

A perspectiva epistemológica de Humberto Maturana e suas contribuições para a Didática das Ciências

The epistemological perspective of Humberto Maturana and the contributions to the Didactics of Science

Michelle Camara Pizzato^{1,*}

Marco Antonio Moreira^{2,†}

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – Campus Porto Alegre

² Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

* michelle.pizzato@poa.ifrs.edu.br

† moreira@if.ufrgs.br

Resumo

Esse trabalho tem por objetivo apresentar uma estrutura teórica inspirada na perspectiva epistemológica de Humberto Maturana, sob a forma de modelo didático, tomando como referencial a noção de sistema autopoiético, suas noções correlatas – especialmente no que se refere ao sistema humano – e as concepções epistemológicas deste autor, derivadas de tais noções. Para tanto, foram escolhidos um conjunto de aspectos comumente considerados na Didática das Ciências, que foram analisados segundo as seguintes relações: o ato de observar e a aprendizagem como transformação na convivência; a ciência como um domínio explicativo; o acoplamento estrutural e as relações do estudante na escola; a relação entre erro e verdade; o explicar científico e o espaço psíquico do professor.

Palavras-chave: modelo didático, epistemologia, sistema autopoiético, formação de professores de ciências.

Abstract

This work aims to present a theoretical framework inspired by the epistemological perspective of Humberto Maturana, like a didactic model, taking as reference the notion of autopoietic system, its related notions - especially with regard to the human system - and epistemological conceptions. For this purpose, we selected a set of didactic aspects, which were analyzed according to the following relationships: the act of observing, and learning as transformation in living together; science as an explanatory domain; the structural coupling and the student's relations at school, the relation between error and truth; the act of explain the science and the psychic space of the teacher.

Key words: didactic model, epistemology, autopoietic system, science teacher education.

Epistemologia e desenvolvimento profissional docente

A importância do estudo de epistemologia para a formação de professores é apontada em várias pesquisas na área de didática das ciências (Jiménez Aleixandre y Sanmartí, 1995; Bianchini e Colburn, 2000; Paixão e Cachapuz, 2001). Parece consenso, nestas investigações, que tal estudo pode possibilitar aos docentes uma melhor compreensão da ciência que ensinam, ajudando-os na preparação e na orientação de suas aulas e na significação de suas propostas.

Uma das maneiras de promover o estudo de epistemologia na formação de professores de ciências e uma efetiva reflexão sobre sua relação com a educação científica é através da integração entre visões epistemológicas e concepções didáticas, sob a forma de modelos didáticos. A construção de modelos didáticos inspirados na epistemologia não é recente na didática das ciências (Aguirre et al., 1990; Porlán, 1993; Porlán et al., 1998).

Os modelos didáticos podem ser usados na formação de professores como objeto de estudo para identificar e avaliar os aspectos constituintes da prática docente tanto dos futuros professores como do formador. Neste sentido, servem como orientação de visão, e não como molde, forma ou representação abstrata, como a expressão *modelo* pode dar a entender.

Além de instrumento de análise, os modelos didáticos, uma vez que são modelos, podem servir também como orientação do desenvolvimento profissional docente. Neste sentido, seu principal valor estaria em não só auxiliar no diagnóstico das concepções e ações dos professores em relação a um modelo de referência, mas também em lhes possibilitar a identificação com um modelo de referência próprio, que possa orientá-los na busca por uma maior coerência entre suas concepções e suas ações.

Tendo isso em vista, elaboramos uma estrutura teórica inspirada na perspectiva epistemológica de Humberto Maturana, sob a forma de modelo didático (Porlán, 1993). A escolha de tal perspectiva epistemológica deve-se especialmente à funcionalidade desta para a Didática das Ciências, no sentido de que apresenta um papel significativo tanto na própria educação científica como na formação de professores de ciências. Essa funcionalidade também pode ser identificada em diversos trabalhos envolvendo propostas didáticas utilizando outras perspectivas epistemológicas como referente (Lopes, 1993; Mellado e Carracedo, 1993; Níaz, 1994; Colombo de Cudmani, 1999; Harres e Porlán, 1999; Gallego e Gallego, 2007).

Quanto às adaptações construídas, nossa intenção com elas não é realizar uma transposição integral de visões epistemológicas para visões didáticas, mas sim estabelecer relações de coerência entre as formas de ver dois processos de evolução de conhecimento: o científico-acadêmico e o cotidiano-escolar. Vários trabalhos na Didática das Ciências têm se dedicado a essas analogias, por acreditarem na existência destas relações de coerência. No entanto, não pretendemos - e nem conseguiríamos - refletir todos os aspectos concernentes à perspectiva epistemológica estudada, mesmo porque acarretaria na elaboração de um modelo com uma especificidade tão grande inimaginável para a aplicação na área de didática das ciências. Assim como cremos que a ciência escolar deve ser coerente com a ciência erudita, mas sem reduzir-se a uma cópia linearmente derivada dela, também o uso didático da epistemologia deve ser coerente com a epistemologia acadêmica, mas não idêntico em sua integridade e formalismo, como expressa Adúriz-Bravo (2001):

(...), estamos de acordo com certo grau de distorção funcional da epistemologia para adequá-la aos fins da didática das ciências, que é o mesmo que aceitamos como lícito no caso das próprias ciências naturais durante o processo de transposição didática. (Adúriz-Bravo, 2001, p. 87)

Para a construção deste modelo didático, utilizamos como referências apenas as

publicações mais conhecidas e características de Maturana, que contivessem os principais conceitos passíveis de reflexão relacional com o ensino de ciências, e potencialmente instigadores de uma tomada de consciência sobre aquilo que ensinamos como ciência. Os aspectos didáticos escolhidos para tal reflexão (Quadro 1) tomaram por base os indicadores identificados no trabalho de Pizzato e Harres (2007), e tanto estes âmbitos como o modelo que apresentaremos a seguir foram validados por três especialistas em epistemologia na área de Didática das Ciências.

Natureza e Mudança das idéias dos alunos (Aprendizagem)	Definição de idéias dos alunos
	Conceito da aprendizagem
	Mecanismo de Aprendizagem
	Condições para a Aprendizagem
Critérios para explicitação e avaliação das idéias dos alunos	Intenção das perguntas
	Categorização e valorização dos dados
	Fontes de referência para avaliação
	Objetivos da avaliação
Critérios para escolha e formulação dos conteúdos	Motivo da escolha de conteúdos
	Sujeito da escolha
	Fontes de referência para a escolha de conteúdos
Critérios para a elaboração da metodologia de ensino	Tipo de atividade
	Seqüência metodológica
	Objetivos da metodologia
Relações humanas	professor-aluno
	aluno-aluno

Quadro 1: aspectos didáticos considerados para a elaboração do modelo didático.

Uma proposta de modelo didático inspirada nas concepções epistemológicas de Humberto Maturana

Em relação aos autores comumente estudados na área de Didática das Ciências, Maturana apresenta um enfoque diferenciado sobre a epistemologia, na medida em que analisa a ciência sob uma ótica muito mais científica do que racionalista ou histórica. Sua teoria epistemológica se desenvolve através da produção de uma teoria científica da cognição que explica o conhecimento enquanto atividade biológica cultural humana.

Neste trabalho, apresentaremos inicialmente o fundamento da teoria epistemológica de Maturana – a noção de sistema autopoietico -, enfatizando alguns aspectos presentes em suas produções, tais como o determinismo estrutural, a interação sistema-meio e as configurações do viver relacional – o emocionar, o raciocinar e o linguajar -, para, em seguida, discutirmos as concepções epistemológicas do autor e realizarmos as aproximações didáticas.

Fundamentos: a noção de sistema autopoietico

Para Maturana (2002a; Maturana e Varela, 2005), os seres humanos, assim como os demais sistemas vivos, são sistemas autopoieticos¹, isto é, sistemas dinamicamente fechados, estruturalmente determinados, constituídos pela circularidade de seus processos e que operam

¹ A palavra **autopoiesis**, por sua vez, poderia ser traduzida do grego como **autocriação**.

sob a conservação de sua organização². Isso significa dizer que estamos constituídos de tal modo que nada externo que nos afete pode especificar o que nos sucede, e que os agentes externos que nos afetam somente podem promover mudanças estruturais que nós próprios determinamos. Tais mudanças surgem tanto através da dinâmica interna autônoma do sistema como através das mudanças estruturais desencadeadas na interação do sistema com o meio.

As interações de um sistema vivo com o meio (Figura 1) são recorrentes, constituindo-se em perturbações recíprocas cujo resultado será uma história de mudanças estruturais mútuas e congruentes, que Maturana e Varela (2005) denominam ontogenia. Estas mudanças ontogênicas seriam a expressão do processo interativo recorrente e recursivo denominado **acoplamento estrutural**.

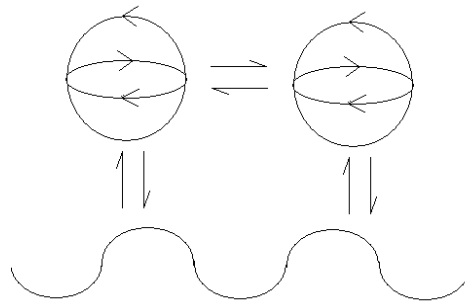


Figura 1: Interações de sistemas vivos com o meio (retirado de Maturana e Varela, 2005)

O sistema nervoso humano, por sua vez, funciona distinguindo, na sua interação com o meio – isto é, no viver relacional - configurações associadas a três aspectos fundamentais do conviver: o emocionar, o linguajar e o raciocinar (Maturana, 2002a). Aquilo que distinguimos como *emoções* são disposições corporais que especificam a cada instante o domínio de ações em que se encontra um animal (humano ou não), e o *emocionar*, como o fluir de uma emoção a outra, é o fluir de um domínio de ações a outro. Já a linguagem (ou *linguajar*), como fenômeno biológico, consiste num fluir de interações recorrentes que constituem um sistema de coordenações consensuais de coordenações consensuais de conduta.

As relações humanas se dão por um entrelaçamento contínuo de domínios relacionais (emoções) e recorrentes coordenações consensuais de conduta (linguagem), que denominamos conversações. Sendo assim, tudo o que fazemos em conversações modula o fluxo de mudanças estruturais (aprendizagem) e “chegamos a ser em nosso fluxo estrutural segundo sejam as conversações nas quais participamos” (op.cit., p. 47). Ou seja, é no fluir entrelaçado de emocionar e linguajar que mudamos o *raciocinar*; ou seja, aprendemos.

Relativismo Biológico-cultural: concepções e reflexões didáticas

A) O ato de observar e a aprendizagem como transformação na convivência

A partir destas noções, Maturana apresenta seu entendimento sobre “observação”:

Observar é o que nós, observadores, fazemos ao distinguir na linguagem os diferentes tipos de entidades que trazemos à mão como objetos de nossas descrições, explicações e reflexões no curso de nossa participação nas diferentes conversações em que estamos envolvidos no decorrer de nossas vidas cotidianas,

² Entende-se por **organização** as relações que devem ocorrer entre os componentes de algo, para que seja possível reconhecê-lo como membro de uma classe específica. Entende-se por **estrutura** de algo os componentes e relações que constituem concretamente uma unidade particular e configuram sua organização. (Maturana e Varela, 2005, p. 54)

independentemente do domínio operacional em que acontecem. (Maturana, 2001, p. 126)

Sendo assim, se tomarmos o observador como sistema vivo, podemos perceber a impossibilidade constitutiva deste em captar informação externa, de modo que os termos "observador", "observação" e "experiência" não implicam, neste contexto, apreensão de um objeto, aquisição de impressões sensíveis, nem constatação imediata e indubitável de enunciados estritamente existenciais. Em outras palavras, "(...) nada externo ao observador pode especificar nele ou nela o que ocorre" (idem, p. 127), sendo impossível a este sistema produzir explicações ou afirmações que não estejam atreladas a sua estrutura.

(...) não se pode tomar o fenômeno do conhecer como se houvesse 'fatos' ou objetos lá fora, que alguém capta e introduz na cabeça. A experiência de qualquer coisa lá fora é validada de uma maneira particular pela estrutura humana, que torna possível 'a coisa' que surge na descrição. (ibidem, p.31)

Um exemplo interessante que o autor dá refere-se à experiência do ponto cego presente em nossa retina: apesar de possuímos uma descontinuidade em nosso campo de visão, não a percebemos a não ser que façamos um esforço para isso; ou seja, não vemos que não vemos. Logo, somente um processo reflexivo seria capaz de fazer-nos "descobrir nossas cegueiras":

(...) nossos 'pontos cegos' cognitivos são continuamente renovados e não vemos que não vemos, não percebemos que ignoramos. Só quando alguma interação nos tira do óbvio – por exemplo, quando somos bruscamente transportados a um meio cultural diferente -, e nos permitimos refletir, é que nos damos conta da imensa quantidade de relações que consideramos como garantidas. (Maturana e Varela, 2005, p. 264)

Em termos didáticos, podemos dizer que nada externo ao aluno pode determinar sua aprendizagem, mas apenas desencadeá-la como um *agente perturbador*. Neste sentido, seriam agentes perturbadores o professor, suas ações didáticas, os companheiros de aula e os demais componentes do ambiente de aprendizagem.

Além disso, as perturbações provenientes de agentes externos podem desencadear diferentes mudanças estruturais em organismos que se diferenciam apenas por sua estrutura. Explicando melhor: se o professor utiliza determinada estratégia de ensino com um grupo de alunos, tal estratégia poderá desencadear aprendizagens diferentes, podendo ser necessário o uso de diversas estratégias como forma de desencadear as mudanças estruturais dos aprendizes de modo mais abrangente. Logo, a interação sistema-meio que leva ao acoplamento estrutural é coerente com a imprescindibilidade da interação entre aprendiz, professor e materiais educativos e do compartilhamento de significados entre professor e aluno para a ocorrência de aprendizagem. Ou seja, a aprendizagem é uma *transformação na convivência*, isto é, os educandos se transformam na convivência segundo o conviver que eles vivem com os adultos com quem convivem (Maturana, 2002b).

B) A ciência como um domínio explicativo

O ato de explicar, para o autor, seria constituído por proposições apresentadas como reformulações de uma experiência, e aceitas como tais por um ouvinte, que pode ser o próprio observador (Maturana, 2001, p. 134). Esta aceitação à explicação será dada de acordo com os critérios de validação pertencentes ao domínio particular de ações - distinções, operações, comportamentos, pensamentos ou reflexões -, tratado comumente pela palavra *conhecimento*, que o ouvinte toma para si como sendo seu domínio explicativo. Por isso, o autor comenta também que "a validade do meu explicar, ou melhor, o caráter explicativo do que eu digo, não

depende de mim, mas depende de vocês” e que “(...) há tantos explicares diferentes quantos modos de escutar e aceitar reformulações da experiência” (idem, p. 30), e por isso nenhuma explicação é válida por si mesma.

Deste modo, Maturana define a ciência como sendo um domínio explicativo particular, em que aplicamos os critérios de validação das explicações científicas. O que faz com que uma explicação seja científica ou não depende de sua apresentação como uma das quatro operações a seguir descritas, as quais Maturana chama de critérios de validação das explicações científicas, e que devem ser satisfeitas conjuntamente:

- a) Descrição do fenômeno ou fenômenos a explicar, de maneira aceitável para a comunidade de observadores;
- b) Proposição de um sistema conceitual capaz de gerar o fenômeno a explicar de modo aceitável para a comunidade de observadores (hipótese explicativa);
- c) Dedução, a partir de b), de outros fenômenos não explicitamente considerados em sua proposição, bem como a descrição de suas condições de observação na comunidade de observadores;
- d) Observação desses outros fenômenos, deduzidos a partir de b).

À semelhança, poderíamos considerar as aulas de ciências como espaços relacionais nos quais o domínio explicativo é o conhecimento do professor utilizado, portanto, como padrão para determinar a aceitabilidade das explicações provenientes tanto dos alunos como do próprio. Neste domínio, o processo avaliativo estaria orientado para a percepção das semelhanças e diferenças entre os domínios explicativos do aluno e do professor:

*(...) a avaliação de que se há ou não conhecimento ocorre sempre num contexto relacional, no qual as mudanças estruturais que as perturbações desencadeiam num organismo aparecem para o observador como um efeito sobre o ambiente. É em relação ao efeito esperado por ele que o observador avalia as mudanças estruturais que são desencadeadas no organismo. Sob esse ponto de vista, toda interação de um organismo, toda conduta observada, **pode ser avaliada por um observador como um ato cognitivo.** (Maturana, 2001, p. 194 - grifo do autor)*

C) O acoplamento estrutural e as relações do estudante na escola

O processo de aprendizagem, sob forma de mudanças estruturais ontogênicas, se daria através do mecanismo de *acoplamento estrutural* proposto por Maturana (2001). Tal acoplamento só é possível pela existência de interações recorrentes entre sistema e meio, indicando que o sistema vivo é ao mesmo tempo autônomo, no sentido de que é sua estrutura que determina a mudança possível, e dependente, no sentido de que a mudança só ocorre na existência de perturbação desencadeada pelo meio. Portanto, as interações recorrentes em sala de aula, quer sejam entre professor e aluno ou de alunos entre si, requerem uma conduta de cooperação na circularidade, ao invés dos papéis de controle e obediência assumidos em uma estrutura escolar de hierarquia e fragmentação do saber e do humano.

Além disso, se tomarmos a aprendizagem como *transformação na convivência* (Maturana, 2002a), os instrumentos para explicitação de idéias, a seqüência metodológica, as atividades propostas e os conteúdos deveriam ser escolhidos e aplicados de acordo com a necessidade de vivência e congruência do aluno com a escola (professor, colegas, materiais e ambiente educativos) e de forma a possibilitar a maior qualidade de interações possíveis. Como seres sociais, os humanos interagem historicamente através da linguagem, a qual possui duplo papel: o de gerar as regularidades próprias do acoplamento estrutural social humano; e o de constituir a dinâmica recursiva deste acoplamento estrutural social, de modo a “produzir

a reflexividade que conduz ao ato de ver sob uma perspectiva mais ampla” (Maturana e Varela, 2005, p. 268). Ou seja, a característica-chave da linguagem, que modifica de maneira tão radical os domínios comportamentais humanos, possibilitando novos fenômenos, como a reflexão e a consciência, “(...) é que a linguagem permite, a quem funciona nela, **descrever a si mesmo** e à sua circunstância” (idem, p. 232 – grifo do autor).

*A esse ato de ampliar nosso domínio cognitivo reflexivo – que sempre implica uma experiência nova -, podemos chegar pelo raciocínio ou, mais diretamente, porque alguma circunstância nos leva a ver o outro como um igual, um ato que habitualmente chamamos de **amor**. Além do mais, tudo isso nos permite perceber que o amor ou, se não quisermos usar uma palavra tão forte, a **aceitação do outro junto a nós** na convivência, é o fundamento biológico do fenômeno social. Sem amor, sem a aceitação do outro junto a nós, não há socialização, e sem esta não há humanidade. (...) Não nos enganemos. Não estamos moralizando nem fazendo aqui uma prédica do amor. Só estamos destacando o fato de que biologicamente, sem amor, sem aceitação do outro, não há fenômeno social. (ibidem, pp. 268-269 – grifo do autor)*

Portanto, para que haja uma convivência na consensualidade (emocional e lingüística), a autonomia autopoietica pode ser interpretada, para o sistema humano, como respeito a si próprio, enquanto que a dependência estaria sujeita à consciência social e ao respeito mútuo. Em termos didáticos, Maturana coloca que o procedimento para o desenvolvimento do respeito próprio e mútuo que gerará esta convivência consensual deve focalizar-se na correção do fazer, e não na correção do ser humano (Maturana, 2002a). Isso implicaria em “(...) um convite a um olhar que permite ver o fato e em qual domínio o fato não é o esperado e por que é um erro” (idem, p. 142). Trata-se de uma relação de confiança na qual o aluno não teme expressar suas idéias, ao contrário da correção do ser, na qual o rechaço às idéias do aluno acompanha a negação do próprio como um ser completo desde seu domínio explicativo.

D) A relação entre erro e verdade

Maturana não nega a existência do erro, mas expressa uma visão relativista de não-distinção entre verdade e erro. Como o erro é um comentário a posteriori sobre uma experiência vivida como válida, quem vive a experiência não percebe o erro. Em outras palavras: o ato cognitivo, embora tenha a ver com uma perturbação externa, não se trata de uma indicação de algo externo, mas de fazer uma correlação interna que seja coerente com a estrutura do sistema.

Transpondo para uma situação escolar, podemos dizer que o aluno não percebe quando erra, pois viveu a experiência (de responder a uma pergunta formulada pelo professor, por exemplo) como válida, no sentido de que, para ele, sua correlação interna está coerente e sua resposta, conseqüentemente, está correta. O erro só pode ser percebido como erro pelo professor (observador) desde seu domínio explicativo. Neste sentido, as idéias dos alunos possuem o mesmo status de outros domínios explicativos (inclusive o científico) por um observador externo.

E) O explicar científico e o espaço psíquico do professor

Maturana aponta que o termo "ciência" é comumente utilizado para designar um tipo particular de conhecimento, definido e validado em termos metodológicos. Segundo ele, a primazia dada a este tipo de conhecimento se deve à pressuposição de que ele trata de uma realidade que existe com independência do desejo e da atividade daquele que a observa. A conexão entre nossos argumentos e a realidade descrita por eles válida e sustenta as explicações científicas.

Entretanto, a ciência é feita por cientistas, e cientistas são observadores, seres humanos explicando o que eles observam. Por isso, quando nos perguntamos o que é a ciência, já nos encontramos imersos na experiência que queremos explicar — a de observar. Deste modo, ao refletir sobre o observar, Maturana não toma como isto algo inato, mas sim como algo gerado pela biologia do ser humano.

As explicações científicas, para o autor, surgem como ações humanas realizadas por um indivíduo particular e validadas pela comunidade na qual ele se insere. Entretanto, nem o cientista que propõe uma determinada teoria, nem a comunidade que a valida (por serem seres vivos) possuem a habilidade de referir e validar suas explicações apontando para uma realidade objetiva e independente. Cientistas só validam suas explicações através da participação consensual na comunidade por eles constituída. Um observador que não participa com outros observadores na realização e aplicação dos critérios de validação das explicações científicas encontra-se excluído desta comunidade, assim como se encontram também excluídas as suas observações, as quais, portanto, não são consideradas como observações verdadeiramente científicas. Uma vez que a escolha do domínio explicativo não se dá em termos de “verdade”, mas sim de critérios de validação para definir se uma afirmação é válida ou não, não há como determinar qual domínio explicativo é o melhor:

Uma teoria é um sistema explicativo que correlaciona muitos fenômenos (experiências) de outra forma aparentemente não correlacionados. Esse sistema é proposto como um domínio de explicações coerentes, tecidas junto com alguns fios conceituais que definem a natureza de sua conectividade interna e a extensão de sua aplicabilidade gerativa no domínio das ações humanas. Como tal, uma teoria é válida para aqueles que aceitam tanto o critério de validação das explicações que isso requer, quanto o critério de conectividade interna que a torna um sistema conceitual plenamente coerente. Devido a essa forma de constituição das teorias, há tantos tipos diferentes de teorias quantos tipos diferentes de combinações entre critérios explicativos e diferentes critérios para conectividade conceitual interna usados na geração de sistemas explicativos. (Maturana, 2001, pp. 163-164)

Em outras palavras, não existe nem um só aspecto ou operação dos critérios de validação das explicações científicas que seja científico por si mesmo, e, portanto, não existe nenhuma operação tal como observações científicas, deduções, corroborações, ou previsões. Existem apenas explicações científicas como proposições de mecanismos gerativos que são aceitas como válidas exclusivamente na medida em que elas são parte da satisfação dos critérios de validação das explicações científicas. As afirmações científicas são aceitas como válidas porque elas surgem diretamente ou indiretamente como o resultado da aplicação das explicações científicas. Além disso, as explicações (inclusive as científicas) são proposições que não substituem e, portanto, não equivalem às experiências que elas explicam.

Para Maturana, a diferença entre o nosso operar como cientistas ou não cientistas se encontra no fato de que enquanto cientistas nos encontramos emocionalmente dispostos a aplicar rigorosamente e sempre os mesmos critérios de validação de nossos argumentos, ao passo que na vida cotidiana não somos tão cuidadosos, não temos tanto rigor conceitual e aplicamos diferentes critérios, mudando de um domínio para o outro no decorrer de nossos discursos. A ciência muda na medida em que mudam as perguntas dos cientistas, e essas mudam na medida em que estes mudam no fluir de seu viver. Sendo assim, tudo que acontece no viver do cientista pode repercutir em suas atividades teóricas e práticas em outros domínios de sua existência:

Nossas emoções (...) entram legítima e constitutivamente no que nós cientistas fazemos na fundação das circunstâncias de nosso explicar científico, porque especificam a todo momento o domínio de ações no qual operamos ao gerarmos nossas perguntas. Como seres humanos, criamos com nossas ações em nosso domínio de experiências os mundos que vivemos, quando os vivenciamos em nosso domínio de experiências enquanto seres humanos, e nos movemos nos mundos que criamos mudando nossos interesses e nossas perguntas, no fluir do nosso emocionar. Em outras palavras, a poesia da ciência é baseada em nossos desejos e interesses, e o curso seguido pela ciência nos mundos que vivemos é guiado por nossas emoções, não por nossa razão, na medida em que nossos desejos e emoções constituem as perguntas que fazemos ao fazermos ciência. (ibidem, pp. 146-147)

Isso justifica a idéia de que o que aprendemos não é uma ciência universal e inquestionável, mas sim o espaço psíquico de nossos professores, sujeitos com mais experiência no domínio explicativo que chamamos de conhecimento científico. Neste sentido, as crianças não são o futuro da humanidade, mas sim os adultos, uma vez que as crianças vão viver e conviver conforme a vivência e convivência que tiverem com os adultos. Portanto, cabe aos professores a criação de espaços de convivência de respeito e colaboração, nos quais os estudantes possam ser conscientes de sua completude humana. E a ciência, segundo o autor, pode ser constituinte destes espaços:

Devido ao seu modo de constituição, as teorias científicas surgem intrinsecamente num domínio aberto de reflexões sobre tudo, incluindo seus fundamentos, e são, operacionalmente, livres de qualquer dogmatismo. Como resultados, a prática científica é, em princípio, libertadora, e através da operacionalidade reflexiva envolvida na aplicação dos critérios de validação de explicações científicas, a prática científica constitui um domínio no qual se pode aprender imparcialidade e respeito pelo outro como uma maneira natural e direta de coexistência. (ibidem, p. 167).

O quadro 2 sintetiza as discussões acerca do entendimento epistemológico de Maturana e a analogia para um modelo didático coerente, realizadas neste trabalho.

Concepção Epistemológica	Relativismo Biológico-Cultural (Humberto Maturana)
Natureza e Mudança das ideias dos alunos (Aprendizagem)	
Definição de ideias dos alunos	<ul style="list-style-type: none"> - Constituem a estrutura do sistema a ser perturbado, ou seja, dependem de nossa estrutura e das perturbações que sofremos. Portanto, as ideias são coerentes com a estrutura do sistema (aluno) - Nós não podemos distinguir, na experiência, entre verdade e erro. O erro é um comentário a posteriori sobre uma experiência vivida como válida. (Portanto, para quem vive a experiência, não é errado, ainda que para o observador possa ser)
Conceito de aprendizagem	- Mudanças ontogênicas
Mecanismo de aprendizagem	Acoplamento estrutural

Condições para a aprendizagem	<p>Interação e congruência do indivíduo com a circunstância (ou perturbação que pode partir tanto do meio como de outro indivíduo)</p> <p>Emoção (disposição corporal): curiosidade, aceitação</p>
Critérios para explicitação e avaliação das ideias dos alunos	
Intenção das perguntas	Pergunta significados idiossincráticos
Categorização e valoração dos dados	Categorização por tipo de estrutura com relação a uma estrutura definida pelo observador-professor (no caso, a estrutura do conhecimento científico). Pode ser, portanto, bipolar com diferenciação de erros ou agrupamento por semelhanças e diferenças
Fontes de referência para avaliação	Domínio explicativo do professor
Objetivos da avaliação	<p>- A avaliação ocorre sempre em um contexto relacional, onde as mudanças estruturais desencadeadas pelas perturbações em um organismo surgem para o observador (professor) como um efeito sobre o ambiente. É com relação ao efeito esperado por ele que o observador (professor) avalia as mudanças estruturais desencadeadas no organismo (aluno)</p> <p>- Autonomia / Respeito por si mesmo</p> <p>- Consciência social / Respeito mútuo</p> <p>- Desenvolvimento de habilidades explicativas</p>
Critérios para escolha e formulação dos conteúdos	
Motivo da escolha de conteúdos	<p>- Os conteúdos são escolhidos conforme suas capacidades de serem campos para aprender “um viver e um conviver”, uma vez que são modos particulares de viver na convivência</p> <p>- Conteúdos (temáticas) que possibilitem a aprendizagem do emocionar (aceitação e curiosidade), do linguajar e do raciocinar</p>
Sujeito da escolha	- O professor e o aluno
Fontes de referência para a escolha de conteúdos	- O espaço psíquico do professor
Critérios para elaboração da metodologia de ensino	
Tipo de atividade	- Escolhida conforme necessidade de vivência, interação e congruência

	<p>- Atividades coletivas</p> <p>- Resolução de problemas novos (inclusive para o professor)</p>
Sequência metodológica	<p>a) <u>Macro</u>:</p> <p>1°.) o emocionar (aceitação e curiosidade);</p> <p>2°.) o linguajar (linguagem);</p> <p>3°.) o raciocinar (o “cienciar” para o ensino de ciências)</p> <p>b) <u>Micro (para o “cienciar”) - similar a da explicação científica</u>:</p> <p>(1) Descrição do fenômeno ou fenômenos a explicar, de maneira aceitável para a comunidade de observadores;</p> <p>(2) Proposição de um sistema conceitual capaz de gerar o fenômeno a explicar de modo aceitável para a comunidade de observadores (hipótese explicativa);</p> <p>(3) Dedução, a partir de (2), de outros fenômenos não explicitamente considerados em sua proposição, assim como a descrição de suas condições de observação na comunidade de observadores;</p> <p>(4) Observação dos outros fenômenos, deduzidos desde (2)</p>
Objetivos da metodologia	<p>Autonomia:</p> <p>- consciência em seu sentir</p> <p>- reflexão sobre seu fazer</p> <p>- atuação responsável (colaboração e respeito mútuo)</p>
Relações humanas	
Professor-aluno	Simétricas (interações recorrentes)
Aluno-aluno	Simétricas (interações recorrentes)

Quadro 2: modelo didático-epistemológico baseado no Relativismo Biológico-Cultural de Humberto Maturana.

Considerações finais

Segundo Mellado (2003), a modelização é um excelente instrumento para compreender e guiar o que se pensa e o que se faz em sala de aula. Contudo, é preciso evitar a tentação pré-determinista de impor uma direção externa à evolução profissional docente, uma vez que, além de não corresponder com o sentido da evolução biológica, correria o risco de estandarizar o bom ensino a margem do contexto pessoal e social de cada professor-indivíduo.

Se seguirmos as idéias de Maturana e Varela (2005), tal tentação pré-determinista não teria sentido, uma vez que as mudanças são regidas por dinâmicas internas, complexas, autônomas, ou seja, determinandas estruturalmente. Em outras palavras, supor que

poderíamos submeter os futuros professores a modelos ideais externos é um contrasenso, já que os modelos que trazemos em nossas aulas como formadores não têm o poder de determinar mudanças em nossos alunos, mas apenas desencadeá-las.

Sendo assim, a adoção consciente de um modelo didático por parte de um formador envolve dar-se conta de duas noções: liberdade e responsabilidade. Apesar de sermos livres para decidir quais vivências proporcionaremos aos nossos alunos, e termos claro que tais vivências não são determinantes em suas mudanças estruturais, somos responsáveis por estas escolhas, uma vez que elas podem desencadear nos alunos tais mudanças ou outras de acordo com as estruturas deles.

Referências Bibliográficas

ADÚRIZ-BRAVO, A. **Integración de la epistemología en la formación de profesorado de ciencias**. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona. Tesis doctoral, 2001.

AGUIRRE, J.; HAGGERTY, S.; LINDER, C. Student' teachers conceptions of science, teaching and learning: a case study in preservice science education. **International Journal of Science Education**, 12(4), 381-390, 1990.

BIANCHINI, J.; COLBURN, A. Teaching the nature of science to inquiry to prospective elementary teachers: a tale of two researchers. **Journal of Research in Science Teaching**, 37(2), 177-209, 2000.

COLOMBO DE CUDMANI, L. Ideas epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, 17(2), 327-331, 1999.

GALLEGO, A. P. T.; GALLEGU, R. B. Historia, epistemología y didáctica de las ciencias: unas relaciones necesarias. **Ciência e Educação (Bauru)**, 13(1), 85-98, 2007.

HARRES, J. B. S.; PORLÁN, R. La epistemología evolucionista de Stephen Toulmin y la enseñanza de las ciencias. **Investigación en la Escuela**, 39, 17-26, 1999.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; SANMARTÍ, M. The development of a new science curriculum for secondary school in Spain: opportunities for change. **International Journal of Science Education**, 17(4), 425-439, 1995.

LOPES, A. R. C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. **Enseñanza de las Ciencias**, 11(3), 324-330, 1993.

MATURANA, H. **Cognição, ciência e vida cotidiana**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2001.

MATURANA, H. *A ontologia da realidade*. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2002a.

MATURANA, H. **Transformación en la convivencia**. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones, 2ª. ed., 2002b.

MATURANA, H.; VARELA, F. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. São Paulo: Palas Athena, 5ª. ed., 2005.

MELLADO, V. Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia. **Enseñanza de las ciencias**, 21 (3), 343-358, 2003.

MELLADO, V.; CARRACEDO, D. Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, 11(3), 331-339, 1993.

NÍAZ, M. Más allá del positivismo: una interpretación lakatosiana de la enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, 12(1), 97-100, 1994.

PAIXÃO, M. F.; CACHAPUZ, A. Formación epistemológica y cambio de imágenes de ciencia impartidas en el aula. **Journal of Science Education**, 2(1), 33-38, 2001.

PIZZATO, M. C.; HARRES, J. B. S. Aprendizagem significativa e transformação na convivência: aproximações e indicadores para a formação de professores de ciências. Indivisa, **Boletín de Estudios e Investigación**, VIII, 429-439, 2007.

PORLÁN, R. **Constructivismo y escuela: hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación**. Sevilla: Díada, 1993.

PORLÁN, R.; RIVERO, A.; MARTÍN DEL POZO, R.P. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores II. Estudios empíricos y conclusiones. **Enseñanza de las Ciencias**, 16(2), 271-289, 1998.