

Reflexões sobre a educação em ciências à luz da epistemologia de Humberto Maturana

Reflexiones sobre la educación científica a la luz de la epistemología de Humberto Maturana

Maria Derlandia Araújo Januário

Doutoranda em Ensino de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
mderlandiaarauario@gmail.com

Greivin Antonio Núñez González

Doutorando em Ensino de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
greivinang19@hotmail.com

Andressa Varriale Moriggi

Mestranda em Ensino de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
dessavarriale@gmail.com

Neusa Teresinha Massoni

Professora Associada do Departamento de Física
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
neusa.massoni@ufrgs.br

Recebido em: 14/10/2021

Aprovado em: 11/02/2022

Resumo: Este artigo de caráter teórico-epistemológico visa apresentar algumas das principais ideias da Epistemologia de Humberto Maturana e discutir suas implicações no ensino de ciências. Parte-se, assim, de uma visão de ciência através de uma abordagem de cunho biológico que toma como objeto de estudo o *observador*; a *experiência do observador* e sua *objetividade*. Conclui-se que Maturana tem contribuído no sentido de ultrapassar as teorias de cunho objetivista, nas quais prevalece uma visão reducionista do mundo, de questionar o modo tradicional de abordar o ato cognitivo, como tendo a ver com a indicação de algo externo ao sujeito, pois, para ele, o explicar é uma operação que está na linguagem. Desta forma, as interações na convivência humana, bem como o espaço de formação, são permeadas pelas emoções e pela linguagem, essenciais para as transformações nos integrantes da interação, podendo assim gerar conhecimento de modo que possamos atuar com responsabilidade na comunidade a que pertencemos.

Palavras-chave: Epistemologia de Maturana; Educação científica; História e filosofia da ciência.

Resumen/Abstract: Este artículo de carácter teórico presenta las principales ideas de la Epistemología de Humberto Maturana y sus implicaciones en la educación científica. El punto de partida de este artículo se basa en una visión de ciencias de cuño biológico que estudia el *observador*, la *experiencia del observador* y su *objetividad*. Se concluye que Maturana ha contribuido con la educación científica en el sentido de superar teorías objetivistas, en las cuales predomina una visión reducida sobre el mundo. De esta manera, las interacciones en la convivencia humana, así como el espacio de formación, están permeados por las emociones y el lenguaje, que son procesos imprescindibles para las transformaciones en los integrantes de la interacción, pudiendo así generar conocimiento para que podamos actuar responsablemente en la comunidad a la que pertenecemos.

Palabras clave/Keywords: Epistemología de Maturana; Educación científica; Historia y filosofía de la ciencia.

Introdução

É notório perceber na área de pesquisa em ensino de ciências uma grande preocupação por parte de pesquisadores em promover uma educação científica que aborde aspectos sobre a natureza do conhecimento científico (PEDUZZI & RAICIK, 2020; CLOUGH, 2007; MASSONI et al., 2014). Em geral, essas preocupações têm origem na forma como a ciência tem sido olhada e “entendida” por muito tempo. A definição de ciência não é algo fácil, talvez seja a raiz dessa problemática tentar defini-la como exemplificado no livro intitulado *O que é ciência afinal* do filósofo da ciência Alan Chalmers (1993). Apesar de ser uma discussão complexa e polêmica, o objetivo de estudar a natureza das ciências visando abordá-la na educação básica é justamente promover um ensino de ciências que possibilite o entendimento de questões epistemológicas, históricas e filosóficas que envolvam a própria ciência (SANTOS, et al., 2013).

Entendemos que quando se valoriza no ensino aspectos da história e da natureza da ciência, os estudantes poderão desenvolver um melhor entendimento sobre o que é ciência. Por exemplo, como funciona a dinâmica das comunidades científicas; como se constrói e se desenvolve o conhecimento que produzem; quais métodos são usados para validar esse conhecimento; que valores estão envolvidos nas atividades científicas; que vínculos a comunidade científica e suas criações têm com a tecnologia; quais são suas contribuições para a cultura e o progresso da sociedade (VÁSQUEZ -ALONSO et al., 2008, p. 34).

Existem diferentes concepções epistemológicas na contemporaneidade, que foram se desenvolvendo desde a primeira metade do Séc. XX sobre a natureza da ciência, dentre eles: Karl Popper (2008), que defende que teorias nascem de conjecturas, e podem ser falseadas; Imre Lakatos (1978), que observa na ciência uma organização teórico-metodológica em termos dos Programas de Pesquisa; Thomas Kuhn (1996), que desenvolveu a teoria dos paradigmas científicos, cuja substituição gera verdadeiras revoluções científicas ao longo da história, entre muitas outras, mas um fator comum entre essas visões é que todas assumem uma postura crítica à concepção empirista-indutivista da ciência, isto é, à visão simplista de que existiria somente uma maneira de se obter o conhecimento científico, um “único” método científico – o método experimental: tudo começaria com observação e experimentação, e obtida uma grande quantidade de dados empíricos se poderia saltar para generalizações (ou teorias) através do processo lógico da indução.

Contudo, neste artigo pretende-se apresentar a visão epistemológica, bem como suas implicações para o Ensino de Ciências, do chileno Humberto Maturana, nascido em 1928 e falecido em 2021, até mesmo como forma de homenagear sua importante trajetória acadêmica. Maturana fez doutorado em Biologia em Harvard, trabalhou em neurofisiologia no Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) e foi professor da Universidade do Chile desde 1960. Em suas obras, *Cognição, ciência e vida cotidiana* (2001) e *A Árvore do Conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana* (1995), o autor tenta explicar o fenômeno do *conhecer* a partir de uma abordagem de cunho biológico que toma como objeto de estudo: 1) o observador (o “conhecedor” e suas correlações internas como ser vivo¹ suas interações com o meio como ser humano); 2) a experiência do observador (a cognição, a linguagem, a razão, a consciência, as emoções – que são características diferenciais dos seres humanos), que é marcada pela incapacidade de distinguir entre ilusão e percepção, e sua objetividade. Com o intuito de direcionar esta investigação, pretendemos responder a seguinte questão norteadora: quais são as principais ideias da Epistemologia de Maturana e suas implicações para o Ensino de Ciências?

Maturana é visto como um autor inovador. Cristina Magro e Víctor Paredes na apresentação da edição brasileira, de 2001, do livro *Cognição, ciência e vida cotidiana* afirmam que Maturana propõe,

¹ Quando nos mares da Terra primitiva acumularam-se e diversificaram-se moléculas formadas por cadeias de carbono, ou moléculas orgânicas, chegou-se à situação na qual era possível a formação de sistemas de reações moleculares de um tipo peculiar. Isto é, devido à diversificação e plasticidade possíveis na família das moléculas orgânicas, tornou-se possível a formação de redes de reações moleculares que produzem os mesmos tipos de molécula que as integram e, também, limitam o entorno espacial no qual se realizam. Essas redes de interações moleculares, que produzem a si mesmas e especificam seus próprios limites são os seres vivos.

através das teorias da auto-organização e da autopoiese, uma reavaliação e uma alternativa relevante aos impasses teóricos do cognitivismo e seus desdobramentos, que buscava entender a mente humana, em particular a cognição e a linguagem, através de um modelo abstrato, com características computacionais, concebido a partir das ciências da natureza e separado dos domínios biológicos, humanos e culturais. Partindo da Biologia, Maturana provoca uma ruptura com o pensamento moderno, adentra ao mundo da cultura e anuncia o pensamento sistêmico como base epistemológica para o estudo do ser humano e de sua capacidade de explicar.

Nas seções subsequentes serão apresentadas as principais ideias da Epistemologia de Maturana com a finalidade de conhecer a perspectiva do autor em relação à explicação do fenômeno do *conhecer* e, posteriormente, serão apresentadas algumas implicações voltadas ao campo da educação científica.

Epistemologia de Maturana

Maturana aceita a noção de que exista um mundo de objetos externos à nossa mente, mas é a nossa experiência com base em nossas correlações internas, nossa trajetória de vida que faz com que possamos aprender, conhecer o mundo; e é justamente a existência desse mundo mesmo que não percebamos que influencia e modifica a forma como o vemos (como o representamos). Para ele, só o que podemos “ver” (do mundo dos objetos) é aquilo que as correlações internas do nosso sistema nervoso permitem. Maturana (2001) descreve um experimento de rotar 180° o olho de uma salamandra² e diz que ele “nos ensina que o ato de lançar a língua na captura de um bichinho resulta de uma correlação da atividade da retina com o sistema motor, e não de um ato de apontar para algo externo” (MATURANA 2001, p. 20-21). Esse e outros experimentos constituem o *background* experimental a partir do qual o autor reflete epistemologicamente a natureza da cognição, e assume que em nossa experiência humana, na vida cotidiana e social, não podemos distinguir entre ilusão e percepção. Esta é nossa condição constitutiva enquanto seres vivos. Para explicar o fenômeno do conhecer é preciso explicar o ser humano. Um ser humano que vive no discurso com o outro, de

² Experimento feito pela primeira vez em 1943 por um biólogo norte-americano: é possível tirar o olho de uma salamandra, girá-lo 180 graus e colocá-lo de volta no lugar, e o nervo óptico se regenera. Quando pomos um bichinho na frente da salamandra, ela lança sua língua e o captura, mas após girar o seu olho e colocar o bichinho no mesmo lugar, a salamandra gira sua língua e a lança para trás e não o encontra. O que o experimento nos ensina é que o ato de lançar a língua e capturar o bichinho não é um ato de apontar para algo fora dela, para um objeto externo, mas de fazer uma correlação interna.

maneira que é na linguagem que explica, que reformula suas experiências que devem ter o aceite do outro.

O conhecimento científico, portanto, não é uma representação fiel de uma realidade independente do conhecedor. Construimos o mundo em nossa interação incessante com ele, de forma que não há como imaginar que o trabalho científico possa ser feito afastado das preocupações, da subjetividade e da dimensão constitutiva do ser humano (MATURANA, 1995; MATURANA & VARELA, 2001).

A compreensão das relações entre a biologia e a cognição humana não pode prescindir da experiência do ser humano como ser histórico e de sua convivência no meio natural e social. E para que exista essa convivência no meio ela só pode se dar na linguagem (MATURANA, 2001). Para o autor, o fato de pertencer e compartilhar nosso processo vital com outros seres vivos da natureza nos dá a responsabilidade de preservá-lo (preservando, assim, nossa organização), ao mesmo tempo em que procuramos mantermos a nossa sobrevivência o que para o autor, nesse sentido, seríamos autônomos (máquinas autopoieticas, isto é, produzimos constantemente nossa própria auto-organização). Destarte, como dito, para o autor, entender o “fenômeno do conhecer” implica compreender o “conhecedor”.

De acordo com Maturana (2001), os seres vivos são sistemas determinados estruturalmente (isto é, possuem uma constituição interna), interagem com o meio natural e entre si (meio social) no seu viver, num constante vir a ser no domínio da sua existência. Suas experiências não são determinadas pelo meio externo, pois sempre somos influenciados e modificados pelo que vemos, sentimos e experienciamos. O sistema nervoso funciona com correlações internas, como mostrado no exemplo da salamandra antes referido. Essa condição constitutiva do ser vivo “não permite distinguir entre ilusão e percepção” (MATURANA, 2001, p. 26). Dessa forma, percebemos como as ilusões ópticas influenciam na distinção entre percepção e ilusão no nosso meio, de maneira que para afirmar que vivemos uma ilusão, precisamos fazer referência ao ambiente, a outras circunstâncias distintas daquela experiência.

Por isso, Maturana (2001) propõe que o modo tradicional de abordar o “ato de conhecer” precisa ser questionado. Ele defende que o conhecimento não pode ser passivo, mas é construído pelo

ser vivo, pelo observador em suas interações com o mundo e, nesta perspectiva, levar em conta somente aquilo que é observado deixa de ter sentido.

Teoria da Autopoiese

Com o intuito de entender melhor a Teoria da Autopoiese, é necessário entender que o ser humano possui uma organização que o define como classe. No livro *A árvore do conhecimento*, Maturana e Varela (1995) introduzem essa ideia por meio do seguinte parágrafo:

Quando falamos de seres vivos, já estamos pressupondo algo em comum entre eles - de outro modo, não os incluiríamos na mesma classe que designamos com o nome “vivos” [...]. Qual é a organização que os define como classe? nossa resposta é que os seres vivos se caracterizam por, literalmente, produzirem-se continuamente a si mesmos - o que indicamos ao chamarmos a organização que os define de *organização autopoietica*. (MATURANA & VARELA, 1995, p. 84-85)

Essa organização mencionada pelos autores é exemplificada por relações no nível celular, onde os componentes moleculares de uma unidade autopoietica se relacionam dinamicamente com uma rede de interação contínua chamada de metabolismo celular. A produção desses componentes integra uma rede de transformações, alguns desses formam uma fronteira (membrana) que limita a extensão dessa rede. No entanto, “se não existisse tal arquitetura espacial, o metabolismo celular se desintegraria numa sopa molecular, que se difundiria por toda parte e não formaria uma unidade discreta como a célula” (MATURANA & VARELA, p. 85, 1995). Assim, o que caracteriza os seres vivos (como ocorre com a célula) é sua organização autopoietica. Se diferenciam entre si por terem estruturas diversas, mas são iguais em sua organização.

As interações que os organismos (incluindo os seres humanos) possuem com o meio também se caracterizam pela conservação dessa organização. Com isso, podemos estabelecer que essas interações não são destrutivas, e sim perturbações que se processam, e justamente nessas perturbações a autonomia e a identidade [dois conceitos importantes para Maturana e Varela] resultam de um modo de organização peculiar dos seres vivos, ou seja, quando é perturbado pelo meio o ser autopoietico reestrutura-se, reorganiza-se buscando manter a auto-organização. O ser vivo é, então, um sistema dinâmico (uma máquina determinada estruturalmente) e, como tal, sua estrutura está constantemente mudando, o que, por sua vez, implica constante variação nesses domínios estruturais (MOREIRA, 2004).

Ilusão e percepção

Na experiência cotidiana, como já dito, não podemos distinguir entre ilusão e percepção e não podemos fazê-lo por uma condição constitutiva como seres vivos, ou seja, na experiência a ilusão é indistinguível da percepção. Por exemplo, quando "sentimos" que nosso trem está partindo, mas na verdade estamos parados e o trem no trilho ao lado é que está em movimento, estamos vivenciando uma ilusão, mas só retrospectivamente podemos dizer que era uma ilusão, tomando como referência o ambiente (os trilhos do trem, ou o outro trem se afastando). Conseqüentemente, não podemos distinguir, na experiência, entre verdade e erro: o erro é um comentário a posteriori sobre uma experiência que se vive como válida. Se não foi vivida como válida, era uma mentira (MATURANA, 2001). “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” (ibid., p. 31).

Assim, na visão de Maturana (2001), toda a experiência cognitiva inclui aquele que conhece de um modo pessoal, ou seja, toda a experiência de certeza é um fenômeno individual, solitário, em relação ao ato cognitivo do outro. E essa solidão só é transcendida no mundo que criamos junto com o outro. Nesse sentido, Maturana também destaca algo que se conserva e se distingue o homem dos outros animais: as interações recorrentes, a convivência, o compartilhar. E isso não é cultural, é biológico. Nessa história em que há espaço para interações recorrentes, para o consenso, para o compartilhamento, para o toque sensual, para a colaboração, para a vida em grupos é que surge a linguagem.

As explicações são, para ele, reformulações da experiência, mas nem toda reformulação da experiência é uma explicação; torna-se uma explicação se for aceita por um observador. Neste ponto, novamente ele nos chama a atenção de que “explicar não tem referência a realidades externas, independentes da pessoa que explica, mas tem a ver com aquele que aceita a explicação” (MATURANA, 2001, p. 29).

Portanto, para Maturana (2001), é na conversação, na linguagem que surgem os objetos porque a sua existência é trazida à mão pelo observador. Não é o externo que determina a experiência, toda a explicação se dá na linguagem, o discurso que explica algo se dá na linguagem. Para ele, “nosso sistema nervoso funciona com correlações internas” (ibid., p. 24), de modo que o mundo que percebemos emerge de dentro, a experiência nos acontece e em seguida procuramos explicar o que fazemos tomando por base nossa convivência. Nesse sentido, há muitos explicares, porque há muitos modos

de explicar e muitos modos de aceitar as reformulações da experiência. Se sou cientista, como cientista tenho um modo peculiar de explicar e aceitar explicações.

Emoções

Para que ocorra essa história de interações recorrentes é preciso que haja uma disposição, um aceite do outro na convivência. Em outras palavras, é preciso que esteja presente a emoção. “Emoções são definidas como disposições corporais dinâmicas que especificam domínios de ação nos quais os seres vivos, em geral, e os seres humanos, em particular, operam em um dado instante”. (MATURANA, 2001, p. 46). Maturana chama de ações tudo o que fazemos em qualquer domínio operacional; e a transição de um domínio de ação para outro é uma transição emocional.

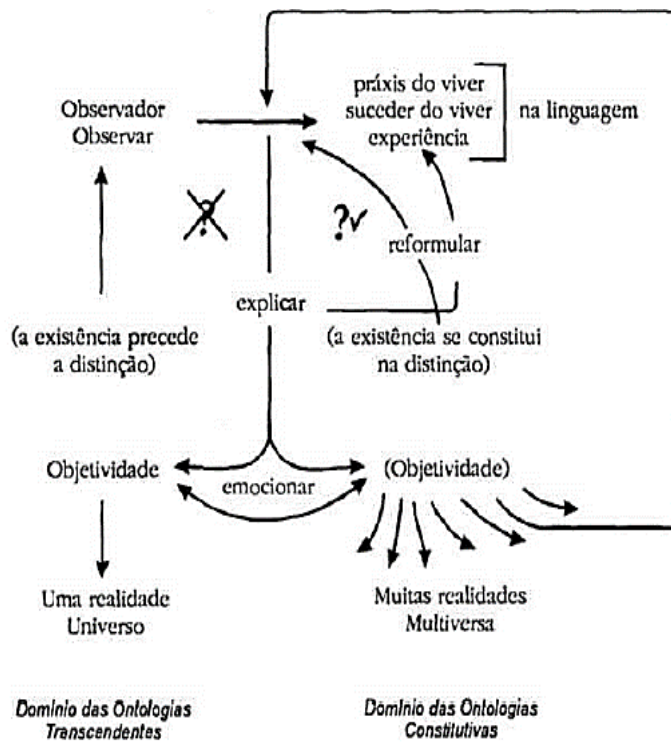
As emoções são apreciações que fazemos sobre a dinâmica corporal do outro. Todas as ações humanas acontecem num espaço de ação especificado por uma emoção. Neste ponto, Maturana diz discordar do discurso sociológico corrente porque entende que nem todas as relações humanas são relações sociais, dependem das emoções que as fundamentam. É por este motivo que ele distingue o “domínio da objetividade sem parênteses” do “domínio da objetividade entre parênteses”, ou os dois caminhos explicativos como se discutirá na próxima seção. Assim, estamos fundamentados em uma emoção quando geramos nosso discurso, por mais abstrato que ele possa parecer. “Pensar é agir no domínio do pensar, refletir é agir no domínio do refletir, falar é agir no domínio do falar, e assim por diante, e explicar cientificamente é agir no domínio do explicar científico” (ibid. p. 128).

Maturana (2001) afirma que a emoção também guia o trabalho dos cientistas, embora o trabalho científico se trate de um domínio explicativo formal e atenda a um critério de validação próprio. Contudo, para ele, não se caracteriza pela predição e explicação de uma realidade objetiva externa independente do observador, mas está comprometido com a explicação das coerências das experiências. Ele ressalta que as emoções não entram na validação das explicações científicas, mas diz que o que é explicado surge através do seu emocionar explicando, o que querem explicar e o que explicam cientificamente é porque gostam de explicar dessa maneira. (MATURANA, 2001). Os cientistas, portanto, praticam a ciência como uma maneira de viver sob uma das numerosas emoções que constituem o ser humano em seu viver como ser humano emocional normal, ou seja, “sob a paixão, emoção, desejo do explicar”. (ibid. p. 150).

Caminhos explicativos

Maturana (2001) propõe que existam dois caminhos explicativos distintos, como dito: o da *objetividade sem parênteses* e o outro é o da *objetividade entre parênteses*. A Figura 1 ajuda a compreender como o observador se comporta em cada caso.

Figura 1. Diferentes caminhos ontológicos.



Fonte: Maturana, 2001, p. 31.

No caminho expresso à esquerda, o observador pressupõe que exista uma realidade independente dele, crê ser possível adotar reflexões e métodos universais válidos para todos os seres humanos em qualquer lugar sem levar em conta a emoção, o observador e o observar como condições iniciais constitutivas; crê que pode distinguir entre ilusão e percepção. Como essa realidade é única, valeria a noção de universo e universalidade.

Contudo, para Maturana, não é assim que o ser humano conhece “e o problema das pretensões de universalidade está em crer que se faz referência a uma realidade independente do observador, sem se dar conta de que a universalidade fica definida pelos critérios de constituição do sistema racional que se propõe” (ibid., p. 51).

O caminho à direita é o da *objetividade (entre parênteses)*, leva em conta o observador, os domínios de ação, as emoções que os fundamentam. Tenho que explicar como faço o que faço, pois colocar a objetividade entre parênteses significa aceitar que vivemos na linguagem, uma linguagem de objetos; significa assumir que para explicar o objeto temos que explicar como ele surge na experiência, na linguagem; significa escutar reformulações da experiência com elementos da própria experiência, de forma que faz sentido pensar em multiversos.

Aqui o fenômeno do conhecer é um todo integrado, e fazer surgir um mundo é a dimensão mais palpitante do conhecimento, e esse fazer surgir manifesta-se em todas as nossas ações e em todo o nosso ser, tanto da vida social como nas suas raízes biológicas. Como dito, leva-se em conta a emoção e o domínio de ação de cada pessoa, ou seja, toma-se a experiência do observador enquanto ser humano como foco a partir do qual a ciência se faz na emoção do “prazer de explicar” as coisas. Quando se adota o caminho explicativo da objetividade entre parênteses assume-se a biologia, o psíquico como um fenômeno biológico e, conseqüentemente, o observar como um fenômeno biológico e o explicar como uma reformulação da experiência com elementos da própria experiência do observador.

Multiverso

Na perspectiva de Maturana, podemos ter tantos domínios de realidade, tantos universos, quantos domínios de coerência operacional possamos originar em nossa experiência, daí a ideia de multiverso. No caminho explicativo da objetividade entre parênteses temos muitas realidades, muitas formas de explicar, mas, adverte ele: “não estou dizendo a realidade não existe” (ibid., p. 37), senão que a realidade é uma proposição explicativa que depende de aceite.

Domínios explicativos são domínios de realidade, por exemplo, a História da Física, o futebol, a Biologia etc. Todos são definidos por um conjunto de coerências operacionais, cada um é um universo. Para ele, uma explicação, como já dito, tem a ver com o aceite. A validade, o caráter explicativo não depende de quem explica, depende de quem aceita a explicação.

Ciência, assim, define-se por um modo de explicar, não tem a ver com predição e fazer coisas, mas com explicar. Os cientistas são pessoas que trabalham sob a emoção do “prazer em explicar”.

Ciência

As práticas científicas consideram consensos e acordos dentro das comunidades para validar suas “verdades absolutas”. Um cientista, por exemplo, é simplesmente um observador, e como observador é um ser humano, e já se encontra na situação de observador analisando seu observar na tentativa de descrever e explicar o que pretende elucidar. Ele já se encontra na linguagem, fazendo distinções quando começa a refletir na própria linguagem o que faz para explicar o que quer explicar (MOREIRA, 2004).

Maturana indica que a aceitabilidade define e constitui a ciência como domínio cognitivo e que simultaneamente constitui como cientista a pessoa que o aplica como “critério de validação das explicações científicas.” (MATURANA, 2001, p. 128). Moreira (2004) coloca a seguinte questão: será que qualquer ser humano chegará às mesmas conclusões independentemente dos acordos feitos dentro das comunidades científicas? Acreditamos que não. O próprio Maturana esclarece que a objetividade entre parênteses não implica subjetividade, significa apenas que o cientista “assume que não pode fazer referência a entidades independentes dele para construir seu explicar” (Maturana, 2001, p. 34). Se o cientista não adotar um critério de validação da própria comunidade para explicar algum fenômeno ou fato, não estará desenvolvendo seu trabalho de cientista.

Dessa forma, para Maturana, a ciência é uma atividade humana, cotidiana, que se define pelo modo de explicar, adotando assim, o critério de validação das explicações científicas, que é usado pelos cientistas. Sendo, realmente, esse critério da aceitabilidade o encarregado de validar as explicações que constitui a ciência.

O critério de validação das explicações científicas

Uma explicação é uma proposição que reformula ou recria as observações de um fenômeno num sistema de conceitos aceitáveis para um grupo de pessoas que compartilham o critério de validação, tipicamente uma comunidade científica. Vale lembrar que para Maturana, o critério de validação das explicações científicas não requer a suposição da objetividade, pois são modos de estar em relação com os outros (neste caso, em relação à comunidade científica). Ele especifica quatro condições que devem ser satisfeitas quando se propõe uma explicação científica de um fenômeno, que ocorrem de maneira não necessariamente sequencial, mas imbricada, que são:

- 1- Ter *fenômeno a explicar* ou descrição do fenômeno, de maneira aceitável para a comunidade de observadores; não é o fenômeno em si, mas é aquilo que o observador deve fazer para ter a

experiência que vai tratar como *fenômeno a explicar* (é sempre apresentado como uma receita: faz assim, faz tal e tal coisa, observa, mede dessa forma etc.).

- 2- Propor um sistema conceitual capaz de *gerar o fenômeno a explicar* de modo aceitável para a comunidade, isto é, ter uma *hipótese explicativa*, que é uma reformulação da experiência propondo um *mecanismo gerativo* que, quando posto a funcionar na experiência do observador gera o fenômeno que se quer explicar “Ah, eu quero explicar tal coisa e proponho algo. Que condições devo satisfazer?” (ibid. p. 55). Essa proposição é sempre *ad hoc*³, está relacionada com a minha história, com minhas descobertas prévias. “Se não tenho outros conhecimentos prévios, eu invento, proponho outra coisa” (idem).
- 3- Satisfazer a *dedução*, a partir da operação do mecanismo gerativo (proposto no item 2), de todas as coerências operacionais do âmbito da experiência do observador, e das operações que deve realizar no seu domínio de experiências para ter a experiência [dedução do que o observador tem que fazer para entender as condições de observação].
- 4- Por último, a *realização da experiência* (na experiência do observador) pela realização das operações deduzidas a partir do item 2 acima.

Se estas quatro condições são satisfeitas, isto implica que o segundo ponto, isto é, o mecanismo gerativo proposto passa a ser uma explicação científica. Percebe-se que nenhuma dessas quatro condições faz referência a uma realidade independente, de maneira que ela é supérflua na visão de ciência de Maturana. Além disso, explicações científicas não se referem à verdade, são um domínio de verdade, ou vários domínios de verdade dependendo da temática.

Este critério de validação das explicações científicas torna-se uma explicação científica enquanto (pelo tempo em que) este é aceito pela comunidade científica. O que os cientistas fazem, em verdade, é tentar ser plenamente conscientes, impecáveis, explícitos, claros em relação a cada etapa, deixando registros documentados, de tal forma que se crie uma tradição que vá além de uma pessoa ou de uma geração (MATURANA & VARELA, 2001, p. 35).

Na vida cotidiana o ser humano também explica através de reformulações da experiência. Assim, o explicar cientificamente tem a ver com a vida cotidiana, isto é exatamente o que fazemos para

³ Significa a adição de hipótese(s) estranha(s) a uma teoria para salvá-la de ser falseada.

validar nossas ações. Por exemplo, todo o discurso de uma mãe para mandar seu filho à escola pela primeira vez, como deve ser comportar na rua, como olhar etc., funda-se no fato de que ela tem um entendimento baseado na satisfação dessas quatro condições – sem jamais ter feito essa reflexão, envolve as mesmas coerências operacionais requeridas no critério de validação das explicações científicas (ibid., p. 139). A diferença entre nossa operação na vida cotidiana como cientistas e como não-cientistas depende das diferentes emoções, diferentes desejos de consistência e impecabilidade em nossas ações e de nossos diferentes desejos de reflexão sobre o que fazemos (ibid.). Como cientistas estamos sob a paixão do explicar, e toda dúvida, toda pergunta, é sempre bem-vinda para nossa realização enquanto tal. “Como não-cientistas, não somos cuidadosos, usamos sucessivamente muitos critérios diferentes de validação de nossas explicações, mudamos frequentemente de domínios fenomênicos em nosso discurso”. (ibid., p. 140).

Tendo permeado pelas ideias centrais da Epistemologia de Maturana, a seguir, buscamos explicar como esses conceitos trazem implicações para o ensino para o Ensino de Ciências, e de modo particular, de Física.

Epistemologia de Maturana e suas implicações no ensino de ciências

Diversas pesquisas na área do ensino de ciências discutem como a epistemologia de Maturana, e suas ideias de cunho biológico, traz elementos importantes para serem abordadas em salas de aula para que estas sejam mais proveitosas (DURÁN, 2014; ROSSETTO, 2008; BARCELOS, 2006 NAPUTANO & JUSTO, 2018). Sendo assim, consideramos que a epistemologia do domínio das coordenações de ações humanas proposto por Maturana possui um grande potencial para gerar mudanças progressivas em cenários educativos. Quer-se, por meio desta seção, mostrar algumas implicações que esta epistemologia traz para o campo da educação científica.

Nas reflexões relativas ao campo da educação, as ideias de Humberto Maturana a partir de um cunho biológico, assumindo que os fenômenos da consciência surgem ao se mostrar e refletir sobre como surge a linguagem enquanto fenômeno biológico, nos ensinam a importância de respeitar sempre os domínios independentes, ou seja, nosso aluno é único, nunca é redutível ao outro porque tem suas próprias correlações internas. Daí a relevância da escuta aos diferentes discursos presentes na sala de aula, e a importância de explicar o(s) critério(s) de validação das explicações científicas, da temática, para que sejam compreendidas [as explicações científicas] como uma forma específica de interpretar o

mundo (um consenso resultante do fato de os cientistas trabalharem juntos, de um conversar, de um aplicar mecanismos gerativos claros e aceitos pelo menos em alguma época), não as assumindo como reducionistas, e sim pertencentes ao espaço social.

Essa epistemologia busca refletir também acerca da educação para a vida do ser humano dando ênfase aos fenômenos sociais como um fator de vantagem para o desenvolvimento pessoal, de indivíduo enquanto pertencente à sociedade pois, segundo o autor, os genes apenas preparam uma pessoa, mas não podem determiná-la, isto é, “[...] os indivíduos em suas interações constituem o social, mas o social é o meio em que esses indivíduos se realizam como indivíduos [...] não há contradição entre o individual e o social, porque são mutuamente gerativos” (MATURANA, 1997, p. 43).

Por outro lado, essa epistemologia tem contribuído no sentido de ultrapassar as teorias de cunho objetivistas, mecanicistas e mercantilista nas quais prevalece uma visão reducionista do mundo, se interessando pelas explicações acerca da cognição, como ocorre o conhecimento nos seres humanos, preparando os sujeitos para o campo social e laboral, nos provoca um caminho desafiante, que é a busca da compreensão do ser humano. Para que estas ações se viabilizem, a escola deve voltar seu olhar mais à formação humana do que técnica, como costumeiramente acontece. As escolas deveriam ser olhadas como instituições essenciais para o desenvolvimento de uma democracia crítica e como espaços de construção de saberes, de compartilhamento cultural e de convivência social. Autores como Pizzato e Moreira (2011), relatam que para ter esse olhar mais crítico, deve-se focar, antes de tudo, na formação de professores. Em contexto de ensino de ciências, os autores expõem que uma das maneiras de promover o estudo de epistemologia na formação de professores com 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 didáticos⁴. 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 docente formador. Além de instrumento de análise, os modelos didáticos podem servir como orientação do desenvolvimento profissional docente. Há um caminho aqui a ser trilhado, pois há pesquisas (e.g., MASSONI, 2010) que mostram

⁴ Modelo didático: O modelo didático é um esquema mediador entre a realidade e o pensamento do professor, estrutura onde se organiza o conhecimento e terá sempre um caráter provisório e de aproximação com uma realidade, por outro lado é também um recurso de desenvolvimento e de fundamentação para a prática do professor (Chrobak e Benegas 2006)

que embora essas discussões sejam feitas na formação inicial, há inúmeras barreiras a que cheguem de forma explícita nas salas de aula da educação básica.

Trabalhar as concepções epistemológicas durante a formação inicial do professor e também em cursos de formação continuada, poderia favorecer o surgimento de novas reflexões às práticas pedagógicas, como mencionado no trabalho de dissertação de Contreiras (2011), onde a autora ressalta que a leitura das obras de Humberto Maturana, em particular, abriu uma nova visão sobre esta relação pedagógica. Dessa forma, quando o autor parte de uma visão biológica do conhecimento, associando a importância das interações humanas e do acoplamento estrutural gerando mudanças, o que ele está fazendo é colocar em questão a transmissão de conhecimento, ainda muito utilizada entre professores. A epistemologia de Maturana pode ser útil para mostrar que quando o aluno resiste, ao se deparar com um desafio estabelecido pelo professor, ou a um novo conhecimento, tal resistência pode/deve ser compreendida como uma tentativa natural de manter sua auto-organização cognitiva. A compreensão do docente pode desencadear um ambiente social de sala de aula que favoreça um processo de reorganização pessoal que traduz o novo conhecimento, atrelando assim, um significado satisfatório.

Contudo, é necessário destacar que uma aprendizagem com significado e autônomo é importante para que o aluno não fique dependente do professor e da escola, quando estes saírem de cena. É fundamental a uma educação transformadora, que busque ajudar o aluno a perceber sua individualidade, também o colocar como responsável pela construção de seu aprendizado e potencializar suas habilidades. Todavia, pouco se discute e se investiga sobre como os sujeitos a quem se destina a educação – os alunos – percebem a escola e a educação (SACRISTÁN, 2005). Nesse sentido, é muito importante que os professores estejam conscientes, utilizem estratégias de interação social, técnicas lúdicas, métodos ativos e estimulem individualmente a capacidade cognitiva e argumentativa dos estudantes, que os permitam escolher aquelas que são mais motivadoras para o seu aprendizado.

Teorias de aprendizagens tomam um papel fundamental neste processo, pois é importante que os docentes, uma vez que planejem estratégias de ensino com este viés, ressaltem aquelas teorias cuja filosofia seja construtivista, humanistas e sociointeracionistas, pois, dessa forma, serão capazes de propor metodologias que tenham como ponto de partida a linguagem e a interação social. Um exemplo é mencionado por Souza et al. (2019) que mostra como ideias de Maturana também se articulam com as de Paulo Freire e fornecem *insights* sobre os processos de aprendizagem coletiva com foco em

práticas sustentáveis em comunidades carentes como a da Lomba do Pinheiro, Porto Alegre, e suscitam três princípios norteadores inter-relacionados (que envolvem as dimensões individual, coletiva e territorial) chamando a atenção aos diferentes níveis operacionais dos processos de aprendizagem, enfatizando a necessidade de lidar com a incerteza e os significados em constante mudança, cultivando a abertura para a mudança e o aprendizado contínuo (“princípio da interação transformadora entre pessoas e lugares” é ilustrado por práticas observadas em uma horta comunitária; “princípio da interação dialógica em um clima de aceitação mútua” é exemplificado pela forma como as pessoas que integram o grupo dirigente desta iniciativa interagem; “princípio do pluralismo ontológico” se revela na diversidade de visões existenciais por exemplo, o que significa ser humano ou estar no mundo, que compõem esse movimento local).

Para que as teorias de aprendizagens possam funcionar adequadamente, precisam, indubitavelmente, usar a linguagem, ou seja, para que ocorra a aprendizagem é fundamental o processo linguístico (seja verbal, em sinais, etc.) com o outro. No cotidiano escolar, podemos ver esses exemplos como o professor dialogando com estudantes, com outros professores, com a direção e a comunidade em geral. Essa linguagem não é simples, ela representa um processo complexo, como percebemos nas leituras de Vygotsky e Maturana.

Para Vygotsky (1995), a linguagem acontece quando seres humanos interagem entre si. Dessa forma, eles são considerados sujeitos capazes de desenvolver funções mentais, como por exemplo o pensamento. É por meio deste que acontece a linguagem. Assim, o pensamento e a linguagem são dependentes o um do outro. Destarte, o vínculo entre o pensamento e a palavra (como produto da linguagem) constitui um processo que passa por diferentes transformações até ser interiorizado no mundo exterior.

Já para Maturana (2002), a linguagem é constituída pelos sujeitos de forma biológica e a partir da interação entre a dinâmica interna de um indivíduo e o meio, é que se origina a relação entre o biológico, o social e o cultural, e esta interação cria a identidade do ser humano, assim como o seu modo único de ação no mundo.

Assim, a Representação 1 a seguir faz uma articulação dessas ideias no contexto educacional.

Representação 1. Articulação entre conjuntos: Teorias de Aprendizagem-Escola-Professor-



Aluno-Linguagem.

Fonte: Autores (2021).

Essa Representação 1 mostra a articulação entre diversos conjuntos que compartilham a linguagem como característica em comum. A linguagem ao longo do tempo tem sido uma ferramenta produto da ação humana, com o objetivo de satisfazer as necessidades de comunicação e interação com o outro. No contexto educacional, o conjunto escola precisa estar articulada com as práticas dos professores e as necessidades dos educandos, contribuindo assim, para um ambiente de interação, trocas de emoções e experiências socioculturais. O conjunto dos professores buscam através da linguagem criar estratégias de ensino que facilite a dialogicidade e o processo ensino-aprendizagem em sala de aula. Da mesma forma, o conjunto dos alunos têm se apropriado da linguagem com o mesmo intuito, seja para trocar ideias com os colegas ou com professores, construindo o seu conhecimento. Por fim, o conjunto teoria de aprendizagem serve como uma tentativa de compreender a cognição humana, com intuito de contribuir para uma formação mais crítica, reflexiva e transformadora através do diálogo entre todos os conjuntos envolvidos, seja elas de cunho construtivistas, humanistas e

sociointeracionistas, onde a linguagem se faz presente, abarcando assim todo esse processo de construção de conhecimento.

Uma outra contribuição viável da Epistemologia de Maturana no ensino de ciências, de Física, estar relacionada ao processo de criação intelectual em relação aos conceitos a partir do seu âmbito social e de sua experiência pessoal, lhes conferindo significado, o que nos leva a compreender que educar é conviver em um espaço de aceitação recíproca, onde haja o respeito, a compreensão, o amor, e não meramente ensinar/aprender os conteúdos programados; de forma que “as coordenações de condutas de coordenações de condutas seriam uma recursão e não uma repetição” (MATURANA, 2001, p. 72).

Vislumbramos a necessidade de refletir sobre a educação em geral, dado que esta representa um processo contínuo, duradouro e se estende por toda a vida. No livro *Emoções e linguagem na Educação e na política*, Maturana (2002) reflete sobre este aspecto educativo e indica que:

O educar se constitui no processo em que a criança ou o adulto convive com o outro e, ao conviver com o outro, se transforma espontaneamente, de maneira que seu modo de viver se faz progressivamente mais congruente com o do outro no espaço de convivência. [...] A educação como “sistema educacional” configura um mundo, e os educandos confirmam em seu viver o mundo que viveram em sua educação. Os educadores, por sua vez, confirmam o mundo que viveram ao ser educados no educar. [...] De modo que nenhum comportamento isolado, nenhum gesto, nenhum movimento, nenhum som, nenhuma postura corporal, por si só, é parte da linguagem. Mas, se está inserida no fluir de coordenações consensuais de coordenações consensuais de ação, é parte da linguagem (MATURANA, 2002, p. 29-73)

Nesse sentido, a educação toma um papel fundamental na vida das pessoas pelo fato de ser um espaço de constantes interações emocionais. Nesse sentido, “a tarefa da educação escolar é permitir o crescimento das crianças como seres humanos que respeitam a si próprio e os outros com consciência social e ecológica, de modo que possam atuar com responsabilidade na comunidade a que pertencem”. (MATURANA 2000, p. 13 apud ROSSETTO, 2008, p.243).

Para Maturana (1998), o processo de aprendizagem ocorre sempre que a atuação de qualquer organismo passa por variações perceptíveis por ele e/ou pelos envolvidos no processo ecológico relacional. Um relacionamento que se constitui a partir do entrelaçamento entre o racional e o emocional. É deste entrelaçamento que, para Maturana, advém das coerências operacionais de nossos sistemas de argumentação. (BARCELOS, 2006, p. 583)

Nesse contexto, o aspecto emocional de cada indivíduo torna-se tão importante quanto o racional. São as emoções, por fim, as que constituem o domínio de ações em que nossas interações recorrentes com o outro, fazem do outro, um ser legítimo na convivência.

Assim, as ideias apresentadas na Representação 1, se articulam com pressupostos de Maturana visto que para o autor o processo de educar se constitui a partir da interação entre estudantes e professores, e é no conviver com o outro, nas trocas de experiências e emoções que os seres humanos se transformam espontaneamente, progredindo de uma forma mais humana e autopoietica.

Considerações Finais

Este trabalho visou apresentar algumas das principais ideias da Epistemologia de Humberto Maturana e suas implicações no ensino de ciências, no qual focamos devido à preocupação por parte de pesquisadores em promover uma educação científica que articule aspectos sobre a natureza do conhecimento.

Nesse sentido, a Epistemologia de Maturana, que explicita o fenômeno do *conhecer* a partir de uma abordagem de cunho biológico, se mostra um referencial com grande potencial, pois ressalta a importância do ser humano (como ser autopoietico) dentro do processo educativo, não como agente passivo, mas por suas características constitutivas, enquanto ser vivo, com correlações internas, existente na linguagem e nela, como observador, é capaz de reformular suas experiências e suas interações com o mundo (MATURANA, 2001).

As interações que os seres humanos possuem com o meio (natural e social) também se caracterizam pela organização, de forma que podemos estabelecer que são interações não destrutivas e sim, perturbações que se processam. Quando o sistema é perturbado ele gera compensações, vai se modificando internamente; como o mundo emerge da ação de agentes cognitivos internos [não é o externo que determina nossa experiência] é ente nessas perturbações e compensações que surge a autonomia, sua organização peculiar como seres vivos.

Isso permite compreender o processo de manutenção da auto-organização, e lançar sobre a educação um novo olhar, permite refletir de forma mais consistente a educação científica, promovendo e utilizando, enquanto educadores, preferencialmente o caminho da objetividade entre parênteses; exercitando o aceite da existência de multiversos, incentivando as relações humanas, o aprender em conjunto, o auxílio mútuo, as relações sociais fundadas na emoção do respeito e do amor.

Referências

- BARCELOS, Valdo. **Por uma ecologia da aprendizagem humana - o amor como princípio epistemológico em Humberto Romesín Maturana Educação.** Educação, vol. XXIX, núm. 3, pp. 581-597, Porto Alegre, Brasil, setembro-dezembro, 2006.
- CHALMERS, Alan. **O que é ciência afinal.** São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.
- CHROBAK, Ricardo; BENEGAS Marin Leiva. **Mapas conceptuales y modelos didácticos de profesores de química.** In: Id. Second International Conference on Concept Mapping / Segundo Congreso Internacional sobre Mapas Conceptuales. San José, Costa Rica, 2006.
- CLOUGH, Michael. **Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: questions rather than tenets.** The Pantaneto Forum, 25, 2007.
- CONTREIRAS, Jacqueline Camargo Nogueira. **A sala de aula, o estar junto e a transformação sob a perspectiva da biologia do conhecer.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia) - Ensino de Ciências (Física, Química e Biologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. doi:10.11606/D.81.2011.tde-01112011-111616. Acesso em: 2021-09-29
- DURÁN, Pablo Palacio. **Reflexiones en torno al valor pedagógico del constructivismo.** Ideas y Valores, vol. LXIII, núm. 155, pp. 171-190, Bogotá, Colombia, agosto -2014.
- KUHN, Thomas. **The structure of Scientific Revolutions.** Chicago: The University of Chicago Press., 1996.
- LAKATOS, Imre. **The methodology of Scientific Research Programmes.** Philosophical papers Volume 1. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.
- MASSONI, Neusa Teresinha.; MOREIRA, Marco Antonio. **Uma análise cruzada de três estudos de caso com professores de física: a influência de concepções sobre a natureza da ciência nas práticas didáticas.** Ciência & Educação, v. 20, n. 3, p. 595 - 616, 2014.
- MASSONI, Neusa Teresinha. **A epistemologia contemporânea e suas contribuições em diferentes níveis de ensino de física: a questão da mudança epistemológica.** (Tese de Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2010.
- MATURANA, Humberto. **Ciência, cognição e vida cotidiana.** Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2001.
- _____. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas do entendimento humano.** Campinas: PsyII, 1995.p 281
- _____. **Emoções e linguagem na Educação e na política.** Tradução de José Fernando Campos Fortes. Belo Horizonte: UFMG, 2002
- _____. **Ontologia da realidade.** Belo Horizonte: UFMG, 1997.
- MATURANA, Humberto.; Varela, F. J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana.** São Paulo: Ed. Palas Athena, 2001.
- MOREIRA, Marco Antonio.; MASSONI, Neusa Teresinha; OSTERMANN, Fernanda. **“História e epistemologia da física” na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar**

concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 127 - 134, 2007.

MOREIRA, Marco Antonio. **A Epistemologia de Maturana.** Ciência & Educação, v. 10, n. 3, p. 597-606, 2004.

NAPUTANO, Marcelo; JUSTO, José Sterza. **A biologia do conhecer de Maturana e algumas considerações aplicadas à educação.** Ciência & Educação (Bauru), vol. 24, núm. 3, pp. 729-740, julho-setembro, 2018.

PEDUZZI, Luis Orland de Quadro.; RAICIK, Anabel Cardoso. **Sobre a natureza da ciência: asserções comentadas para uma articulação com a história da ciência.** Investigações em Ensino de Ciências – V.25 (2), p. 19-55, 2020.

PIZZATO, Michelle Camara.; MOREIRA, Marco Antonio. **A perspectiva epistemológica de Humberto Maturana e suas contribuições para a Didática das Ciências.** Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências (ENPEC). São Paulo, dezembro 2011.

POPPER, Karl. **Conjecturas e Refutações.** Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2008.

ROSSETTO, Elisabeth. **A educação à luz do pensamento de Maturana.** Revista Educação especial. Santa Maria. n. 32, p. 237 - 246, 2008.

SACRISTÁN, José Gimeno. **O aluno como Invenção.** Porto Alegre: Artmed, 2005.

SANTOS, Adailton Ferreira; OLIOSI, Elisa Cristina. **A importância do ensino de ciências da natureza integrado à história da ciência e à filosofia da ciência: uma abordagem contextual.** Revista da FAEEBA – Educação e Contemporaneidade, n. 39, p. 195-204, 2013

SOUZA, Daniele; WALSH, Arjen; JACOBI, Pedro. **Learning-based transformations towards sustainability: a relational approach based on Humberto Maturana and Paulo Freire.** Environmental Education Research, v. 25, n. 11, p. 1605-1619, 2019

VÁZQUEZ, Ángel Alonso; MANASSERO, Maria Antonieta; ACEVEDO, Díaz José Antonio; ACEVEDOR, Pilar. **Consensos sobre a Natureza da Ciência: A Ciência e a Tecnologia na Sociedade.** Química Nova na Escola, n. 27, 2008.

VYGOTSKY, Lev Semiónovich. **Pensamiento y lenguaje: teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas** Traducción del original ruso: María Margarita Rotger. Ediciones Fausto, Argentina, 1995.