

A inteligência artificial sob as lentes do antirrepresentacionismo maturaniano: implicações para a compreensão dos fenômenos do conhecer e do aprender

Artificial intelligence through the lens of maturanian anti-representationalism: implications for understanding the phenomena of knowing and learning

Inteligencia artificial bajo el antirrepresentacionismo maturaniano: consecuencias para la comprensión de los fenómenos del conocer y del aprender

Jennifer Caroline de Sousa¹
María Elena Infante-Malachias²

Resumo

O objetivo deste artigo é discutir a compreensão sobre os fenômenos do conhecer e da aprendizagem humana que subjaz a criação da Inteligência Artificial, a fim de evidenciar os limites das “máquinas inteligentes” frente ao funcionamento do sistema nervoso. Para tanto, é feita uma incursão nos estudos sobre neurofisiologia da cognição publicados por Humberto Maturana no contexto em que a Inteligência Artificial se fortalecia dentro do movimento cibernético. Este estudo de natureza histórica e bibliográfica sugere que as referências e o domínio de interações do sistema nervoso humano, segundo os pressupostos da teoria da Biologia do Conhecer de Maturana, não podem ser reproduzíveis em redes neurais artificiais. A partir dos argumentos do autor, coloca-se sob suspeição a possibilidade de admitir os fenômenos do conhecer e do aprender como processos executáveis fora do âmbito natural e se afirma que a educação consiste em criar para as crianças e jovens um espaço relacional desejável de coexistência humana.

Palavras-chave: Cibernética; História da ciência contemporânea; Humberto Maturana; Biologia do conhecer.

Abstract

The purpose of this article is to discuss the understanding of the phenomena of human knowing and learning, that supports the origin of Artificial Intelligence, so to evidence the limits of “intelligent machines” facing the functioning of the human nervous system. For this, we present studies about neurophysiology of cognition published by Humberto Maturana in the context in which Artificial Intelligence became consolidated into the Cybernetics movement. This historical and bibliographic research suggests that the references and domains of interactions of the human nervous system, according to principles of Biology of Knowledge, may not reproduce in artificial cognitive systems. From Maturana’s point of view, the possibility of considering the phenomena of knowing and learning as processes occurred outside of natural domain is put in question and, it is stated that education consists of

¹ Universidade Federal de Lavras – UFLA. Lavras/MG, Brasil. E-mail: jennifer.sousa@ufla.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2701-1263>

² Universidade de São Paulo – USP. São Paulo/SP, Brasil. E-mail: marilen@usp.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9173-2017>

creating for children and young people a desirable relational space for human coexistence.

Keywords: Cybernetics; History of contemporary Science; Humberto Maturana; Biology of knowledge.

Resumen

El propósito de este artículo es discutir la comprensión acerca de los fenómenos del conocer y del aprendizaje humano que fundamenta el origen de la Inteligencia Artificial, con el fin de mostrar los límites de las “maquinas inteligentes” delante de la operación del sistema nervioso humano. Para cumplir con ese intento, presentamos estudios sobre la neurofisiología de la cognición publicados por Humberto Maturana en el contexto en que la Inteligencia Artificial fue consolidada dentro del movimiento cibernético. Esta investigación histórica y bibliográfica indica que las referencias y los dominios de interacciones del sistema nervioso humano, según los principios de la teoría de la Biología del Conocer, no se pueden reproducir en sistemas neurales artificiales. Bajo esa visión de Maturana, la aceptación de que los fenómenos del conocer y aprender ocurren fuera del ámbito natural es puesta en duda y, se afirma que la educación consiste en crear para niños y jóvenes un espacio relacional deseable para la coexistencia de los seres humanos.

Palabras clave: Cibernética; História de la ciencia contemporánea; Humberto Maturana; Biología del conocer.

Introdução

Com a Revolução Científica no alvorecer da Idade Moderna, um novo modelo de racionalidade na sociedade ocidental se instaurou, ao passo em que essa ciência moderna demonstrava ser também um produto das relações sociais que haviam se transformado naquele momento da história da humanidade. Esse episódio histórico evidenciou como mudanças nas concepções fundamentais do conhecimento humano são capazes de engendrar formas diferentes de entender o mundo e de lidar com ele, ao mesmo tempo em que a maneira de concebê-lo está condicionada aos fatores históricos, sociológicos e culturais (Alarcón Leiva; Canales Valenzuela, 1999; Galuch, 2013).

Após cinco séculos de crescente desenvolvimento científico e tecnológico, a modernidade alcançou, ao menos na ficção científica, o pós-humanismo, uma expressão que, segundo Santaella (2007), foi incorporada junto a outras como “autômatas bioinformático”, “biomaquinal” e “pós-biológico” no universo da cibercultura surgido na década de 1990. A autora explica que o denominador comum a elas é a inquietação acerca do futuro da humanidade em face do hibridismo humano-máquina que estende o ser humano para além de si. Entretanto, o que importa destacar aqui do que esse imaginário produz é o que Kellner (2001, p. 402) acentua sobre as reflexões trazidas pelas obras de ficção do subgênero

cyberpunk:

o que é autenticamente humano quando se tornam indefinidas as fronteiras entre humanidade e tecnologia? O que é identidade humana, se ela for programável? O que sobra das noções de autenticidade e identidade numa implosão programada entre tecnologia e ser humano? O que é ‘realidade’, se ela é capaz de tanta simulação? De que modo a realidade está hoje sendo corroída, e quais são as consequências disso?

No tempo presente, tais questionamentos têm ocupado cada vez mais espaço no debate público e na agenda de estudos e eventos acadêmicos em relação à Inteligência Artificial (IA), cujas respostas oscilam entre o otimismo sobre as potencialidades das “máquinas inteligentes” e o pessimismo sobre a substituição iminente do humano pela tecnologia (Silva, 2024). Contudo, a compreensão de seu significado, de suas vantagens e de seus limites para a sociedade como um todo e para a educação em particular se constituem em questões a serem escrutinadas.

Nesse sentido, o presente artigo propõe-se a discutir a compreensão sobre os fenômenos do conhecer e da aprendizagem humana que subjaz a criação da IA a fim de evidenciar os limites das “máquinas inteligentes” frente ao funcionamento do sistema nervoso. Para tanto, é realizado um retorno ao contexto em que a IA se edificava, para elucidar alguns de seus fundamentos e propósitos, de modo que se possa avaliar sobre a pertinência ou não de traduzi-la como uma imitação do funcionamento do cérebro humano. Essa empreitada é feita a partir da imersão nos trabalhos do neurobiólogo chileno Humberto Maturana (1928-2021) sobre a cognição humana entre as décadas de 1960 e 1970, em que o estudioso, sendo um importante partícipe do movimento cibernético à época, escreveu sobre as limitações da visão representacionista da fisiologia do sistema nervoso à qual se fiou a Inteligência Artificial. A partir da apresentação da perspectiva maturaniana sobre a neurofisiologia da cognição, o texto se endereça a reflexões de cunho filosófico sobre a aprendizagem e a educação, defendidos aqui como processos especificamente humanos.

Metodologicamente, desenvolveu-se uma investigação de natureza histórica e bibliográfica, que contou com a leitura sistemática e analítica de textos originais de Humberto Maturana que fundaram as bases da Biologia do Conhecer, bem como de outros artigos e livros publicados posteriormente à década de 1990, nos quais ele apresenta os desdobramentos de sua teoria epistemológica para a educação. Dados da trajetória acadêmica de Maturana e informações sobre o contexto histórico e científico em que desenvolveu seus

trabalhos foram extraídos tanto dos próprios textos de Maturana quanto dos de autores estudiosos da história do movimento cibernético e da Inteligência Artificial.

O artigo se organiza em três momentos. O primeiro contextualiza a emergência da Inteligência Artificial no berço do Círculo Cibernético nos anos 1940, buscando elucidar como a admissão do sistema nervoso como um processador de informações culminou na crença de que redes neurais artificiais poderiam simular um cérebro humano. O segundo se debruça sobre os escritos de Maturana, especialmente dos artigos seminais *Neurophysiology of Cognition* (1969) e *Biology of Cognition* (1970), a fim de explorar seu posicionamento acerca da lógica predominante na interpretação sobre a fisiologia do sistema nervoso e dos desafios impostos à Inteligência Artificial. O terceiro e último tópico do texto discute sobre as implicações do antirrepresentacionismo maturaniano para a compreensão do fenômeno da aprendizagem e do processo educacional, colocando em xeque a equiparação da Inteligência Artificial à inteligência humana e destacando a proposta da educação como um fenômeno relacional de coexistência humana.

Da gênese à consolidação da inteligência artificial: um breve panorama histórico

Certamente constitui-se um risco afirmar o início de um movimento ou processo na História, embora tal exercício seja imprescindível para a interpretação dos eventos e dos fatos que hoje se apresentam, pois, tal como Freire (2003, p. 25) recorda, “Toda a atualidade é dinâmica e se nutre, entre outros valores, dos que se situam no ‘ontem’ do processo”. Nesse sentido, a compreensão da Inteligência Artificial reclama um retorno ao seu ponto de partida, esse que, de modo geral, é consensuado na literatura em torno da conferência celebrada em 1956 na Universidade de Dartmouth, EUA, na qual se apresentou formalmente o termo “Inteligência Artificial” (Chagas; Santos; Araújo, 2024; Glanville, 2014), embora os princípios da Inteligência Artificial já estivessem semeados em trabalhos da década de 1940 com o aparecimento do Círculo Cibernético.

O surgimento da Cibernética teve como referência a publicação do livro do matemático estadunidense Norbert Wiener (1894-1964), *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine* (1948) – *Cibernética: ou controle e comunicação no animal e na máquina*, na tradução das versões publicadas em português no Brasil. De modo mais amplo, essa disciplina que, segundo a *American Society for Cybernetics*, fundada em 1964 nos EUA, atuaria como um campo inter-/trans-/meta

disciplinar, se constituiria como uma das abordagens das teorias sistêmicas desenvolvidas a partir do início do século XX (Arnold, 2014).

O termo “cibernético”, de acordo com Glanville (2014), tem sua origem no grego, *κυβερ*, tendo a palavra sido utilizada como metáfora por Sócrates para designar aquele que “salva as almas, os corpos e as possessões materiais dos perigos mais graves” (p. 46-47, tradução nossa) como uma espécie de regente, a exemplo de um timoneiro que pilota um navio. No latim, o termo foi associado a *gubernator*, derivada de *governor*, empregada por muito tempo para indicar certo tipo de mecanismo de controle (Wiener, 1948). Essa alusão à ideia de condução foi incorporada por Wiener para traduzir a Cibernética como um campo de estudos que se ocuparia em investigar, dentre outras coisas, os processos comuns ao funcionamento das máquinas automáticas e do sistema nervoso humano, a fim de desenvolver uma teoria que explicasse os sistemas de controle e comunicação tanto em máquinas quanto nos seres vivos (Wiener, 1948).

Embora Wiener seja comumente reconhecido como o “precursor” da Cibernética, Glanville (2014) afirma que muitos acreditam que o livro *Introduction to Cybernetics* (1956), do médico neurologista inglês William Ross Ashby (1903-1972), apresenta a melhor formulação dessa superciência. Ashby admite a máquina como uma metáfora – não como aquela da imagem clássica industrial com engrenagens e alavancas que possuiria entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) –, cuja compreensão envolveria sua análise como um conjunto de mecanismos previsíveis, logicamente associados a uma finalidade e capazes de apresentar ações específicas reveladas como mudanças em seu comportamento. Dessa forma, a Cibernética não se perguntaria sobre o que é a máquina, mas sobre o que ela faz (Ashby, 1956 *apud* Glanville, 2014).

Essa busca pela caracterização desse comportamento teleológico compartilhado pelas máquinas e pelos seres vivos influenciou a emergência da disciplina da Computação, cujos interessados viam potencial no uso dos computadores para criar uma “inteligência artificial”. Contudo, desde a origem do Círculo Cibernético, marcado por uma série de conferências conhecidas como *The Macy Conferences* (1946-1953), se ansiava que a Cibernética fosse mais abrangente, preocupada não somente com as aplicações tecnológicas, mas também com o desenvolvimento de reflexões filosóficas e sociais. Esse intento, como destaca Glanville (2014), foi declarado por Wiener com a publicação de duas edições do livro *The Human Use of Human Beings* (1950, 1954), mas que não alcançou a mesma audiência que *Cybernetics* (1948). Com isso, se estabeleceram duas tradições distintas entre os cibernéticos. Enquanto

um grupo se associou às ciências emergentes na época, Computação e Inteligência Artificial, as quais deveriam ser matérias próprias da Cibernética, o outro compreendeu que o pensamento cibernético deveria atentar-se a questões mais amplas e abstratas a respeito da dinâmica dos sistemas. Ainda assim, a Cibernética se popularizou como ligada a temas de cunho tecnológico e baseada em estudos da Engenharia Eletrônica e da Tecnologia da Informação, ocultando debates sobre a filosofia e as implicações sociais subjacentes a ela.

Essa empreitada de ampla magnitude reuniu especialistas de diversas áreas, ligados às Ciências Naturais, Exatas e Humanas, em eventos que ficaram conhecidos como *The Macy Conferences*, realizados entre 1946 e 1953, e que deram origem ao Círculo Cibernético. Como membros destacados estiveram Wiener, Ashby, o neurocientista e psiquiatra estadunidense Warren McCulloch (1898-1969), o matemático húngaro John von Neumann (1903-1957), o antropólogo inglês Gregory Bateson (1904-1980), o matemático e engenheiro eletrônico estadunidense Claude Shannon (1916-2001), a antropóloga estadunidense Margaret Mead (1901-1978), lógico estadunidense Walter Pitts (1923-1969) e físico austríaco Heinz von Foerster (1911-2002). Partindo da ideia central de modelagem do pensamento, nas conferências os interesses se voltavam à criação de híbridos humanos-máquinas, unindo-se à intenção da construção de um modelo de psicologia baseado numa abordagem cognitivo-comportamental que substituísse a psicanalítica (Bruni, 2014).

Francisco Varela (2005) conta que precisamente nesse período foi inaugurada a fase moderna das Ciências Cognitivas por um pequeno grupo de matemáticos, engenheiros e neurobiólogos, que argumentavam que, até aquele momento, o cérebro e a mente eram estudados por psicólogos e filósofos dentro de uma perspectiva não científica. Dessa forma, cabia aos ciberneticistas elaborar novas teorias que explicassem os fenômenos mentais a partir de mecanismos explícitos e formalismos matemáticos. Assim se desenhava o intuito de criar uma “ciência da mente”, que, segundo Chagas, Santos e Araújo (2024), Pörksen (2014) e Varela (2005), ficou ilustrado pelo artigo de McCulloch e Pitts, publicado em 1943, *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity* – Um cálculo lógico das ideias intrínseco à atividade nervosa, tradução nossa.

Nesse artigo, os autores, partindo pressuposto do fenômeno “tudo ou nada”³ que caracteriza a atividade nervosa, assumiram que os eventos neurais e as relações entre eles

³ O princípio do “tudo ou nada” na fisiologia nervosa refere-se à natureza dos potenciais de ação, grandes e breves despolarizações desencadeadas nas membranas dos neurônios que lhes permitem transmitir o impulso nervoso. Se após o estímulo inicial, a despolarização da membrana da célula nervosa atingir o limiar de disparo, o potencial de ação ocorre. Se o estímulo não for suficiente para o alcance desse limiar, o potencial de ação não ocorre.

Revista *Devir Educação*, Lavras, vol. 10, n.1, e-1067, 2026.

poderiam ser explicados por meio de uma lógica proposicional. Ao trazerem a Lógica como disciplina adequada para a compreensão do cérebro e da atividade mental, Varela (2005) explica que o cérebro passou a ser visto como um dispositivo que encarnava princípios lógicos formais em seus elementos constitutivos, no caso, os neurônios. Cada um deles seria um autômato, cujo estado, ativo ou inativo, indicaria um valor de verdade ou falsidade. As interconexões entre os neurônios desempenhariam operações lógicas, de tal modo que o cérebro poderia ser tido como uma máquina dedutiva.

No histórico da Inteligência Artificial, Chagas, Santos e Araújo (2024) recordam também que, em 1950, Alan Turing (1912-1954) publicou o artigo *Computing Machinery and Intelligence* – Máquinas de Computação e Inteligência, tradução nossa – no qual estabeleceu o “teste de Turing” para avaliar se uma máquina poderia ser considerada “inteligente”. McCulloch e Pitts mencionam no artigo de 1943, republicado em 1990, a “máquina de Turing”, que antecedeu a criação dos computadores modernos, e, a partir da teoria computacional do matemático inglês, lançam a ideia da construção de um cérebro eletrônico a partir de neurônios artificiais. Por isso, admite-se atualmente que esse artigo seja o primeiro relacionado à Inteligência Artificial.

Esse cognitivismo cibernético, que se sustentava em uma hipótese mecanicista do funcionamento das redes neurais, constituiu um passo fundamental para a invenção do computador digital por von Neumann, que usou tubos de vácuo para representar os neurônios de McCulloch-Pitts (Varela, 2005). Assim, a metáfora do cérebro como um computador, que processava e armazenava informações e dados, ganhou cada vez mais força e deu vazão à dominância do paradigma computacional da Inteligência Artificial e ao florescimento da Biônica, ramo da engenharia de emulação e amplificação dos processos biológicos (Glanville, 2014).

A resistência a esse processo de redução do pensamento cibernético à questão tecnológica foi sinalizada por um artigo de Margaret Mead enviado à *American Society for Cybernetics* em 1968, em que a antropóloga requeria que a “reflexividade” se constituísse como o cerne de uma nova visão da Cibernética, que passou a ser denominada de “Cibernética da Cibernética” (Foerster, [1979] 2003). Essa abordagem colocava em xeque a pretensa neutralidade que a primeira geração da Cibernética, referenciada na literatura também como “movimento cibernético de primeira ordem” ou “cibernética dos sistemas observados”, alimentava ao dissociar os “sistemas observados” (objetos) dos “sistemas

observadores” (sujeitos). Para Heinz von Foerster, se tratava de encarar o fato aparentemente óbvio de que para compreender um cérebro era necessário um cérebro. Nesse sentido, a posição epistemológica que deveria ser assumida teria de levar em conta que o “observar”, nos termos cibernéticos, tido como sinônimo de “controlar”, envolveria o mútuo controle de um elemento sobre o outro. Dessa forma, o artigo de Mead e sob a liderança de Foerster instaurou-se, entre os anos de 1968 e 1976, “movimento cibernético de segunda ordem” ou “cibernética dos sistemas observadores” (Foerster, [1979] 2003, p. 285).

Essa visão contrariava a perspectiva de que as descrições sobre o cérebro e sobre o modo como isso poderia reverter-se na construção de “cérebros artificiais” poderiam ser feitas desconsiderando como ocorre o processo de construção do conhecimento. Essa inquietação, especialmente de Foerster, encontrou eco nas proposições do neurobiólogo chileno Humberto Maturana, que, filiado a essa segunda onda do movimento cibernético, formulou uma teoria biológica do conhecer que, dentre outros aspectos, indicou os limites de admitir uma similitude inequívoca entre o modo de operar das máquinas automáticas e dos seres vivos.

A natureza biológica da cognição segundo Humberto Maturana

Como já exposto, as décadas de 1960 e 1970 demarcaram um período de renovação para o movimento cibernético, que mudou o foco dos sistemas observados para os sistemas observadores. Nesse contexto, destacou-se a figura de Humberto Augusto Gastón Maturana Romesín (1928-2021), nascido em Santiago do Chile e iniciado na carreira da Medicina, mas que a partir dos anos 1950, em função de seus estudos com Neurofisiologia, juntou-se a equipes multidisciplinares de cientistas que colaboravam com McCulloch em seu Laboratório de Epistemologia Experimental, no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), EUA.

A respeito desse momento em sua trajetória, Maturana conta que convivia com eminentes pesquisadores em Robótica associados ao Laboratório de Inteligência Artificial, os quais diziam usar os fenômenos biológicos como modelo para criar máquinas. Contudo, para ele, havia um problema quanto ao modo como se compreendia o fenômeno vivo:

A mim parecia, ao escutá-los, que o que eles faziam não era modelar nem imitar os fenômenos biológicos, senão imitar ou modelar a aparência destes no âmbito de sua visão como observadores. Por isso, tentava falar dos seres vivos em minhas aulas de biologia de maneira que minha descrição deles, e do que acontecia com eles, reproduzisse sua maneira de “ser” autônomos (Maturana, 1997, p. 13).

A preocupação de Maturana com o discurso biológico funcional da época já revelava o cerne do que mais adiante daria origem à sua proposta de caracterização dos seres vivos. Na visão do autor, escapavam aos cientistas a autonomia do fenômeno biológico e a limitação dos modelos artificiais dada a impossibilidade de recriá-lo a partir de uma observação imparcial, isto é, que ignorasse o fato de que o que se sabe sobre o vivo é atravessado pelas descrições que os observadores fazem a respeito dele.

Os trabalhos que concentram os argumentos defendidos por Maturana quanto à natureza do sistema nervoso são os artigos *Neurophysiology of Cognition* (1969) e *Biology of Cognition* (1970). O primeiro foi apresentado em um simpósio internacional patrocinado pela *Wenner-Gren Foundation for Anthropological Research*, celebrado em Chicago em março de 1969, cujo tema foi “Cognição: um enfoque múltiplo”. Nesse evento reuniram-se antropólogos e pesquisadores em Inteligência Artificial para debater o estado da arte sobre os processos cognitivos humanos. Incentivado por Foerster, Maturana escreveu sobre a neurofisiologia da cognição, norteado por duas perguntas: o que era a cognição enquanto processo e como esse processo se realizava.

Nessa ocasião, Maturana conta que sua exposição se encaminhou para a defesa de que uma teoria dos fenômenos cognitivos deveria levar em conta a biologia do observador e as implicações dessa condição nas explicações sobre a realidade: “E eu pensei que esses antropólogos iriam se incomodar se eu lhes falasse sobre neurônios, impulsos nervosos... e decidi falar sobre a origem do fenômeno do conhecer” (Maturana, 1990, p. 26, tradução nossa). A explicação que Maturana ofereceu aos antropólogos reunidos no congresso de Chicago para indicar que a realidade não é única e se constitui como um domínio explicativo de um observador é descrita pelo autor:

E comecei escrevendo na lousa: tudo o que é dito, é dito por um observador a outro observador que pode ser ele ou ela mesmo. E em algum momento escrevia: “a realidade não existe” e o giz se partiu, escapuliu e eu o peguei no ar. Todo mundo riu. “A realidade não existe...” e eu pegava o giz. A realidade não existe nesses termos, sim, eu estaria dizendo. Mas agora estou dizendo algo mais. Estou dizendo: a realidade é sempre um argumento explicativo. Disso podemos nos dar conta agora. E aqui há tantas realidades como domínios explicativos; todas legítimas, não distintas formas da mesma realidade, não distintas visões da mesma realidade. Não! Tantas realidades, todas igualmente legítimas, diferentes, mas igualmente autênticas enquanto domínios de coerências operacionais explicativas dos mais diversos possíveis; como modos de reformular a experiência; como domínios cognoscitivos (Maturana, 1990, p. 26, tradução nossa).

Essa mudança de perspectiva proposta por Maturana é justificada pelo neurobiólogo latino-americano em razão de estudos sobre percepção que ele realizara desde que passou a se dedicar à Neurofisiologia e também por uma investigação recorrentemente citada em seus textos acerca de um experimento com salamandras desenvolvido por Roger Sperry, em 1943. Nesse trabalho, o biólogo estadunidense removeu o globo ocular do anfíbio e o recolocou, porém, com uma rotação de 180 graus. Observou que, após ter o olho rotacionado, ante uma presa, o animal lançava sua língua como se ela estivesse apresentada no seu campo visual posterior. Em outro estudo, do qual Maturana participou, intitulado *What the frog's eye tells the frog's brain* (“O que o olho da rã diz ao cérebro da rã”, tradução nossa) (Lettvin et al., 1959), os autores concluíram que a excitação da região do cérebro referente à formação de imagem não respondia diretamente ao estímulo luminoso vindo do ambiente externo, mas ao padrão de variação da luminosidade determinado pelas fibras nervosas presentes na retina da rã.

A partir dessas investigações, Maturana passou a indagar o modo como se explicavam tais fenômenos, alegando que analisá-los “em termos de captação de informação e formação de uma representação do meio não é metafórico ou didático, mas sim revelador de um paradigma explicativo que é biológica e epistemologicamente inadequado” (Maturana, 2014, p. 81).

Tais compreensões levaram Maturana a apresentar o seu primeiro texto no simpósio de Antropologia supramencionado, intitulado *Neurophysiology of Cognition* (1969), composto por quatro seções – “O processo cognitivo em geral”, “O processo cognitivo em particular (o sistema nervoso)”, “Objetivos da Neurofisiologia da Cognição” e “Inteligência Artificial” – e um posfácio. Para os propósitos do presente artigo, a atenção será detida aos aspectos discutidos pelo autor com relação ao ato de observar, à atividade cognitiva e à Inteligência Artificial, entretanto, um estudo minucioso dos escritos de Maturana é apresentado por Sousa (2023).

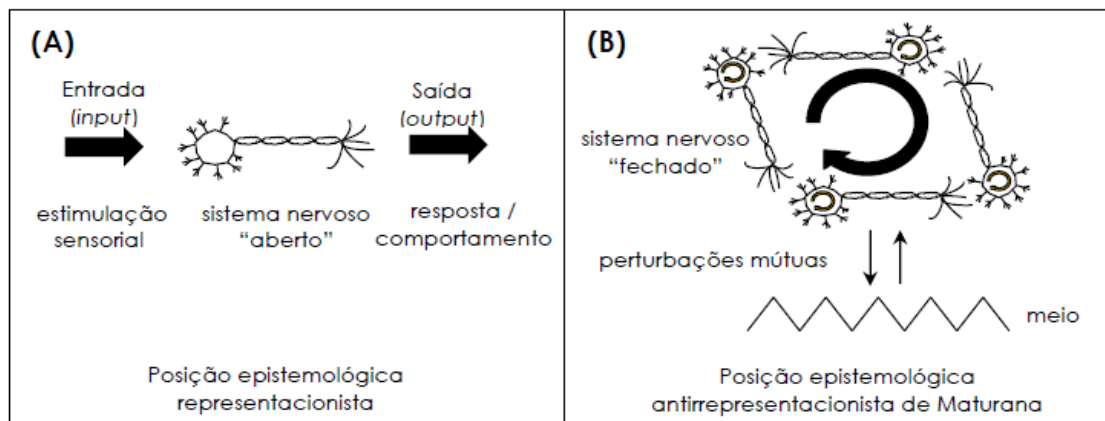
Em *Neurophysiology*, Maturana enuncia uma de suas frases mais célebres – “Tudo o que é dito, é dito por um observador”, batizada por Foerster de “Teorema Número Um de Humberto Maturana” (Foerster, [1979] 2003, p. 283). A proposição, aparentemente simples, tinha subjacente à intenção de discutir a identidade do observador, que, sendo um ser humano, necessariamente era um ser vivo, e precisava também ser compreendido em termos biológicos para que o ato de observar e as descrições produzidas por esse ato pudessem ser caracterizados.

Segundo Maturana, o ato de observar envolveria dois domínios, o “domínio das interações” e o “domínio das relações”. O primeiro seria o conjunto de todas as interações que um ser vivo poderia ter e o segundo, o conjunto de todas as interações desse vivo que o observador conseguiria descrever. Mugerauer (2014) traduz essa distinção a partir de uma analogia com duas caixas, uma interna e outra externa. A interna seria o “universo” em que está inserido o ser vivo, no qual estabeleceria relações de interação, de tal modo que esse seria um ambiente para o organismo. A externa, por sua vez, seria, o “universo” do observador, no qual suas descrições teriam lugar. Desse modo, o observador definiria o ambiente do organismo, nomeando e discriminando suas fronteiras para tentar explicar as causas das mudanças de estado do ser vivo.

A primeira implicação dessa distinção entre os domínios para a interpretação da atividade cognitiva no sistema nervoso era de que isso refutaria a ideia de que haveria, em termos absolutos, “entradas” e “saídas” no sistema nervoso, uma vez que isso teria valor heurístico apenas no domínio de descrições do observador, mas não no domínio de interações dos neurônios, os quais operariam “cegamente”, orientados por uma causalidade circular. A segunda implicação, decorrente da primeira, era a de que a atividade de descrição impunha ao observador interagir com o sistema observado e com as suas próprias descrições. Logo, o observador, em seu domínio cognitivo, não representava a realidade *per se* em suas descrições, contrariando, dessa maneira, o pensamento representacionista hegemônico na compreensão do funcionamento do sistema nervoso.

Acerca disso, Tourinho (1996) explica que o representacionismo como corrente filosófica admite que as descrições feitas pelo ser humano sobre a realidade espelham a própria natureza. Esse pressuposto da correspondência entre conhecimento e realidade, por sua vez, valida a ideia de que haja uma verdade de valor universal e também demarca uma fronteira entre a representação e a ilusão. No âmbito da produção do conhecimento científico, a visão representacionista, imperante desde a fundação da ciência moderna, cinde sujeito e objeto, distanciando o ser cognoscente da realidade cognoscível. Na contramão dessa visão, Maturana, em sua teoria biológica do conhecer, advoga que é preciso entender como ser (ontologia) e conhecer (epistemologia) se relacionam (Figura 1).

Figura 1: Representacionismo versus Antirrepresentacionismo maturaniano



Em (A), o sistema nervoso é “aberto”, tido como processador de informações externas que pode ser descrito em termos de funções hierárquicas de transferência. Em (B), o sistema nervoso é “fechado” e autorreferenciado, que trabalha com ciclos recursivos de percepção-ação, em que o “dentro” e o “fora” somente existem para o observador. Das implicações epistemológicas, em (A), conhecer é representar acuradamente o mundo externo, sugerindo a fragmentação entre sujeito e objeto e, em (B), conhecer é configurar um mundo, na medida em que consiste em um processo de construção a partir da interação entre ser vivo e meio.

Fonte: Figura e legenda extraídos de Sousa (2023, p. 46).

Ao final de *Neurophysiology*, Maturana expõe notas sobre os objetivos da Inteligência Artificial. Nessa última seção do texto, argumenta que o desafio de criar um sistema cognitivo artificial se via na incompreensão de que a diferença crucial entre máquinas e seres vivos não residia nos princípios de funcionamento, mas em suas referências. Para o neurobiólogo, as máquinas possuíam um domínio de interações “alorreferentes”, que tornavam obrigatoriamente sua existência e finalidade subjugadas aos desejos daqueles que as criaram. Já no caso dos seres vivos, suas interações ocorriam em um domínio de interações “autorreferentes”, em uma dinâmica que se voltava à manutenção da própria organização circular que os caracterizava como entidades vivas. Essa distinção viria a ser mais bem desenvolvida na obra *De máquinas y seres vivos: autopoiesis, la organización de lo vivo* (1973) – “De máquinas e seres vivos: autopoiese, a organização do vivo”, na tradução brasileira, produzida em parceria com seu conterrâneo e também neurobiólogo Francisco Javier Varela García (1946-2001). Nela, os autores apresentam a teoria da autopoiese para explicar toda a fenomenologia biológica, cuja proposição lhe rendeu maior visibilidade no mundo acadêmico e pela qual normalmente é conhecido, embora essa seja parte de um constructo teórico maior, a Biologia do Conhecer (Sousa, 2023).

A distinção entre máquinas e seres vivos quanto às suas referências não era vista por Maturana como impeditivo para que a Inteligência Artificial se desenvolvesse, crendo que

poderia haver a criação de dois tipos de sistemas cognitivos artificiais: um capaz de descrever suas próprias descrições nos termos de observadores humanos, reconhecendo aquilo que os humanos reconhecem; e o outro capaz de fazer descrições nos seus próprios termos, cabendo aos humanos posteriormente compreendê-los. Entretanto, entendia que em nenhum dos dois casos havia necessidade de imitar o que se passava no cérebro humano, mas considerava ser essencial, no primeiro caso, dar às máquinas um domínio de interações como o dos humanos e não uma descrição dos humanos para ser “apreendida” e reproduzida (Maturana, 1969).

Em 1970, Maturana publicou *Biology of Cognition*, aprimorando nesse artigo as ideias contidas em *Neurophysiology* e acrescentando tópicos inéditos – “Pensamento”, “Linguagem Natural” e “Memória e Aprendizagem”. A teoria do observador por ele defendida reclamava explicações sobre como se constituía um mundo de observadores, de tal modo que se evitasse uma posição solipsista, como ele mesmo indicou: “Nosso domínio cognitivo é limitado e ilimitado da mesma maneira que nosso domínio de realidade é limitado e ilimitado. O conhecimento implica interações, e nós não podemos sair de nossos domínios de interações, que é fechado” (Maturana, 2014, p. 194-195). O autor descreve a seguir a experiência única do observador:

Vivemos, portanto, em um domínio de conhecimento que é sujeito-dependente e uma realidade que é sujeito-dependente. [...] Aparentemente tudo o que permanece é o observador. Contudo o observador não existe sozinho, porque sua existência necessariamente implica no mínimo um outro ser como condição necessária para o estabelecimento do domínio consensual no qual ele existe como um observador. Entretanto, o que é único para cada observador e que faz com que cada observador mantenha-se único é, por um lado, sua experiência, que permanece necessariamente isolada em seu fechamento operacional, e, por outro lado, a habilidade do observador de operar, através da consensualidade de segunda ordem, como se estivesse fora da situação na qual ele está, e, portanto, ser observador de sua circunstância como um observador (Maturana, 2014, p. 194-195).

Em *Biology of Cognition*, Maturana explicou que essa “consensualidade de segunda ordem” era possível pela linguagem, definida por ele como comportamento orientador, que orientaria o ser dentro de seu próprio domínio cognitivo para interações que seriam independentes da natureza das próprias interações orientadoras. Isso significaria assumir parte do domínio cognitivo não é determinada geneticamente, mas se produz pelas próprias interações com o meio – em que o meio, nesse caso, seria outro observador –, e, portanto, um organismo poderia, em princípio, orientar outro e vice-versa, criando modos arbitrários de conduta se tais interações mútuas fossem comparáveis a ponto de se desenvolver um sistema comunicativo

convencionado e cooperativo entre eles (Maturana, 1970). Em suma, segundo o estudioso, a linguagem teria que ter surgido na evolução como resultante de um acoplamento estrutural ontogênico mútuo, em que dois ou mais organismos, sendo estruturalmente plásticos e interagindo recursivamente, originaram um comportamento linguístico a partir do estabelecimento de um domínio consensual de condutas. Por isso, para Maturana, as regras, os signos e os símbolos que caracterizam o sistema linguístico tal como o reconhecemos somente poderiam ter surgido após a definição de um comportamento linguístico que deu origem ao observador (Maturana, 1990).

A partir dessa visão, Maturana argumentou que a linguagem natural (i) teria emergido como um novo domínio de interações, por meio do qual o organismo seria modificado pelas próprias descrições de suas interações; (ii) seria necessariamente generativa, na medida em que resultaria de uma aplicação recursiva da mesma operação (enquanto processo neurofisiológico) sobre os resultados dessa aplicação; e (iii) se constituiria compreensível para os interlocutores porque cada organismo participa como membro do domínio consensual, contribuindo ativa e cooperativamente para a definição deste (Maturana, 1980).

Uma síntese das ideias de Maturana presentes em *Neurophysiology of Cognition* (1969) e aprimoradas em *Biology of Cognition* (1970) é apresentada por Sousa (2023, p. 53):

Em linhas gerais, o neurobiólogo explicitou as concepções de “homem” e de “linguagem” que, desde sua perspectiva, emergiam: o “homem” como um sistema autônomo, autorreferenciado, relativo, determinado e autoconsciente, que vive em um domínio de descrição continuamente em mudança e cuja racionalidade está baseada em premissas – verdades arbitrariamente aceitas – e o seu sistema de valores orientado por em um quadro de referências que ele mesmo eleger; e a “linguagem” como a criação de um domínio cooperativo de interações entre indivíduos que desenvolvem um quadro comum de referências, embora cada indivíduo atue exclusivamente em seu domínio cognitivo no qual toda a verdade última é relativa à sua experiência pessoal, o que, por sua vez, impede que a linguagem possa ser entendida como um processo de transmissão de informações.

As implicações de tais compreensões para a educação foram examinadas pelo próprio neurobiólogo de forma mais explícita em escritos posteriores, como se comentará no tópico a seguir.

Notas sobre o educar e o aprender pelo prisma da teoria da Biologia do Conhecer

Ainda entre o final dos anos 1960 e o início dos anos 1970, Maturana explicita uma concepção de aprendizagem que entende desdobrar-se a partir da sua teoria biológica sobre o conhecer. O autor afirma a aprendizagem como um processo de transformação do sistema nervoso associada à mudança de conduta. O que se destaca na sua caracterização, no entanto, é que a aprendizagem ocorre subordinada à auto-organização do organismo em geral e do sistema nervoso em particular, de tal sorte que essa autorreferenciação (dada pela autopoiese) não permite que se adote como critério de efetivo aprendizado a aquisição de representações do ambiente ou de aquisição de informação sobre o ambiente. Nesse sentido, esse primeiro aspecto sobre a aprendizagem na visão maturaniana distancia-se da perspectiva que hoje é assumida para as redes neurais artificiais, em que se presume a entrada de um grande volume de dados (treinamento) a ser processado por um algoritmo de aprendizado (com regras específicas) que gera, por sua vez, saídas, as quais, se levam à resolução de problemas, são tidas como sinônimo de “aprendizagem” (Rossini; Santos; Veloso, 2024).

Para o neurobiólogo, a aprendizagem seria “o comportamento de um organismo [que] varia durante sua história (ontogênese), de maneira consistente com as mudanças ambientais e o faz seguindo um curso contingente de suas interações com o ambiente” (Maturana, 1982, p. 1). Essa “dança estrutural” ou “deriva ontogenética” determinada momento a momento pelo sistema nervoso se mantém consistente com a estrutura do meio e sua dinâmica de mudança, de tal modo que os comportamentos exibidos e visualizados por um observador externo lhe parecem adequados e, por isso, são tomados como expressão de aprendizagem.

Essa perspectiva, continua o estudioso, se opõe à ideia de que o meio externo é instrutivo para o organismo e, conseqüentemente, nega que este receba informações e construa uma representação armazenada em sua memória, a qual será utilizada para planejar seu comportamento em resposta às interações futuras. Novamente, assim se vê a discrepância de tal explicação com as concepções que dão suporte à Inteligência Artificial Generativa, as quais buscam equiparar o “aprendizado de máquina” e o “processamento de linguagem natural” ao que se passa na aprendizagem humana:

Se o ChatGPT deve sua usabilidade ao processamento de linguagem natural, grande parte de sua funcionalidade se deve à variedade de mecanismos utilizados em seu treinamento. O alicerce do GPT é o aprendizado de máquina (*machine learning*), um tipo de IA que utiliza algoritmos para aprender a partir de dados e a fazer previsões. Ao contrário dos modelos preditivos que surgiram antes dele, o aprendizado de máquina “não requer especialistas para fornecer conhecimento. Em vez disso, ele utiliza uma tarefa específica e um grande conjunto de dados para detectar padrões e aprender como alcançar da melhor

forma o resultado desejado” (Deng & Lin, 2022, p. 81) (Correia; Hickey; Xu, 2024, p. 22).

Na contramão dessa definição de “aprendizado de máquina”, que como visto na citação acima, “utiliza algoritmos para aprender a partir de dados e fazer previsões”, Maturana assinala que a aprendizagem humana depende da convivência entre humanos. Admitindo que “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” (Maturana, 2009, p. 29), o autor defende a aprendizagem como um fenômeno de transformação congruente de educadores e educandos.

Esse interesse do autor pela questão educacional passa a ser mais evidente em seus escritos publicados da década de 1990 em diante, período em que são editados *Emociones y Lenguaje en educación y política* (1990), traduzido no Brasil em 1998; *Transformación en la convivencia* (1999), com colaboração da psicopedagoga Sima Nisis de Rezepka; *Formação Humana e Capacitação* (2000), também em coautoria com Rezepka. No primeiro, Maturana explora as ligações entre a teoria do observador, o fenômeno do conhecer, a origem do humano na linguagem, o papel das emoções nas relações humanas e os fundamentos biológicos da educação. Em *Transformación en la convivencia* (1999), afirma que a tarefa da educação consiste em “criar um espaço relacional no qual as nossas crianças cresçam agora, no presente, como seres humanos responsáveis ecológica e socialmente e respeitando a si mesmos” (Maturana, 2004, p. 59, tradução nossa).

Ao lado de Rezepka, em *Formação humana e capacitação* (2000), os autores escrevem que os princípios que fundamentam a tarefa educacional devem distinguir-se da mera capacitação: enquanto a primeira se refere à criação de condições que orientam e apoiam o indivíduo mirando o ideal de formação humana, a segunda, dotada de um caráter mais técnico, está associada à aquisição de habilidades para atuação no mundo em que se vive. Nesse sentido, ainda que não se oponham inteiramente, a capacitação deve ser concebida apenas como parte de um processo educacional.

Essas proposições encontram, em certa medida e por outros caminhos, o que o reconhecido filósofo e educador brasileiro Paulo Freire defendeu em *Pedagogia da Autonomia* (1996), dizendo que “transformar a experiência em puro treinamento técnico é amesquinhar o que é de fundamentalmente humano no exercício educativo: o seu caráter formador. [...] Educar é substantivamente formar” (Freire, 2005, p. 33). Logo, vê-se aqui um fundamento distintivo da

prática educativa que não se replica pela Inteligência Artificial: enquanto os seres humanos se educam em comunhão, segundo Freire, ou pela convivência, nas palavras de Maturana, as “máquinas inteligentes” se treinam.

Sousa (2023) argumenta que, a partir da teoria maturaniana, que explica o observador surgindo na interação com outro observador, numa dinâmica linguística consensual que lhes permitem construir um mundo colaborativamente, é possível justificar por que na relação entre educador e educando ambos se modificam mutuamente. Nota-se que poderia essa explicação constituir-se como fundamento biológico da máxima freiriana: “quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender” (Freire, 2005, p. 23). Assim, cabe refletir, como o processo educacional, eminentemente humano, preconizado na interação, na criação de novos mundos, no erro como parte da aprendizagem, entre tantos outros princípios, pode se beneficiar da Inteligência Artificial, cuja lógica operativa não permite confundi-la – ainda? – com aquilo que identificamos como próprio do que é humano.

Considerações finais

No presente artigo, fundamentado em uma pesquisa de natureza histórica e bibliográfica, buscou-se discutir a compreensão sobre os fenômenos do conhecer e da aprendizagem humana que subjaz a criação da Inteligência Artificial à luz da Biologia do Conhecer, com o intuito de sugerir implicações de tais visões para a educação no contexto em que tecnologias “inteligentes” estreitam cada vez mais a relação humano-máquina.

Pela condução a uma breve incursão na história da emergência da Inteligência Artificial na transição da primeira para a segunda metade do século passado, foi contextualizada a teoria biológica do conhecer de Maturana, nascida no seio do movimento cibernético e, que, dentre outros aspectos, colocou sob suspeição a possibilidade de imitar o cérebro humano. Para Maturana, se a cognição é aceita como um fenômeno biológico e se todo fenômeno biológico é dependente da existência de pelo menos um ser vivo, os domínios de interação e de referência que tornam o sistema cognitivo humano capaz de conferir aos humanos a condição de observadores e descritores de si mesmos não seriam reproduzíveis em sistemas cognitivos artificiais.

A partir de tais explicações, Maturana apresentou concepções próprias sobre o conhecer e a aprendizagem, que aqui foram referenciadas para pontuar questões que alcançam a preocupação em torno dos papéis que se devem ou que se esperam atribuir à Inteligência

Artificial na educação. Entende-se, assim, que o clamor pelo uso das tecnologias inteligentes e generativas no processo educativo compele a pesquisa educacional, especialmente a que se dedica às teorias da aprendizagem e aos estudos sobre o processo de ensino-aprendizagem, a investigar como as concepções sobre “ensinar” e “aprender” hoje existentes são tensionadas nesse cenário de justaposição entre máquinas que “aprendem” e cérebros humanos. Uma vez que a Inteligência Artificial, como visto, não opera tal como a “inteligência natural”, mas reivindica para si essa similitude, a demarcação dos limites dessa analogia se faz imprescindível, sobretudo para afirmar a natureza exclusivamente humana do fenômeno educativo.

Cumpra aqui ressaltar que essa visão não pretende prescindir do que as tecnologias potencialmente fornecem ao processo educativo, pois, como advertiu Paulo Freire, “divinizar ou diabolizar a tecnologia ou a ciência é uma forma altamente negativa e perigosa de pensar errado” (p. 33). Contudo, tomando a referência freiriana para afirmar que máquinas são treináveis e seres humanos são formados, brada-se aqui pela inversão: em lugar de perguntarmos somente pelas aplicações da Inteligência Artificial à educação, nos cabe indagar também sobre que concepção de educação predomina nesse movimento de incorporação das tecnologias ao âmbito educativo; que tipo de educação se faz necessária para que os sujeitos possam ler e intervir nessa realidade em que a Inteligência Artificial é uma presença inescapável; e a que interesses e necessidades humanas essas máquinas com IA têm respondido.

A esse conjunto de questões éticas e políticas que esse debate ascende, acrescenta-se a importância de se ter em conta que, se o aspecto central da existência humana ocorre no social, na interação e na aceitação da legitimidade do outro e se a educação é construtora de humanidade, a tecnologia só tem lugar nessa dinâmica se colabora para criar para as nossas crianças e jovens um espaço relacional desejável de coexistência humana.

Referências

ALARCÓN LEIVA, Jorge; CANALES VALENZUELA, Iván. **La Biología del Conocimiento de Humberto Maturana**: una exposición crítica. Talca: Universidad Católica del Maule, 1999.

ARNOLD, Darrell. Introduction to Part I: Early Developments and Their Continued Repercussions. In: ARNOLD, Darrell P. (Ed.). **Traditions of System Theory**: major figures and contemporary developments. Abingdon: Routledge, 2014. p. 3-9.

BRUNI, John. Expanding the self-referential paradox: the Macy Conferences and the second
Revista *Devir Educação*, Lavras, vol. 10, n.1, e-1067, 2026.

wave of cybernetic thinking. In: ARNOLD, Darrell P. (Ed.). **Traditions of System Theory: major figures and contemporary developments**. Abingdon: Routledge, 2014. p. 78-83.

CHAGAS, Alexandre Meneses; SANTOS, José Daniel Vieira; ARAÚJO, Daniel Ferreira Barros de. As eras da Inteligência Artificial: do conceito ao ChatGPT. In: SANTOS, Edméa; CHAGAS, Alexandre; BOTTENTUIT JÚNIOR, João Batista. (Org.). **ChatGPT e Educação na Cibercultura: fundamentos e primeiras aproximações com Inteligência Artificial**. Salvador: EDUFMA, 2024. p. 63-77.

CORREIA, Ana-Paula; HICKEY, Sean; XU, Fan. Explorando a integração da IA Generativa na Educação: oportunidades, desafios e considerações éticas. In: SANTOS, Edméa; CHAGAS, Alexandre; BOTTENTUIT JÚNIOR, João Batista. (Org.). **ChatGPT e Educação na Cibercultura: fundamentos e primeiras aproximações com Inteligência Artificial**. Salvador: EDUFMA, 2024. p. 18-48.

FOERSTER, Heinz von. Cybernetics of Cybernetics. In: KRIPPENDORFF, Klaus. (Ed.). **Communication and Control in society**. New York: Gordon & Breach Science Publishers Ltd., 1979. p. 5-8. Reimpresso em: FOERSTER, Heinz von. **Understanding Understanding: essays on Cybernetics and Cognition**. New York: Springer-Verlag, 2003, p. 283-286.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 31. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2005.

GALUCH, Maria Terezinha Bellanda. **Da vinculação entre Ciência e Ensino de Ciências: contribuições para a formação docente**. Maringá: Eduem, 2013.

GLANVILLE, Ranulph. Cybernetics: thinking through the technology. In: ARNOLD, Darrell P. (Ed.). **Traditions of System Theory: major figures and contemporary developments**. Abingdon: Routledge, 2014. p. 45-77.

KELLNER, Douglas. **A Cultura da Mídia**. Tradução de Ivone Castilho Benedetti. Bauru: Edusc, 2001.

LETTVIN, Jerome Ysroael; MATURANA, Humberto; MCCULLOCH, Warren Sturgis; PITTS, Walter Harry. What the frog's eye tells the frog's brain. **Proceedings of the Institute of Radio Engineers**, New York, v. 47, n. 11, p. 1940-1951, 1959.

MATURANA, Humberto. **Biología de la Cognición y Epistemología**. Temuco: Ediciones Universidad de la Frontera, 1990.

MATURANA, Humberto. Biologia da Linguagem: a epistemologia da realidade. In: MATURANA, Humberto. **A ontologia da realidade**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014b. p. 145-198.

MATURANA, Humberto. Biology of Cognition. In: MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco. **Autopoiesis and Cognition: the realization of the living**. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company, 1980. p. 5-58.

MATURANA ROMESÍN, Humberto. **Emoções e linguagem na educação e na política**. Revista *Devir Educação*, Lavras, vol. 10, n.1, e-1067, 2026.

Tradução: José Fernando Campos Fortes. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2009.

MATURANA, Humberto. Neurophysiology of cognition. In: GARVIN, Paul L. (Ed.). **Cognition: a multiple view**. New York: Spartan Books, 1969. p. 3-23.

MATURANA, Humberto. Percepção: configuração do objeto pela conduta. In: MATURANA, Humberto. **A ontologia da realidade**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014a. p. 79-90.

MATURANA, Humberto. Prefácio à segunda edição – Vinte anos depois. In: MATURANA, Humberto; VARELA, Francisco. **De máquinas e seres vivos: autopoiese, a organização do vivo**. 3. ed. Tradução de Juan Acuña Llorens. Porto Alegre: Artmed, 1997. p. 9-34.

MATURANA, Humberto. **Reflexões: aprendizagem ou deriva ontogenética**. Universidade do Chile, Santiago, Chile. 1982. Disponível em: <https://humana.social/aprendizagem-ou-deriva-ontogenica-maturana-1982/>. Acesso em: 30 maio 2025.

MATURANA, Humberto; REZEPKA, Sima Nisis de. **Formação humana e capacitação**. Tradução de Jaime A. Clasen. Petrópolis: Vozes, 2000.

MATURANA, Humberto. **Transformación en la convivencia**. Santiago de Chile: J. C. Sáez Editor, 2004.

MUGERAUER, Bob. Maturana and Varela: from autopoiesis to system applications. In: ARNOLD, Darrell P. (Ed.). **Traditions of System Theory: major figures and contemporary developments**. Abingdon: Routledge, 2014. p. 158-178.

PÖRKSEN, Bernhard. The ethics of epistemology: the work of the constructivism and cyberneticist Heinz von Foerster, from the Vienna Circle to the Cybernetic Circle. In: ARNOLD, Darrell P. (Ed.). **Traditions of System Theory: major figures and contemporary developments**. Abingdon: Routledge, 2014. p. 137-157.

ROSSINI, Tatiana Stofella Sodré; SANTOS, Edméa; VELOSO, Maristela Midlej. Inteligências Artificiais Generativas na produção científica na pós-graduação stricto sensu: autoria, propriedade intelectual e educação online. In: SANTOS, Edméa; CHAGAS, Alexandre; BOTTENTUIT JÚNIOR, João Batista. (Org.). **ChatGPT e Educação na Cibercultura: fundamentos e primeiras aproximações com Inteligência Artificial**. Salvador: EDUFMA, 2024. p. 49-62.

SANTAELLA, Lucia. Pós-humano – por quê? **Revista USP**, São Paulo, n. 74, p. 126-137, jun./ago. 2007. Disponível em: <https://revistas.usp.br/revusp/article/view/13607/15425>. Acesso em: 17 jun. 2024.

SILVA, Herbert Gomes da. Aprendizagens Humanas e Inteligências Artificiais: Como fica o fenômeno da interação com os saberes a partir da existência do ChatGPT? In: SANTOS, Edméa; CHAGAS, Alexandre; BOTTENTUIT JÚNIOR, João Batista (Org.). **ChatGPT e Educação na Cibercultura: fundamentos e primeiras aproximações com Inteligência Artificial**. Salvador: EDUFMA, 2024. p. 78-93.

SILVERTHORN, Dee Unglaub. **Fisiologia Humana: uma abordagem integrada**. 7. ed. Porto
Revista *Devir Educação*, Lavras, vol. 10, n.1, e-1067, 2026.

Alegre: Artmed, 2017.

SOUSA, Jennifer Caroline de. **A Biologia do Conhecer na Educação:** interlocuções com a Pedagogia Libertadora. 2023. 257 p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

TOURINHO, Emmanuel Zagury. Behaviorismo radical, representacionismo e pragmatismo. **Temas em Psicologia**, Ribeirão Preto, v. 4, n. 2, p. 41-56, ago. 1996. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/tp/v4n2/v4n2a04.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2024.

VARELA, Francisco. **Conocer - Las Ciencias Cognitivas:** tendencias y perspectivas. Cartografía de las ideas actuales. Tradução de Carlos Guardini. Barcelona: Gedisa Editorial, 2005.

WIENER, Norbert. Cybernetics. **Scientific American**, v. 179, n. 5, p. 14-19, 1948. Disponível em: https://monoskop.org/images/0/08/Wiener_Norbert_1948_Cybernetics.pdf. Acesso em: 24 jun. 2024.

Recebido: junho/2025

Revisões requeridas: dezembro/2025

Aprovado: fevereiro/2026