

ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA POR MEIO DO PENSAMENTO SISTÊMICO DAS REDES DE INTERAÇÕES ECOLÓGICAS: UMA VISÃO PARA O ANTROPOCENO

TEACHING NATURAL SCIENCES THROUGH THE SYSTEMIC THOUGHT OF ECOLOGICAL INTERACTIONS NETWORKS: A VISION FOR THE ANTHROPOCENE

Ricardo Cardoso-Leite*, Vinicius Marques Lopez, Aurélio Fajar Tonetto, Paloma Pena-Firme, Rhainer Guillermo Ferreira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil. cardoso.leite@ifsp.edu.br.

RESUMO

Recentemente, a Terra adentrou uma nova era geológica: o Antropoceno. Essa nova etapa da história do planeta é caracterizada pela intensa atividade antrópica que promove alterações do meio ambiente, tanto o meio físico como as comunidades biológicas. O modo de vida atual da humanidade é insustentável, e todos os cenários projetados pelos cientistas para o futuro tratam de sérias restrições para a sociedade. Diante desse contexto, o ensino de ciências naturais deve assumir o desafio de preparar as novas gerações para essa nova era. Como uma perspectiva mais adequada à atualidade, o presente estudo propõe uma abordagem para o ensino de Ciências Naturais focado na Ecologia das redes de interações, que é capaz de proporcionar a integração de diversos saberes em uma visão sustentável para o futuro.

PALAVRAS-CHAVE: Ecologia, Educação, interdisciplinaridade

ABSTRACT

Recently, Earth has entered a new geological era: the Anthropocene. This new stage in the planet's history is characterized by intense anthropic activity that promotes changes to the environment, both the physical environment and biological communities. The current way of human life is unsustainable, and all scenarios projected by scientists for the future involve serious constraints for society. Given this context, the teaching of natural sciences must take on the challenge of preparing the new generations for this new era. As a perspective more suitable for the present, the current study proposes an approach to the teaching of Natural Sciences focused on the Ecology of interaction networks, which can provide the integration of diverse knowledge into a sustainable vision for the future.

KEYWORDS: Ecology, Education, interdisciplinarity

INTRODUÇÃO

O Antropoceno é proposto por parte da comunidade científica como uma nova era geológica da Terra e é caracterizada pelo modo como a humanidade têm alterado os aspectos físicos e as comunidades biológicas do meio ambiente⁽¹⁾. As mudanças ambientais antropogênicas são tão pronunciadas que promovem o aquecimento global, a alteração dos ciclos biogeoquímicos, a crise da perda da biodiversidade e o impacto negativo nos remanescentes florestais pelo uso do solo. Estes efeitos são relativamente recentes se considerarmos a história humana, pois o limiar do Antropoceno se deu quando a capacidade da humanidade de transformar a natureza e produzir alterações ambientais de âmbito global foi amplificada pelo advento das ferramentas e dos modos de produção da Revolução Industrial⁽²⁾.

Em termos simbólicos, no final do século XIX a natureza foi dominada pelo homem. Subjugar a natureza ou encará-la de modo utilitarista é uma forte tendência cultural remanescente à atualidade que se desdobrou de períodos anteriores onde essa postura era determinante para a sobrevivência da espécie humana. Todavia, o que era necessidade se tornou um excesso, de modo que os padrões de produção e consumo atuais são insustentáveis diante da capacidade de suporte do planeta. Mesmo diante das evidências de depredação dos recursos naturais pela economia humana, as mentalidades ainda são as mesmas e, em seu dia a dia, as pessoas ignoram o Antropoceno e todas as mudanças ambientais inerentes a este. Para a manutenção da sociedade humana em um cenário com poucos recursos, a projeção é de um futuro cheio de restrições, independentemente da abordagem adotada, o que torna imprescindível considerar os efeitos das mudanças ambientais antropogênicas para o planejamento de uma sociedade autossustentável. Neste sentido, o ensino das Ciências Naturais, por meio da reestruturação da educação pública, com missão de preparar as novas gerações com a compreensão dessa nova conjuntura por meio da alfabetização científica, assume um papel central para responder às mudanças climáticas e ambientais.

A preparação para o novo cenário primeiramente deverá passar pela quebra de alguns paradigmas da educação, salientando a ruptura com o ensino tradicional e a adoção de sistemas de ensino que sejam coerentes com a realidade. A disciplina inerente ao ensino tradicional, bem explanada por Foucault, separa o conhecimento em módulos isolados que são apresentados com funcionalidade específica em uma série pré-determinada. Assumindo que o ser humano tem afinidade natural pelo conhecimento, mas sente estranhamento pela disciplina, devendo ser condicionado a esta, este modelo tradicional de ensino faz com que o conhecimento ganhe o mesmo ar de artificialidade que a disciplina, muitas vezes isolando o que se ensina na escola da realidade do aluno.

No Brasil, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) já mencionam metodologias e estratégias alternativas ao ensino tradicional, como a aprendizagem baseada em problemas que podem focar em diversos fatores inter-relacionados intrínsecos ao Antropoceno: “centros de interesses; núcleos ou complexos temáticos; elaboração de projetos, investigação do meio, aulas de campo, construção de protótipos, visitas técnicas, atividades artístico-culturais e desportivas, entre outras”. Esse tipo de abordagem procura romper com a centralidade das disciplinas nos currículos, e proporciona a inclusão de sistemas globalizadores que abranjam a complexidade da realidade de diferentes áreas do conhecimento e suas relações. Tal ruptura é desafiadora, pois além de exigir uma articulação entre os saberes, encontra uma barreira imposta pela fragmentação histórica dos currículos⁽³⁾.

Nesse contexto, temos barreiras impostas pelos próprios objetos de estudo e métodos específicos de abordagem de cada disciplina. A solução para esse problema passa por propostas transversais que abranjam de forma sistêmica e integrativa o conteúdo de várias disciplinas. Entretanto, a elaboração dessas propostas tem se tornado uma tarefa árdua e muitas vezes inexplorada. A rigidez do ensino tradicional é um complicador neste sentido, como é demonstrado por McBride e Silverman (1991)⁽⁴⁾, que apontaram problemas que precisam ser cautelosamente abordados antes que haja uma integração de saberes da ciência e da

matemática, e que também podemos considerar pertinentes para a integração global entre outras disciplinas:

1. Na maioria das escolas, os estudantes se deparam com currículos organizados e ensinados em disciplinas separadas.
2. Maior tempo é necessário para o ensino de conceitos de uma ciência por conceitos de outras ciências.
3. A gestão da classe pode ser mais complicada quando os estudantes estão engajados no aprendizado integrado de disciplinas.
4. Vários professores não possuem material de outras disciplinas.
5. Poucos professores têm acesso ou conhecem os materiais curriculares que integram diferentes disciplinas.

A RIGIDEZ NO ENSINO TRADICIONAL

Tradicionalmente, a escola divide o ensino em disciplinas especializadas em diferentes áreas do conhecimento, o que gera um enrijecimento do currículo e um distanciamento entre os conteúdos de cada uma das disciplinas. Frente à dificuldade de relacionar os assuntos isolados pelas fronteiras arbitrárias da grade curricular, no Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais⁽⁵⁾ sugerem que os temas das aulas tenham um caráter transdisciplinar. No caso do ensino de Biologia, as aulas deveriam adotar, principalmente, a Ecologia e a Evolução como temas transversais. No entanto, escapar da esfera de conhecimento de cada disciplina ainda é um desafio. Essa rigidez da estrutura de ensino de ciências é um reflexo do pensamento cartesiano, que, em seu método científico, incentiva a partição do conhecimento em disciplinas. Cada vez mais especializadas, estas buscam dividir as dificuldades das questões que permeiam a complexidade de cada objeto de estudo com o objetivo de clarificar respostas às hipóteses formuladas. Embora a especialização seja indiscutivelmente funcional para o desenvolvimento da ciência, no ensino de ciência, acaba por criar barreiras para que os estudantes internalizem o conhecimento científico durante o processo de ensino-aprendizagem. Isto acontece porque as fronteiras disciplinares arbitrárias criam barreiras simbólicas para os

aprendizes ao isolar conteúdos indissociáveis e, assim, esvazia em sentido uma visão complexa capaz de vincular o conhecimento científico à realidade.

Apesar de ser claro o problema da fragmentação do conhecimento, superá-lo é uma tarefa árdua frente ao caráter opressor da estrutura escolar replicadora de instâncias pré-existent^(6,7). Isto é, os modos de ensino se perpetuam, uma herança clara da pedagogia comportamentalista, que, pelo condicionamento operante, modelaria o comportamento humano e, conseqüentemente, o aprendizado, fazendo com que muitos professores se valessem dos mesmos dispositivos a que foram submetidos. Em outras palavras, ensinam do mesmo modo como aprenderam o que resulta em um sistema autorreplicante. Se estabelecer mudanças no ensino é algo difícil, um primeiro passo para superar esta fragmentação do conhecimento é estabelecer propostas que “dão contexto aos conteúdos e permitem uma abordagem das disciplinas científicas de modo inter-relacionado”⁽⁸⁾, ou seja, por meio da interdisciplinaridade.

O ENSINO ATRAVÉS DA INTERDISCIPLINARIDADE

Segundo Japiassú, “a interdisciplinaridade caracteriza-se pela intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de integração real das disciplinas no interior de um mesmo projeto de pesquisa”⁽⁹⁾. Em outras palavras, como definido por Libâneo⁽¹⁰⁾, a interdisciplinaridade “...é uma atitude frente ao processo do conhecimento, seja na pesquisa, seja no ensino. É confluência de saberes para compreender melhor a complexidade do mundo. A ideia é de que não se trata de conhecer por conhecer, mas compreender a realidade para transformá-la. No conceito interdisciplinar está a ideia de superação da especialização excessiva, portanto, de maior ligação teórico-prática e maior ligação da ciência com suas aplicações.

Existe um crescente corpo de literatura abordando a interdisciplinaridade nas disciplinas acadêmicas. Em uma extensa revisão crítica da literatura, Aboelela, et al.⁽¹¹⁾ determinaram mais de 500 fontes publicadas com relação a interdisciplinaridade, das quais 42 artigos focaram-se na pesquisa interdisciplinar e

o restante em outros aspectos do tema⁽¹¹⁾. Embora exista um crescente corpo de literatura e projetos educacionais interdisciplinares, essa linha de pesquisa se apoia em inúmeras vertentes, carecendo de eixos transversais e práticas que normalizem a pesquisa e o ensino interdisciplinar⁽¹²⁾. Mesmo que a literatura sobre interdisciplinaridade ainda seja incipiente, esta dá suporte para que sejam elaboradas práticas de ensino que visem superar as barreiras arbitrárias das disciplinas tradicionais. Dessa forma, a prática interdisciplinar deve denotar que o ensino seja “pela constituição de concepções organizadoras que permitam articular os domínios disciplinares em um sistema teórico comum”⁽¹³⁾. Portanto, o ensino de ciências naturais, visando uma prática condizente com a realidade do Antropoceno, necessita de um eixo transversal que articule os diversos saberes. Deste modo, acredita-se que a Ecologia possa assumir esse papel, interligando diversas áreas do conhecimento em uma abordagem que, além de possuir um caráter multi, inter e transdisciplinar, caracteriza-se por seu intrínseco pensamento sistêmico e sua inerente perspectiva sustentável e conservacionista, os quais têm o potencial de realizar a missão de preparar gerações conscientes do seu papel em um futuro sistema sustentável.

A ECOLOGIA COMO EIXO ARTICULADOR ENTRE OS SABERES

Com relação ao ensino de Biologia e Ciências da Natureza, a Ecologia é um excelente candidato para assumir o papel de sistema organizador e difusor de conteúdo, proporcionando o desenvolvimento do pensamento sistêmico e uma visão mais complexa da realidade. Korfiatis e Tunnicliffe⁽¹⁴⁾ sugerem que a ecologia é o candidato ideal para a implementação das transformações propostas para os currículos de ciências, e, portanto, merece uma maior presença nos currículos escolares. A educação em ecologia é, na opinião dos autores, o elo perdido da reforma educacional pois tem o potencial de integrar a educação em espaços não-formais, a CTS (ciência, tecnologia e sociedade) e o pensamento sistêmico e assim conectar a ciência com as experiências cotidianas, desenvolver habilidades

científicas, encorajar atividades de modelagem e promover um currículo mais “verde”.

Complementando esta ideia, segundo Morin ⁽¹³⁾ “Da mesma maneira, a ciência ecológica é constituída sobre um objeto e um projeto multi e interdisciplinar, a partir do momento da criação..., não só do conceito de nicho ecológico, como também do ecossistêmico (união de um biótopo e uma biocenose), isto é, a partir do momento em que um conceito organizador de caráter sistêmico permitiu articular conhecimentos diversos (geográficos, geológicos, bacteriológicos, zoológicos e botânicos). A ciência ecológica pode não somente utilizar os serviços de diferentes disciplinas, mas ainda criar cientistas policompetentes, que possuem, ademais, a competência dos problemas fundamentais desse tipo de organização”. Neste sentido, do mesmo modo que cientistas policompetentes podem ser criados, utilizar a interdisciplinaridade intrínseca à ecologia como eixo transversal no ambiente escolar pode desenvolver, nos educandos, múltiplas competências que serão necessárias às futuras gerações.

MODELAGEM DE REDES DE INTERAÇÕES

Em 1869, Ernest Haeckel utilizou pela primeira vez o termo Ecologia (derivado do grego oikos-casa), fazendo menção do estudo das interações entre os organismos e seu ambiente. A definição mais aceita atualmente para Ecologia é dada por Begon et al. ⁽¹⁵⁾ que a definem como “o estudo científico da distribuição e abundância de organismos e das interações que determinam a distribuição e abundância”. De acordo com esta perspectiva, o sucesso da vida na Terra é diretamente associado com o sucesso das interações ecológicas. Em todo lugar, no ar, na água, no solo, sobre ou no interior de organismos, grandes ou pequenos, as relações bióticas estão presentes. A riqueza de interações “biodiversidade de interações”⁽¹⁶⁾ tem sido apontada como a principal força responsável pela manutenção de comunidades viáveis, e, portanto, da biodiversidade. Estas teorias ecológicas têm sido abordadas em um eixo que envolve a modelagem de redes de interações entre os organismos. A modelagem, ou seja, o processo de gerar

representações de ideias, objetos, eventos, processos, ou sistemas, é uma questão essencial para a educação científica em termos gerais, e para a educação em Ecologia em particular⁽¹⁷⁾.

Entretanto, tal abordagem envolve dificuldades, geralmente atribuídas à natureza interdisciplinar da Ecologia, ao baixo teor de generalização, formalização e verificabilidade das teorias ecológicas⁽¹⁸⁾, à natureza sistêmica complexa dos ecossistemas^(19,20) e à necessidade de compreensão dos sistemas biológicos de diferentes níveis de complexidade. Contudo, essas são as mesmas características da Ecologia que a tornam um sistema capaz de integrar diferentes conteúdos e conhecimentos através da modelagem da realidade (Figura 1).

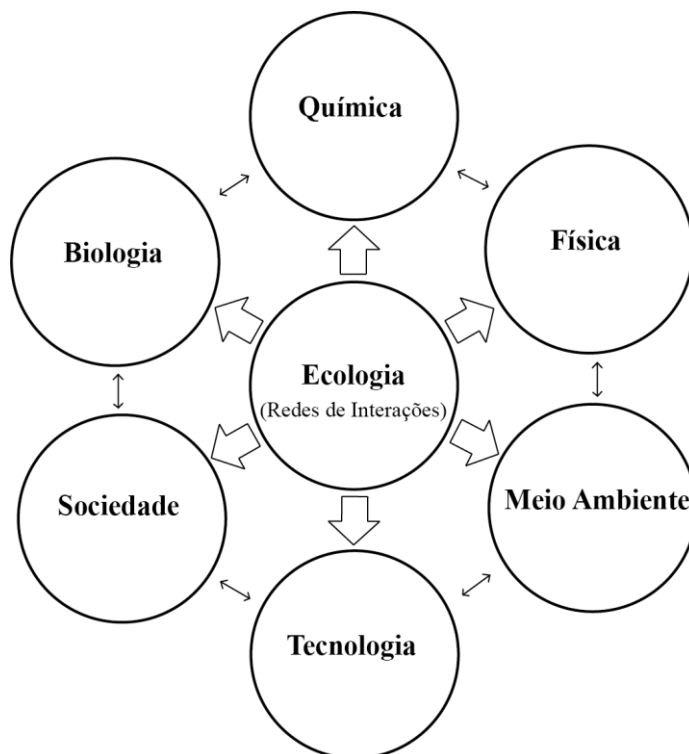


Figura 1. A Ecologia das redes de interações como eixo central na integração do currículo.

A ECOLOGIA DE INTERAÇÕES E SEU CARÁTER SISTÊMICO

O eixo de referência para a integração dos conhecimentos em um currículo deve possuir um perfil trans-disciplinar e multi-dimensional, abordando diferentes conteúdos simultaneamente sob a perspectiva do pensamento sistêmico,

proporcionando uma ininterrupta gama de possibilidades. Neste sentido, a Ecologia atende aos requisitos ao permitir a extrapolação de seu conceito de rede de interações para o processo de ensino-aprendizagem. De acordo com Ricklefs⁽²¹⁾, as comunidades ecológicas, através das redes de interações, não são unidades fechadas em si, mas uma rede infinita, interconectada que transpõe barreiras no tempo e no espaço. Portanto, da mesma forma, o ensino e a aprendizagem, através da modelagem teórica das redes de interações ecológicas, proporcionam uma rede infinita de abordagens, conteúdos, conceitos, aplicações que não possuem barreiras físicas, temporais, sociais, econômicas e tecnológicas. Ao mesmo tempo, as redes de interações são um sistema complexo em si, e sua adoção no ambiente de aprendizagem projeta o estudante para o mundo do raciocínio sistêmico por meio de uma abordagem prática de como ele interage com o meio e de como cada ser vivo é dependente desta rede.

O pensamento sistêmico pode ser adotado para articular os domínios disciplinares, levando o indivíduo a reconhecer sua própria participação na constituição do sistema natural. Como coloca Senge⁽²²⁾ “o pensamento sistêmico é uma disciplina para ver o todo. É um quadro referencial para ver inter-relacionamentos, em vez de eventos; para ver padrões de mudança, em vez de “fotos instantâneas”. Deste modo, em uma apropriação livre, é possível visualizar o pensamento sistêmico como a essência da Ecologia.

Kali et al.⁽²³⁾ sugerem que a habilidade dos estudantes de lidar com sistemas complexos é baseada na sua habilidade em desenvolver uma percepção dinâmica, cíclica e sistêmica do nosso planeta. Portanto, para o ensino e aprendizagem de questões científicas, professor e estudantes precisam compreender os conceitos como parte de um sistema. Uma extensa revisão da literatura revelou oito características emergentes do pensamento sistêmico⁽²⁴⁾. Estas características e a expressão de cada uma delas no contexto da modelagem de interações ecológicas são:

1. A habilidade de identificar os componentes de um sistema e os processos inerentes ao sistema: esta característica envolve a capacidade de identificar

diferentes organismos pertencentes a diferentes grupos taxonômicos; e processos como interações entre espécies, fluxos migratórios, fluxo de energia.

2. A habilidade de identificar relações entre os componentes dos sistemas: essa característica envolve, por exemplo, o conhecimento de conexões entre as interações ecológicas e o meio abiótico, como a composição química e características físicas do solo, do ar e da água.

3. A habilidade de organizar os componentes e processos do sistema dentro de uma estrutura de relações: cascatas tróficas e efeitos *bottom-up* e *top-down*.

4. A habilidade de fazer generalizações: essa característica implica na habilidade de aplicar o conhecimento adquirido sobre o sistema sob diferentes perspectivas. Por exemplo, as interações compreendidas a nível local podem ser extrapoladas para o nível regional ou global, generalizando as consequências dessas interações em diversos níveis e áreas de conhecimento.

5. A habilidade de identificar relações dinâmicas dentro de um sistema: a compreensão da variabilidade dos organismos, suas interações, da dinâmica das populações em relação às variações no meio ambiente podem levar à consciência da dinamicidade da vida, do planeta e de todos os sistemas que nos cercam.

6. A habilidade de compreender as dimensões críticas do sistema: ao reconhecer padrões e interações que não são facilmente observáveis (e.g. no subsolo), essa habilidade permite a transposição do pensamento sistêmico para áreas subjetivas do conhecimento.

7. A habilidade de compreensão da natureza cíclica dos sistemas: a compreensão dos ciclos de vida dos organismos e suas interações permite a compreensão dos demais ciclos naturais, assim como a aplicação dessa percepção no cotidiano.

8. A habilidade de pensar temporalmente: retrospectão e predição: o pensamento sistêmico, por fim, permite então a capacidade de prever os sistemas ao se reconhecer que interações no presente ocorreram no passado e ocorrerão no futuro, assim como o sistema no presente é uma consequência das interações no passado e influenciarão o sistema no futuro.

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Recentemente, diversos estudos têm empregado metodologias e técnicas em pesquisas que integram diferentes áreas do conhecimento com a história natural. Por exemplo, o comportamento de libélulas⁽²⁵⁾, borboletas⁽²⁶⁾, aranhas^(27,28) e papagaios⁽²⁹⁾ foram relacionados com a ótica para explicar processos evolutivos. A morfologia em escala nanométrica de animais e plantas tem indicado estruturas com propriedades físicas, analisadas com metodologias que integram a biologia com subáreas da física e engenharia. Os padrões biológicos, morfológicos e ecológicos de insetos, aves e morcegos têm sido investigados sob a luz da aerodinâmica⁽³⁰⁾. A complexidade de algas e outros organismos, sua distribuição e biologia tem sido explicada por processos físico-químicos e hidrodinâmicos^(31,32).

Por exemplo, peguemos uma unidade do sistema como ponto de partida para a integração dos saberes: macroalgas. Macroalgas são organismos aquáticos encontrados em uma variedade de ambientes, seja em águas paradas ou correntes. São consideradas como os principais produtores primários dos ambientes que habitam. Este papel confere a elas importante função no fornecimento de energia ao sistema, o que, em última análise, pode interferir em todas as interações ecológicas subsequentes. Compreender as suas relações com os fatores bióticos e abióticos associados pode ajudar a esclarecer a dinâmica sistêmica do ambiente.

Os fatores químicos da água, por exemplo, apresentam fortes interações com o comportamento ecológico desses organismos. Os conceitos de pH, oxigênio dissolvido, concentração de nutrientes na água são considerados importantes na distribuição desses organismos e, portanto, passíveis de serem abordados de forma integrativa. As variáveis físicas do ambiente, por sua vez, como as variações de intensidade e qualidade da luz e da temperatura também podem influenciar a ocupação das macroalgas no ambiente. As condições hidráulicas do seu micro-habitat como o nível de turbulência (número de Reynolds, número de Froude) apresentam relação com eventos de desprendimento, e conseqüentemente morte dos indivíduos³¹, assim como sua complexidade e evolução⁽³³⁾. Assim, os conceitos das disciplinas de física e química podem ser integrados aos ensinamentos da área da

botânica, bem como ajudar a compreender respostas fisiológicas do organismo diante das diferentes condições ambientais integrando o importante conceito de nicho ecológico.

A partir das algas, podem-se conectar outros conteúdos através das redes interações que essas compõem. Por exemplo, a macroalga é alimento para insetos aquáticos e as relações entre esses componentes da comunidade têm sido intensamente estudados em artigos científicos. O processo de herbivoria tem apresentado relação tanto negativa como positiva no crescimento de algas no ambiente, tornando interessante o estudo sobre a relatividade dessa interação. A busca por respostas sobre os efeitos discordantes pode encontrar subsídios em áreas paralelas aos estudos puramente ecológicos. Estes insetos, por sua vez, são alimento para predadores como peixes e outros insetos aquáticos exemplificando redes tróficas mais complexas. Algumas destas espécies são bioindicadores da qualidade da água e da conservação do meio ambiente sendo aplicáveis ao estudo de poluição. Ainda, estes insetos, após as fases larvais em meios aquáticos, possuem suas formas adultas no ambiente terrestre podendo atuar como polinizadoras, pragas agrícolas, vetores de doenças, ou seja, fornecendo a base para conteúdos relativos à agricultura, parasitologia, epidemiologia dentro do contexto escolar. Estes exemplos destacam o caráter de rede infinita e interconectada da Ecologia que pode ser utilizado como princípio integrador do pensamento sistêmico.

CONCLUSÕES

Espera-se que, diante do que foi exposto e dos exemplos a aplicação das redes de interações seja compreendida como um eixo central e ferramenta básica na construção do conhecimento em Ciências da Natureza. Do ponto de vista do professor, as interações ecológicas podem ser utilizadas para ilustrar aspectos chave dos processos naturais que são frequentemente despercebidos pelos estudantes. Embora estes tendam a ver o ambiente como o meio físico que cerca os organismos, é importante reconhecerem que o ambiente em que cada organismo está inserido

inclui componentes abióticos, mas também componentes bióticos, e que ambos atuam nos processos de alteração ambiental e evolutivos. Além disso, as redes de interações oferecem um caminho perfeito para a visão ecológico-evolutiva sugerida pelos PCN (1997)⁽⁸⁾ e que faz todo o sentido no contexto do Antropoceno. Utilizando exemplos de interações, os educandos podem compreender como as relações ecológicas resultam de processos evolutivos e como estas são capazes de alterar a realidade que nos cerca.

A Ecologia deveria ser uma componente chave da instrução científica, uma vez que possui um papel tão importante ao modelar a história da vida e do planeta. As redes de interações permitem e encorajam os estudantes a pensarem além das fronteiras políticas, geográficas e econômicas para desenvolverem uma visão sistêmica do meio e dos processos evolutivos inerentes a todos os componentes de sua realidade. Assim, são capazes de compreender como suas ações e as ações de cada ser vivo são capazes de moldar a realidade e extrapolar este conhecimento para compreender melhor as mudanças ambientais que decorrem do Antropoceno. Além disto, as habilidades desenvolvidas pelo pensar sistêmico podem dar um novo significado e um senso de apreciação para os fenômenos naturais e para a complexidade do mundo natural que melhor se ajusta às necessidades dos novos tempos.

O pensar e a escola, ambos influenciados pelas ideias cartesianas de simplificação, nos levaram ao desenvolvimento científico e tecnológico atual e aos modos de produção e consumo baseados no utilitarismo ambiental que o planeta experimenta. Este processo histórico que permitiu o Antropoceno é regido por uma racionalidade simples que precisa dar lugar a um pensamento complexo atrelado à realidade material para que as novas gerações consigam estabelecer estratégias sustentáveis para a manutenção da sociedade em um contexto de mudanças climáticas e ambientais. Se a escola tradicional, do ponto de vista da educação, criou um sistema autorreplicante, este também fomentou a manutenção do status quo da produção e consumo humanos nas últimas décadas. Neste sentido, a reestruturação da educação pública para um ensino de ciências consciente da crise ambiental do

Antropoceno é imprescindível para que qualquer mudança significativa na gestão dos recursos naturais pela sociedade seja possível no futuro.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq (proc. 142299/2020-0).

REFERÊNCIAS

- (1) Crutzen, PJ; Stoermer, EF. 2000. Global change newsletter. *The Anthropocene*, 41, 17-18.
- (2) Gerent, J. 2011. A relação Homem-Natureza e suas Interfaces. *Cadernos de direito*, 11(20), 23-46.
- (3) Brasil. 2013. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI.
- (4) McBride, JW; Silverman, FL. 1991. Integrating Elementary/Middle School Science and Mathematics. *School science and mathematics*, 91(7), 285-92.
- (5) Brasil. 1998. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio. Brasília: MEC, 364 p.
- (6) Bourdieu, P. Escritos de educação. In: Nogueira, MA; Catani, A. (Orgs). Petrópolis, Vozes, 2004.
- (7) Bourdieu, P; Passeron, JC; da Silva, C. Perdigão, GA. Reprodução: elementos para uma teoria do sistema de ensino, Petrópolis, Vozes, 2008.
- (8) Nacionais, PC. 1997. apresentação dos temas transversais. Secretaria de Educação Fundamental, Brasília: MEC/SEF.
- (9) Japiassu, H. Interdisciplinaridade e patologia do saber. Rio de Janeiro, Imago, 1976.
- (10) Libâneo, JC. Didática: velhos e novos temas. Edição do Autor, 2002.

- (11) Aboeela, SW; Larson, E; Bakken, S; Carrasquillo, O; Formicola, A; Glied, AS; Haas, J; Gebbie, KM 2007. Defining interdisciplinary research: Conclusions from a critical review of the literature. *Health services research*, 42(1), 329-346.
- (12) Fazenda, ICA. *Dicionário em Construção Interdisciplinaridade*. Coletânea 2, São Paulo: Cortez, 2002.
- (13) Morin, EA *cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2003.
- (14) Korfiatis, KJ; Tunnicliffe, SD 2012. The living world in the curriculum: Ecology, an essential part of biology learning. *Journal of Biological Education*, 46(3), 125-127.
- (15) Begon, M; Towsend, CR; Harper, JL. *Ecologia: de indivíduos a ecossistemas*. 4ª. Edição. Porto Alegre, Artmed. 2007.
- (16) Thompson, JN. *Conserving interaction biodiversity. The ecological basis of conservation: heterogeneity, ecosystems, and biodiversity*. Boston, MA: Springer US, 1997. 285-293p.
- (17) Gilbert, JK; Boulter, CJ; Rutherford, M. Explanations with models in science education. In: *Developing models in science education*. Springer Netherlands, 2000. p. 193-208.
- (18) González Del Solar, R; Marone, L. 2001. The “freezing” of science: consequences of the dogmatic teaching of ecology. *BioScience*, 51(8), 683-686.
- (19) Grotzer, TA; Basca, BB. 2003. How does grasping the underlying causal structures of ecosystems impact students' understanding?. *Journal of Biological Education*, 38(1), 16-29.
- (20) Hmelo-Silver, CE; Duncan, RG; Chinn, CA. 2007. Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and. *Educational psychologist*, 42(2), 99-107.
- (21) Ricklefs, R.E. 2008. Disintegration of the ecological community: American Society of Naturalists Sewall Wright award winner address. *The American Naturalist*, 172(6), 741-750.
- (22) Senge, PM. *A quinta disciplina: a arte e prática da organização que aprende*. Editora Best Seller; 2018.

- (23) Kali, Y; Orion, N; Eylon, BS. 2003. Effect of knowledge integration activities on students' perception of the Earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 40(6), 545-565.
- (24) Assaraf, OBZ; Orion, N. 2005. Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 42(5), 518-560.
- (25) Guillermo-Ferreira, R; Therézio, EM; Gehlen, MH; Bispo, PC; Marletta, A. 2014. The role of wing pigmentation, UV and fluorescence as signals in a neotropical damselfly. *Journal of insect behavior*, 27, 67-80.
- (26) Kemp, DJ. 2007. Female butterflies prefer males bearing bright iridescent ornamentation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1613), 1043-1047.
- (27) Lim, ML; Li, J; Li, D. 2008. Effect of UV-reflecting markings on female mate-choice decisions in *Cosmophasis umbratica*, a jumping spider from Singapore. *Behavioral Ecology*, 19(1), 61-66.
- (28) Lim, ML; LI, D. 2013. UV-green iridescence predicts male quality during jumping spider contests. *PLoS One*, 8(4), e59774.
- (29) Pearn, SM; Bennett, AT; Cuthill, IC. 2003. The role of ultraviolet–A reflectance and ultraviolet–A induced fluorescence in the appearance of budgerigar plumage: Insights from spectrofluorometry and reflectance spectrophotometry. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1517), 859-865.
- (30) Wainwright PC, Reilly SM. *Ecological morphology: integrative organismal biology*. University of Chicago Press, 1994.
- (31) Tonetto, AF; Cardoso-Leite, R; Peres, CK; Bispo, PDC; Branco, CCZ. 2014. The effects of habitat complexity and hydraulic conditions on the establishment of benthic stream macroalgae. *Freshwater Biology*, 59(8), 1687-1694.
- (32) Tonetto, AF; Cardoso-Leite, R; Novaes, MC; Guillermo-Ferreira, R. 2015. The relationship between macroalgal morphological complexity and hydraulic conditions in stream habitats. *Hydrobiologia*, 747, 33-41.
- (33) Cardoso-Leite, R; Guillermo-Ferreira, R; Novaes, MC; Tonetto, AF. 2015. Microhabitat hydraulics predict algae growth in running systems. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 15(1), 49-52.