

Ensino e pesquisa da evolução biológica na formação de professores: uma proposta didática na perspectiva da pedagogia histórico-crítica

*Alberto Rogélio Orioli
Cláudio Magalhães de Almeida
João Roberto Resende Ferreira*

*Universidade Estadual de Goiás
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências*

Ensino e pesquisa da evolução biológica na formação de professores: uma proposta didática na perspectiva da pedagogia histórico-crítica

*Alberto Rogélio Orioli**
Cláudio Magalhães de Almeida#
João Roberto Resende Ferreira[⊕]

* Mestre em Ensino de Ciências. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC) da Universidade Estadual de Goiás (UEG), *campus* de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis - GO, Brasil.

Doutor em Geologia. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC) da Universidade Estadual de Goiás (UEG), *campus* de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis - GO, Brasil.

⊕ Doutor em Educação. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPEC) da Universidade Estadual de Goiás (UEG), *campus* de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis - GO, Brasil.

O possível é mais rico que o real. A natureza apresenta-nos, de fato, a imagem da criação, da imprevisível novidade. Nosso universo seguiu um caminho de bifurcações sucessivas: poderia ter seguido outros. Talvez possamos dizer o mesmo sobre a vida de cada um de nós.

Ilya Prigogine

Sumário

Uma breve introdução	6
Aproximações à pedagogia histórico-crítica	7
A pesquisa	10
Sequência didática: Aproximações à teoria biológica da evolução	15
Princípio geral	15
Objetivos globalizantes	16
1. PRÁTICA SOCIAL INICIAL DO CONTEÚDO	17
1.1 Unidade de conteúdo: <i>Teoria biológica da evolução</i>	17
1.2 Vivência cotidiana do conteúdo	17
1.3 Desenvolvimento	17
2. PROBLEMATIZAÇÃO	19
2.1 Discussão: questões relativas à prática social e ao conteúdo	19
2.2 Dimensões do conteúdo a serem trabalhadas	20
2.3 Desenvolvimento	21
3. INSTRUMENTALIZAÇÃO	23
3.1 Ações docente e discentes para a construção do conhecimento	23
3.2 Recursos humanos e materiais	23
3.3 Desenvolvimento	24
4. CATARSE	32
4.1 Nova postura mental	32
4.2 Expressão prática da síntese	32
5. PRÁTICA SOCIAL FINAL DO CONTEÚDO	34
5.1 Nova atitude sobre o conteúdo	34

5.2 Transformação social	34
5.3 Desenvolvimento	34
COMPLEMENTO A – Texto 1	37
COMPLEMENTO B – Texto 4	44
COMPLEMENTO C – Modelo de Plano de Ensino	47
COMPLEMENTO D – Modelo de Mapa Conceitual	48
Agradecimentos	49
Referências	50

Uma breve introdução

A sequência didática proposta neste volume configura o produto educacional para a pesquisa de mestrado intitulada *Análise das concepções do conceito de evolução biológica de estudantes de licenciatura em ciências biológicas no estado de Goiás*, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás (PPEC–UEG), *campus* de Ciências Exatas e Tecnológicas, Anápolis - GO, Brasil.

Fundamentado epistemologicamente na pedagogia histórico-crítica em relação à educação escolar¹, este material didático pretende relacionar os processos de ensino e aprendizagem do tema evolução biológica para a formação de professores visando aos principais objetivos da educação escolar e da atividade docente: conduzir os estudantes rumo à emancipação e à transformação da realidade a partir de procedimentos de aprendizagem dos conhecimentos escolares consciente e crítico, de modo que constituam individualmente o pensamento teórico necessário para melhor compreensão, análise e síntese do mundo em que vivem, apropriando-se cada vez mais e melhor dos conteúdos culturais e científicos produzidos historicamente pela humanidade (Rosa e Sylvio, 2016).

Tendo como princípio o ensino como mediação pedagógica, a atividade de ensino não se restringe a apenas conhecer determinados conteúdos e transmiti-los. Além dos conteúdos escolares, a complexidade do fazer docente exige dos professores sólida formação teórica e a apropriação de conhecimentos educacionais aprofundados “da história e das finalidades sociais e políticas da educação escolar; dos conteúdos escolares; dos processos psicológicos de aprendizagem e dos métodos e técnicas de ensino” (idem, p. 422), numa articulação dialética entre ensino, aprendizagem e desenvolvimento psíquico humano.

¹ Segundo o Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa, “escola” é o “estabelecimento público ou privado onde se ministra ensino coletivo”. No sentido dessa acepção, aqui utilizamos os termos *escola*; *escolar*; *educação escolar*; *ensino escolar*; *aprendizagem escolar*; *atividade escolar*; *conhecimento escolar*; *conteúdo escolar*, ao nos referirmos às situações nas quais se estabelecem relações com os processos e as práticas de ensino-aprendizagem na educação formal, indistinto a um determinado nível educacional –fundamental, básico ou superior.

Aproximações à pedagogia histórico-crítica

A escola, na perspectiva da pedagogia histórico-crítica, exerce papel fundamental no desenvolvimento da pessoa. Compreendemos que a educação escolar pode provocar mudanças substanciais no desenvolvimento da personalidade e da consciência — nesse sentido, o ensino gera amadurecimento. Assim sendo, a educação e o ensino escolar são formas de desenvolvimento da mente.

A escola tem a tarefa de transmitir o conhecimento acumulado ao longo das gerações socialmente organizadas, de forma crítica e historicizada. Vigotski afirma que a tomada de consciência da realidade passa necessariamente pelos “portais dos conhecimentos científicos” (Vigotski, 1993, p. 79). O autor utiliza a palavra consciência “para indicar a percepção da atividade da mente — a consciência de estar consciente” (idem, p. 78), evidenciando aspectos da sua própria existência e da realidade do mundo exterior.

Os conceitos científicos ensinados na escola não são os mesmos aprendidos espontaneamente. Por se tratarem de um nível mais elaborado de pensamento, os conceitos científicos promovem novas e melhores funções psicológicas que não seriam possíveis fora da escola. Gasparin (2009, p. 85), afirma: “o desenvolvimento dos conceitos científicos supera o desenvolvimento dos espontâneos”.

Entendemos que pensar cientificamente constitui a oportunidade de compreender melhor o mundo em que vivemos. O pensamento teórico se forma na atividade de aprendizagem, especialmente em situação escolar, caracterizada pela intencionalidade de apropriação dos conceitos científicos, a qual permite “tomar posse tanto do nível de consciência neles potencializado quanto da capacidade de organização do pensamento sem os limites empíricos” (Sforni, 2004, p. 107).

De acordo com Gasparin (2009, p. 79),

para que cada indivíduo possa construir seu próprio conhecimento, é necessário que se aproprie do conhecimento já introduzido pela humanidade e que este esteja socialmente à disposição. Essa apropriação o torna humano, uma vez que assimila a humanidade produzida historicamente.

Frente a isso, destacamos a importância da atividade escolar no sentido de impulsionar o desenvolvimento mental. Vigotski (2001, p. 334), no discorrer sobre o papel da aprendizagem, considera que “a aprendizagem só é boa quando está à frente do desenvolvimento” e o conduz; isto é, a boa aprendizagem antecede e impulsiona o desenvolvimento da personalidade e da consciência, e é isso que distingue a educação das pessoas do adestramento dos animais, visto que este induz à execução de ações desprovidas de significado.

Nesse sentido, atualmente é inconcebível pensar em uma sociedade sem escola, porque “a escola é a forma dominante e principal de educação” (Saviani, 2013, p. 88). Mas não é qualquer escola. Não é qualquer ensino. Busca-se contribuir com a melhor forma de organizar o ensino escolar, visto a importância da apropriação dos saberes historicamente sistematizados que impulsionam o desenvolvimento humano e ampliam a capacidade de pensamento, favorecendo outras aprendizagens (Rosa e Sylvio, 2016).

Vigotski (2007, p. 94), sustenta que o aprendizado escolar “está voltado para a assimilação de fundamentos do conhecimento científico”. Assim, entendemos que a formação de conceitos científicos se dá através da mediação pedagógica, vinculada à epistemologia² das ciências. Ela requer o amplo entendimento do contexto envolvido na sua formação, o conhecimento histórico desse conceito e das condições nas quais se desenvolveu.

Um conceito é a “representação mental de um objeto abstrato ou concreto, que se mostra como um instrumento fundamental do pensamento em sua tarefa de identificar, descrever e classificar os diferentes elementos e aspectos da realidade” (Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa 1.0). Conceitos são representações mentais, signos, que representam os objetos do conhecimento e se constituem em procedimentos lógicos do pensamento.

De acordo com a pedagogia histórico-crítica, a atividade de ensino deve ser organizada no sentido de promover a compreensão da essência dos conteúdos a serem

² Epistemologia – reflexão geral em torno da natureza, etapas e limites do conhecimento humano; estudo dos postulados, conclusões e métodos dos diferentes ramos do saber científico, ou das teorias e práticas em geral, avaliadas em sua validade cognitiva, ou descritas em suas trajetórias evolutivas, seus paradigmas estruturais ou suas relações com a sociedade e a história; teoria da ciência (Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa 1.0).

estudados e, assim, possibilitar a formação de conceitos teórico-científicos, os quais são internalizados em conhecimento.

Nessa perspectiva, ao abordar os conteúdos escolares, o professor atua na formação de conceitos. Libâneo (2009, p. 10) nos lembra que o ensino consiste em “ajudar os alunos a pensar como o modo próprio de pensar, de raciocinar e de atuar da ciência ensinada”. Isso significa aprender a pensar teoricamente, aprender a pensar cientificamente, formar conceitos. “A efetividade do ensino, portanto, se revela ao assegurar as condições e os modos de viabilizar o processo de conhecimento pelo aluno” (idem, p. 17).

Gasparin (2009, p. 7), destaca que a teorização possibilita “passar do senso comum particular, como única explicação da realidade, para os conceitos científicos e juízos universais que permitem a compreensão dessa realidade em todas as suas dimensões”. E complementa: “a teorização é um processo fundamental para a apropriação crítica da realidade, uma vez que ilumina e supera o conhecimento imediato e conduz à compreensão da totalidade social” (idem).

Pensar o objeto cientificamente é ser capaz, cada vez mais, de fazer generalizações — o conceito científico é uma supergeneralização pois compreende amplitude de generalizações, possui extensão e compreensão. Nesse sentido, o pensamento por conceitos desenvolve as funções psíquicas superiores — memória, percepção, pensamento, imaginação, capacidades de descrever e explicar algo — ao promover e ampliar as capacidades cognitivas do estudante, atuando na formação de sua personalidade e humanização.

Entretanto, observa-se que, de modo geral, os materiais escolares produzem conceitos por definições, não ultrapassando, dessa forma, a superficialidade dos pseudoconceitos. Definir algo não é necessariamente compreender algo: a definição é um pseudoconceito.

Entendemos que o objetivo da aprendizagem escolar é o desenvolvimento das capacidades intelectuais por meio do conteúdo e das operações mentais que lhes correspondem; visa, portanto, favorecer aos estudantes instrumentos que lhes permitam ascender ao conhecimento. Vigotski (2007, p. 95) afirma que “aprendizado e desenvolvimento estão inter-relacionados desde o primeiro dia de vida da criança”. Assim

sendo, entendemos que a educação escolar trata de considerar que os processos de ensinar e aprender se dão através da mediação intencional do professor na formação de processos mentais do aluno. No processo de ensino-aprendizagem escolar, portanto, cabe ao professor a mediação didática e aos alunos, a atividade de estudo.

Nesse sentido, a análise do conteúdo a ser mediado no aprendizado escolar, na perspectiva da psicologia histórico-cultural, corresponde ao percurso do método da reflexão dialética e não, simplesmente, a dimensão do conteúdo *per se*. Assim, destacamos a necessidade de o professor, ao planejar e organizar a estrutura da atividade de ensino e de estudo de um novo conteúdo, identificar, através da prática social e histórica cientificamente acumulada, as relações estabelecidas entre os vários elementos que o constitui, valorizando-os de forma global, numa articulação organizadora complexa e contextualizada, intervindo significativamente nos motivos dos alunos para interiorizarem tal objeto de estudo (Libâneo, 2009; Morin e Kern, 2003).

Ao considerar o ensino e o desenvolvimento do pensamento, Libâneo (2004, p. 15), citando Davidov e Vigotski, afirma que “a função de uma proposta pedagógica é melhorar o conteúdo e os métodos de ensino e de formação, de modo a exercer uma influência positiva sobre o desenvolvimento de suas [dos alunos] habilidades”. É o que pretendemos com o presente material.

A pesquisa

A sequência didática para o ensino da evolução biológica aqui apresentada foi desenvolvida ao longo de dois anos de pesquisas teórica e prática, com sucessivas avaliações e aprimoramentos de todos os seus estágios, desde o projeto piloto até a versão atual. A pesquisa nos permitiu vislumbrar, de modo geral, um amplo panorama da educação em ciências e do ensino da teoria biológica da evolução no estado de Goiás.

Além de estudos bibliográficos, realizou-se entrevistas com 91 estudantes licenciandos em ciências biológicas de sete *campi* de uma universidade estadual; a construção da rede de conceitos básicos relacionados e articulados em um mapa

conceitual para os componentes nucleares da evolução biológica; ações teórico-práticas desenvolvidas e mediadas a docentes e discentes do PPEC, um minicurso destinado a licenciandos em Ciências e, finalmente, uma Feira de Ciências e Tecnologia realizada em uma escola municipal, a qual integrou a comunidade escolar local — alunos do 6º ao 9º anos, gestores, docentes e convidados.

Os resultados da pesquisa com os estudantes entrevistados apontam dificuldades em desenvolverem operações mentais pertinentes aos processos de abstração, generalização e de formação dos conceitos teórico-científicos relativos à origem e à evolução da vida na Terra. Tais dificuldades, também relatadas por numerosos autores e estudos desenvolvidos em diversas partes do mundo (Batista e Lucas, 2013; Carneiro, 2004; Corrêa *et al.*, 2010; Futuyma, 1993, 2002; Goedert, 2004; Gould, 2001; Grimes e Schroeder, 2015; Mayr, 1998, 2005, 2006, 2009; Meghioratti *et al.*, 2006; Miyaki *et al.*, 2002; Oliveira, 2009; Oliveira e Bizzo, 2011, 2015; Oliveira e Caldeira, 2015; Pérez *et al.*, 2001; Sepulveda e El-Hani, 2007; Tidon e Lewontin, 2004; Tidon e Vieira, 2009), ao nosso entender, privam a internalização/apropriação dos conhecimentos evolutivos, dificultam o desenvolvimento de capacidades cognitivas gerais e específicas relacionadas à biologia evolutiva, restringem o desenvolvimento e a ascensão ao pensamento concreto, compromete a construção do conhecimento científico, a reprodução teórica da realidade e, conseqüentemente, a capacidade de enfrentamento de modo competente e científico às questões biológicas atuais e futuras.

Entre as dificuldades demonstradas pelos licenciandos no entendimento da teoria biológica da evolução ressaltamos a visão teleológica da natureza, isto é, a tendência de se considerar o processo evolutivo direcionado ao progresso e à perfeição dos seres vivos; a não integração dos conhecimentos relacionados à aleatoriedade da variabilidade genética, fato que compromete a superação dos conceitos sincréticos quanto aos processos evolutivos; a convicção mítica do desígnio especial da natureza humana, desconsiderando a origem e a evolução da espécie humana como produto da natureza e, como tal, submetida às mesmas leis que a governam.

Consideramos que muitas dificuldades enfrentadas pelos estudantes em geral residem na prevalente concepção positivista acerca do conhecimento científico ao apregoar um rigoroso método, uma receita de como fazer ciência, distante da maneira

como se constroem os conhecimentos. Não obstante, as posturas empírico-indutivista, mecanicista, mítica e acrítica da ciência fomentam as distorções conceituais (Matthews, 1995), as quais, quanto à teoria biológica da evolução e à natureza da ciência, evidenciamos em nossa pesquisa.

Por tais motivos, defendemos que o ensino da evolução biológica esteja integrado às epistemologias das ciências e das ciências biológicas, bem como às dos processos pedagógicos, beneficiando-se dos conhecimentos da história, filosofia e sociologia das ciências para a superação do pensamento sincrético, que compromete a formação dos conceitos teóricos, bem como das dificuldades de aprendizagem características de um ensino prático-utilitário.

Nesse contexto de limitações de capacidades e habilidades cognitivas na formação dos componentes nucleares para o conceito de evolução biológica, destacamos a relevância das formações inicial e continuada para o desenvolvimento da autonomia docente. Tais formações devem permitir ao professor acesso aos avanços dos conhecimentos no campo da sua disciplina e no campo do ensino, tanto aos conteúdos quanto aos métodos.

Entendemos, como demonstrado nas ações teórico-práticas do nosso estudo, que os princípios gerais do processo evolutivo por meio da seleção natural podem ser internalizados cognitivamente por alunos de diferentes níveis de escolaridade, do ensino fundamental ao superior, os quais demonstraram superar suas convicções empíricas, sentindo-se ativamente motivados à formalização dos conhecimentos teórico-científico-investigativo do conteúdo estudado, proposições fundamentais da educação escolar que se destina a impulsionar o desenvolvimento humano.

Assim sendo, elaboramos uma sequência didática para a mediação do processo biológico de evolução, sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica, que contempla o conceito nuclear “seleção natural” com aporte de conhecimentos da história, filosofia e sociologia da ciência. Esse trabalho se insere no contexto de uma pedagogia historicizadora e crítica, considerando-se que a totalidade dos fenômenos psicológicos humanos é derivada da atividade prática socialmente organizada (Saviani, 2013).

A partir desses pressupostos, a mediação pedagógica de conteúdos científicos na escola deve seguir o mesmo percurso da aquisição dos conhecimentos pelo indivíduo

através da prática social e cultural relativas à época, à história e ao lugar em que foi produzido. Trata-se de uma “concepção metodológica dialética do processo educativo”, “assim, deve-se educar da mesma forma como se concebe a aquisição do conhecimento pelo sujeito”. A reflexão sobre esse processo resulta no conhecimento e, “como fato histórico e social, supõe continuidades, rupturas, reelaborações, reincorporações, permanências e avanços” (Gasparin, 2009, p. 4-5).

Libâneo (2009) considera a necessidade de repensar os objetivos e as práticas de ensino no sentido de desenvolver nos estudantes sólida formação cultural e científica, provendo-os da capacidade de pensar e intervir na realidade. Nessa direção, nos aproximamos de elementos da história, filosofia e sociologia da ciência, que, além dos conteúdos sócio-histórico-culturais e científicos, trabalha questões em torno do processo de construção da ciência. Matthews (1995), Pérez *et al.* (2001) e Queirós *et al.* (2013) nos ajudam a entender que tais elementos no ensino escolar contribuem para humanizar as ciências, desenvolver o pensamento crítico, desenvolver maior compreensão da epistemologia das ciências, superar a falta de significação dos conceitos científicos e melhorar a formação do professor.

Faz-se necessário que o professor de ciências/biologia, com vontade e comprometimento, se muna de argumentos consistentes para que ele mesmo acredite naquilo que ensina, distinguindo os conhecimentos científicos dos filosóficos, culturais, religiosos e, principalmente, das armadilhas do indutivismo e do pseudocientificismo, articulando com segurança os conhecimentos relacionados à evolução biológica com as dificuldades e conflitos inerentes ao tema.

Nesse sentido, para o desenvolvimento da qualificação profissional na carreira docente, os cursos de licenciatura devem assumir a formação inicial dos licenciandos/futuros professores e a formação continuada dos docentes como “compromisso integrante do projeto social, político e ético, local e nacional, que contribui para a consolidação de uma nação soberana, democrática, justa, inclusiva e capaz de promover a emancipação dos indivíduos e grupos sociais” (Brasil, 2013, p. 58).

O plano de ensino desenvolvido está voltado à formação inicial de professores do curso de licenciatura em ciências biológicas. Sem a pretensão de esgotar o assunto e no sentido de valorizar a autonomia docente, destacamos que pode ser ajustado para

qualquer nível de ensino escolar, tanto para o fundamental e básico quanto para a formação continuada de professoras(es) de ciências/biologia.

O quadro a seguir destaca os principais momentos do trabalho pedagógico proposto pela pedagogia histórico-crítica, base teórica através da qual nos sustentamos para a elaboração da sequência didática intitulada *Aproximações à Teoria Biológica da Evolução*, proposta para ser ministrada na disciplina *Práticas de Ensino em Biologia II*, do 8º semestre do curso de licenciatura em ciências biológicas da UEG.

Projeto de trabalho docente-discente na perspectiva histórico-crítica

PRÁTICA Nível de desenvolvimento atual	TEORIA Zona de desenvolvimento imediato			PRÁTICA Novo nível de desenvolvimento atual
Prática Social Inicial do Conteúdo	Problematização	Instrumentalização	Catarse	Prática Social Final do Conteúdo
1) Listagem do conteúdo e objetivos: Unidade – objetivo geral Tópicos – objetivos específicos	1) Identificação e discussão sobre os principais problemas postos pela prática social e pelo conteúdo.	1) Ações docentes e discentes para a construção do conhecimento. Relação aluno x objeto do conhecimento pela ação docente.	1) Elaboração teórica da síntese, da nova postura mental. Construção da nova totalidade concreta.	1) Intenções do aluno. Manifestações da nova postura prática, da nova atitude sobre o conteúdo e da nova forma de agir.
2) Vivência cotidiana do conteúdo: a) O que o aluno já sabe: visão da totalidade empírica Mobilização. b) Desafio: o que gostaria de saber a mais?	2) Dimensões do conteúdo a serem trabalhadas.	2) Recursos humanos e materiais.	2) Expressão prática da síntese. Avaliação: deve atender às dimensões trabalhadas e aos objetivos.	2) Ações do aluno. Nova prática social do conteúdo, em função da transformação social.

FONTE: Gasparin, 2009, p. 160.

Sequência didática

Aproximações à teoria biológica da evolução

INSTITUIÇÃO: *Universidade Estadual de Goiás*

CURSO: *Ciências biológicas*

MODALIDADE: *Licenciatura*

SEMESTRE: 8

DISCIPLINA: *Práticas de Ensino em Biologia II*

UNIDADE: *Aproximações à teoria biológica da evolução*

CARGA HORÁRIA TOTAL: *15 horas*

PROFESSOR: *Alberto Orioli*

Princípio geral:

Conhecer a história e a evolução da vida é fundamental para compreender a imensa diversidade de seres vivos que hoje habitam a Terra. A Biologia Evolutiva, com base no pensamento darwiniano (Charles Darwin, 1809–1882), pretende explicar o mundo vivo pelos processos naturais, considerando as mudanças adaptativas dos seres vivos sob a influência da seleção natural, tendo em vista os conceitos de variabilidade genética, seleção natural e adaptação populacional. Numa perspectiva de longo prazo, a evolução é a descendência com modificações de diferentes linhagens a partir de ancestrais comuns.

Objetivos globalizantes:

- conceituar cientificamente “evolução” no contexto sócio-histórico e distinguir do significado usual cotidiano;
- reconhecer a ciência como parte integrante da cultura da qual se desenvolve;
- compreender que o fazer científico é uma construção coletiva;
- impulsionar, nos estudantes, o interesse e os motivos para a aprendizagem da evolução biológica, intervindo para torná-la significativa;
- contextualizar sócio-historicamente os trabalhos de Lamarck, Mendel, Darwin e Wallace;
- favorecer a apropriação dos processos investigativos de modo científico – valorizar o ensino com pesquisa;
- compreender que a evolução biológica é um evento natural e que a teoria da evolução biológica por meio da seleção natural é o conjunto de princípios epistemológicos que visa à compreensão científica do processo evolutivo;
- reconhecer, explicar e exemplificar a adaptação dos seres vivos pela ação da seleção natural;
- conhecer as principais evidências da evolução biológica e compreender os fundamentos gerais da teoria evolucionista: variabilidade genética, seleção natural e adaptação populacional;
- compreender os mecanismos geradores de variabilidade genética;
- fornecer subsídios para a reflexão e o enfrentamento de importantes questões biológicas da atualidade que influenciam a qualidade de vida das pessoas, tais como as relativas à produção de alimentos; melhoramento das safras e produtos defensivos; uso indiscriminado de antibióticos; compreensão, prevenção e combate às doenças, como, por exemplo, as pandemias provocadas por vírus emergentes; manipulação genética; remediação dos danos ao meio ambiente; previsão das consequências das mudanças ambientais; investimento em créditos de carbono e muitos outros desafios.

Conceito nuclear: Seleção natural

1. PRÁTICA SOCIAL INICIAL DO CONTEÚDO

Carga horária: 2 horas

1.1 Unidade de conteúdo: *Teoria biológica da evolução*

Objetivo geral:

Reconhecer as diferenças entre a visão evolutiva do conhecimento cotidiano, de percepção sincrética e empírica, da dimensão teórico-científica-evolucionista da vida, a fim de que o futuro professor possa (re)construir seu saber, atuando como agente de transformação social de modo a promover em seus alunos um modo de pensar crítico, ético, cultural e científico, com respeito às diversidades, que os permitam compreender, lidar e intervir nos desafios da realidade.

Tópico 1: Evolução biológica: perspectivas social e cultural

Objetivo específico: Reconhecer o pensamento teleológico do processo evolutivo relativo aos conhecimentos do cotidiano, social e cultural.

Tópico 2: Evolução biológica: perspectiva científica

Objetivo específico: Iniciar a percepção de que a visão evolucionista é considerada científica e a do conhecimento cotidiano não.

Tópico 3: Natureza da ciência

Objetivo específico: Compreender que o fazer científico é uma construção coletiva.

1.2 Vivência cotidiana do conteúdo

- a) O que os alunos já sabem?
- b) O que gostariam de saber mais?

1.3 Desenvolvimento

Apresentação, pelo professor, do conteúdo a ser trabalhado a partir dos pressupostos teórico-metodológico da pedagogia histórico-crítica, bem como os objetivos a serem alcançados, os quais visam a transformação da prática social a partir da superação das contradições.

O professor identifica, através de conversa informal, os conhecimentos prévios dos alunos, que manifestam suas concepções do processo evolutivo e, assim, expressam o seu nível de desenvolvimento real. É importante notar que, nessa dialética, por se tratarem de estudantes graduandos em ciências biológicas, podem advir expressões de concepções científicas mescladas com elementos da vivência sociocultural de cada um. Cabe ao professor identificá-las e, no diálogo estabelecido, questionar e destacar quais concepções evolutivas refletem a vivência cotidiana, quais são científicas, explicitando o que os estudantes já sabem, ao mesmo tempo em que abre caminhos para superações, estimulando-os a se envolverem na construção da própria aprendizagem.

Ações mentais:

- Percepção de que algumas ideias evolutivas são apropriadas a partir de um contexto sócio-histórico-cultural.
- Percepção da necessidade de superação dos próprios limites estabelecidos sócio-histórico-culturalmente.
- Estabelecer relações entre as ideias inicialmente apresentadas (abstrações primitivas) com as hipóteses discutidas para o conceito de evolução.
- Formulação de hipóteses para o conceito de evolução biológica.

Atividade de aprendizagem (1):

- A partir das discussões estabelecidas em aula, cada estudante deverá esboçar um mapa conceitual como forma de representar graficamente os modelos mentais para os principais conceitos relacionados à evolução biológica.

Atividade de aprendizagem (2):

Para o próximo encontro, objetivando a retomada do conteúdo trabalhado e como forma de avançar à Problematização (Pré-Problematização):

- Leitura do Texto 1 (Complemento A): Uma voz na fuga cósmica, de Carl Sagan.
- Produção textual: elaborar resenha do Texto 1, identificando as várias dimensões do tema evolução tratadas por Sagan: histórica, social, cultural, ideológica, política, científica, ambiental.

Avaliação:

Observar as propostas dos alunos e as generalizações para o conceito de evolução biológica a partir dos diálogos estabelecidos e dos mapas conceituais elaborados, no sentido de o professor se aproximar e compreender as zonas de desenvolvimento real e próximo de cada um deles.

2. PROBLEMATIZAÇÃO

Carga horária: 4 horas

2.1 Discussão: questões relativas à prática social e ao conteúdo

A Problematização se configura na mediação do conteúdo sistematizado intencionalmente. O professor, por meio de pequenos textos, questões problematizadoras e imagens previamente elaboradas (a partir das aproximações das zonas de desenvolvimento real e próxima identificadas na Prática Social Inicial do Conteúdo) e projetadas, retoma algumas das questões tratadas informalmente na vivência cotidiana do conteúdo, tais como: A evolução biológica continua acontecendo, ou é um evento do passado? Há alguma relação entre aquecimento global, processos evolutivos e produção de alimentos? Existem sapos e lobos-guará no Polo Norte? Onde eles vivem? O que os registros fósseis evidenciam? Por que os seres vivos se extinguem? O gafanhoto é verde porque vive na grama, ou o gafanhoto vive na grama porque é verde? A utilização de antibióticos desenvolve resistência nas bactérias? As bactérias evoluem? De que forma isso pode afetar nossa vida cotidiana? A espécie humana está evoluindo?

Em continuidade à Prática Social Inicial do Conteúdo, ao responderem às questões propostas, os alunos tomam consciência e contextualizam o conteúdo. As percepções iniciais se configuram em reconhecimentos. Nesse momento, os estudantes reconhecem o que já sabem, o que não sabem, discutem, socializam seus conhecimentos sobre os processos evolutivos, mesmo que ainda sincréticos. Tais movimentos despertam concretamente as necessidades e os motivos para saberem mais a respeito dos processos evolutivos e superarem os limites socioculturais impostos, desafiando-os a avançarem no conteúdo científico.

2.2 Dimensões do conteúdo a serem trabalhadas

- Conceitual/Científica: Identificar as evidências do processo de evolução biológica. Reconhecer a importância da variabilidade genética e a ação da seleção natural no processo evolutivo.
- Histórica: Conhecer a viagem de Darwin ao redor do mundo e a sua importância para o desenvolvimento do pensamento evolutivo atual. Reconhecer os processos de elaboração mental que culminaram na construção do conceito de seleção natural por Charles Darwin. Reconhecer as contribuições de Alfred Russel Wallace ao pensamento evolutivo.
- Social: Compreender o caráter social do desenvolvimento científico. Contextualizar darwinismo social aplicado às relações interpessoais.
- Cultural: Identificar o pensamento teleológico relativo ao conhecimento cotidiano do processo evolutivo. Reconhecer que, biologicamente, evoluir não é necessariamente melhorar, progredir.
- Ideológica/Filosófica: Entender o desenvolvimento do pensamento evolucionista nos séculos XVIII e XIX e na contemporaneidade. A influência dos trabalhos de outros cientistas na construção da teoria evolutiva de Darwin.
- Educacional: Reconhecer a importância de se trabalhar o tema evolução biológica na educação escolar. Discutir os desafios de os professores trabalharem esse tema.
- Religiosa: Identificar se as crenças e os mitos influenciam na compreensão dos fundamentos evolutivos.
- De saúde: Entender a necessidade de se conhecer cientificamente os processos evolutivos dos seres vivos para prevenção e combate às doenças, produção de medicamentos antimicrobianos, vacinas, produtos defensivos, alimentos com maior qualidade.
- Ambiental: Vislumbrar as possibilidades de remediação dos danos ao meio ambiente e da previsão das consequências das mudanças ambientais, bem como da acentuada utilização de combustíveis fósseis.
- Política: Discutir a política de investimento em créditos de carbono; o Acordo de Paris; os critérios para redução e fiscalização das emissões de gás carbônico, exploração e produção de derivados do petróleo.

- Éticos: Avaliar os limites da biotecnologia e do próprio darwinismo quando estendido às populações humanas.

Ações mentais:

- Reconhecer que algumas ideias evolutivas foram apropriadas a partir de um contexto sócio-histórico-cultural.
- Reconhecer a necessidade de superação dos próprios limites estabelecidos sócio-histórico-culturalmente.
- Compreensão generalista da evolução biológica nas várias dimensões tratadas nas discussões estabelecidas.
- Iniciar a construção do conceito geral sobre evolução biológica.
- Movimentos de internalização do conceito nuclear da seleção natural.
- Avançar na elaboração do conceito científico de evolução biológica.

2.3 Desenvolvimento

Atividades investigativas e de motivação

Atividade de aprendizagem (3):

- Assistir ao filme “Inherit the wind” (“*O vento será tua herança*”).

Sinopse: Baseado em caso real, ocorrido em 1925, o filme retrata o processo judicial e o julgamento do professor John T. Scopes, preso pelo motivo de ensinar o evolucionismo darwiniano, proibido por texto normativo promulgado na década de 1920, em uma escola pública do estado do Tennessee, Estados Unidos. O filme retrata o fundamentalismo cultural e pedagógico norte-americano, com destaque às magistras atuações dos advogados de acusação e de defesa de Scopes. O debate evolucionismo x criacionismo travado no julgamento atingiu tamanha proporção que chegou a ser transmitido por uma estação de rádio de Chicago ao vivo, pela primeira vez nos Estados Unidos.

Atividade de aprendizagem (4):

- Estudo do Texto 2: MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A.; BORTOLOZZI, J. Recorrência da ideia de progresso na história do conceito de evolução biológica e nas concepções de professores de biologia: interfaces entre produção científica e

contexto sociocultural. **Filosofia e História da Biologia**, v.1, p.107-123, 2006. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-01/FHB-v01-06-Fernanda-Meghioratti_et-al.pdf>

Resumo: O conhecimento biológico apresenta eixos que lhe oferecem sustentação e contextualização, tais como a evolução e a construção histórica da Biologia. A contextualização histórica permite compreender as interfaces das diferentes áreas inseridas dentro da Biologia, a coerência interna dos conceitos elaborados e a influência de fatores externos (entre eles, econômico, político, cultural e social) no desenvolvimento da ciência. Tendo em vista a importância tanto do conceito de Evolução Biológica quanto de seus aspectos históricos, objetivamos: (1) compreender aspectos históricos do conceito de evolução biológica e sua relação com a visão de “progresso”; (2) discutir concepções de professores de Biologia que apresentam componentes progressivos associados ao conceito de Evolução; e (3) ressaltar como a História da Biologia pode contribuir para enfatizar aspectos sociológicos, históricos e ideológicos presentes na construção do conhecimento científico.

Atividade de aprendizagem (5):

- Após assistirem ao filme e estudarem o Texto 2, os estudantes deverão expor suas considerações, socializando-as em aula, no sentido de que todos participem e juntos construam caminhos para a elaboração dos conceitos evolutivos. O professor os auxilia destacando no quadro os conceitos pertinentes, os quais se constituirão em elementos de referência para complementar o mapa conceitual esboçado na Prática Social Inicial do Conteúdo, como procedimento de reconhecimento e superação dos limites do empírico. O mapa, agora complementado, será utilizado em continuidade aos estudos e às aulas que se seguem.

Atividade de aprendizagem (6):

Para o próximo encontro, objetivando a retomada do conteúdo trabalhado e como forma de avançar à Instrumentalização (Pré-Instrumentalização):

- Produção textual: elaborar resenha do Texto 2 evidenciando as dimensões consideradas pelos autores e os conceitos evolutivos do mapa conceitual complementado.

- Sugestão: assistir ao filme “Criação”.

Sinopse: Criação transforma em ficção momentos importantes da vida do naturalista Charles Darwin. Enquanto elabora o que seria a teoria da evolução e a publicação do livro *A origem das espécies* (1859), Darwin enfrenta diversos conflitos internos. A história é baseada no livro de Randal Keynes, tataraneto de Charles Darwin.

Avaliação:

Verificar a compreensão do tema evolução nas várias dimensões tratadas nas discussões estabelecidas, nos mapas conceituais produzidos e nas resenhas elaboradas a partir da leitura do Texto 1. Identificar, nos alunos, a aproximação aos conceitos evolutivos de variabilidade, seleção natural e adaptação populacional.

3. INSTRUMENTALIZAÇÃO

Carga horária: 4 horas

3.1 Ações docente e discentes para a construção do conhecimento

Exposição oral do professor, leitura de artigos sobre o conteúdo em foco, atividades em grupo, projeção de filmes, debate, pesquisa, discussão, produção de mapa conceitual, textos e resenhas.

3.2 Recursos humanos e materiais

Atividade investigativa e de motivação:

- Estudo do Texto 3: “Para uma imagem não deformada do trabalho científico”, de PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J.
- Atividade prática: Simular o que ocorre na natureza em relação à disponibilidade de recursos alimentares e as características morfológicas dos seres vivos que possibilitam ou dificultam a utilização destes recursos.
- Assistir ao Filme “Quem foi que disse: sobre Mendel e a produção do conhecimento”.
- Estudo do Texto 4 (Complemento B): “O ‘renascimento’ da genética”, texto adaptado de AMABIS, J. M.

- Estudo do Texto 5: “Obstáculos epistemológicos e ontológicos à compreensão do conceito darwinista de adaptação: implicações para o ensino de evolução”, de SEPULVEDA, Claudia e EL-HANI, Charbel Niño.
- Sugestão de leitura: revista *Genética na Escola*, volume XI, n. 2, 2016.

3.3 Desenvolvimento

Atividade de aprendizagem (7):

- Estudo do Texto 3: PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciênc. educ.** (Bauru), Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/01.pdf>>

Resumo: O presente artigo pretende evidenciar a importância de (re)conhecer as visões deformadas dos professores sobre o trabalho científico, para a partir daí poderem consciencializar e modificar as suas próprias concepções epistemológicas acerca da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico. Afirma-se que o trabalho colaborativo de grupos de docentes, quando da realização de workshops, é bem mais produtivo e positivo do que o trabalho individual na detecção de tais visões. Enumeram-se sete visões deformadas; aliás, abundantemente referidas na literatura, aqui intencionalmente extensa. Caracterizam-se tais visões deformadas e desenvolvem-se sobre elas considerações que ajudam à reflexão. Por outro lado, referem-se as características do trabalho científico e tecem-se orientações epistemologicamente mais adequadas, por sua vez capazes de ajudar a (re)pensar e a qualificar o trabalho científico. Sugerem-se implicações para o ensino das ciências e, num contexto mais vasto, para a Nova Didática das Ciências.

- Discussão do texto estudado. O professor medeia o diálogo entre os estudantes a respeito do Texto 3, conduzindo-os a tratarem das questões que enfocam melhor compreensão da natureza da ciência; cuidando para que prevaleçam significados/conceitos do discurso científico, não os do cotidiano; estimulando o pensamento histórico-social do evolucionismo, com ênfase na evolução darwiniana; auxiliando no desenvolvimento da visão evolutiva populacional (e não individual) a partir dos conceitos da genética mendeliana e de populações; analisando o fenômeno

da adaptação biológica como fenômeno evolutivo, e estimulando-os à próxima ação didático-pedagógica: a atividade prática.

Atividade de aprendizagem (8): experimento didático-formativo

- Objetivo: Simular o que ocorre na natureza em relação à disponibilidade de recursos alimentares e as características morfológicas dos seres vivos que possibilitam ou dificultam a utilização destes recursos. Visualizar como a seleção natural pode atuar em uma população, aumentando as chances de sobrevivência de determinados fenótipos em detrimento de outros. Possibilitar a compreensão de que o ambiente determina as direções da seleção.

No planejamento dessa atividade elegemos um importante fato histórico relacionado à Darwin e à construção do pensamento evolutivo que, associado a outros, culminou no desenvolvimento da ideia da seleção natural, conceito nuclear da evolução darwiniana. Consideramos também princípios da pedagogia histórico-crítica: mediação didática, mediação cognitiva e práticas sociais.

Objetivamos, igualmente, a promoção do desenvolvimento cognitivo dos conceitos nucleares e princípios que fundamentam a teoria biológica da evolução por meio da seleção natural, quais sejam: variabilidade genética de uma população, seleção natural, competição intraespecífica, sobrevivência, alterações nas frequências dos genótipos e fenótipos em uma população, e adaptação populacional.

Concordamos com Souza e Prestes (2012; 2015) quando consideram que a História da Ciência constitui estratégias de motivação e facilitação para o ensino e a aprendizagem de Ciências e da Biologia. Assim, como metodologia, nos pautamos no referencial sócio-histórico a partir de um episódio da viagem que Darwin teve a oportunidade de fazer ao redor do mundo a bordo do navio da Real Marinha Britânica *H. M. S. Beagle*, entre os anos de 1831 a 1836, sob o comando do capitão Robert FitzRoy.

Para tal, tomamos como base para essa atividade o artigo *Os Tentilhões de Galápagos: o que Darwin não viu, mas os Grants viram*, de Mori *et al.* (2006), do Departamento de Genética e Biologia Evolutiva do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP), o qual descreve uma ação didática de simulação do processo de seleção natural em aves em um determinado ambiente.

No sentido de compreender que o ambiente determina as direções da seleção (e não o surgimento das características adaptativas), as autoras desenvolveram uma situação que “simula o que ocorre na natureza em relação à disponibilidade de recursos alimentares e as características morfológicas que possibilitam a utilização destes recursos” (idem). Esta atividade permite que os participantes compreendam como a seleção natural atua sobre uma população. Elas explicam:

O clima de Galápagos flutua bastante, assim como a quantidade e a variedade dos frutos e sementes que são o alimento principal dos tentilhões, resultando na sobrevivência de diferentes fenótipos em diferentes condições (...). O objetivo da discussão deste trabalho são os dados obtidos com a população de *Geospiza fortis* da ilha de Dafne Menor. Como o número de indivíduos nessa pequena ilha é reduzido, todos são capturados todos os anos, recebem anel com identificação individual e várias medidas morfológicas são tomadas. Entre as descobertas dos Grants, destacam-se três: 1) pequenas variações nas medidas do bico podem resultar na capacidade ou não de comer determinado tipo de semente; 2) aves com bicos menores gastam mais tempo manipulando sementes duras do que aves com bicos maiores, pois essa manipulação está diretamente correlacionada com a força do bico; 3) as dimensões dos bicos são herdadas [...] (Mori *et al.*, 2006, p.1).

Nessa prática, utilizam-se diversas pinças de tamanhos diferentes, as quais representam os bicos das aves (pinças de tirar sobrancelha, pinças cirúrgicas, prendedores de roupa, pegadores de alimentos de tamanho médio e grande); e diversas sementes e frutos de tamanhos, texturas, formas e durezas diferentes (nozes, castanha de caju, grãos-de-milho, lentilha, feijão e arroz, uvas-passas), dispostas em bandejas, que representam a variedade e quantidade de alimentos disponíveis no ambiente (Figura 1).



Figura 1 – Materiais utilizados na atividade prática: pinças, frutos, sementes e bandejas.
Fonte: autores, 2014.

Todo o material a ser utilizado deve ser preparado com antecedência pelo professor, que cuidará para que se possa ter disponível uma pinça para cada estudante participante. Os estudantes participantes deverão se organizar como preferirem, mas em grupos, com a assistência do professor no sentido de determinar a quantidade de integrantes por grupo, dependendo do tamanho da turma e da disponibilidade do material a ser utilizado para essa ação.

Ação mediada:

A atividade tem início dispondo-se as bandejas contendo as sementes para os grupos e distribuindo-se aleatoriamente uma pinça para cada participante, que deve coletar e manter separadas as sementes/frutos em tempos determinados. A distribuição aleatória das pinças representa a situação natural de que os seres vivos nascem com determinadas características, nesse caso, um determinado tipo de bico, não existindo a opção da escolha. Neste momento, entende-se a casualidade das variações genéticas, distanciando os participantes da visão teleológica da natureza.

Ao final de cada tempo o professor verifica quais sementes/frutos sobraram nas bandejas, quais foram coletados e por quais pinças. Se o participante não tiver conseguido pegar semente/fruto algum nesse intervalo de tempo, compreende que tal situação representa a eliminação da ave pela incapacidade de obter alimento. Vivencia-se, nesse momento, a pressão seletiva que o ambiente exerce sobre os seres vivos, que “lutam pela vida” (Darwin, 1859:2014, p. 110). É a ação da seleção natural.

A seguir, o professor muda a disponibilidade de sementes/frutos nas bandejas, situação que simula as variações da oferta ambiental dos alimentos no tempo de uma estação do ano, um ano completo ou uma geração das aves, e inicia uma nova rodada.

Novamente, a dificuldade em obter o alimento com a pinça disponibilizada, ou não obter alimento algum, retrata a impossibilidade de a ave se manter viva. É possível notar, que alguns dos participantes que obtiveram sucesso no tempo anterior podem não obter nesta variação — vivencia-se aqui a real situação da inexistência, na natureza, de fenótipo predestinadamente bem-sucedido para explorar o ambiente, mas sim aquele que é adaptado (ou não) ao meio no qual interage, bem como a falaciosa ideia a respeito dos processos ativos de adaptação.

No sentido de ampliar o desenvolvimento das capacidades cognitivas dos estudantes à proporção que avançam no curso, o professor deve observar e estar atento às concepções prévias a respeito do tema tratadas na Prática Social Inicial do Conteúdo; às interações sociais colaborativas estabelecidas; ao percurso contextual e aos métodos investigativos no desenvolvimento das ações que retratam o pensamento evolutivo; ao desenvolvimento de operações mentais quanto aos processos de abstração, generalização, formação do conceito de evolução e conseqüente reprodução teórica do processo evolutivo.

Atividade de aprendizagem (9):

- Após a atividade prática, cada grupo formado de estudantes deverá elaborar um único mapa conceitual a partir de discussões, comparações e reestruturações dos mapas produzidos individualmente no momento da Problematização. Agora, e em comum acordo, utilizam os conceitos básicos referentes ao processo evolutivo interiorizados na Instrumentalização e estabelecem as relações e articulações entre eles e ao conceito nuclear “seleção natural”.

Atividade de aprendizagem (10):

- Assistir ao Filme “Quem foi que disse: sobre Mendel e a produção do conhecimento” (32 min). Disponível em: <<https://vimeo.com/104922209>>

Sinopse: Um estudante entra em um túnel do tempo e se encontra com Gregor Mendel, no Mosteiro de Brunn, em 1864. Após o mútuo estranhamento, Mendel conversa com o jovem sobre ciência e lhe mostra as etapas de seu trabalho científico com as ervilhas-de-cheiro, *Pisum sativum*. Quando do retorno ao presente, o jovem volta como um híbrido, portando os óculos, o anel, a roupa e parte da personalidade e do conhecimento de Mendel. Entre a representação e a possível realidade, eis um filme sobre a vida e a obra de Gregor Mendel, o pai da Genética. Este filme faz parte do Programa “Quem foi que disse?”, desenvolvido na Universidade Federal Fluminense, dirigido por Luiz Antonio Botelho Andrade (UFF), conta com a participação dos geneticistas brasileiros Edmundo Marques e Francisco Salzano, e do geneticista suíço, Walter Gehring, indicado para Prêmio Nobel pelo seu trabalho em Biologia do Desenvolvimento.

Atividade de aprendizagem (11):

- Estudo do Texto 4 (Complemento B): AMABIS, J. M. O “renascimento” da genética. **Ciência Hoje**, vol.28, n.165, p.78-79. Texto adaptado.

Atividade de aprendizagem (12):

- Após assistirem ao filme e estudarem o Texto 4, os estudantes, novamente em grupos, devem revisitar o mapa conceitual e concluí-lo.

Ações mentais:

- Análise crítica da atividade de aprendizagem: estabelecer relações entre as ações desenvolvidas na atividade prática com o conteúdo estudado, denotando os objetos de estudo interiorizados no pensamento.
- Compreensão do desenvolvimento histórico-crítico da teoria da evolução biológica por meio da seleção natural: considerar o contexto evolutivo atual e buscar no passado momentos críticos que explicam o tempo presente.
- Interpretar a variabilidade genética e a ação da seleção natural na vivência social e cotidiana, às quais se incluem as alterações antrópicas no meio ambiente como, por exemplo, a remediação dos danos ao meio ambiente, a previsão das consequências das mudanças ambientais, a acidificação das águas oceânicas, o aquecimento global; bem como o melhoramento das safras e produtos defensivos, o investimento em créditos de carbono, a resistência de bactérias aos antibióticos, a compreensão, prevenção e combate às doenças, o desenvolvimento, produção e utilização de medicamentos/vacinas, os mecanismos de desenvolvimento das ações virais, e diversos outros desafios da atualidade.
- Pensar dialeticamente o processo de desenvolvimento do pensamento evolucionista.
- Movimentos de internalização dos conceitos evolutivos de variabilidade genética, seleção natural e adaptação populacional.

Avaliação:

Verificar as relações sócio-históricas-filosóficas estabelecidas pelos estudantes quanto ao desenvolvimento científico da teoria biológica da evolução a partir das observações das ações práticas, debates, mapas conceituais desenvolvidos e produções textuais.

Atividades de aprendizagens (13-16):

Para o próximo encontro, objetivando retomar e internalizar o conteúdo estudado e como forma de avançar à Catarse (Pré-Catarse):

Atividade de aprendizagem (13):

- Estudo do Texto 5: SEPULVEDA, C.; EL-HANI, C. N. Obstáculos epistemológicos e ontológicos à compreensão do conceito darwinista de adaptação: implicações para o ensino de evolução. *In*: Molina, A. (Org.). **Cuadernillos de Investigación n. 5**. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2007. Disponível em: http://www.antigomoodle.ufba.br/file.php/8823/moddata/forum/2135/53418/Sepulveda_e_El-Hani_Cuadernillos_5.PDF.

Resumo: Neste artigo, apresentamos resultados parciais de um estudo acerca das ideias de estudantes brasileiros dos níveis médio e superior de ensino a respeito do conceito de adaptação e sua relação com a teoria da evolução por seleção natural. A partir de uma perspectiva sociointeracionista de aprendizagem e do modelo de perfis conceituais de Mortimer, nos fundamentamos na ideia de que coexistem, para cada indivíduo, diferentes formas de pensar um mesmo conceito. As zonas que estruturam um perfil conceitual contemplam aspectos epistemológicos e ontológicos próprios das diferentes formas de se compreender a realidade e propõe que a construção de novos conceitos não pressupõe o abandono das concepções prévias, mas a delimitação dos contextos em que elas são aplicáveis. Discutiremos inicialmente a importância do conceito de adaptação para o ensino das ciências biológicas, a partir de um breve tratamento de seu desenvolvimento histórico e das controvérsias acerca do seu papel na pesquisa biológica, em consequência das críticas ao adaptacionismo. Em seguida, explicitaremos o conceito de adaptação para expressar a compreensão do fenômeno da adaptação evolutiva desde uma perspectiva darwinista. Por fim, discutiremos alguns obstáculos ontológicos e epistemológicos a esta compreensão, com base em dados empíricos coletados através de entrevistas e questionários com estudantes brasileiros dos níveis médio e superior de ensino, de uma revisão da literatura sobre concepções alternativas, e de referenciais derivados da história e filosofia da ciência.

Atividade de aprendizagem (14):

- Estudo do Texto 6: TIDON, R. A teoria evolutiva de Lamarck. **Genética na Escola**, vol.9, n.1, p.64-71, 2014. Disponível em:

<https://www.flipsnack.com/Eveli/revista-genetica-na-escola-volume-9-numero-1-2014.html>.

Resumo: Este artigo revisita a teoria de Lamarck, e compara alguns de seus aspectos com a proposta por Darwin. Nessa abordagem serão tratados os principais conceitos associados ao lamarckismo, frequentemente mal interpretados nos livros didáticos. A trajetória científica de Lamarck mostra grandes acertos, e parte dos erros que ele cometeu estão presentes também na obra de Darwin. O objetivo é proporcionar um panorama mais complexo e preciso das ideias desses dois grandes evolucionistas.

Atividade de aprendizagem (15):

- Sugestão de leitura: revista *Genética na Escola* (publicação da Sociedade Brasileira de Genética), v. XI, n.2, 2016.

Suplemento especial da revista *Genética na Escola*, publicada em homenagem aos 150 anos da publicação do artigo *Versuche über planzen-hybriden* (Experimentos com plantas híbridas), de Gregor Johann Mendel, retrata a História da Ciência e da Genética em particular; traz perspectivas variadas sobre o papel do famoso monge como fundador da Genética, compila dados obtidos sobre as célebres ervilhas por outros pesquisadores e traz propostas de materiais didáticos – uma delas destinada a deficientes visuais – sobre os experimentos seminais que inauguraram o conhecimento moderno sobre herança biológica, além de o artigo original de Mendel traduzido para o português e trabalhos que expõem esse debate.

Atividade de aprendizagem (16):

- Produção textual: cada grupo deverá produzir um texto a respeito da adaptação dos seres vivos por ação da seleção natural a partir de generalizações dos exemplos, da atividade prática realizada em aula, dos textos estudados e dos conceitos interiorizados. O professor poderá orientar os estudantes a utilizarem o Google Drive® como recurso para produzirem textos em conjunto e os compartilharem com os demais

estudantes e o próprio professor, que acompanha a aprendizagem e o desenvolvimento intelectual dos licenciandos a partir do processo de produção textual.

4. CATARSE

Carga horária: 3 horas

4.1 Nova postura mental

- Revisar conceitos de Genética.
- Aprofundar os conhecimentos sobre Darwin, Mendel e autores contemporâneos a eles e os do tempo presente.
- Reconhecer que a mutação, a recombinação genética e o fluxo gênico são os principais fatores responsáveis pela variabilidade dos seres vivos, sobre a qual atua a seleção natural.
- Compreender as bases genéticas da evolução, a partir da verificação de que, nas décadas de 1930 e 1940, os conhecimentos genéticos foram incorporados às ideias darwinianas, surgindo, assim, a teoria moderna da evolução.
- Explicar a adaptação dos seres vivos pela ação da seleção natural.
- Elaborar, a partir de generalizações do processo evolutivo, explicações científicas para as diferentes frequências gênicas da anemia falciforme em populações humanas, da resistência bacteriana à antibióticos, dos vírus emergentes que provocam pandemias, das pragas que afetam a produção de alimentos e o desenvolvimento de produtos defensivos, entre outras que influenciam a vida das pessoas e das populações naturais.

4.2 Expressão prática da síntese

Atividade de aprendizagem (17):

- Assistir ao Filme “Quem foi que disse: sobre a causa sagrada de Darwin” (55:13 min). Disponível em: <https://vimeo.com/146372135>.

Sinopse: O filme trata da questão científica da teoria evolutiva e contesta paradigmas falseados relacionados à teoria darwiniana. Aborda também aspectos sociais, históricos e humanos, com ênfase e críticas explícitas à escravidão, o darwinismo

social, o racismo e as políticas eugênicas cujos efeitos ainda se percebem na sociedade atual. O filme integra a série “Quem foi que disse?”, do diretor Luiz Antonio Botelho Andrade (UFF), desenvolvido na Universidade Federal Fluminense.

Atividade de aprendizagem (18):

- Discussão do filme e das atividades de estudo (11-14), que versam sobre as várias dimensões (histórica, cultural, social, tecnológica, ideológica, religiosa, metafísica, científica) e aspectos através dos quais a evolução biológica pode ser interpretada. Dando destaques aos textos produzidos pelos grupos de estudantes, o professor conduz o diálogo com o objetivo de ressaltar os critérios epistemológicos e procedimentos metodológicos para que se possa reconhecer, a partir das dimensões e aspectos tratados, o desenvolvimento das ideias evolutivas, incluindo as concepções empíricas alternativas à estrutura conceitual darwiniana, de modo que se compreenda a natureza do conhecimento científico, condição necessária para a construção de uma educação científica tanto eficaz quanto sensível à diversidade cultural.

Atividade de aprendizagem (19):

Para o próximo encontro, objetivando retomar e internalizar o conteúdo estudado e como forma de avançar à Prática Social Final do Conteúdo:

- Produção textual: Dissertação sobre o tema, no formato de artigo, incorporando algumas das diversas dimensões trabalhadas. Juntos, professor e estudantes elencam os temas a serem dissertados individualmente ou em duplas e, em comum acordo, os estudantes escolhem aquele com o qual se identificam. O professor orienta e estimula os licenciandos a como produzir um artigo, comparando a estrutura dos diversos textos estudados e de como foram escritos; relembra a possibilidade de utilizarem o Google Drive® e pode também, acessando *on-line* algumas revistas científicas, destacar as instruções aos autores e a forma de preparação e submissão de manuscritos.

Avaliação:

Verificar como cada estudante se apropriou do conteúdo estudado, desde a Prática Social Inicial até às dimensões que foram abordadas na Problematização, na Instrumentalização

e na Catarse. Deve-se considerar a elaboração mental e a expressão prática (mesmo que ainda teórica) da nova síntese, manifestas pela interiorização de conhecimentos que se tornaram novos instrumentos de compreensão da realidade e de soluções de problemas, visto que essa etapa representa a conclusão dos processos mentais de apropriação dos conhecimentos propostos e consequente promoção do desenvolvimento das funções psíquicas superiores.

5. PRÁTICA SOCIAL FINAL DO CONTEÚDO

Carga horária: 2 horas

5.1 Nova atitude sobre o conteúdo

Analisar criticamente a teoria moderna da evolução, agora compreendendo-a na sua essência. Retornando à Prática Social Inicial, transformada pela aprendizagem, estudantes e professor evidenciam o conteúdo ressignificado e os novos conceitos interiorizados com o propósito de definirem, nesse contexto, ações docentes e sociais práticas cotidianas.

5.2 Transformação social

- Reconhecer a essência do pensamento evolutivo: superação do pensamento empírico, característico da Prática Social Inicial do Conteúdo, e ascensão ao pensamento concreto.
- Apropriação do conceito nuclear da seleção natural, bem como de todo o processo evolutivo nas suas várias dimensões.
- Formular generalizações à essência do pensamento evolucionista para os exemplos propostos, estudados e discutidos no transcorrer das atividades realizadas.

5.3 Desenvolvimento

Atividade de aprendizagem (20):

- Elaborar um plano de ensino da evolução biológica a partir de determinada situação-problema relacionada ao tema desenvolvido no artigo produzido na atividade de aprendizagem (19). O objetivo é o de possibilitar aos estudantes expressarem a

formação didática-cognitiva do conteúdo internalizado. O professor propõe um modelo de plano de ensino (Complemento C) para que os alunos o tomem como base, mas não interfere na sua realização. Em colaboração, os licenciandos discutem as dimensões de cada situação-problema a ser trabalhada por eles — ações didático-pedagógicas, questões problematizadoras, tarefas de aprendizagens, ações mentais a serem desenvolvidas, formas de avaliação; no entanto, a elaboração do plano de ensino deve ser individual e apresentado oralmente no próximo encontro.

Atividade de aprendizagem (21):

- Apresentação oral e individual, se possível em Data Show, dos planos de ensino elaborados. Cada estudante deverá fornecer a versão impressa do material produzido ao professor e, em conjunto, estudantes e professor dialogam, retomam as questões tratadas nos momentos vivenciados na Prática Social Inicial do Conteúdo, na Problematização, Instrumentalização e Catarse. Juntos, tentam superar as possíveis dificuldades na transposição dos conceitos internalizados à prática pedagógica, nas dimensões do conteúdo tratadas, no desenvolvimento e nas atividades de aprendizagem, assim como nas habilidades referentes à própria apresentação do licenciando — posicionamento do orador, dicção, leiaute da projeção: disposição do conteúdo, ilustrações, formatação do texto, fontes, tamanhos, cores utilizadas. O objetivo é definir estratégias e possibilidades para a nova postura assumida em relação ao conteúdo ressignificado e apropriado, a fim de que este possa ser expresso em todas as suas dimensões educativas e sociais.

COMPLEMENTOS

UMA VOZ NA FUGA CÓSMICA

Carl Sagan

DURANTE TODA A MINHA VIDA TENHO-ME PERGUNTADO sobre a possibilidade de vida em outros locais. Como será ela? De que será formada? Todas as coisas vivas em nosso planeta são construídas de moléculas orgânicas — arquiteturas microscópicas complexas nas quais o átomo de carbono desempenha um papel central. Houve um tempo, antes da vida, em que a Terra era árida e inteiramente desolada. No nosso mundo há agora uma superabundância de vida. Como será que aconteceu? Como, na ausência de vida, foram formadas as moléculas orgânicas com base de carbono? Como se originaram as primeiras formas vivas? Como a vida evoluiu para produzir seres tão elaborados e tão complexos como nós, capazes de explorar o mistério de nossas próprias origens?

E nos outros incontáveis planetas que giram em torno de outros sóis, também haverá vida? A vida extraterrestre, se existir, será baseada nas mesmas moléculas orgânicas da vida na Terra? Será que os seres de outros mundos se parecem com os da Terra? Ou serão muito diferentes — outras adaptações a outros ambientes? O que mais será possível? A natureza da vida na Terra e a procura da vida em outros locais são os dois aspectos da mesma pergunta — a procura de quem nós somos.

Na escuridão entre as estrelas existem nuvens de gás e poeira e matéria orgânica. Nelas foram encontradas, pelos radiotelescópios, dúzias de tipos diferentes de moléculas orgânicas. A abundância dessas moléculas sugere que a essência da vida esteja em toda a parte. Talvez a origem e a evolução da vida, havendo tempo suficiente, seja uma inevitabilidade cósmica. Em alguns desses bilhões de planetas na Via Láctea, a vida pode nunca despontar. Em outros talvez desponte e se extinga, ou nunca evolua além das suas formas mais simples. E em algumas pequenas porções de mundos ela poderá desenvolver inteligências e civilizações mais adiantadas do que a nossa.

De vez em quando alguém observa a feliz coincidência que há no fato da Terra ser perfeitamente adaptada à vida — temperaturas moderadas, água em estado líquido, atmosfera com oxigênio, e assim por diante. Isto é, pelo menos em parte, uma confusão de causa e efeito. Nós, produtos da Terra, estamos supremamente bem adaptados ao seu ambiente porque crescemos aqui. As formas iniciais de vida, que não eram bem adaptaram, morreram. Somos descendentes dos organismos bem-sucedidos.

Toda a vida da Terra está intimamente interligada. Possuímos uma química orgânica e uma herança evolutiva comuns. Como consequência, estudamos somente um único tipo de biologia e um único tema na música da vida. Será este débil e agudo tom a única voz para milhares de anos-luz? Ou existirá um tipo de fuga cósmica, com temas e contrapontos, dissonâncias e harmonias, um bilhão de vezes diferentes participando da música da vida da Galáxia?

Deixe-me contar a vocês um pequeno verso da música da vida na Terra. No ano de 1185, o imperador do Japão era um menino de sete anos de idade chamado Antoku. Era um líder de um clã de samurais chamado os Heike que estavam engajados em uma longa e sangrenta guerra com outro clã samurai, os Genji. Cada um afirmava sua reivindicação ancestral superior ao trono imperial. Seu combate naval decisivo, com o imperador a bordo de um navio, se deu em Danno-ura, no Mar Interior do Japão a 24 de abril de 1185. Os Heike eram sobrepujados em número e em embarcações. Muitos foram mortos. Os sobreviventes, em grande número, se atiraram ao mar e se afogaram. A Senhora Nii, avó do imperador, resolveu que ela e Antoku não seriam capturados pelo inimigo. O que aconteceu depois é narrado na História dos Heike:

O Imperador tinha sete anos de idade, mas parecia bem mais velho. Era tão adorável que parecia irradiar uma luz brilhante, e seu longo cabelo preto caía solto em suas costas. Com um olhar de surpresa e ansiedade em sua face ele perguntou à Senhora Nii: "Para onde você vai me levar?".

Ela se virou para o jovem soberano, com lágrimas descendo pela face, e o confortou, abraçou-o, prendendo seu longo cabelo em sua túnica. Cego pelas lágrimas, o jovem soberano juntou suas belas e pequeninas mãos. Virou-se primeiro para leste para se despedir do deus de Ise, e então para oeste para repetir o Nembutsu, uma prece para o Buda Amida. A Senhora Nii o tomou nos braços

e com as palavras "No fundo do oceano está o nosso templo", mergulhou com ele entre as ondas.

Toda a esquadra de guerra Heike foi destruída. Somente quarenta e três mulheres sobreviveram. Essas damas de honra da corte imperial foram forçadas a vender flores e a fazer outros favores aos pescadores, próximo ao local da batalha. Os Heike quase que desapareceram da história. Essas mulheres e seus filhos com os pescadores realizaram um festival para comemorar a batalha, que se realiza no dia vinte e quatro de abril de cada ano, até hoje. Os pescadores descendentes dos Heike se vestem de linho e usam um chapéu preto, e dirigem-se ao santuário de Akama que encerra o mausoléu do imperador afogado. Lá conduzem uma cerimônia de recordação que retrata os eventos que se seguiram à batalha de Danno-ura.

Mas há um estranho pós-escrito para essa história: os pescadores dizem que os samurais Heike ainda vagueiam pelo fundo do Mar do Japão na forma de caranguejos. Há caranguejos encontrados com marcas curiosas em suas carapaças, com padrões e recortes que lembram a face de um samurai. Quando apanhados não são comidos, mas mandados de volta ao mar em comemoração aos tristes eventos da batalha de Danno-ura.

Essa lenda levanta um problema instigante. Como acontece da face de um guerreiro ser gravada na carapaça de um caranguejo? A resposta seria que seres humanos teriam-na esculpido. Os padrões da carapaça são herdados, mas entre os caranguejos, como com as pessoas, há muitas linhagens diferentes de hereditariedade. Suponhamos que, por acaso, entre os ancestrais distantes deste caranguejo exista um com um padrão que lembra ligeiramente uma face humana.

Os pescadores relutavam em comer tais caranguejos. Atirando-os de volta ao mar, eles iniciaram um processo de evolução: Se é um caranguejo com uma carapaça comum, os homens o comerão. Sua linhagem deixará poucos descendentes. Se a carapaça tiver os traços de uma face samurai, eles o devolverão ao mar, deixando mais descendentes. Enquanto as gerações de pescadores e de caranguejos se sucediam, os portadores de carapaças com padrões que mais se assemelhavam à face de um samurai sobreviviam até que, eventualmente, produziu-se não apenas uma face humana, não apenas uma face japonesa, mas a visão de um feroz e ameaçador samurai. Tudo isto não

diz respeito ao que os caranguejos querem. A seleção é imposta exteriormente. Quanto maior a semelhança com um samurai, melhores as chances de sobrevivência. Casualmente, há muitos caranguejos que parecem guerreiros samurais.



Figura 2



Figura 3

Figura 2 – Um caranguejo Heike do Mar Interior do Japão.

Figura 3 – Um Samurai do Japão feudal em seu traje guerreiro. Na literatura japonesa, A História de Heike encerra um significado comparável ao da *Ilíada* (Homero, séc. VIII a.C.) na literatura ocidental.

Esse processo é chamado de seleção artificial. No caso do caranguejo Heike, foi efetuada, em parte inconscientemente, pelos pescadores, e certamente sem nenhuma contemplação séria pelos caranguejos. Os homens têm, de modo deliberado, selecionado que tipos de plantas e animais devem viver e quais devem morrer, por milhares de anos. Estamos rodeados desde a infância por frutas, árvores, vegetais e animais domésticos úteis e familiares. De onde eles vieram? Existiram livremente em estado selvagem e então foram induzidos a adotar uma vida menos extenuante em uma fazenda? Não. A verdade é bem diferente. A maioria deles é feita por nós.

Dez mil anos atrás, não havia vacas leiteiras ou cães de caça ou cereais de espigas grandes. Quando domesticamos os ancestrais destas plantas e animais — algumas vezes bem diferentes das de agora — controlamos as suas proles. Asseguramo-nos de que certas variedades, que apresentavam propriedades consideradas desejáveis, eram reproduzidas preferencialmente. Quando precisávamos de um cão para ajudar a tomar conta do rebanho, selecionávamos crias inteligentes e dóceis, e que tinham algum talento preexistente para guardar o gado, o que é comum em animais que caçam em matilha. Os enormes úberes distendidos do gado leiteiro são o resultado de um interesse humano em

leite e queijo. Nossos cereais, ou milho, têm sido selecionados por dez mil gerações para serem mais saborosos e nutritivos do que seus minguidos ancestrais; na verdade, eles se encontram tão alterados que não podem nem reproduzir sem a intervenção humana.

A essência da seleção artificial — para um caranguejo Heike, um cão, vaca ou espiga — é: Muitos traços físicos e comportamentais de plantas e animais são herdados. Eles se reproduzem. Os seres humanos, por qualquer que seja a razão, encorajam a reprodução de algumas variedades e desencorajam a de outras. A variedade selecionada preferencialmente reproduz e se torna abundante; a não selecionada se torna rara e talvez extinta.

Mas se os seres humanos podem criar novas variedades de plantas e animais, não o poderá também a natureza? Sim, e este processo chama-se seleção natural. Aquela vida que foi alterada fundamentalmente ao longo das eras está inteiramente livre das alterações que fizemos nos animais selvagens e nos vegetais durante o curto exercício dos seres humanos na Terra e das evidências fósseis. Os registros fósseis nos revelam claramente criaturas que existiam em grandes quantidades e que agora desapareceram por completo. Há muito mais espécies que se tornaram extintas na história da Terra do que as que existem hoje.

As alterações genéticas induzidas pela domesticação ocorreram com muita rapidez. O coelho não foi domesticado senão no início dos tempos medievais por monges franceses; o café foi utilizado no século XV; a beterraba no XIX. Em menos de dez mil anos, a domesticação aumentou o peso da lã dos carneiros de menos de um quilograma de pêlos ásperos para dez ou vinte quilogramas de lanugem fina; ou o volume do leite produzido pelo gado durante o período de lactação, de algumas centenas para um milhão de centímetros cúbicos. Se a seleção artificial pode levar a alterações tão importantes em um período de tempo, do que será capaz a seleção natural, trabalhando por bilhões de anos? A resposta é toda a beleza e diversidade do mundo biológico. A evolução é um fato, não uma teoria, ela acontece mesmo.

Que o mecanismo da evolução é a seleção natural foi a grande descoberta associada aos nomes de Charles Darwin e Alfred Russel Wallace. Há mais de um século, eles salientaram que a natureza é prolífica, que nascem muito mais seres do que os que apresentam possibilidade de sobrevivência, e que, portanto, o ambiente seleciona as

variedades que são, por acidente, melhor adaptadas para a sobrevivência. As mutações — alterações súbitas na hereditariedade — procriam a verdade. Fornecem a matéria prima da evolução. O ambiente seleciona algumas mais propícias à sobrevivência, resultando em uma série de transformações lentas e uma forma de vida para outra, a origem de novas espécies. Disse Darwin, no seu livro *A Origem das Espécies*:

O homem não produz realmente a variabilidade; somente sem intenção expôs seres orgânicos a novas condições de vida e, então, a Natureza agiu na organização e causou a variabilidade. Mas o homem pode e seleciona as variações dadas a ele pela Natureza e, então, as acumula da maneira desejada. Assim adapta animais e plantas em seu próprio benefício e prazer. Pode fazer isto de modo metódico ou inconsciente preservando as espécies mais úteis a ele em uma época, sem nenhum pensamento em alterar a prole... Não há razão óbvia por que os princípios que agiram com tanta eficiência na domesticação não atuassem em Natureza... Nasceram mais indivíduos do que os que podem sobreviver... A mínima vantagem de um ser, em qualquer idade ou estação, sobre aqueles com os quais compete ou a sua melhor adaptação em qualquer grau às condições ambientais, inverterá o equilíbrio.

T. H. Huxley, o mais ativo defensor e popularizador da evolução, do século XIX, escreveu que as publicações de Darwin e Wallace eram um “clarão de luz o qual, para um homem que tivesse se perdido em uma noite escura, repentinamente revelaria um caminho que, levando-o ou não direto para casa, com certeza iria na sua direção... Minha conclusão, quando pela primeira vez assimilei a ideia central de *A Origem das Espécies* foi: Como é extremamente estúpido não se ter pensado nisto! Os aspectos da variabilidade, do esforço da existência, da adaptação a condições eram notoriamente suficientes, mas nenhum de nós notou que o caminho para o âmago do problema das espécies estava entre elas, até que Darwin e Wallace dissipassem a escuridão”.

Muitas pessoas se escandalizaram — algumas ainda hoje — com ambas as ideias de evolução e seleção natural. Nossos ancestrais olharam para a correção da vida na Terra, e como as estruturas dos organismos eram apropriadas às suas funções, e viram evidências de um Grande Projetista. O organismo unicelular mais simples é uma máquina mais

complexa do que o mais refinado relógio de bolso. E relógios de bolso não se automontam espontaneamente, ou evoluem, em estágios lentos e por si próprios, digamos assim, de seus relógios-avós. Um relógio implica em um relojoeiro. Parece não haver um modo pelo qual átomos e moléculas possam, de alguma forma espontaneamente, se juntar para criar organismos de uma complexidade aterradora e funcionamento engenhoso como todas as regiões da Terra. Que cada coisa viva foi especialmente planejada, que uma espécie não se transformou em outra eram noções perfeitamente consistentes com as que nossos ancestrais, com seus limitados registros históricos, sabiam sobre a vida. A ideia que cada organismo era meticulosamente construído por um Grande Projetista proporcionava um significado e ordem à natureza, e uma importância aos seres humanos que nós ansiamos ainda hoje. Um Projetista é uma explicação natural, cativante e inteiramente humana do mundo biológico. Mas como Darwin e Wallace mostraram, há um outro modo, igualmente cativante, igualmente humano, bem mais lógico e coerente: seleção natural, que torna a música da vida mais bonita à medida que o tempo possa.

Texto adaptado de SAGAN, C. Uma voz na fuga cósmica. In: _____. **Cosmos**. Tradução de Angela do Nascimento Machado. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1982, cap. 2, p. 23-44.

O “RENASCIMENTO” DA GENÉTICA

José Mariano Amabis

Embora os fundamentos da genética tenham sido lançados em 1865 e publicados em 1866, há 150 anos, só se tornaram conhecidos da comunidade científica em 1900.

Os princípios sobre os quais se assenta a genética moderna vieram a público em duas conferências feitas na Academia de Ciências de Brünn (hoje Brno), cidade na época situada no antigo Império Austro-Húngaro (hoje na República Tcheca), por um monge agostiniano, Gregor Mendel (1822–1884). O teor das conferências, proferidas em 8 de fevereiro e 8 de março de 1865, foi publicado há 150 anos, em 1866 (com data do ano anterior), nos *Anais* daquela Academia, sob a forma de um trabalho científico intitulado *Experimento em hibridação de plantas*.

Os estudos de Mendel, porém, só chegaram ao conhecimento da comunidade científica 35 anos depois, entre março e junho de 1900, através dos trabalhos de três pesquisadores que, independentemente, chegaram a conclusões semelhantes às do monge cientista. O holandês Hugo de Vries (1848–1935) e o alemão Carl Correns (1864–1933) são considerados os primeiros a compreender a importância do que Mendel tinha feito. O austríaco Erick von Tschermak-Seysenegg (1871–1962) é também incluído entre os redescobridores das leis da herança. O inglês William Bateson (1861–1926) realizava na época experimentos sobre hereditariedade, e teria chegado às mesmas explicações de Mendel.

Em 8 de maio de 1900, a bordo de um trem a caminho da reunião da Sociedade de Horticultores da Inglaterra, onde deveria proferir uma conferência sobre estratégias metodológicas para a abordagem da questão da hereditariedade, Bateson leu sobre as leis de Mendel que acabavam de ser confirmadas por Hugo de Vries. Compreendendo de imediato a importância e o alcance da descoberta, Bateson tornou-se o grande divulgador

do mendelismo, defendendo-o dos ataques iniciais dos darwinistas da escola biométrica inglesa.

A crença nas potencialidades da nova ciência levou Bateson a escrever, em 1902: “A determinação exata das leis da hereditariedade provocará, provavelmente, mais mudança na visão humana de mundo, e em seu poder sobre a natureza, que qualquer outro avanço no conhecimento natural que se possa vislumbrar”. Não poderia ter sido mais profético. Em 1906, ele propôs o nome de *genética* para a ciência da hereditariedade, e também foi ele que primeiro sistematizou a nomenclatura e a forma de apresentação dos resultados experimentais dessa nova ciência.

Uma questão que desafia filósofos e historiadores de ciência, desde a época da redescoberta, é por que um fato de tamanha importância foi ignorado por tanto tempo pela comunidade científica. As primeiras explicações apontam para a circunstância modesta do anúncio da descoberta, publicada em uma revista pouco conhecida de uma sociedade também obscura. Hoje, sabe-se que Mendel foi citado por pesquisadores importantes no campo da hibridação de plantas sem que o alcance de suas descobertas tivesse sido compreendido.

Além disso, e mais importante, Mendel enviou cópias do trabalho a renomados pesquisadores da época e muitas bibliotecas universitárias receberam os *Anais* da Academia de Brünn, contendo sua publicação. É particularmente interessante o fato de Mendel ter se correspondido intensamente com Karl Wilhelm von Nägeli (1817–1891), um dos mais eminentes estudiosos de hereditariedade daqueles tempos. Ele enviou a von Nägeli relatos minuciosos de seus experimentos com ervilhas e outras plantas, mas as respostas de Nägeli mostram que ele não se impressionou com os resultados dos cruzamentos e não chegou a compreender o que Mendel estava propondo.

Cada vez mais somos levados a crer que Mendel foi um homem à frente de seu tempo, ou seja, que o mundo científico da época não estava preparado para entender a profundidade e as implicações de suas descobertas. A biologia tinha menos de sete décadas de existência como ciência formal e os biólogos não estavam familiarizados com o método experimental, já tradicional no campo da física (e Mendel, não podemos esquecer, teve sua educação formal nessa área, pois era professor de física). Além disso, a preocupação principal dos biólogos na segunda metade do século XIX, ou seja, os

paradigmas que dirigiam suas pesquisas, eram a citologia, centrada no estudo dos cromossomos, e a teoria da evolução.

No entanto, foram exatamente os avanços nesses campos que exigiram uma explicação coerente para o fenômeno da hereditariedade. E essa necessidade levou De Vries, Correns, Tschermak e Bateson a desenvolver a estratégia metodológica correta para a solução do problema. Uma estratégia que, 35 anos antes, havia sido pensada e aplicada com sucesso nos canteiros de um modesto mosteiro agostiniano, por um monge deslumbrado com as regularidades da natureza: Gregor Mendel.

A verdade nas ervilhas

Em seus experimentos, nos jardins do Monastério de Brünn, Gregor Mendel cultivou durante quase 10 anos variedades de ervilha (*Pisum sativum*) com diferentes características (no tamanho da planta, nas flores, nas vagens e nos grãos), e cruzou-as através de fertilização artificial, observando os resultados. A frequência com que as plantas-filhas mantinham ou não as características das plantas-mães levou o monge a deduzir que cada característica seria determinada por um par de fatores (hoje denominados genes) e que os fatores de cada par eram separados na produção das células sexuais (o pólen ou as células dos óvulos que se unem a ele). Assim, cada fator iria para uma célula sexual distinta (princípio da segregação). Ele deduziu (e comprovou através de previsões) que as combinações entre os fatores obedeciam a leis estatísticas simples, e que alguns dos fatores (e, portanto, as características que representavam) seriam capazes de se impor a outros (seriam, como ele próprio definiu, dominantes ou recessivos). Essas ideias são a essência da genética. Mendel ainda lançou uma segunda lei, que previa uma distribuição independente dos fatores, para explicar certos resultados estatísticos que observou, mas hoje se sabe que essa lei não se aplica a todos os genes, o que em nada desmerece o seu trabalho.

Prof. Dr. José Mariano Amabis
Departamento de Biologia, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.
Texto adaptado de CIÊNCIA HOJE, vol. 28, n. 165, p. 78-79.

COMPLEMENTO C – MODELO DE PLANO DE ENSINO

PLANO DE ENSINO

Escola:

Disciplina:

Unidade:

Série:

Número de aulas:

Professor(a):

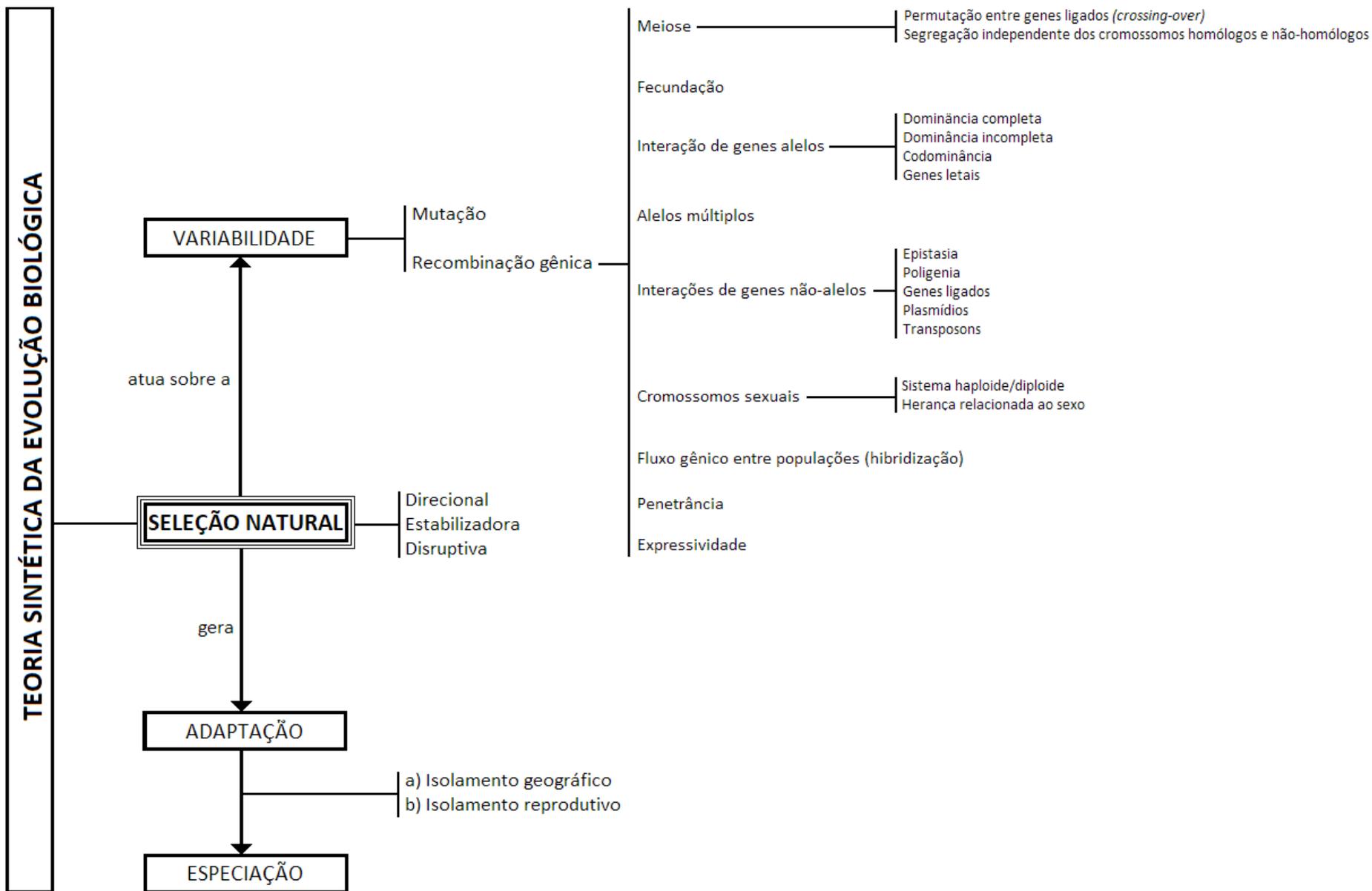
Princípio geral:

Objetivo geral:

Conceito nuclear:

Conteúdo teórico/prático (número de aulas)	Objetivos específicos	Ações mentais a serem formadas	Desenvolvimento metodológico -Tarefas de aprendizagem-
Recursos didáticos:			
Avaliação:			
Referências bibliográficas:			
Observações:			

COMPLEMENTO D – MODELO DE MAPA CONCEITUAL



Agradecimentos

Agradecemos ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Estadual de Goiás (PPEC–UEG), pela valorosa contribuição ao longo do processo de mestrado, e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG), pela Bolsa de Formação concedida para o desenvolvimento do projeto de pesquisa e dissertação.

Referências

AMABIS, J. M. O “renascimento” da genética. **Ciência Hoje**, vol.28, n.165, p.78-79. Texto adaptado.

BATISTA, I. L.; LUCAS, L. B. Contribuições axiológicas à educação científica; valores cognitivos e a seleção natural de Darwin. **Ciênc. educ.** (Bauru), Bauru, v.19, n.1, p.201-216, 2013.

BRASIL. **Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica**. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013. 562p.

CARNEIRO. A. P. N. **A evolução biológica aos olhos de professores não-licenciados**. 2004. 137p. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

CORRÊA, A. L.; ARAUJO, E. N. N.; MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A. História e filosofia da biologia como ferramenta no ensino de evolução na formação inicial de professores de biologia. **Filosofia e História da Biologia**, v.5, n.2, p.217-237, 2010.

CRIAÇÃO. Reino Unido: Jeremy Thomas, 2009. Filme em DVD (108 min).

DARWIN, C. **A origem das espécies**. Tradução Carlos Duarte e Anna Duarte. 1.ed. São Paulo: Martin Claret, 2014, 573p.

DICIONÁRIO eletrônico Houaiss da língua portuguesa. Versão 1.0. Instituto Antônio Houaiss. Rio de Janeiro: Ed. Objetiva Ltda, 2001. 1 CD-ROM.

FUTUYMA, D. J. **Biologia evolutiva**. Tradução: Mário de Vivo e Fábio de Melo Sene. 2.ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1993. 631p.

_____. **Evolução, ciência e sociedade**. Tradução: Nicole S. Loghin-Grosso. São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 2002. 73p.

GASPARIN, J. L. **Uma didática para a pedagogia histórico-crítica**. 5.ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2009. (Coleção educação contemporânea).

GOEDERT, L. **A formação do professor de biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica.** 2004. 191p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

GOULD, S. J. **Lance de dados;** a ideia de evolução de Platão a Darwin. Tradução: Sergio Moraes Rego. Rio de Janeiro: Record, 2001. 332p.

GRIMES, C.; SCHROEDER, E. Os conceitos científicos dos estudantes do ensino médio no estudo do tema "origem da vida". **Ciênc. educ.** (Bauru), Bauru, v.21, n.4, p.959-976, dez. 2015.

INHERIT the Wind. Estados Unidos: Stanley Kramer (United Artists), 1960. Filme em DVD (128 min).

LIBÂNEO, J. C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a teoria histórico-cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davidov. **Revista Brasileira de Educação.** n.27, p.5-24, set-dez, 2004.

_____. Conteúdos, formação de competências cognitivas e ensino com pesquisa: unindo ensino e modos de investigação. **Cadernos de Pedagogia Universitária.** Pró-Reitoria de Graduação – Universidade de São Paulo, n.11, out. 2009.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v.12, n.3: p.164-214, dez. 1995.

MAYR, E. **Biologia, ciência única;** reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica. Tradução: Marcelo Leite. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. 266p.

_____. **O desenvolvimento do pensamento biológico;** diversidade, evolução e herança. Tradução: Ivo Martinazzo. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1998. 1107p.

_____. **O que é a evolução.** Tradução: Ronaldo Sergio de Biasi e Sergio Coutinho de Biasi. Rio de Janeiro: Rocco, 2009. 342p.

_____. **Uma ampla discussão;** Charles Darwin e a gênese do pensamento moderno. Tradução: Antonio Carlos Bandouk. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2006. 195p.

MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A.; BORTOLOZZI, J. Recorrência da ideia de progresso na história do conceito de evolução biológica e nas concepções de professores de biologia: interfaces entre produção científica e contexto sociocultural. **Filosofia e História da Biologia**, v.1, p.107-123, 2006. Disponível em: <http://www.abfhib.org/FHB/FHB-01/FHB-v01-06-Fernanda-Meglhioratti_et-al.pdf>

MIYAKI, C. Y.; AMABIS, J. M.; MORI, L.; SILVEIRA, R. V. M. **O trabalho de Mendel: desvendando o procedimento científico**. Projeto de Formação de Professores na USP. São Paulo: USP, 2002, p.13-50.

MORI, L.; MIYAKI, C. Y.; ARIAS, M. C. Os tentilhões de galápagos: o que Darwin não viu, mas os Grants viram. **Genética na Escola**, 2006, vol.1, n.1, p.1-3.

MORIN, E.; KERN, A. B. **Terra-pátria**. Traduzido do francês por Paulo Azevedo Neves da Silva. Porto Alegre: Sulinas, 2003. 181p.

OLIVEIRA, G. S. **Aceitação/rejeição da evolução biológica**; atitude de alunos da educação básica. 2009. 162p. Dissertação (Mestrado - Faculdade de Educação) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

OLIVEIRA, G. S.; BIZZO, N. M. V. Aceitação da evolução biológica; atitudes de estudantes do ensino médio de duas regiões brasileiras. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.11, n.1, p.57-79, 2011.

OLIVEIRA, G. S.; BIZZO, N. M. V. Evolução biológica e os estudantes brasileiros; conhecimento e aceitação. **Investigações em Ensino de Ciências**, 2015, vol.20 (2), p.161-185.

OLIVEIRA, T. B.; CALDEIRA, A. M. A. A natureza da biologia e os conceitos biológicos: como exemplificar o caráter sistêmico e integrado dessa ciência? **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, vol.10, n.1, p.125-147, 2015.

PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciênc. educ.** (Bauru), Bauru, v.7, n.2, p.125-153, 2001.

QUEIRÓS, W. P.; JÚNIOR, A. F. N.; SOUZA, D. C. Possibilidades da filosofia, história e sociologia da ciência para superação de uma concepção prática-utilitária da educação científica; caminhos a serem percorridos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência & Tecnologia**, v.6, n.2, p.23-40, mai-ago 2013.

QUEM foi que disse: sobre a causa sagrada de Darwin. Rio de Janeiro: Luiz Antonio Botelho Andrade (Universidade Federal Fluminense). Filme (55:13min). Disponível em: <<https://vimeo.com/146372135>>

QUEM foi que disse: sobre Mendel e a produção do conhecimento. Rio de Janeiro: Luiz Antonio Botelho Andrade (Universidade Federal Fluminense). Filme (32min). Disponível em: <<https://vimeo.com/104922209>>

ROSA, S. V. L.; SYLVIO, M. C. Teoria histórico-cultural e teoria do ensino desenvolvimental: bases para uma epistemologia psicológica-didática do ensino. **Educativa**, Goiânia, v.19, n.2, p.419-448, maio/ago 2016.

SAGAN, C. Uma voz na fuga cósmica. In: _____. **Cosmos**. Tradução de Angela do Nascimento Machado. Rio de Janeiro: F. Alves, 1982. cap. 2, p.23-44.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 11.ed. rev. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 2013.

SEPULVEDA, C; EL-HANI, C. N. Obstáculos epistemológicos e ontológicos à compreensão do conceito darwinista de adaptação: implicações para o ensino de evolução. In: Molina. A. (Org.). **Cuadernillos de Investigación n. 5**. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2007.

SFORNI, M. S. F. **Aprendizagem conceitual e organização do ensino**: contribuições da teoria da atividade. 1. ed. Araraquara: JM Editora, 2004.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE GENÉTICA. **Genética na Escola**, v.XI, n.2, sup. 2016.

SOUZA, R. A. L.; PRESTES, M. E. B. História da ciência no ensino: uma análise de dissertações de mestrado. In: **13º Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia**, 2012, São Paulo. Anais – 13º SNHCT. São Paulo: SBHC, 2012. p.1-10.

_____. Motivação e emoção no ensino de biologia: análise de sequência didática sobre a viagem de Wallace ao Brasil. **Filosofia e História da Biologia**, v.10, n.2, p.233-256, 2015.

TIDON, R. A teoria evolutiva de Lamarck. **Genética na Escola**, v.9, n.1, p.64-71, 2014. Disponível em: <<https://www.flipsnack.com/Eveli/revista-genetica-na-escola-volume-9-numero-1-2014.html>>

TIDON, R.; LEWONTIN, R. C. Teaching evolutionary biology. **Genetics and Molecular Biology**. v.27, n.1, p.124-131, 2004.

TIDON, R.; VIEIRA, E. O ensino da evolução biológica; um desafio para o século XXI. **ComCiência**, Campinas, n.107, 2009. Disponível em <<http://tinyurl.com/nbfaptd>>. Acesso em 21 de abril de 2014.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Trad. Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

_____. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. Trad. Jeferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 1993.

