensamento de Bachelard acerca do erro na aquisição do conhecimento científico:

Bachelard, ao contrário, defende que precisamos errar em ciência, pois o conhecimento científico só se constrói pela retificação desses erros. Como seu objetivo não é validar as ciências já prontas, tal qual os partidários das correntes epistemológicas lógicas, o erro deixa de ser interpretado como um equívoco, uma anomalia a ser extirpada.

Em uma perspectiva simplista, o erro é considerado um entrave à aquisição do saber. Essa ideia de erro é provinda da concepção absolutista de que o conhecimento deve ser transmitido do professor, detentor do saber, ao aluno, receptor do conhecimento, que deve ser gradativamente acumulado: “[...] os professores empiristas são aqueles que não acreditam que o aprendiz constrói ideias próprias sobre o mundo, ou, quando acreditam que existem, as vêem como erros a eliminar” (HARRES, 1999, p. 6).

Mizukami (1986, p. 11) assegura que: “A educação é um processo amplo para alguns autores, mas na maioria das vezes é entendida como instrução, caracterizada como transmissão de conhecimentos e restrita à ação da escola”. Essa abordagem pedagógica, conceituada como abordagem tradicional, desconsidera o aluno como um sujeito construtor de saberes, ativo no processo de ensino-aprendizagem e possuidor de conhecimentos prévios.

O professor que sabe conviver com a realidade complexa assume o erro como um ponto de condução do processo de ensino-aprendizagem – a existência do erro redimensiona o trabalho do professor em busca do alcance dos objetivos educacionais.

O sistema avaliativo utilizado em grande parte das instituições educacionais ainda hoje pode ser considerado simplista. Ele parte da prerrogativa de que a avaliação deve selecionar os alunos aptos que obtiveram êxito no processo de transmissão do saber. Esse tipo de processo avaliativo pressupõe que os alunos são iguais, com níveis iguais de estruturas cognitivas e de desenvolvimento de competências.

Ensinar e especificamente avaliar em um universo complexo significa conceber e valorizar a complexidade – implica avaliar os alunos em relação aos seus progressos, de modo a conduzir o trabalho didático. Esse tipo de avaliação pressupõe a concepção de que o processo de construção do saber não é neutro e depende de subjetividades, interferências externas e estruturações internas de cada indivíduo.

## Considerações finais

Este estudo destinou-se a refletir acerca da complexidade e suas implicações educacionais. A partir da revisão de textos e livros que discutem o pensamento complexo, buscou-se fazer a análise das suas implicações de modo a gerar o repensar das práticas e do próprio pensamento docente. É necessário ressaltar que os aspectos abordados nesse trabalho são tratados de maneira sintética, sendo que os pontos aqui discutidos não foram esgotados.

As questões pontuadas neste texto trazem reflexões acerca de diversos componentes e conceitos da prática docente: o erro, a aquisição do conhecimento e a avaliação. De acordo com as discussões abordadas neste trabalho, pode-se afirmar que não existem receitas prontas ao trabalho do professor que trabalha com o ensino de ciências. Porém, segundo os estudos levantados, existem

---

enquanto o conceito restrito remete à expressão de matriz disciplinar onde explica que se refere “a uma posse comum aos praticantes de uma disciplina particular; “matriz” porque é composta de elementos ordenados de várias espécies [...]”.

algumas orientações que podem contribuir no processo de ensino-aprendizagem de ciências para o enfrentamento da realidade complexa:

- Aprender a viver com as incertezas, pois não existem verdades fechadas, estanques;
- Conceber que tanto o professor quanto o aluno são seres complexos e multidimensionais e devem ser considerados em suas diversas dimensões;
- Perceber que no processo educativo todos os elementos estão inter-relacionados e devem ser considerados (os conteúdos de aprendizagem, a escola, o planejamento, a avaliação, o currículo, a comunidade escolar, a comunidade extraescola, entre outros);
- Reconhecer a importância dos trabalhos interdisciplinares e transdisciplinares como possibilidades de conexão entre as diversas áreas do saber e inclusão de temas de relevância planetária;
- Trabalhar para o desenvolvimento de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de modo a auxiliar no desenvolvimento de competências, habilidades e atitudes pelos alunos;
- Considerar o erro como um pressuposto à aprendizagem;
- Considerar que o aluno é um sujeito ativo do processo de ensino-aprendizagem, possuidor de conhecimentos prévios e construtor de saberes;
- Perceber que o processo avaliativo deve considerar a diversidade e deve ser concebido como instrumento de acompanhamento do processo de ensino-aprendizagem.

As orientações citadas acima baseiam-se nas discussões atuais do ensino delineadas no texto e que podem contribuir para a melhoria na qualidade do ensino de ciências e na articulação de seus diversos saberes (química, física, biologia e matemática). É necessário o repensar docente imergindo do paradigma da complexidade, pois isso será refletido nas suas concepções epistemológicas e na sua práxis – essa reflexão pode ser gerida da articulação entre professores da universidade e da educação básica que podem, juntos, operacionalizar as discussões propostas.

## Referências

AMORIN, Antônio Carlos Rodrigues. Os roteiros em ação: multiplicidade na produção de conhecimentos escolares. In: LOPES, Alice Casimiro; MACEDO, Elizabeth. Currículo de ciências em debate. Campinas/SP: papirus, 2004. p. 153-192.

ARAÚJO, Miguel Almir L. de. Laços de encruzilhadas: ensaios transdisciplinares. Feira de Santana, BA: UEFS, 2002.

BACHELARD, Gaston. Trad. Estela dos Santos Abreu. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARBOSA, Elyana. Gaston Bachelard: o arauto da pós-modernidade. Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia, 1996.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; GIL-PÉREZ, Daniel, Formação de professores de ciências. São Paulo: Cortez, 1993.

CETRANS – Centro de Educação Transdisciplinar. Carta de Transdisciplinaridade. Primeiro Congresso Mundial de Transdisciplinaridade. Arrábida, Portugal, 1994. Disponível em <<http://www.cetrans.com.br>>. Acesso em: 31mar. 2010.

DELEUZE, Gilles e GUATTARI, Félix. Trad. Aurélio Guerra Neto e Célia Pinto Costa. Mil platôs. (vol.

1). Rio de Janeiro: Editora 34, 1995.

GLEICK, James. Caos: a criação de uma nova ciência. Tradução de Waltensir Dutra. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda., 1991.

HARRES, João Batista S. Epistemologia e modelos didáticos no ensino de ciências. In: Revista Educação, Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, v. 23, n. 40, p. 57-86, abr.2000.

\_\_\_\_\_. Uma revisão de pesquisa nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. In: Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 4, n. 3, p. 197-211, dez. 1999.

HAWKING, Stephen. Breve história do tempo: do Big Bang aos buracos negros. Trad. Ribeiro da Fonseca. Lisboa, Portugal: Gradiva Publicações Ltda., 1994.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. Bachelard: o filósofo da desilusão. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, v. 13, n. 3, p. 248-273, dez., 1996.

MIZUCAMI, Maria da Graça Nicoletti. As abordagens do processo. São Paulo: EPU, 1986.

MOREIRA, Marco Antonio. Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU, 1999.

MORIN, Edgar. Trad. Catarina Eleonora F. Da Silva e Jeanne Sawaya. Os sete saberes necessários à educação do futuro. São Paulo: Cortez, 2007

\_\_\_\_\_. O método - A Natureza da Natureza. Trad. Maria Gabriela de Bragança. Lisboa: Publicações Europa-América, LDA, 1997.

OSTERMANN, Fernanda. A epistemologia de Kuhn. In: Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, v. 13, n. 3, p. 184-196, dez, 1996.

PERRENOUD, Philippe. Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas. Trad. Patrícia C hittoni Ramos. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

PERRENOUD, Philippe; THURLER, Monica Gather; MACEDO, Lino de; MACHADO, Nilson José; ALLESSANDRINI, Cristina Dias. Trad. Cláudia Schilling e Fátima Murad. As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação. Porto Alegre: Artmed Editora, 2002.

VASCONCELLOS, Maria José Esteves de. Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência. 3. ed. Campinas, SP: Papirus, 2003.

ZABALA, Antoni. A prática educativa. Porto Alegre: Artmed, 1998.