



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências

KÁTIA DE ARAÚJO CARMO

**CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESCOLAR SOBRE EVO-DEVO EM LIVROS
DIDÁTICOS DO ENSINO SUPERIOR: UMA ANÁLISE À LUZ DA TEORIA DE
BERNSTEIN**

**SALVADOR – BA
2018**

KÁTIA DE ARAÚJO CARMO

**CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESCOLAR SOBRE EVO-DEVO EM LIVROS
DIDÁTICOS DO ENSINO SUPERIOR: UMA ANÁLISE À LUZ DA TEORIA DE
BERNSTEIN**

Texto para defesa pública apresentado à banca examinadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, como exigência parcial para obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani

Salvador - BA
2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

CARMO, KÁTIA DE ARAÚJO
Conhecimento Científico Escolar sobre Evo-Devo em
Livros Didáticos do Ensino Superior: Uma análise à luz
da teoria de Bernstein / KÁTIA DE ARAÚJO CARMO. --
SALVADOR, 2018.
64 f.

Orientador: CHARBEL NIÑO EL-HANI.
Tese (Doutorado - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS CIÊNCIAS) --
Universidade Federal da Bahia, INSTITUTO DE FÍSICA,
2018.

1. ENSINO DE BIOLOGIA. 2. EVOLUÇÃO. 3. EVO-DEVO.
4. BERNSTEIN. 5. CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESCOLAR. I.
EL-HANI, CHARBEL NIÑO. II. Título.

KÁTIA DE ARAÚJO CARMO

**CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESCOLAR SOBRE EVO-DEVO EM LIVROS
DIDÁTICOS DO ENSINO SUPERIOR: UMA ANÁLISE À LUZ DA TEORIA DE
BERNSTEIN**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora, avaliada pela seguinte banca examinadora:

Ana Maria Rocha de Almeida

California State University East Bay

Dália Melissa Conrado

Universidade Federal da Bahia

Nei de Freitas Nunes Neto

Universidade Federal de Dourados

Rosiléia Oliveira de Almeida

Universidade Federal da Bahia

Charbel Niño El-Hani – Orientador

Universidade Federal da Bahia

Salvador - BA
2018

"Se era inteligente, não sabia. Ser ou não inteligente dependia da instabilidade dos outros". [...]

Clarice Lispector. *Miopia Progressiva*.
Felicidade Clandestina (1971)

Dedico esta pesquisa aquele que me fez
nascer antes dele: Noé Carmo Hora –
Amor Maior em meu ventre.

AGRADECIMENTOS

Não há trajetórias isoladas no mundo real. Quando desenvolvemos projetos dependemos de pessoas e de instituições. Portanto, agradeço aos que contribuíram direta ou indiretamente neste meu processo de aprendizagem ao longo dos últimos anos.

A Charbel Niño El-Hani, orientador que, mesmo antes do Doutorado, contribuiu para minha formação como professora e pesquisadora, com seus textos, palestras, comentários e orientações sempre atentas. É tempo de agradecer pelo exemplo de profissional e de ser humano que permeia toda a sua existência. Muito grata!!

Aos amigos e colegas da UFBA: Cilene, Maria Aparecida, Tatiane, Janete, e outros que, no momento, a memória trai.

A Emílio Lana, Well e Juanma pelo acompanhamento em discussões profícuas sobre Evo-Devo, nas dependências do Laboratório de Ensino, História e Filosofia da Biologia (LEFHBio – UFBA).

A Dalia e a Rosiléia pela delicadeza e presteza com que leram e comentaram sabiamente o texto de qualificação.

A todos os professores que me acolheram na UFBA, especificamente no Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, por serem tão eficientes e prestativos.

A Emílio e a Waldomiro, pela honra que me concederam ao aceitar integrar, como membros suplentes, a banca examinadora desta tese, composta por dignos profissionais do ensino e da pesquisa. Meus sinceros agradecimentos antecipados a Ana Maria, Dália, Nei e Rosiléia.

Aos familiares e amigos que compreenderam minhas ausências, sempre apoiando e acompanhando de perto: Edilza (mãe devota), Carmo (pai esmerado), Kléber (irmão torcedor), Maria José, Júlia, Denise, Clô, Wilson, Lia, Luzia, Cláudia, Inezita, Mônica, Edmara, Itamar, Eliana, Idene, Geiza, Dilza, Delma, Érico, Isa, Eloá, além dos colegas e estagiários do Departamento de Inspeção Escolar da SEED/SE.

Ao Amor personificado em companheiro que diuturnamente faz parte de minha vida e, em especial, desta parte dela, no doutoramento: Marcelo de Souza Hora.

SCIENTIFIC KNOWLEDGE ON EVO-DEVO IN EDUCATIONAL BOOKS OF HIGHER EDUCATION: AN ANALYSIS IN THE LIGHT OF THE BERNSTEIN THEORY

ABSTRACT

Evolutionary Developmental Biology, or Evo-Devo, is an important interdisciplinary field that emerged from the 1980s onwards and has contributed to a growing understanding of micro and macroevolutionary changes. Consequently, its origin for the studies of evolutionary Biology fosters debates on how evolutionary explanations. Evo-Devo was pedagogically recontextualized in the two textbooks of higher education available in the field of research, as the fundamental to the scholarly scientific knowledge of Evolutionary Biology in Higher Education. For the accomplishment of this study, a documentary analysis was performed, using, as a technique of content analysis, a categorical analysis. After selecting the units of record and the units of context, they were categorized, and then, in the light of Bernstein's analytical and sociological theory, was discussed as the method of pedagogical recontextualization, focusing as the key to code, power, control, classification and framing. The results showed that there are at least two forms of understanding about a higher level of knowledge, as expressed in the field of study. And the results of this study are a variant of topics on the results of Evolution-Evolution-Analysis and Analysis of Information Skills of Teaching Evolution Teaching.

KEY WORDS: Bernstein; School Scientific Knowledge; Teaching of Biology; Evolution; Evo-Devo.

CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESCOLAR SOBRE EVO-DEVO EM LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO SUPERIOR: UMA ANÁLISE À LUZ DA TEORIA DE BERNSTEIN

RESUMO

A Biologia evolutiva do desenvolvimento, ou Evo-Devo, é um importante campo interdisciplinar que emergiu a partir dos anos 1980 e tem contribuído para a crescente compreensão das mudanças micro- e macroevolutivas. Consequentemente, sua importância frente aos estudos de Biologia Evolutiva fomenta debates sobre as explicações evolutivas. Neste estudo, considerando como problema de pesquisa a possibilidade de existirem diferentes entendimentos possíveis sobre a Evo-Devo, o objetivo foi analisar como a Evo-Devo foi pedagogicamente recontextualizada nos dois livros didáticos do ensino superior disponíveis nesse campo de pesquisa, como contribuição ao conhecimento científico escolar de Biologia Evolutiva no Ensino Superior. Para a realização deste estudo, foi utilizada a análise documental, usando-se, como técnica de análise de conteúdos, a análise categórica. Após a seleção das unidades de registro e unidades de contexto, procedeu-se à categorização das mesmas, e, em seguida, à luz da teoria analítica e sociológica de Bernstein, foi discutida a forma e o método de recontextualização pedagógica, enfocando as dimensões de código, poder, controle, classificação e enquadramento. Os resultados mostram que há pelo menos duas formas de entendimento sobre a Evo-Devo no conhecimento escolar de nível superior, conforme expressas na recontextualização pedagógica levada a cabo na elaboração de cada um dos dois livros didáticos. E os resultados do presente estudo indicam a relevância de considerar diferentes entendimentos da Evo-Devo na elaboração e análise de propostas de incorporação de conhecimentos desse campo no ensino de Evolução.

Palavras-chave: Bernstein; Conhecimento Científico Escolar; Ensino de Biologia; Evolução; Evo-Devo.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1 REVISÃO DE LITERATURA	14
1.1 CONHECIMENTO CIENTÍFICO ESCOLAR	14
1.2 A síntese evolutiva e o ensino de Biologia Evolutiva	16
1.3 Teoria Sociológica de Basil Bernstein	21
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
2.1 Abordagem metodológica: Qualitativa	25
2.2 Contexto de pesquisa: Evo-Devo nos livros didáticos de Arthur (2010) e Carroll <i>et al.</i> (2005)	25
2.2.1 Identificação dos autores e dos lugares de onde falam	26
2.3 Etapas de produção de dados	30
2.3.1 PRIMEIRA ETAPA: levantamento bibliográfico	30
2.3.2 SEGUNDA ETAPA: análise de conteúdo dos textos	30
2.3.2.1 Procedimento analíticos	32
2.3.3 TERCEIRA ETAPA: análise dos discursos e espaços	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
5 REFERÊNCIAS	49
6 APÊNDICE	53

INTRODUÇÃO

Este estudo tem o objetivo de analisar como tem se dado a recontextualização pedagógica¹ do corpo de conhecimentos da Biologia Evolutiva do Desenvolvimento (Evo-Devo), como expressa no discurso pedagógico dos dois únicos livros didáticos disponíveis em língua inglesa, que abordam especificamente esse campo do conhecimento no ensino superior.

O primeiro destes livros didáticos sobre biologia evolutiva do desenvolvimento foi publicado por Carroll e colaboradores no ano de 2001, tendo sido publicada uma segunda edição no ano de 2005. Em 2010, Arthur, outro pesquisador importante do campo da Evo-Devo, também lançou um livro didático sobre o assunto.

Tomamos como base para esta análise a teoria sociológica de Basil Bernstein. Nossa hipótese é de que encontraremos duas recontextualizações distintas entre si nos livros de Arthur (2010) e de Carroll *et al.* (2005), com concepções diferentes da Evo-Devo nas abordagens dos dois livros, que se encontram sem versão traduzida para a língua portuguesa². Esta hipótese foi proposta à luz de como esses autores tratam desse campo do conhecimento em outras publicações de natureza acadêmica (livros técnicos, livros de divulgação e artigos em periódicos). Trata-se, portanto, de uma análise de livros didáticos, tendo por base a teoria sociológica de Bernstein, como uma investigação sobre o processo de construção do conhecimento escolar e estruturação dos discursos pedagógicos sobre Evo-Devo, no âmbito da recontextualização pedagógica realizada pelos autores dos dois livros analisados.

¹ Para Bernstein (2000), a recontextualização pedagógica é um “princípio que seletivamente apropria, realoca, refocaliza e relaciona outros discursos para constituir sua própria ordem e seus próprios ordenamentos” (BERNSTEIN, 2000, p.33). O aprofundamento do conceito de recontextualização pedagógica será aprofundado no item 1.3 Teoria Sociológica de Basil Bernstein.

² Considerando ausência de tradução como um aspecto importante a ser mencionado sobre os livros didáticos ora analisados, a recontextualização pedagógica, segundo a Teoria de Bernstein, por tratar de formatação estruturalista do discurso, não leva em consideração a recontextualização por hibridismo, proposta por Stephen J. Ball, onde se prioriza a política do discurso sobre a análise estrutural do discurso pedagógico (LOPES; CUNHA; COSTA (2013, p.1). Optamos por desconsiderar a recontextualização por hibridismo de Ball como uma variável de análise no presente estudo, limitando-se às contribuições de Bernstein.

Como objeto de pesquisa, o livro didático é amplamente investigado no que se refere ao ensino médio, e principal determinante do currículo em ação³, ao influenciar a seleção de conteúdos, as atividades de aprendizagem e determinar avaliações escolares (HEYNEMAN, 2006; AIVELO; UITTO, 2015). Já os livros didáticos do ensino superior parecem não configurar em pesquisas acadêmicas com a mesma frequência que livros didáticos do ensino fundamental e médio, quando consideramos pesquisas voltadas para a produção acadêmica sobre o uso do livro didático no ensino superior. Ratificando esta discussão, autores como Pedroso e Selles (2011), ao categorizar a produção científica de análise de livros didáticos em cursos de graduação e pós-graduação, identificam as temáticas voltadas às séries finais do ensino fundamental e ensino médio como aquelas com mais alta incidência em produções acadêmicas brasileiras.

No estudo dos livros didáticos, como documentos curriculares mediadores (MORGADO, 2004; MAZZOTTI; GEWANDSZNAJDER, 2004), cabe maior atenção ao aspecto intencional, investido pelos autores, tanto na elaboração de seus textos educacionais, como na forma como são compreendidos nas diferentes recontextualizações pedagógicas. A teoria de Bernstein fornece ferramentas adequadas para a análise e o entendimento dos processos criativos envolvidos na recontextualização pedagógica. Esta é uma teoria que tem sido bastante usada na pesquisa acadêmica, com seu emprego sendo expandido para cada vez mais temáticas diferentes (MORAIS, 2004; SILVA; MORAIS; NEVES, 2010). Isso se reflete no interesse de pesquisadores educacionais em investigar a temática da recontextualização pedagógica, inclusive em relação ao ensino de Biologia, como mostram estudos que versam sobre a produção de saberes, as práticas pedagógicas, os livros didáticos e os discursos pedagógicos (e.g., MARANDINO, 2004; MARTINS, 2006; SILVA, 2012; MARTINS; LIMA, 2012).

Com relação à metodologia de pesquisa adotada, inicialmente utilizamos uma técnica de análise de conteúdo, a chamada técnica de análise categorial, com base em núcleos de sentido temático (BARDIN, 2000), para a

³ Para Goodson (1995), considerando as várias teorias de currículo e os currículos em si, há o currículo em ação, que é aquele em que se observa a prática curricular em sala de aula e o currículo chamado aparente ou oficial de estudos, que constituem os documentos utilizados que orientam o que deve ser lecionado (GOODSON, 1995, p.17).

obtenção de unidades de registro, que foram utilizadas em uma análise quantitativa e qualitativa das mensagens enunciadas nos dois livros didáticos, à luz de unidades de contexto que corresponderam aos capítulos dos livros. A partir desta análise inicial, que será melhor explicada adiante, procedemos a uma interpretação dos dados com base na teoria sociológica de Bernstein. Este autor tem como um de seus propósitos, sobretudo em seu último livro publicado⁴, “entender como os textos educacionais são organizados e como são construídos, postos em circulação, contextualizados, apreendidos e também como sofrem mudanças” (SANTOS, 2003, p. 25). Dentro dos limites desta pesquisa, analisaremos como os livros didáticos supracitados foram organizados e como foram construídos.

Na presente pesquisa, foi necessário destacar os núcleos semânticos a serem interpretados, com vistas a analisar, via regra da exaustividade⁵, os conteúdos dos dois livros didáticos. A técnica de análise categorial, como modalidade de análise de conteúdo, é eficaz, em nosso entendimento, como procedimento metodológico para produção de dados a serem analisados à luz da teoria de Bernstein, uma vez que pode fornecer material suficiente e apropriado para a interpretação da recontextualização do conhecimento científico exposto pelos autores dos dois livros didáticos mencionados.

Estes livros didáticos em análise são usados no ensino superior de Evolução e estão inseridos no discurso pedagógico do ensino de Biologia. Mostram-se relevantes pelo papel central da Evo-Devo nas teorias evolutivas atuais, bem como pelo papel das teorias darwinistas sobre evolução como fundamentos importantes da educação cidadã, como indicam seus usos em campos tão distintos como a medicina e a agricultura, com a conseqüente demanda de uma posição informada das pessoas a seu respeito (MEYER; EL-HANI, 2005).

Além disso, o pensamento evolutivo é um dos eixos estruturadores do conhecimento biológico, como discutem Meyer e El-Hani (2005, p. 9):

⁴ BERNSTEIN, Basil. *Pedagogy, symbolic control and identity: theory, reseach, critique*. Lanham: Rowman & Littlefield, 2000.

⁵ Uma vez definido o conjunto de documentos que serão submetidos ao procedimento analítico (*corpus*), não se pode excluir qualquer um destes documentos para que não se comprometa a pesquisa no plano do rigor técnico do procedimento (BARDIN, 2000, p. 126-127).

(...) Não é apropriado tratar a evolução como somente mais um conteúdo a ser ensinado, lado a lado com quaisquer outros conteúdos abordados nas salas de aula de Biologia, na medida em que as ideias evolutivas têm um papel central, organizador do pensamento biológico (MEYER; EL-HANI, 2005, p.10)

Encontram-se também em pauta, neste estudo, possibilidades de futuras análises por parte de outros pesquisadores, através de estudos sobre o ganho de poder conceitual e explicativo, com a Evo-Devo como área do conhecimento que contribui para uma melhor compreensão da Biologia como um campo do conhecimento.

Na análise do discurso pedagógico dos livros didáticos de Arthur (2010) e Carroll *et al.* (2005), vislumbramos a possibilidade de existirem diferentes entendimentos possíveis sobre a Evo-Devo, então enfocamos nos processos de recontextualização pedagógica levados a cabo a partir de duas indagações centrais iniciais: Como a Evo-Devo é apresentada nestes livros? Quais as relações de poder e controle, considerando os conceitos bernsteineanos de código e enquadramento, impressas na escrita destes livros didáticos?⁶

Esta tese está dividida em quatro capítulos. No primeiro capítulo, apresentamos uma breve revisão bibliográfica sobre temas pertinentes ao trabalho: conhecimento científico escolar; Biologia Evolutiva; e teoria sociológica de Basil Bernstein. No capítulo seguinte, descrevemos os métodos de produção e análise dos dados. No terceiro capítulo, procedemos à análise e interpretação dos resultados obtidos sobre o conhecimento escolar de Biologia Evolutiva do Desenvolvimento, nos livros didáticos de Arthur (2010) e Carroll *et al.* (2005). No último capítulo, apresentamos as considerações finais.

⁶ O denominado controle, ou controle simbólico, é a expressão das relações de poder em termos de discurso pedagógico produzido por autores no uso do código, segundo Bernstein (1990). Por sua vez, o enquadramento, analisado através do discurso educacional, envolve a expressividade do controle em uma análise sociológica da recontextualização pedagógica presente nos livros didáticos analisados. As relações de poder que se constituem através do trato com o texto como um discurso legitimam e mantêm o código pedagógico e as relações de controle que se constituem, assim como legitima e mantêm o enquadramento das relações de comunicação entre transmissor(es) e receptor(es) das mensagens, referenciando os três principais movimentos do discurso pedagógico, que são a transmissão, a recepção e a avaliação, de acordo com Bernstein (1990). Estes conceitos serão melhor explicados na revisão de literatura, seção em que falamos sobre a Teoria Sociológica de Bernstein.

Ressaltamos que os resultados empíricos e discussões da presente pesquisa estão apresentados como: introdução, revisão de literatura, procedimentos metodológicos, resultados e discussão e considerações finais.

Considerações teóricas sobre o conhecimento científico escolar, sobre o ensino de Biologia Evolutiva e sobre o uso da teoria sociológica de Bernstein serão melhor discutidas nos capítulos seguintes, bem como as análises e consequentes resultados serão apresentados a partir dos procedimentos metodológicos descritos.

1 REVISÃO DE LITERATURA

O objetivo deste capítulo é fundamentar teoricamente o presente estudo. Inicialmente, apresentaremos discussões sobre o conhecimento científico escolar. Em seguida, explanaremos sobre algumas questões filosóficas e históricas relativas à Síntese Evolutiva e ao ensino de Biologia Evolutiva. E, por fim, apresentaremos uma breve explicação sobre alguns conceitos da teoria sociológica de Basil Bernstein utilizados no presente trabalho, como os de controle, poder, enquadramento e código.

1.1 Conhecimento Científico Escolar

No campo da educação em Ciências, há estudos dos mais variados enfoques que dizem respeito à construção do conhecimento científico escolar.

No contexto escolar, o conhecimento acadêmico, incluindo o científico, se apresenta obrigatoriamente a uma relativa distância do conhecimento escolar, uma vez que necessita ser transformado a fim de que se torne ensinável. E as relações entre o discurso acadêmico e o discurso pedagógico não se limitam a uma mera interpretação e adaptação um do outro. Ou seja, a recontextualização pedagógica – para usar expressão de Bernstein – constitui também um importante processo pedagógico, dada a necessidade de adequação do discurso acadêmico para o discurso pedagógico, de acordo com as demandas que se apresentam por conta das características próprias dos

processos de ensino e aprendizagem. E a importância desta recontextualização pedagógica para a aprendizagem escolar adentra o processo de adaptação de amplos aspectos entre as linguagens acadêmica e escolar, não se limitando a traduções simplórias.

Segundo FUMAGALLI (1998), a educação científica escolar tem um papel importante, pois as pessoas agiriam de forma mais consciente, se pudessem ter oportunidades para a construção e reconstrução de conhecimento científico.

Assim, tendo em vista que os conhecimentos científicos produzidos em contextos culturais, políticos, econômicos, históricos e cognitivos específicos não podem ser transpostos diretamente em conhecimentos escolares, torna-se importante analisar o processo de recontextualização pedagógica, o que faremos no presente trabalho usando a abordagem sociológica de Bernstein e enfocando a Biologia Evolutiva do Desenvolvimento.

Uma das mais importantes contribuições do estudioso Bernstein para o que se concebe sobre conhecimento científico escolar decorre da ideia de que “o controle simbólico faz com que as relações de poder estejam expressas em termos de discurso e o discurso em termos de relação de poder” (BERNSTEIN, 1990, p.43). Então, é com base numa perspectiva dialética bernsteineana sobre discurso e poder que produziremos interpretações a respeito do código do conhecimento científico conforme expresso em livros didáticos sobre Evo-Devo, buscando realizar uma análise sociológica da recontextualização pedagógica no discurso educacional presente na escrita destes dois livros.

No presente estudo, este tipo de análise sociológica deverá contribuir para a compreensão da formação e da difusão do conhecimento científico escolar sobre Evo-Devo. Afinal, para Bernstein, levando-se em conta a estrutura interna do discurso pedagógico no próprio aparelhamento⁷ escolar, a ser elucidada através do estudo de sua transmissão, recepção e avaliação, há influências mútuas que afetam a distribuição de poder diante das várias

⁷ Na teoria de Bernstein, não é possível a recontextualização pedagógica efetiva sem transmissão, recepção e avaliação do discurso pedagógico, sendo que os elementos integradores que subsistem para que essas três atividades citadas possam acontecer fazem parte do aparelhamento escolar, composto principalmente pelo código. Neste estudo, a recepção e a avaliação do discurso pedagógico presente nos dois textos ficam por conta da leitura e análise da autora da tese, sem haver observações diretas sobre aplicações didáticas dos dois textos em sala de aula.

relações educacionais entre transmissor(es) e receptor(es) (SILVA, 1996; SANTOS, 2003). O limite desta pesquisa é analisar os textos pedagógicos dispostos nos referidos livros didáticos apenas como veículos transmissores de conhecimento científico escolar, em que objetivamos evidenciar diferentes concepções de Evo-Devo.

1.2 A síntese evolutiva e o ensino de Biologia Evolutiva

É preciso levar em consideração o fato de que, como discute Futuyama (2002), “a Teoria da Evolução, como todas as teorias científicas, continua a se desenvolver, à medida que novas informações e ideias aprofundam a nossa compreensão” (FUTUYMA, 2002, p.89). Em torno do estudo de novos processos desenvolvimentais, uma série de novas ideias têm desembocado nos últimos vinte anos na admissão, por parte de alguns autores, de uma denominada síntese estendida, embora esta siga sendo tema controverso. Não há a mesma controvérsia, contudo, sobre a importância de repensar, sobre bases que seguem darwinistas, a evolução à luz da Biologia Evolutiva do Desenvolvimento (Evo-Devo), por “revelar até que ponto os processos do desenvolvimento distorcem, restringem ou facilitam a evolução do fenótipo” (FUTUYMA, 2002, p.115).

Porém, para a presente tese, mais relevante do que extrair conclusões definitivas sobre as discussões recentes que versam sobre a síntese estendida e a Biologia Evolutiva do Desenvolvimento, é verificar as contribuições de diferentes processos e fatores envolvidos na evolução que subsidiam mudanças no pensamento evolutivo e a interferência destas na elaboração do conhecimento científico escolar sobre evolução.

Ao longo da história do pensamento evolutivo, não há um desenvolvimento linear das várias concepções teóricas sobre a transformação dos seres vivos. Embora a ideia de evolução possa ser encontrada na antiguidade clássica (por exemplo, em Empédocles) e, no século XVIII, Buffon (1707-1788) e outros naturalistas tenham defendido a ideia de que a vida não poderia ter sido a mesma desde a sua criação, foi na virada para o século XIX que começaram a estruturar-se as primeiras teorias sobre a evolução, como

processo biológico de transformação. No início desse século, Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Cavaleiro de Lamarck, propôs sua teoria da transmutação de espécies, considerada a primeira teoria evolutiva, por mostrar-se mais elaborada do que as ideias evolutivas encontradas em naturalistas anteriores, a exemplo do Conde de Buffon. No entanto, Lamarck estava “comprometido, ainda, com a ideia da grande cadeia dos seres vivos, originária do pensamento fixista” (MEYER; EL-HANI, 2005, p. 20), apesar de construir uma teoria evolutiva estruturada em torno de quatro leis, e com espaço para as influências do ambiente sobre a transmutação das espécies.

Cerca de cinquenta anos após a publicação da obra de Lamarck, com trabalhos independentes, Wallace e Darwin desenvolveram a ideia de seleção natural, que se tornou um dos componentes da teoria darwiniana da evolução, cuja construção se iniciou em 1837, tendo sido publicada somente em 1859, em *A Origem das Espécies*. Nesta obra, há diferentes teorias evolutivas mutuamente relacionadas, que compõem a conhecida “teoria darwinista da evolução”. Estas denominadas “teorias” se ocupam das seguintes ideias: a evolução ocorre; os seres vivos partilham ancestrais comuns; a variação dentro da espécie origina diferenças entre espécies; a evolução é gradual; a seleção natural é o principal processo subjacente à mudança evolutiva, embora não o único (MEYER; EL-HANI, 2005).

Na virada do século XX, o Darwinismo entrou em crise, no que foi denominado seu eclipse (BOWLER, 1992, p.145). Dentre as várias teorias evolutivas alternativas ao Darwinismo, surgiu o mutacionismo, que teve origem a partir da redescoberta dos trabalhos de Mendel (1822-1884), com a genética experimental. Os mutacionistas indicavam, assim, que a seleção natural, que até então não teria sido apoiada por dados experimentais, era desnecessária do ponto de vista explicativo, já que as mutações seriam suficientes, por si só, para explicar a mudança evolutiva (MEYER; EL-HANI, 2005).

Após alguns anos de oposição entre mendelistas e darwinistas, estudos sobre a seleção natural e a genética Mendeliana começaram a ser combinados a partir do final dos anos 1920, com a fundação de uma nova disciplina, a genética de populações. Durante os anos 1930 e 1940, a genética de populações foi integrada a outros campos da Biologia, resultando numa teoria

evolutiva que combinava mendelismo e darwinismo, e foi aplicada a boa parte, mas não a toda a Biologia — a síntese evolutiva moderna.

A genética molecular se combinou à síntese evolutiva, a partir dos anos 1950, alargando o campo de estudo da evolução molecular. Uma visão da evolução centrada nos genes ganhou proeminência a partir dos anos 1960, o que se estendeu à Biologia do Desenvolvimento, que passou a ocupar-se sobretudo de estudos das bases genéticas desse processo, como os efeitos em cascata da regulação gênica e a conservação de genes envolvidos no desenvolvimento de muitas espécies animais.

As pesquisas evolutivas hoje procuram complementar o que se entende por teoria da seleção natural. Assim, diante da importância e da necessidade de estudar as diferentes ideias evolutivas desenvolvidas ao longo da história, em especial mais recentemente e em conexão com a Evo-Devo, é interessante levar em consideração sob quais condições a Biologia do Desenvolvimento interagia, ou não, com os estudos de Biologia Evolutiva. O primeiro aspecto a considerar é, pois, o de que, durante a chamada síntese moderna, construída entre as décadas de 1930 e 1950, pouca atenção foi dada aos estudos sobre embriogênese (CARROLL *et al.*, 2005). A síntese moderna norteou as discussões e o ensino de Biologia Evolutiva nos últimos 60 anos (CARROLL, 2005), sendo largamente aceita por seu poder explicativo e heurístico. Ela gerou um programa de pesquisa fértil, mas no qual a Biologia do Desenvolvimento teve pouca participação, por não ter sido propriamente integrada à síntese.

Ao colocar em discussão os motivos que retiraram a Biologia do Desenvolvimento dos pilares da Biologia Evolutiva, alguns filósofos da Biologia levam em consideração o papel de disputas de poder entre geneticistas e embriologistas na comunidade científica e indicam a ausência de interesse de estudiosos que pudessem dar continuidade à pesquisa sobre a relação entre Desenvolvimento e Evolução no âmbito da síntese (GOULD, 1977; FUTUYMA, 2002; PIGLIUCCI, 2009; ALMEIDA; EL-HANI, 2010).

A partir da década de 1970, contudo, a convergência da Embriologia e da Biologia Evolutiva reaparece e estudos sobre ontogenia e filogenia, como encontrado em *Ontogeny and Phylogeny*, de Gould (1977), além da descoberta dos chamados genes mestres do desenvolvimento, colaboraram

significativamente para uma maior interação entre os campos da Biologia Evolutiva e Biologia do Desenvolvimento a partir dos anos 1980, inicialmente com a descoberta dos genes homeóticos, como os genes *Hox*, e o estudo comparativo de seus padrões de expressão.

Os estudiosos da Evo-Devo estão interessados nas maneiras como este campo da Biologia fornece modelos de mecanismos moleculares, celulares e tissulares que apoiam o entendimento de processos desenvolvimentais (ALMEIDA; EL-HANI, 2010). A partir de um exame histórico-filosófico da Biologia Evolutiva do Desenvolvimento, esses autores destacam alguns pontos a respeito de sua importância para uma possível extensão da síntese evolutiva:

O futuro desse campo ainda é incerto, assim como é incerto o futuro de uma nova síntese evolutiva. Como contemporâneos de tais processos históricos de mudança do pensamento evolutivo, não podemos ter uma visão clara de suas tendências e de seus desdobramentos. No entanto, caso ocorra a construção de uma nova síntese, a evo-devo provavelmente será um dos elementos centrais na elaboração de uma teoria capaz de fornecer narrativas e modelos de mecanismos conectando processos moleculares, como os da evolução genômica, processos desenvolvimentais, que levam do zigoto ao fenômeno do organismo multicelular adulto, funções de estruturas fenotípicas, processos de genética de populações envolvidos na mudança evolutiva, e processos ecológicos que estabelecem regimes seletivos (ALMEIDA; EL-HANI, 2010, p. 23).

Uma das ideias centrais de uma síntese estendida, apesar das controvérsias a seu respeito, é a de um pluralismo de processos relevantes para a explicação da diversidade e da evolução. (EL-HANI; MEYER, 2005; PIGLIUCCI, 2009) Deixa-se de lado, assim, a ideia de que a seleção natural seria o único processo evolutivamente relevante, sem negar sua importância, mas sustentando a importância de outros processos (plasticidade fenotípica, herança inclusiva e outros), como foi iniciado com o reconhecimento do papel da deriva gênica entre o final dos anos 1960 e os anos 1970. Hoje, a discussão de processos evolutivos foi estendida para processos como construção de nicho, impulso fenotípico (*phenotypic drive*), impulso genômico (*genomic drive*), restrições desenvolvimentais etc.

Sabemos que a proposta de uma síntese estendida não é consensual nas comunidades científicas envolvidas com o estudo da evolução, quanto mais a necessidade de sua recontextualização pedagógica. (ALMEIDA; EL-HANI, 2010, p15).

De um lado, a síntese estendida traz contribuições relativas ao entendimento das interações entre processos e fatores aos quais a síntese moderna já havia dado centralidade na explicação evolutiva, como seleção natural e variação, e um quadro conceitual mais abrangente, considerando aspectos como evolvibilidade, plasticidade fenotípica, herança epigenética, construção de nicho, teoria da complexidade e teoria da evolução das paisagens adaptativas multidimensionais (PIGLIUCCI, 2009). De outro lado, está ainda em aberto a discussão das implicações evolutivas de vários desses processos e fatores, a exemplo da plasticidade fenotípica, da construção de nicho, da herança epigenética.

É importante considerar, no entanto, que entre os campos que têm papel central nas discussões atuais sobre evolução, a Evo-Devo é sem dúvida o menos controverso, encontrando-se já bem estabelecida sua contribuição para o entendimento da evolução, mesmo que não vinculada a uma síntese estendida, por aqueles cientistas que rejeitam tal ideia. Não espanta, pois, que a Evo-Devo já tenha sido recontextualizada pedagogicamente para o ensino superior de Biologia, o que não ocorreu com outros campos aduzidos pelos defensores de uma síntese estendida.

Uma das principais contribuições da Evo-Devo, quiçá a sua principal contribuição, é o estabelecimento de maior interação entre a Biologia do Desenvolvimento e a Biologia Evolutiva, em comparação com o que encontramos na síntese moderna. Como afirma Futuyama (2002), esta aproximação ocorreu

(...) em parte por causa de uma renovada atenção para o desenvolvimento por parte dos biólogos que se dedicam ao estudo da Evolução e, em parte, por causa de comparações entre categorias de genes que têm papel crítico no desenvolvimento. A abordagem comparativa forneceu, por exemplo, descobertas vitais sobre a função de genes envolvidos no desenvolvimento ocular e sobre os mecanismos de morfogênese do olho (FUTUYMA, 2002, p. 41)

Dentro da perspectiva da Biologia Evolutiva, é essa capacidade agregadora de diferentes áreas do conhecimento biológico que faz da Biologia Evolutiva do Desenvolvimento um interessante campo de pesquisas no ensino de Biologia. O estudo de sua recontextualização pedagógica, através da análise dos dois livros didáticos que tratam da Evo-Devo à luz da Teoria Sociológica de Bernstein, favorece o conhecimento de uma perspectiva cientificamente menos controversa da síntese estendida, que contribui para o ensino de Biologia ao nível superior, dentro de uma visão pluralista dos campos de conhecimento reconhecidamente aceitos neste ensino.

1.3 Teoria Sociológica de Bernstein

Compreendemos que a análise de um discurso pedagógico é um trabalho extensivo de discussão dos diferentes processos de construção do conhecimento escolar envolvidos, pois sabemos que entre o conhecimento acadêmico (incluindo o científico) e o conhecimento escolar há apenas uma aproximação que enfoca as sucessivas recontextualizações em prol da constante produção e reprodução, num permanente processo de comunicação pedagógica (SANTOS, 2003).

Um dos mais utilizados instrumentos pedagógicos, aptos a serem analisados do ponto de vista da recontextualização pedagógica, é o livro didático. É pertinente tal análise porque, no processo de elaboração de qualquer livro, estão envolvidos processos sociológicos de recontextualização do discurso acadêmico, incluindo a seleção, relocação e transformação dos textos que se tornam didáticos (SILVA, 2012; SANTOS, 2003).

Bernstein entende *código* como “princípio regulador, adquirido de forma tácita, que seleciona e integra significados relevantes, suas formas de realização e contextos evocadores” (BERNSTEIN, 1990, p. 219). Na medida em que implica a seleção e a integração de significados julgados relevantes à luz dos currículos educacionais e de decisões editoriais tomadas pelos autores, mas não somente por eles (por exemplo, também pelas editoras das coleções didáticas), bem como decisões sobre formas de exprimir tais significados, podemos tratar o livro didático como canal ou suporte material de um código,

como entendido por Bernstein. Assim, o código pedagógico, como princípio responsável por regular e integrar os contextos e a produção de textos (MORAIS, 2007), é também nosso objeto de estudo, não se devendo perder de vista que, da perspectiva bernsteineana, o código é obtido pela relação entre os contextos, como o contexto dos autores dos dois livros que elencamos e os contextos pedagógicos dos respectivos textos.

É importante considerar que Bernstein desenvolveu estudos de processos de seleção e integração de significados, de suas formas de realização e de seus contextos evocadores desenvolvidos na escola – portanto, considerados códigos, nos termos de sua teoria – e sua relação com a reprodução das classes sociais, num viés estruturalista. Utilizando-se analiticamente a teoria sociológica de Bernstein, há como abordar, apoiando-se no poder explicativo de alguns de seus conceitos principais, a distribuição de poder e controle simbólico, que fornecem base para a construção de explicações sobre as relações entre as categorias de sujeitos, de discursos e de espaços, no contexto da recontextualização pedagógica. Assim, enfocamos a lógica das relações entre as categorias de de sujeitos, discursos e espaços verificadas nos dois livros didáticos sobre Evo-Devo analisados no presente trabalho, com os quais se pode analisar internamente a estrutura destes textos e suas relações externas de poder, que são inevitavelmente transportadas para a estrutura do discurso pedagógico materializado nos livros didáticos.

A teoria sociológica de Bernstein, além de se ocupar da distribuição de poder e controle nas relações entre os sujeitos, estendendo-se às relações entre grupos e classes sociais, incide sobre a forma como se processa a recontextualização pedagógica, ao relacionar as formas de relocação, seleção e transformação dos textos (códigos) que se distribuem em determinados contextos. Esta teoria sociológica se mostra apropriada para a abordagem das questões de pesquisa do presente estudo porque justamente permite comparar, diferenciar e classificar discursos, sujeitos e espaços (MORAIS, 2004; ALVES, 2007; SILVA, 2009), já que, com a investigação desses três processos, é possível analisar como acontece a recontextualização pedagógica nos dois livros didáticos em pauta (construídos em espaços e por sujeitos diferentes), que apresentam, por resultados a partir de análises, diferentes concepções de Evo-Devo.

Os conceitos centrais na teoria de Bernstein, *classificação* (poder) e *enquadramento* (controle), são utilizados para descrever as relações de poder e controle que influenciam os processos de ensino e de aprendizagem. A classificação indica o que é ensinado e o enquadramento, o processo como é ensinado, no que foi recontextualizado pedagogicamente. A classificação é usada para analisar a dimensão organizacional dos contextos pedagógicos, sendo esta classificação considerada forte (código de colecção) ou fraca (código de integração) de acordo o grau de interação entre os conteúdos e, por conseguinte, pela presença de fronteiras nítidas ou não entre eles, respectivamente. Já o enquadramento é usado para analisar a dimensão interacional dos contextos pedagógicos, sendo também classificado como forte ou fraco, a depender do grau de enquadramento estabelecido.

Como os discursos dos dois livros em análise foram elaborados por diferentes autores, em espaços distintos, inclusive em termos acadêmicos (conforme discutido a seguir, ao apresentarmos os autores), era esperado que fossem encontrados diferentes classificações e enquadramentos nesses livros. Isso possibilitou análises circunstanciadas que deram conta das similaridades e divergências entre seus discursos pedagógicos recontextualizados, a partir do que foi considerado em cada um deles como relativamente importante de ser mencionado e discutido, de acordo com suas visões sobre o conhecimento científico de referência em *Biologia Evolutiva do Desenvolvimento*.

Para que se pudesse compreender a construção e a circulação do conhecimento científico escolar, além da análise das relações de poder e controle de fora para dentro dos sistemas de ensino, os conceitos bernsteineanos de código, de classificação e de enquadramento, foram considerados fonte conceitual explicativa, visto que pode facilitar o entendimento da pedagogização do conhecimento.

Em seu último livro publicado, *A estruturação do discurso pedagógico: classe, códigos e controle* (1990), Bernstein deu centralidade a questões relacionadas ao processo de comunicação pedagógica, que se constitui, para esse autor, no mais importante meio de controle simbólico (SANTOS, 2003). Foi essa comunicação pedagógica o cerne sobre o qual se trabalhou analiticamente neste estudo, buscando a construção sobre a qual se fez a recontextualização dos conhecimentos científicos do campo da Biologia

Evolutiva do Desenvolvimento nos dois livros didáticos estudados, que tratam especificamente desse campo.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1 Abordagem metodológica: Qualitativa

Utilizamos a abordagem qualitativa como base deste trabalho de pesquisa em educação científica, já que alguns aspectos-chave investigados nos livros didáticos não podem ser quantificados, como, por exemplo, as semelhanças e diferenças na abordagem dos conceitos científicos da Evo-Devo utilizada pelos autores dos dois textos didáticos aqui analisados. Metodologicamente, o poder de descrição e de explicação é inerente à abordagem qualitativa e estas características apresentam-se importantes para a sua escolha diante das necessidades colocadas pela análise a que se propôs a presente tese. Além disso, a teoria de Bernstein admite uma linguagem interna de descrição que permitiu um trabalho empírico com bases metodológicas seguras.

Para dar conta dos objetivos propostos, a metodologia envolveu: 1) Estudos sobre as mais recentes discussões a respeito da Biologia Evolutiva, com base sobretudo em leituras sobre a Evo-Devo; 2) Escolha criteriosa dos dois livros didáticos analisados a partir da apresentação de proposta didática para o ensino da Evo-Devo desenvolvidas nos referidos livros didáticos analisados; 3) Produção de dados a partir da análise categórica (BARDIN, 2000), seguida da análise dos livros didáticos com base na teoria sociológica de Bernstein (1977, 1990, 2000).

2.2 Contexto da pesquisa: Evo-Devo nos livros didáticos de Arthur (2010) e Carroll *et al.* (2005)

O procedimento metodológico, seguido ao estudo das discussões a respeito da Evo-Devo, foi a escolha dos livros didáticos que compuseram o *corpus* de análise. Após ponderar sobre a possível inclusão de livros didáticos de Biologia Evolutiva do ensino superior que trazem em geral um capítulo sobre Evo-Devo, decidimos constituir um *corpus* de análise somente com livros que apresentam exclusivamente a temática da Evo-Devo, por entendermos que eles permitiriam uma compreensão mais clara, por sua especificidade, da

recontextualização pedagógica do conhecimento de referência nesse campo do conhecimento. Assim, o *corpus* é composto pelos dois únicos livros didáticos sobre Evo-Devo publicados em língua inglesa até o momento no mundo acadêmico, destinados ao ensino superior.

Na leitura inicial destes dois livros didáticos, procedemos a anotações sobre os autores e seus objetivos principais, expostos majoritariamente nos próprios textos didáticos. Sobre os autores, buscamos identificar a formação acadêmica de cada um e onde desenvolvem suas atividades, com a intenção de caracterizar os lugares de onde eles falam. Também foi realizado um delineamento da estrutura física dos dois livros analisados, incluindo: número de páginas; número e conteúdo de capítulos e seções; ano de edição; e bibliografia utilizada pelos autores. Considerando código como um princípio que regula e integra significados, as formas de realização destes significados e os chamados contextos evocadores (BERNSTEIN, 1990, p.219), através da análise da estrutura física dos livros foi possível identificar e delimitar o código (relações entre os espaços que cada autor ocupa, visibilidade acadêmica dos livros didáticos, através da visibilidade acadêmica de seus autores e citações entre estes autores) a ser considerado nesta pesquisa, bem como alguns dados importantes, como: quais os pares intelectuais de cada autor, quais as ênfases que foram dadas a cada temática abordada nos livros e quais as relações entre uma obra e outra em termos de citações entre estes autores.

2.2.1 Identificação dos autores e dos lugares de onde falam

Sean B. Carroll, autor principal do livro *From DNA to Diversity*, é “cientista premiado, autor, educador e produtor de filmes”, de acordo com sua página pessoal, disponível na internet⁸. Sendo que o Departamento de Educação Científica do Howard Hughes Medical Institute é considerado “o maior defensor privado de atividades de educação científica nos EUA” e “proeminente comunicador científico impresso, no rádio e na televisão”. Atuou como produtor executivo ou executivo encarregado de vários documentários ou séries, bem como de aproximadamente vinte curtas-metragens, que receberam vários prêmios. É professor emérito de Biologia Molecular e Genética da

⁸ <http://seanbcarroll.com/about/>

Universidade de Wisconsin, discutindo poder e controle naquele país em que criação e evolução por vezes se contrapõem. Trata-se de um autor que apesar de em alguns momentos escrever sobre macromolecularidade, atinge o aspecto apenas molecular da Evo-Devo. Não chega a ser genecentrista, mas é DNA cêntrico em seus escritos.

Sobre sua formação acadêmica, toda realizada nos Estados Unidos, recebeu seu título de Bacharel em Biologia pela Universidade de Washington em St. Louis (1979) e seu Ph.D. em Imunologia pela Tufts Medical School (1983). Realizou pesquisa de pós-doutorado com o Dr. Matthew Scott na Universidade de Colorado, em Boulder. Recebeu títulos de Doutor Honorário em Ciências da Universidade de Minnesota (2009) e da Universidade Tufts (2017).

Os demais autores do livro didático *From DNA to Diversity*, Scott D. Weatherbee e Jennifer K. Grenier, foram alunos e colegas de trabalho de Carrol. Weatherbee é *PhD* pela Universidade de Wisconsin-Madison (1999), onde trabalhou sob a supervisão de Sean Carroll e atualmente trabalha no laboratório de Genética da mesma universidade⁹. Jennifer K. Grenier atualmente administra o Laboratório de Sequenciação de RNA, parte do Centro de Genômica Reprodutiva e do Departamento de Ciências Biomédicas da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Cornell, tendo realizado seu doutorado em Genética pela Universidade de Wisconsin-Madison (2000), sob a supervisão de Sean Carroll¹⁰.

O autor do livro *Evolution: A Developmental Approach*, Wallace Arthur, descreve a si mesmo como "um pouco rebelde", afirmando que gosta de "fazer conexões através de fronteiras disciplinares".¹¹ É biólogo evolutivo e autor de textos científicos, incluindo textos de divulgação científica. Nasceu em Belfast, na Irlanda do Norte, em 1952. Obteve seu PhD em Biologia Evolutiva pela Universidade de Nottingham, Inglaterra, em 1977.

Professor emérito de Zoologia na Universidade Nacional da Irlanda, em Galway, Arthur foi um dos editores fundadores da revista *Evolution &*

⁹ https://medicine.yale.edu/bbs/people/scott_weatherbee-1.profile

¹⁰ <https://rnaseqcore.vet.cornell.edu/author/jkg47-2/>

¹¹ Ross, Greg (n.d.), "Scientists' Nightstand: Wallace Arthur", *American Scientist Online, Sigma Xi: The Scientific Research Society*, archived from the original on 2008-08-28, retrieved 3 November 2010.

Development, na qual atuou como editor por quase 20 anos. Atualmente é cientista visitante no Observatório de Kielder, em Northumberland, Inglaterra¹².

Com relação às áreas de pesquisa específicas e relacionadas com a temática da Evo-Devo¹³, o laboratório de Carroll tem centrado sua pesquisa sobre genes que controlam os padrões corporais dos animais e desempenham papéis importantes na evolução da diversidade animal¹⁴. A pesquisa de Carroll tem, assim, caráter mais disciplinar do que a de Arthur, que é centrada em genética do desenvolvimento. Esse cientista, como se comentou acima, busca fazer conexões através de fronteiras disciplinares, como é patente em sua carreira. Seus primeiros trabalhos foram na interface entre evolução e ecologia¹⁵, enquanto posteriormente ele passou a se ocupar da interface entre evolução e desenvolvimento, característica da Evo-Devo, tendo focado a origem dos planos corporais dos animais, o papel dos vieses desenvolvimentais na evolução e a evolução da segmentação de artrópodes¹⁶.

Portanto, observando e comparando os perfis dos autores dos dois livros didáticos, bem como elencando suas produções acadêmicas, observamos a importância da atenção a estas referências necessárias que estes autores utilizaram quando elaboraram os livros didáticos mencionados, com as relações de poder evidenciadas, pois, segundo Bernstein, estas relações de poder são inevitavelmente transportadas para a estrutura do discurso pedagógico, neste caso específico, para a escrita dos livros didáticos analisados (BERNSTEIN, 1990, p.18). As relações entre sujeitos, espaços e discursos promovem uma rede de influência recíproca. Então, foi importante identificar os referidos sujeitos e espaços que, como elementos, contribuíram para a análise do discurso pedagógico apresentado pelos autores. É através

¹² Ross, Greg (n.d.), "Scientists' Nightstand: Wallace Arthur", *American Scientist Online, Sigma Xi: The Scientific Research Society*, archived from the original on 2008-08-28, retrieved 3 November 2010.

¹³ <http://seanbcarroll.com/about/>

¹⁴ Como exemplo de seus trabalhos nesta temática, tem-se *Remarkable Creatures features*, publicado no New York Times.

¹⁵ Trabalhos como: *Mechanisms of Morphological Evolution* : 1984, Wiley. *Theories of Life: Darwin, Mendel and Beyond*: 1987, Nova York, EUA e Harmondsworth, editora britânica Penguin. *The Niche in Competition and Evolution*: 1987, Wiley. *A Theory of the Evolution of Development*: 1988, Wiley. *The Green Machine: Ecology and the Balance of Nature*: 1990, Blackwell.

¹⁶ Ross, Greg (nd), "Cientistas Noturnos: Wallace Arthur", *Cientista Americano Online, Sigma Xi: Uma Sociedade de Pesquisa Científica*, arquivada a partir do original em 2008-08-28, recuperado 3 de novembro de 2010.

da análise dessa lógica de relações que se apresenta durante o estudo dos sujeitos, dos espaços e discursos pedagógicos que se dá o poder explicativo de uma análise bernsteineana, conforme manifesto na produção de entendimento sobre os discursos pedagógicos distintos encontrados nos livros de Carroll *et al.* (2005) e Arthur (2010). Pode-se assim contextualizar as escolhas explicativas que geram discursos distintos sobre a temática da Evo-Devo identificados nesses livros didáticos.

O livro de Carroll *et al.* (2005) foi escrito por pesquisadores pertencentes a um grupo de estudiosos especializados em Genética e Biologia Molecular. Trata-se da segunda edição de uma obra de 2001, a qual se tornou necessária, segundo os autores, principalmente devido aos avanços no entendimento dos mecanismos evolutivos, de acordo com o prefácio desta última edição (CARROLL *et al.*, 2005, p. viii). Nesta edição analisada, o livro possui 258 páginas, distribuídas em prefácio, oito capítulos, glossário e índice remissivo. A obra é subdividida em duas partes, sendo a primeira delas voltada para a história dos animais, seu desenvolvimento genômico e respectivos mecanismos regulatórios. Na segunda parte do livro, os autores tratam da evolução dos animais em diferentes níveis morfológicos. As modificações da segunda edição são mais evidentes na segunda parte do livro, uma vez que foram agregadas mais informações sobre sequenciamento genômico e os chamados kits de ferramentas genéticas¹⁷. Foi acrescentado nesta segunda parte um capítulo e foram também ampliadas as referências citadas ao longo de todo o texto. Os próprio autores (CARROLL *et al.*, 2005, p. viii) informam que acrescentaram no capítulo quatro, que trata da explanação sobre o kit de ferramentas genéticas, um maior número de informações sobre estudos genômicos, de modo a propiciar maior compreensão dos mecanismos de desenvolvimento, de estudos comparativos de genomas de animais e de pesquisas sobre novos modelos de evolução morfológica.

Arthur (2010) afirma, por sua vez, que o livro didático analisado foi escrito inicialmente para estudantes de Evolução do ensino superior. Apresenta apenas uma edição, com 404 páginas, organizadas em prefácio e

¹⁷ Todos os animais são definidos a partir de um *pool* gênico compartilhado, com pequenas alterações, cuja expressão diferencia-se por sua ativação ou desativação em determinadas espécies, e por pequenas mutações que podem ocorrer durante a história evolutiva. A este *pool* gênico Carroll *et al.* (2005) deram o nome de kit de ferramentas genéticas.

quatro partes, a saber: Fundações; Repadronização do Desenvolvimento; Direção da Evolução; Conclusões. Também apresenta glossário, apêndice de informações para cada capítulo do livro e as referências bibliográficas de cada capítulo em seção à parte. Seu tema central é a forma como a Evolução, ou os processos evolutivos, altera o curso do desenvolvimento embrionário e pós-embrionário (ARTHUR, 2010, prefácio x).

2.3 Etapas da coleta de dados

2.3.1 PRIMEIRA ETAPA: levantamento bibliográfico

Esta etapa fundamentou-se em consultas às contribuições das fontes bibliográficas elencadas nesta tese, bem como em leituras e discussões semanais com o Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani, que ocorreram entre os anos de 2013 a 2018 e que abrangeram diversas temáticas, como: conhecimento científico escolar, teorias evolutivas, ensino de evolução e teoria sociológica de Bernstein. Dentre os três principais referenciais teóricos destacados na presente pesquisa, dois deles contribuíram diretamente para a compreensão do nosso objeto de estudo – o primeiro deles foi sobre o Conhecimento Científico Escolar, na medida em que fornece bases epistemológicas para a compreensão da necessidade de elaboração de livros didáticos do ensino superior; o segundo foi sobre o Ensino de Biologia Evolutiva, temática presente nos dois livros didáticos investigados. O terceiro referencial abordado – a Teoria Sociológica de Basil Bernstein – contribuiu para um melhor esclarecimento sobre a análise da construção dos livros Carroll *et al.* (2005) e Arthur (2010), fornecendo informações conceituais e parâmetros analíticos para a elaboração do presente texto acadêmico.

2.3.2 SEGUNDA ETAPA: análise de conteúdo dos textos

Em prol do trabalho efetivo sobre o estudo da recontextualização pedagógica, tornaram-se necessárias a escolha e a aplicação de métodos para a análise categórica nos dois livros didáticos selecionados. Na presente tese, o

processo de análise iniciou-se com a elaboração de grades analíticas¹⁸ a partir da técnica de análise categórica e sua posterior interpretação. Foi através da mobilização dos aportes teóricos da teoria sociológica de Bernstein, como ferramentas necessárias às interpretações elaboradas sobre o material didático selecionado, que pudemos vislumbrar questionamentos que interagiram entre si, auxiliando na compreensão dos mecanismos inerentes à recontextualização pedagógica presente nos dois livros didáticos analisados.

Após as fases de categorização, codificação e análise semântica das unidades de registro¹⁹, a interpretação com base na teoria de Bernstein enfocou principalmente os conceitos de código, controle e enquadramento. É importante salientar que, por vezes, fez-se necessário tanto um movimento da análise inicial dos dados através da técnica de análise categorial para a posterior análise de acordo com a teoria de Bernstein, quanto um movimento contrário, dentro do processo de interpretação dos dados apresentados nesta tese.

São apresentados resultados das unidades de contexto dos dois livros didáticos, as análises e os resultados sobre as outras unidades; já que o objetivo desta pesquisa foi analisar como a Evo-Devo foi pedagogicamente recontextualizada nos dois livros didáticos do ensino superior disponíveis, em língua inglesa, nesse campo. Para isso, utilizamos uma técnica de análise de conteúdo, a análise categórica (BARDIN, 2000), para selecionar as unidades de registro que tratam do tema Evo-Devo nos livros, a partir da elaboração de grades analíticas, para uma análise sistemática dos termos-chave que remetem ao tema, assim como ao contexto em que estão inseridas. Esta análise forneceu os dados quantitativos e qualitativos que permitiram inferências sobre as mensagens dos textos analisados. Para a escolha destas termos-chave, foram considerados os termos conceituais que remetiam à temática da Evo-Devo em cada capítulo analisado; sendo que a seleção destas termos-chave também é parte da análise dos citados livros didáticos.

¹⁸ As grades analíticas, localizadas no Apêndice A, foram elaboradas a partir das unidades de registro e dos termos-chave selecionados.

¹⁹ Unidade de Registro é a unidade de significação a codificar, que corresponde ao segmento de conteúdo considerado como unidade base para a categorização (BARDIN, 2000). Neste trabalho é representada por títulos, frases e parágrafos do texto principal, identificados através de critérios semânticos.

Com relação à teoria sociológica de Bernstein, utilizamos seus conceitos para analisar as relações estabelecidas nos dois textos didáticos, pois essa teoria posiciona os sujeitos, discursos e espaços em relação à interferência que cada um destes três contextos exerce sobre as recontextualizações pedagógicas presentes nos dois livros analisados.

Pensando na questão norteadora que guiou a presente pesquisa - como a Evo-devo foi pedagogicamente recontextualizada nos dois livros didáticos do ensino superior disponíveis nesse campo, identificamos os tipos de enfoques sobre Evo-Devo contidos nos fragmentos dos textos didáticos que constituíram as unidades de registro. E estas foram recolhidas em grades analíticas e em seguida analisadas à luz da teoria sociológica de Bernstein.

Por meio das dimensões de poder e de controle, foi possível analisar as relações entre sujeitos, discursos e espaços, também estabelecidas em determinado contexto pedagógico, empregando os conceitos anteriormente mencionados de classificação e enquadramento, que se encontram distribuídos nas relações sociais, explicando a lógica interna dos discursos (SANTOS, 2003; MORAIS, 2004).

2.3.2.1 Procedimentos analíticos

Nas obras didáticas de Carroll *et al.* (2005) e Arthur (2010), aplicamos a análise categórica em seus capítulos, sendo cada um deles tratado como uma unidade de contexto. Para esta análise de conteúdo, foram construídas tabelas contendo os termos-chave usados pelos autores que têm relação com a temática da Evo-Devo, registrando-se a quantidade de ocorrências e a localização desses termos nas páginas de cada capítulo dos livros didáticos. Foi a partir deste levantamento de expressões ou palavras-chave que analisamos o contexto em que cada autor, ao longo de seu discurso pedagógico, relacionou a Evo-Devo aos demais conteúdos apresentados nos livros didáticos, contextualizando-a. Tratou-se de uma análise semântica²⁰ em

²⁰ A partir de cada texto didático lido, foram retirados termos-chave que se relacionam aos diferentes contextos da Evo-Devo, em um trabalho de seleção de categorias que vislumbresse os demais conceitos atrelados aos conceitos de Evo-Devo em seu poder explicativo. Por fim, a análise semântica, bem como as inferências destacadas, trouxeram resultados que pormenorizam diferenças e aproximações entre aquilo que cada livro didático apresenta como

que houve três fases diferenciadas: pré-análise, identificação do material e tratamento dos resultados, e análises com interpretações e inferências.

Após a leitura dos capítulos, foram estabelecidos os indicadores de enfoques baseados na análise semântica, que promoveu a definição de categorias de análise, abrangendo codificação e descrição inseridas nos termos-chave selecionados. Inicialmente não foi possível obter uma padronização na análise dos dois livros didáticos, estabelecendo diferenças entre os termos-chave identificadas em cada texto didático, mas foram encontrados indicadores e categorias em comum: *Evo-Devo*; *Biologia Evolutiva do Desenvolvimento*; *regulação da expressão gênica*; *viabilidade ontogênica*; *expansão da biologia evolutiva*; *restrição ontogenética*; *modularidade*; *kit de ferramentas gênicas*. Foi a incidência destes termos-chave, na categorização de dados elencada anteriormente, que favoreceu a definição de outras categorias, ao longo da identificação das unidades de registro.

Os elementos que constituem as grades analíticas, apresentadas no Apêndice A, caracterizaram-se por apresentar: Unidade de Registro, Termos-Chave e Unidade de Contexto. A partir do levantamento de termos-chave encontrados em cada capítulo e identificados por categorias elencadas em tabelas, por remeterem a relações com a temática da Evo-Devo, analisamos o contexto em que cada autor, ao longo de seu texto didático, desenvolveu não somente uma interpretação conceitual da Evo-Devo, como também dos demais conteúdos apresentados nos livros didáticos e diretamente relacionados à temática da Evo-Devo. Para melhor compreender os discursos pedagógicos sobre a Evo-Devo nos dois livros didáticos mencionados também se fez necessário ampliar este entendimento a partir dos estudos dos três elementos analisados - sujeitos, espaços e discursos.

2.3.3 TERCEIRA ETAPA: análise dos sujeitos, discursos e espaços

Para a investigação sobre a relação de poder entre os discursos, utilizou-se a noção de classificação anteriormente explicitada. O pressuposto básico da análise semântica foi o de que o livro didático apresenta discursos

sendo parte do arcabouço conceitual da Evo-Devo, ao analisarmos conjuntamente, sujeitos, espaços e discursos.

que advêm do campo de produção do conhecimento (conhecimento científico) para o campo de recontextualização pedagógica (conhecimento escolar), podendo-se identificar os dois livros didáticos como textos recontextualizadores.

A análise semântica consistiu em, após categorizar os dados das unidades de registro, apresentar os resultados desta análise de forma a facilitar a interpretação das categorias analisadas isoladamente (BERNSTEIN, 1977, 1990, 2000) – sujeitos, discursos e espaços –, utilizando-se dos conceitos bernsteineanos elencados anteriormente, com vistas a relacionar essas categorias aos discursos pedagógicos observados nos livros didáticos sobre Evo-Devo. Foram observadas e registradas as descontinuidades dos discursos, assim como as tensões textuais provocadas.

Com relação aos discursos, predominantemente no texto de Carroll *et al.* (2005), observamos destaque ao uso do conceito de kit de ferramentas gênicas, especialmente durante a leitura do capítulo 4, apresentando 25 ocorrências, em que destacamos dois excertos: “(...)Em particular, organismos que são membros basais (mais profundamente ramificados) de um clado indicam o estado do kit de ferramentas antes da evolução e radiação de grupos mais recentes”. (CARROLL *et al.*, 2005, p.103). Ou: “A caracterização de genes de kits de ferramentas em alguns organismos é particularmente informativa” (CARROLL *et al.*, 2005, p.105)²¹.

Corroborando com a visão descrita no texto de Carroll *et al.* (2005), a incidência explicativa sobre os genes Hox é mensurada inicialmente pela incidência do termo em todo o livro e alguns excertos frisam a mencionada importância influenciadora em torno do próprio conceito de Evo-Devo. No capítulo 5, lemos:

Este capítulo enfoca as maneiras pelas quais as mudanças evolucionárias na regulação dos genes do kit de ferramentas durante o desenvolvimento contribuíram para a mudança morfológica. Aqui examinamos a relação entre evolução do plano corporal e evolução regulatória, concentrando-nos principalmente na diversificação de

²¹ “(...) In particular, organisms that are basal (most deeply branching) members of a clade indicate the state of the toolkit before the evolution and radiation of more recent groups”. (CARROLL *et al.*, 2005, p.103). Ou: “The characterization of toolkit genes in some organisms is particularly informative” (CARROLL *et al.*, 2005, p.105).

estruturas repetidas ao longo do eixo do corpo primário e de partes homólogas entre linhagens (CARROLL *et al.*, 2005, p.131)²²

Na obra de Arthur (2010), até mesmo a incidência de referências à Evo-Devo já indica a diversificação proposta pelo autor, quando apresenta as possibilidades de processos evolutivos que influenciam explicativamente a Evo-Devo: “Um bom exemplo de como uma compreensão da Evo-Devo atual é informada por um estudo de seus precursores é a recapitulação proposta por embriões de seu passado evolucionário” (ARTHUR, 2010, p.15)²³. Também no capítulo 19, o autor diz que

(...) Evo-Devo, na interpretação ampla desse termo, abrange todos os níveis, desde a expressão gênica até as vias de sinalização célula-célula e processos de desenvolvimento em escala maior até o nível do indivíduo e do ciclo de vida, ele preenche a lacuna no clássico teoria. Na verdade, pode-se argumentar que não há necessidade de ver os dois como mais separados (ARTHUR, 2010, p.324-325)²⁴

Sobre a relação entre a denominada Síntese Moderna e a Evo-Devo, Arthur (2010) menciona que

É claro que esse padrão não é rígido e, olhando para as disciplinas científicas, podemos ver muitas variações dele. O insight de Darwin sobre o poder potencial e a generalidade da seleção natural como mecanismo evolucionário uniu-se à genética mendeliana(...). (ARTHUR, 2010, p.312)²⁵

²² This chapter focuses on ways in which evolutionary changes in the regulation of toolkit genes during development contributed to morphological change. Here we examine the relationship between body plan evolution and regulatory evolution, concentrating primarily on the diversification of repeated structures along the primary body axis and of homologous parts between lineages (CARROLL *et al.*, 2005, p.131).

²³ “a good example of how an understanding of present-day evo-devo is informed by a study of its forerunners is the proposed recapitulation by embryos of their evolutionary past” (ARTHUR, 2010, p.15).

²⁴ (...) evo-devo, in the broad interpretation of that term, covers all levels from gene expression through cell-cell signaling pathways and larger-scale developmental processes up to the level of the individual and the life-cycle, it neatly plugs the gap in classical theory. Indeed, it can be argued that there is no need to see the two as separate any more (ARTHUR, 2010, p.324-325).

²⁵ Of course, this pattern is not rigid and, looking across scientific disciplines, we can see many variations of it. Darwin’s insight into the potential power and generality of natural selection as an evolutionary mechanism was united with Mendelian genetics (...) (ARTHUR, 2010, p.312).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para que pudéssemos melhor visualizar o uso de conceitos em cada uma das duas obras didáticas selecionadas, referindo-se às duas ênfases distintas de Evo-Devo identificadas, construímos categorias a partir da análise dos livros didáticos, as quais são discutidas nesta seção e exemplificadas através de excertos de cada obra. As principais categorias selecionadas para representar as duas ênfases de Evo-Devo versam sobre três itens: caracterização dos conceitos de microevolução e macroevolução; caracterização do singularismo e pluralismo de processos; abrangência do papel da seleção natural. A partir dessas categorias, podemos caracterizar as ênfases de Evo-Devo exibidas nos dois livros didáticos.

Em relação aos conceitos de microevolução e macroevolução, observamos principalmente o número de ocorrências das seguintes categorias, pelo fato de seus significados estarem relacionados à influência ambiental junto à manifestação dos fenótipos: eco-devo; herança epigenética; evolvabilidade. Na abordagem do pluralismo de processos, verificamos a presença, nos livros didáticos, de maior ocorrência das categorias: trajetórias de desenvolvimento e plasticidade fenotípica, apesar de no contexto contemporâneo existirem outros aspectos além dos dois últimos citados. Com relação ao papel da seleção natural no processo evolutivo, considerando a adição de novos fatores evolutivos além desta, verificamos que a seleção natural continua sendo considerada importante no estudo de Evolução, apesar da descoberta de fenômenos, como as restrições genéticas que compõem o conceito de evolvabilidade.

De acordo com a presença ou não das categorias mencionadas, através de excertos que demonstram ênfases dos livros didáticos selecionados, identificamos, nos dois livros didáticos analisados, as diferentes visões de Evo-Devo construídas ao longo desses textos.

Uma dessas ênfases, de maneira geral, se limita, em suas explicações, à influência ambiental no processo evolutivo, não admitindo a presença de diferentes processos que influenciam a Evolução dos seres vivos e, como

consequência, o conceito de seleção natural é entendido como fenômeno gerador e único de todo o processo evolutivo.

Embora esta visão seja pertinente à Evo-Devo, uma vez que leva em consideração o papel do Desenvolvimento no processo evolutivo, e, assim, sua contribuição para a explicação da Evolução, não tem na devida conta o pluralismo de processos, e em particular, alguns mecanismos e fatores que influenciam o processo evolutivo, para além da atuação da seleção natural.

De acordo com os achados da análise categórica (BARDIN, 2000) e à luz da teoria sociológica de Bernstein (1990; 1996), conforme proposto na hipótese de trabalho da presente pesquisa, sustentamos a ideia de que, enquanto o texto de Carroll *et al.* (2005) preocupa-se essencialmente com as possibilidades do *kit* de ferramentas genéticas utilizadas no desenvolvimento evolutivo, em nível molecular e orgânico, os estudos de Arthur (2010) tendem à análise ampliada de fatores evolutivos, levando em consideração o nível do organismo e o conjunto de organismos em interação com outras espécies e fatores ambientais.

Assim, o texto didático de Arthur (2010) aborda uma série de conceitos não encontrados no campo explicativo desenvolvido no livro didático de Carroll *et al.* (2005), como pluralismo de processos; eco-devo; evolvabilidade e herança epigenética.

Também no texto de Carroll *et al.* (2005), alguns termos não são encontrados no texto de Arthur (2010), como: hierarquia regulatória; arquitetura regulatória e ortólogos.

Utilizando-se dos conceitos bernsteineanos, sabemos que a recontextualização pedagógica dos conhecimentos científicos da Biologia Evolutiva do Desenvolvimento faz parte do processo de comunicação pedagógica vislumbrado nos dois livros didáticos - Carroll *et al.* (2005) e Arthur (2010) - pois Bernstein (1990) salienta que qualquer texto didático resulta de uma recontextualização. Diante de tal assertiva, os conceitos de classificação e enquadramento possuem papel primordial na análise desses textos no que diz respeito a “o que é ensinado” e a “como é ensinado”, respectivamente. Para tanto, selecionamos algumas categorias essenciais ao entendimento das duas diferentes ênfases de Evo-Devo evidenciadas nos dois livros didáticos em tela e as respectivas frequências com que aparecem ao longo dos dois textos. Em

seguida, analisamos, à luz da Teoria de Bernstein, a força da classificação e do enquadramento em excertos dos dois livros didáticos, através dos trechos selecionados. As referidas categorias foram selecionadas e julgadas essenciais de acordo com o critério de diferenciação entre uma visão macroevolutiva e uma visão microevolutiva da Evo-Devo.

Quadro 1 - Categorias selecionadas e respectivas ocorrências nos livros de Carroll *et al.* (2005) e Arthur (2010).

CATEGORIAS	NÚMERO DE OCORRÊNCIAS	
	Carroll <i>et al.</i> (2005)	Arthur (2010)
Gene expression	45	4
Mutation	21	41
Toolkit	59	15
Population	27	4
Developmental process	3	25
Developmental pathways	0	5
Evolution	3	34
Developmental trajectories	0	6
Phenotypic plasticity	0	8
Natural selection	17	55
Evolvability	0	9
Evo-devo	8	65
Eco-devo	0	3

Fonte: Elaboração da autora (2018)

Percebemos, analisando a dimensão organizacional do contexto pedagógico no livro didático de Carroll *et al.* (2005), que o grau de interação entre os conceitos é fraco, ou seja, a forma como os conceitos se inter-relacionam no texto denotam uma forte classificação, na medida em que estimulam que o campo de Evo-Devo seja dotado de fronteiras evidentes entre estes conceitos. Diante desta observação, destacamos o isolamento percebido

entre os principais conceitos analisados, como evidenciados principalmente no seguinte excerto da obra supracitada:

A visualização de campos, compartimentos e organizadores como domínios de expressão do gene seletor e como fontes de proteínas de sinalização com efeitos de longo alcance, demonstráveis na padronização de campos embrionários forneceu evidências moleculares concretas dos papéis fundamentais que essas unidades de organização desempenham no processo embrionário. Desenvolvimento (CARROLL *et al.*, 2005, p.51)²⁶

Observamos no trecho anteriormente destacado que caracterizações envolvidas no conceito de expressão gênica têm papel fundamental na explicação do processo de desenvolvimento embrionário, sem que haja menção da atuação de fatores ambientais influenciadores, isolando, assim, a relação entre gene e meio ambiente.

No trecho seguinte, a relação entre mudanças de características fenotípicas em populações é atribuída à mutação em um único gene e sua reprodução de efeito populacional.

Estas descobertas demonstram que mudanças dramáticas na cor da pelagem podem surgir de mutações em um único gene, e serem herdadas e expressas de maneira dominante em populações selvagens (CARROLL *et al.*, 2005, P.194)²⁷

No excerto a seguir identificamos o uso do conceito de mutações aleatórias sem referência a causas mais amplas, do ponto de vista macroevolutivo, para a ocorrência de alteração genômica em uma população.

A presença do kit de ferramentas genéticas é evidenciada no excerto a seguir, sendo relacionada ao fato de os vertebrados explorarem melhor os

²⁶ The visualization of fields, compartments, and organizers as domains of selector gene expression and as sources of signaling proteins with demonstrable long-range effects on the patterning of embryonic fields has provided concrete molecular evidence of the fundamental roles that these units of organization play in embryonic development (CARROLL *et al.*, 2005, p.51).

²⁷ These findings demonstrate that dramatic changes in coat color can arise from mutations in a single gene, and be inherited and expressed in a dominant fashion in wild populations (CARROLL *et al.*, 2005, P.194).

genes envolvidos, o que reflete em sucesso evolutivo e na maior complexidade do seu desenvolvimento.

Carroll *et al.* (2005) dizem que as diferenças morfológicas entre as populações possuem abordagens mais bem sucedidas em prol do seu entendimento quando evidenciam metodologias genéticas que avaliam o número e a identidade de genes envolvidos.

Ao longo do tempo evolutivo, a ocorrência constante de mutação aleatória aumentará a probabilidade de que um determinado sítio de ligação surja em uma determinada localização genômica de ligação em algum momento em uma população (CARROLL *et al.*, 2005, p.218)²⁸

A complexidade do desenvolvimento e o sucesso da linhagem de vertebrados podem refletir a exploração do número dramaticamente maior de genes de desenvolvimento no kit de ferramentas de vertebrados (CARROLL *et al.*, 2005, p.120)²⁹

As abordagens mais bem sucedidas para entender a variação intraespecífica exploram metodologias genéticas para avaliar o número e a identidade de genes envolvidos em diferenças morfológicas entre populações (CARROLL *et al.*, 2005, p.202)³⁰

Como consequência direta, percebemos a distribuição de poder refletida através da recontextualização dos conhecimentos científicos do campo da Evo-Devo descritos na obra de Carroll *et al.* (2005), já que há o isolamento de conceitos considerados termos-chave – gene expression; mutation; toolkit; population - no título de Carroll *et al.* (2005), denotando forte classificação em sua obra, o que reflete, como veremos adiante, em enquadramento também

²⁸ Over the course of evolutionary time, the steady occurrence of random mutation will increase the probability that a given binding site will arise in a given binding genomic location at some time in a population (CARROLL *et al.*, 2005, p.218).

²⁹ The developmental complexity and success of the vertebrate lineage may reflect the exploitation of the dramatically larger number of the developmental genes in the vertebrate toolkit (CARROLL *et al.*, 2005, p.120).

³⁰ The most successful approaches to understanding intraspecific variation exploit genetic methodologies for assessing the number and identity of genes involved in morphological differences between populations (CARROLL *et al.*, 2005, p.202).

robusto, em comparação às relações conceituais permitidas no livro didático de Arthur (2010).

Com base em nossa análise de trechos de Arthur (2010), evidenciamos uma classificação fraca, na medida em que percebemos como os conceitos selecionados na tabela anterior melhor se relacionam, fornecendo indicações de um maior grau de integração entre os conteúdos que dizem respeito à Evo-Devo que são utilizados pelo citado autor.

No trecho a seguir, há menção à existência de rotas diferenciadas gerando trajetórias desenvolvimentais. E ao considerar o desenvolvimento como um fenômeno processual, exprime uma aproximação, ao mesmo tempo em que generaliza o efeito de processos típicos do desenvolvimento com as diferentes vias de desenvolvimento que são extrínsecas ao organismo.

Em qualquer animal ou planta, tanto o processo global de desenvolvimento como qualquer componente em particular, como as vias de desenvolvimento que levam ao aparecimento de segmentos, membros ou folhas, podem ser considerados como trajetória. Cada uma dessas trajetórias representa uma rota muito específica para uma população de células que é diferente de outras rotas possíveis (ARTHUR, 2010, p.9)³¹

Há relação entre evolução e trajetória do desenvolvimento, uma vez que o autor também sinaliza que não há um padrão único para todas as comparações evolutivas entre táxons.

Devemos sempre lembrar que a evolução é um processo confuso. Isso significa que nenhum padrão único prevalecerá em todas as comparações entre táxons cruzados de trajetórias de desenvolvimento (ARTHUR, 2010, p.19)³²

No trecho a seguir destacado, verificamos a pertinente diferenciação entre mutação na linhagem germinativa (mutação hereditária) e mutação

³¹ In any animal or plant, both the overall developmental process, and any particular component of it, such as the developmental pathways leading to the appearance of segments, limbs or leaves, can be thought of as trajectory. Each such trajectory represents a very specific route for a cell population that is different from other possible routes (ARTHUR, 2010, p.9).

³² We must always remember that evolution is a messy process. This means that no single pattern will prevail an all cross-taxon comparisons of developmental trajectories (ARTHUR, 2010, p.19).

somática, não evidenciada por Carroll *et al.* (2005), que demonstra no primeiro conceito – mutação hereditária – exclusão de influência ambiental sobre o desenvolvimento, discutida e aceita em outros trechos do livro de Arthur (2010).

A mutação hereditária também pode ser chamada de mutação da linha germinal, para distingui-la da mutação somática que surge em outros tecidos, como a que causa a formação de tumores (ARTHUR, 2010, p.78)³³

Um outro conceito bastante evidenciado no livro de Arthur (2005) é o de plasticidade fenotípica, que se relaciona com o modo como fatores ambientais podem modificar a expressão gênica. Este conceito agregador entre uma visão macroevolutiva e a Evo-Devo, que enfraquece a classificação neste texto didático, não se encontra presente no texto de Carroll *et al.* (2005), pois envolve relações diretas entre os efeitos e os conceitos de temperatura, fotoperiodismo, densidade populacional e desenvolvimento; sendo que temperatura, fotoperiodismo e densidade populacional relacionam-se diretamente com fatores ambientais não sendo significativos os seus efeitos em uma visão microevolutiva da Evo-Devo.

A plasticidade do desenvolvimento, ou plasticidade fenotípica, às vezes é chamada, envolve o curso do desenvolvimento sendo alterado por um ou mais fatores ambientais - por exemplo, temperatura, fotoperíodo ou densidade populacional. Em alguns casos, a alteração é extrema, como a mudança de pulgões sem asas para alados quando a densidade populacional é alta (ARTHUR, 2010, p.252)³⁴

No trecho a seguir, o fenômeno da evolvabilidade é evidenciado pela relação entre a seleção natural e a restrição de desenvolvimento que favorecem mudanças evolutivas, reiterando o papel da seleção natural como um dos fatores evolutivos, mas não como único. Exemplifica-se, assim, a

³³ Heritable mutation can also be called germ-line mutation, to distinguish it from the somatic mutation that arises in other tissues, such as that which causes the formation of a tumors (ARTHUR, 2010, p.78).

³⁴ Developmental plasticity, or phenotypic plasticity as it is sometimes called, involves the course of development being altered by one or more environmental factors – for example temperature, photoperiod or population density. In some cases, the alteration is extreme, such as the switch from wingless to winged aphids when population density is high (ARTHUR, 2010, p.252).

admissão, pelo autor, do pluralismo de processos, como evidência do enfraquecimento da classificação na recontextualização pedagógica exibida no livro didático de Arthur (2010):

Se a hipótese de restrição de desenvolvimento estiver correta, então a direção da mudança evolutiva é determinada não apenas pela seleção natural, mas por uma combinação de seleção e restrição, da seguinte maneira. Se o comprimento do pescoço sobe ou desce numa determinada linhagem é determinado pela seleção: mas se essas mudanças são alcançadas alterando-se o número ou comprimento das vértebras cervicais é determinado pela natureza do sistema de desenvolvimento e, em particular, pela prontidão com ele. permite a produção de diferentes tipos de variantes - isso às vezes é chamado de 'evolvabilidade' (ARTHUR, 2010, p.203)³⁵

No que diz respeito ao enquadramento, os discursos pedagógicos recontextualizados nos dois livros didáticos apresentam diferentes ênfases sobre o conhecimento científico de referência na Biologia Evolutiva do Desenvolvimento.

Foi esta análise da dimensão interacional dos contextos pedagógicos de cada um dos livros didáticos analisados, levando-se em consideração o grau de enquadramento estabelecido em ambos, que nos permitiu entender que a expressão da pedagogização do conhecimento sobre Evo-Devo no livro de Carroll *et al.* (2005) possui um grau de enquadramento maior do que aquele se observa no livro de Arthur (2010).

No trecho a seguir, Carroll *et al.* (2005) evidenciam o surgimento de uma moderna embriologia, genética e biologia molecular que não se diferenciam, das ideias originais de Darwin; porém, o que chama atenção neste excerto é a aparente certeza que têm estes autores da manutenção de um certo ponto de vista, evidenciando estaticidade conceitual para alguns dos principais componentes da Evo-Devo – embriologia, genética e biologia molecular.

³⁵ If the developmental constraint hypothesis is correct, then the direction of evolutionary change is determined not solely by natural selection but by a combination of selection and constraint, in the following manner. Whether neck length goes up or down in a particular lineage is determined by selection: but whether these changes are achieved by changing the number or length of the cervical vertebrae is determined by the nature of the developmental system, and in particular by the readiness with it allows the production of different kinds of variant – this is sometimes referred to as 'evolvability' (ARTHUR, 2010, p.203).

Chegamos a uma visão - embora talvez mais sofisticada em virtude da moderna embriologia, genética e biologia molecular - que não se afasta muito do espírito, se não do coração, das ideias originais de Darwin (CARROLL *et al.*, 2010, p.234-235)³⁶

No excerto abaixo, deste mesmo texto, a relação evidenciada entre o conceito de evolução e a diversificação das morfologias axiais dos cordados modernos, segundo os autores, fornecem exemplos de diversificação morfológica em grande escala, mais uma vez não levando em conta a relação entre evolução na espécie e meio ambiente.

Da mesma forma, a evolução e subsequente diversificação das morfologias axiais dos cordados modernos fornecem exemplos dramáticos de diversificação morfológica em larga escala (CARROLL *et al.*, 2010, p.131)³⁷

Em contrapartida, analisando o texto de Arthur (2010), e diante da exposição dos três trechos seguintes, evidenciamos uma relação entre Evolução e Desenvolvimento que vai além do componente genético, gerando discussões mais amplas sobre o plano individual e sua relação com fatores ambientais, que proporcionam discussões relativas tanto ao pluralismo de processos, quanto à compreensão deste autor sobre a importância das inferências ambientais disponíveis em suas considerações sobre a Evo-Devo.

Destacamos assim que o enquadramento mais fraco presente no texto de Arthur (2010) condiz com uma visão mais amplificada sobre os fenômenos mais recentes descritos para corroborar com uma visão macroevolutiva da Evo-Devo.

Um bom exemplo de como uma compreensão da Evo-Devo atual é informada por um estudo de seus precursores é a recapitulação proposta por embriões de seu passado evolucionário. Inicialmente considerado (erroneamente) como uma lei de como o desenvolvimento evolui, mais tarde foi completamente rejeitado (erroneamente) e depois eventualmente considerado (corretamente) como um dos

³⁶ We arrive at a view – while perhaps made more sophisticated by virtue of modern embryology, genetics, and molecular biology – that does not stray far from the spirit, if not the heart, of Darwin’s original ideas (CARROLL *et al.*, 2010, p.234-235).

³⁷ Similarly, the evolution and subsequent diversification of the axial morphologies of modern chordates provide dramatic examples of large-scale morphological diversification (CARROLL *et al.*, 2010, p.131).

vários padrões possíveis, todos os quais precisamos ser capazes de explicar (ARTHUR, 2010, p.15)³⁸

No outro extremo do espectro está a visão de que “evo-devo” abrange uma ampla gama de tipos de estudo - efetivamente todos os estudos recentes que procuraram elucidar a relação entre evolução e desenvolvimento. Como já deve estar claro, eu tomo essa visão mais ampla aqui (ARTHUR, 2010, p.28)³⁹

(...),o conceito Evo-Devo (alguns diriam Eco-Devo) de normas de reação ao desenvolvimento (...) desfoca a distinção entre componentes genéticos e não-genéticos da variação fenotípica. Além disso, os geneticistas quantitativos enfatizam que a própria estrutura da matriz G pode mudar na evolução, enquanto muitos proponentes da Evo-Devo suspeitam que, por sua vez, haja limites na medida em que isso é possível (ARTHUR, 2010, p.211)⁴⁰

O próprio conceito de Evo-Devo que permeia o livro elaborado por Carroll *et al.* (2005) menciona prioritariamente o papel da descoberta dos genes *Hox* e sua influência direta no desenvolvimento dos planos corporais dos animais, sem a intenção de apresentar outro processo evolutivo influenciador, além da seleção natural como mecanismo principal do processo evolutivo. Além disso, o papel da seleção natural é modificado com relação ao que se considerava como fatores evolutivos junto à teoria sintética da evolução, na qual há uma descentralização na importância da seleção natural que não é mais considerada o principal fator evolutivo. A discussão sobre este papel desempenhado pela seleção natural sofre modificações, conforme se admite, nos estudos de Arthur (2010) e nos estudos de Carroll *et al.* (2005). Em Arthur

³⁸ A good example of how an understanding of present-day evo-devo is informed by a study of its forerunners is the proposed recapitulation by embryos of their evolutionary past. Initially regarded (wrongly) as a law of how development evolves, it was later completely rejected (wrongly) and then eventually regarded (correctly) as one of several possible patterns, all of which we need to be able to explain (ARTHUR, 2010, p.15).

³⁹ At the other end of the spectrum is the view that “evo-devo” covers a wide range of types of study – effectively all recent studies that have sought to elucidate the relationship between evolution and developmental. As should already be clear, I take this broader view herein (ARTHUR, 2010, p.28).

⁴⁰ (...),the evo-devo (some would say eco-devo) concept of developmental reaction norms (...) blurs the distinction between genetic and non-genetic components of phenotypic variation. Also, quantitative geneticists stress that the structure of the G matrix itself can change in evolution, while many proponents of evo-devo suspect that there way in turn be limits to the extent to which this is possible (ARTHUR, 2010, p.211).

(2010), há a expressão de uma visão mais macroevolutiva da Evo-Devo. No texto didático de Arthur (2010), também observamos uma ampliação da compreensão dos processos desenvolvimentistas, e suas aplicabilidades na evolução em seus mais diversos níveis corporais, sem esquecer as limitações explicativas atuais mencionadas pelo autor, além do que este admite como possibilidades de progresso em estudos futuros sobre Evo-Devo.

De acordo com os conceitos de processos e níveis evolutivos mobilizados por Carroll *et al.* (2005), observamos tendências desses autores a considerar o poder explicativo da Evo-Devo como suficiente para as discussões evolutivas a que se propõem estes autores, sem desconsiderar o poder explicativo da seleção natural.

Quanto à bibliografia que fundamenta os livros didáticos ora analisados, o texto de Carroll *et al.* (2005) pouco a menciona, excetuando-se aquelas relacionadas à autoria das figuras utilizadas na obra e na seção intitulada leituras selecionadas, que identificamos ao término de cada capítulo. Em Arthur (2011), há vasta bibliografia segmentada de acordo com as quatro partes do livro, localizada em seção especial entre os apêndices e o índice remissivo. Também há quadros de leitura adicional sugerida a cada capítulo, bem como referências das obras em que se encontram as imagens utilizadas pelo autor, embora a maioria destas seja de autoria própria.

Algumas referências citadas por Carroll *et al.* (2005), como Gilbert (1997) e Gerhart e Kirschner (1997), também foram citadas por Arthur (2011), embora a maioria das referências mencionadas por este último não seja encontrada na obra de Carroll *et al.* (2005). Inclusive, dentre as 245 obras de referência utilizadas por Arthur (2011), 52 delas são publicações científicas posteriores à edição da obra de Carroll *et al.* (2005). Arthur (2011) apresenta um quadro contendo lista de obras que tratam de diferentes aspectos da Evo-Devo de 1980 até a época da publicação de seu trabalho, fazendo menção ao conhecimento disseminado pelos seus antecessores, necessariamente no que diz respeito ao conhecimento acadêmico conhecido. Apesar de tratarmos na presente pesquisa de livros didáticos e da recontextualização pedagógica, o referido quadro divulgado por Arthur (2011) proporciona um rol de obras sobre o conhecimento científico que foi recontextualizado pedagogicamente em *Evolution: A Developmental Approach* (2011).

A obra de Carroll e colaboradores não menciona as pesquisas de Arthur no campo da Evo-devo, apesar de este já ter se estabelecido no campo de produção acadêmica, com trabalhos amplamente divulgados, em período anterior à publicação de *From DNA to Diversity* (2005).

Em contrapartida, Arthur (2011), no primeiro capítulo, ao sugerir duas leituras introdutórias sobre Evo-Devo e apontamentos mais generalistas sobre evolução, indica leitura do livro de Carroll (2005), “Infinitas formas de grande beleza”. E no capítulo 14 indica para os alunos Carroll *et al.* (2005) como o melhor texto didático sobre genes do desenvolvimento e evolução.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados e discussões ora elencados, apoiamos a ideia de que há duas formas de entendimento sobre Evo-Devo nas obras didáticas analisadas, conforme questionamos inicialmente, dada a recontextualização pedagógica identificada no livro de Carroll *et al.* (2005) e no livro de Arthur (2011).

Tratando-se de uma análise e interpretação de resultados, notamos que há a possibilidade de seleção de outros conceitos adjacentes para prosseguimento em futuras pesquisas, que referendem as Unidades de Registro já levantadas. O presente trabalho pode favorecer maiores discussões e aumento no nível de complexidade dos resultados investigados até a presente data, já que a influência do desenvolvimento metodológico elaborado e exposto na presente pesquisa, à luz da Teoria de Bernstein, para análise destes dois livros didáticos recontextualizados no âmbito da Biologia Evolutiva do Desenvolvimento, apresenta um viés de implicações para estudos futuros com relação ao ensino superior e sua relação com foco no conhecimento científico escolar.

Por fim, os resultados do presente estudo indicam a relevância de considerar diferentes entendimentos da Evo-Devo na elaboração e análise de propostas de incorporação de conhecimentos desse campo no ensino de Evolução; pois as implicações para o ensino de Biologia encontram-se imbricadas com as perspectivas para o ensino de Evolução, uma vez que ênfases diferenciadas são identificadas em livros didáticos sobre ensino de Evo-Devo, discutidos no presente estudo, que é considerada hoje a área de maior sucesso em termos de consenso entre pesquisadores de ensino de Evolução.

5 REFERÊNCIAS

AIVELLO, Tuomas; UITTO, Anna. Genetic determinismo in the Finnish upper secondary school biology textbook. **Nordic Studies in Science Education**, Oslo, v. 11. n. 2, p. 139-152, 2015.

ALMEIDA, Ana Maria Rocha de ; EL-HANI, Charbel Niño. Um exame histórico filosófico da biologia evolutiva do desenvolvimento. **Scientiæ Studia**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 9-40, 2010.

ALVES, Vanda. **O currículo, o “software” didático e a prática pedagógica: análise sociológica de textos e contextos do ensino das ciências**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação e Psicologia, Universidade Católica Portuguesa, Braga, 2007.

ARTHUR, Wallace. **Evolution: a Developmental Approach**. Hoboken: Wiley-Blackwell, 2010.

BARDIN, Lawrence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2000.

BERNSTEIN, Basil. **Class, codes and control: towards a theory of educational transmissions**. London: Routledge and Kegan Paul, v. 3, 1977.

BERNSTEIN, Basil. **Class, codes and control: the structuring of pedagogic discourse**. New York: Routledge, 1990.

BERNSTEIN, Basil. **Pedagogy, symbolic control and identity: theory, research, critique**. Lanham: Rowman & Littlefield, 2000.

BOWLER, Peter J. **The Eclipse of Darwinism: Anti-Darwinian evolution theories in the decades around 1900**. Baltimore-MD: The John Hopkins University Press, 1992.

CARROLL, Sean B. *et al.* **From DNA to Diversity: Molecular Genetics and the Evolution of Animal Design**. 2. ed. Oxford: Blackwell Publishers, 2005.

EL-HANI, Charbel Niño; MEYER, Diogo. **Evolução** – o sentido da Biologia. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

FUMAGALLI, Laura. O ensino de ciências naturais no nível fundamental da educação formal: argumentos a seu favor. In: WEISSMANN, Hilda. **Didática das ciências naturais**. Porto Alegre: ArtMed, p.13-29,1998.

FUTUYMA, Douglas Joel. **Evolução, Ciências e Sociedade**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

GOODSON, Ivor. **Currículo: teoria e história**. Tradução de Atílio Brunetta; revisão da tradução: Hamilton Francischetti; apresentação de Tomaz Tadeu da Silva. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1995.

HEYNEMAN, Stephen P. The role of textbooks in a modern education system: Towards High-Quality Education for All. *In: Textbooks and Quality Learning for All: Some Lessons Learned from International Experience*, UNESNO IBE, Paris, Genebra, 2006. Capítulo 1, p.31-90.

LOPES, Alice Casemiro; CUNHA, Érika Virgílio rodrigues da; COSTA, Hugo Heleno Camilo. **Da Recontextualização à Tradução**: investigando políticas de Currículo. *Currículo sem fronteiras*. v. 13, n. 3, p. 392-410,set./dez. 2013.

MARANDINO, Martha. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na educação em museus de ciências. **Revista Brasileira de Educação**, n. 26, p.95-108, 2004.

MARTINS, Isabel. **Analisando livros didáticos na perspectiva dos estudos do discurso**: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para pesquisa. *Pro-Posições*, Campinas-SP, v. 17, n. 1, p.117-136, 2006.

MARTINS, Isabel. LIMA, Amanda. **A construção do discurso docente no processo de recontextualização pedagógica de práticas inovadoras**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012.

MAZOTTI, Alda Judite Alves; GEWANDSZNADJER, Fernando. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa quantitativa e Qualitativa**, 2. ed., São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2004.

MEYER, Diogo. EL-HANI, Charbel Niño. **Evolução: o sentido da Biologia**. São Paulo: UNESP, 2005.

MORAIS, Ana Maria; Basil Bernstein: sociologia para a educação. *In*: TEODORO, A.; TORRES, C. (Org.). **Educação crítica & utopia: perspectivas para o século XXI**. Lisboa: Afrontamento; São Paulo: Cortez, 2004.

MORAIS, Ana Maria. Basil Bernstein: sociology for education. *In*: TORRES, C.; TEODORO, A. (Ed.). **Critique and utopia: new developments in the sociology of education**. Boulder: Rowman and Littlefield, p. 308-318, 2007.

MORAIS, Ana Maria; NEVES, Isabel Pestana. **A teoria de Basil Bernstein: alguns aspectos Fundamentais**. *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v.2, n.2, p.113-130, 2010.

MORGADO, J. C. **Manuais Escolares: contributo para uma análise**. Porto: Porto Editora, 2004.

PEDROSO, Carla Vargas; SELLES, Sandra Escovedo. **I Jornada "Currículo, Docência e Cultura"**: Questões teóricas e metodológicas na pesquisa em Educação. 2011.

PIGLIUCCI, Massimo. Na Extended Synthesis for Evolutionary Biology. *In*: **Annals of the New York Academy of Sciences**. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2009.04578.x, 2009.

SANTOS, Lucíola Lícínio. **Bernstein e o campo educacional**: relevância, influências e incompreensões. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, n. 120, nov. p. 15-49, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cp/n120/a04n120.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2014.

SILVA, Preciosa; MORAIS, Ana Maria; NEVES, Isabel Pestana. O currículo de ciências no 1º ciclo do ensino básico: estudo de (des)continuidades na mensagem pedagógica. **Revista Portuguesa de Educação**, Lisboa, v. 1, n. 26, p. 179-217, 2013.

SILVA, Silvana do Nascimento; SOUZA, Marcos Lopes; DUARTE, Ana Cristina. O professor de ciências e sua relação com o livro didático In: TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini; RAZEIRA, Júlio Cesar Castilho (Org). **Ensino de ciências**: pesquisas e pontos em discussão. Campinas-SP: Komedi, 2009.

SILVA, Silvana do Nascimento. **O tema Ambiente em um livro didático de Biologia do Ensino Médio**: uma análise à luz da teoria sociológica de Basil Bernstein. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

SILVA, Tomás Tadeu da. **Dois sociologias da educação**: Bernstein e Bourdieu. *In*: Identidades terminais: as transformações na política da pedagogia e na pedagogia da política. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1996.

6 APÊNDICES

APÊNDICE DE TERMOS-CHAVE EM CADA CAPÍTULO

No capítulo 1 do livro de Carroll *et al.* (2005), “A Brief History of Animals”, verificamos a presença dos seguintes termos-chave, com apenas uma ocorrência cada: *modularity* (p.10); *Gene regulation developmental* (p.13); *Selective expression* (p.13).

No Capítulo 2, “The Genetic Toolkit for Developmental”, temos em destaque:

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
The Genetic Toolkit for Developmental	<i>Homeotic genes</i>	11	p.21,22,23,24(2),27(4),28,36,48
	<i>Homeotic proteins</i>	01	p.28
	<i>Hox genes</i>	30	p.24 (2),27 (15),40,46 (18),48
	<i>Hox proteins</i>	01	p.27
	<i>Homeobox</i>	06	p.27 (2), 28 (2),29
	<i>Homeodomain</i>	06	p.27(2), 28 (3),46
	<i>Regulatory gene</i>	05	p.29 (3),32,40
	<i>Gene expression</i>	02	p.39,51

No Capítulo 3, “Building Animals”, encontramos:

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Building Animals	Gene regulation	07	55 (2), 59, 61, 64, 79, 81
	Regulatory hierarchies	17	55 (2), 61(2), 63, 69, 75, 81 (3), 89 (2), 95 (3), 96 (2),
	Regulatory programs	02	55, 75
	Regulatory inputs	06	55, 61, 73 (2), 80, 97
	Regulatory elements	02	55, 96
	Regulatory mechanisms	10	56, 61, 62, 69, 76(2), 80, 85, 95, 97
	Regulatory proteins	04	59, 66 (3)
	Regulated genes	07	57, 62, 64, 73 (2), 92, 96
	Regulate transcription	02	57 (2)
	Regulatory interactions	07	59(2), 60, 63, 64, 71, 81
	Regulatory dependence	01	59
	Regulator for its activation or repression	01	59
	Regulatory information	02	59, 73
	Regulatory logic	04	59, 60, 76, 95
	Regulatory pathway	01	61
Regulatory network	02	61, 87	

	Regulatory circuits	03	66, 68, 92
	Regulatory systems	02	73, 84
	Regulator controls	01	76
	Regulatory events	01	81
	Regulatory architecture	02	61, 95
	Hox genes	52	71(7), 73, 74, 75, 76, 81(10), 85 (7), 87 (5), 88, 89, 92 (13), 94 (4)
	Modularity	08	57 (2), 81, 83, 96 (3), 97
	Modulation	02	71 (2)

Capítulo 4: Evolution of the Toolkit

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Evolution of the Toolkit	Developmental genes	10	103(2), 105, 120 (2), 125 (3), 127 (2)
	Toolkit genes	25	103(3), 104, 105(3), 106, 113 (8), 120 (3), 118 (6)
	Hox genes	15	113, 114 (6), 117 (3), 118 (5)

Capítulo 5: Diversification of Body Plans and Body Parts

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Diversification of Body Plans and Body Parts	Regulatory evolution	10	131 (2), 138, 139, 142 (2), 149, 153, 156(2)
	Toolkit genes	13	133 (3), 140, 142 (5), 154, 157(2), 158
	Hox genes	10	132(2), 140, 142, 155, 156 (2), 157(3)
	Orthologs	07	132(2), 144 (4), 152
	Cis-regulatory element	06	131, 143, 144(2), 150(2)
	Hox domains	07	132(2), 134, 150, 152(3)
	Modulations	01	151

Capítulo 6: The Evolution of Morphological Novelty

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
The Evolution of	Developmental genetic	07	159 (2), 170, 171(3), 188
	Modulations	04	160, 174(3)
	Regulatory hierarchies	04	170, 171, 180(2)
	Evolutionary success	03	178(2), 179

Morphological Novelties			
	Expression domains	05	177(3), 181(2)
	Ontogeny	03	183, 185(2)
	Regulatory genes	06	163, 165, 171, 184(3)
	Hedgehog	06	166(3), 168, 169(2)
	Hox gene expression	11	170(4), 172(5), 174, 182

Capítulo 7: Morphological Variation and Species Divergence

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Morphological Variation and Species Divergence	Hox genes	05	193, 194, 196(3)
	Morphological variation	03	198 (2), 199
	Regulatory genes	08	194(2), 198, 203, 204(4)
	Mutations	05	194, 198(3), 199
	Adaptation	09	194, 195 (6), 103, 105
	Population	04	208 (2), 204, 205

Capítulo 8: From DNA to Diversity: The Primacy of Regulatory Evolution

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
From DNA to Diversity: The Primacy of Regulatory Evolution	Morphological diversification	05	213, 218, 220(3)
	Regulatory change	08	213(3), 214, 215, 216(3)
	Cis-regulatory elements	27	215(3), 216 (7), 218, 219(2), 220(4), 223, 224(3), 227(6)
	Mutation	02	218(2)
	Homeodomains	03	218, 219(2)

No livro de Arthur (2011), em sua primeira parte (os quatro primeiros capítulos), que tratam da fundamentação da temática da obra como um todo, destacamos o seguinte vocabulário:

Capítulo 1: Introduction

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
	Natural selection	01	4
	Phenotypic variation	01	4
	Evolutionary transitions	01	6

Introduction	Developmental trajectory	04	6 (3), 7
	Environmental factors	02	6 (2)
	Fluctuating asymmetry	01	6
	Non-heritable variation	01	7
	Phenotypic plasticity	01	7
	Pattern of developmental response	01	7
	Evolutionary change	01	7
	Downstream	01	8
	Developmental pathway	02	8, 9
	Indirect development	01	8
	Evolutionary switches	01	8
	Evolutionary process	01	9
	Heterochrony	01	9
	The direction that evolution takes	01	9
	Merely negative ('constraint')	01	9
	Direct development	01	9
	Indirect development	01	9
	The development of leaf modules occurs	01	9
	Developmental process	01	9
	Other possible routes	01	9
	Ecological population	01	10
	Ecological genetics	01	10
	Evolutionary developmental biology	01	10
	Developmental change	02	10 (2)
	Developmental time	01	10
	Evolutionary time	01	10
	Ontogeny	01	10
	Heterochrony	02	10, 11
	Evolutionary change in developmental timing	01	10
	Developmental repatterning	01	10
	Developmental program(me)	01	10
	Genetic imperialism	01	10
	Developmental reprogramming	01	10
	Evolutionary changes in development	01	10
	Developmental process	01	10
	Expression pattern	01	11
	Developing patterns	01	11
	Well-established terms	01	11
	Heterotopy	01	11
	Heterometry	01	11
	Heterotypy	01	11
	Evo-devo	01	11
	Taxonomic hierarchy	01	11
	Phylogeny	02	12, 14
	Exaptation	01	12
	Molecular phylogeny	01	13
	Evolutionary changes in developmental	02	14 (2)
	Developmental repatterning	01	14

Capítulo 2: What is Evo-Devo?

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
What is Evo-Devo?	Evo-devo	19	15 (3), 16, 25, 27 (6), 28 (6), 30, 32
	Ontogenies	04	16, 19, 20, 29
	Developmental time	03	18, 24, 25
	Phenotypic	01	16
	Developmental trajectories	04	18, 19, 25, 28
	Evolutionary time	01	20
	Evolutionary transformations	01	20
	Evolutionary change	01	21
	Heterochrony	04	21 (2), 24 (2)
	Heterochronic process	01	21
	The evolution of development	02	21 (2)
	Recapitulation	01	21
	Evolutionary process	01	21
	Homeotic mutation	01	21
	Homeotic mutation	01	21
	Epigenetic landscape	01	21
	Phenotypic plasticity	01	23
	Ontogeny and Phylogeny	03	23, 24 (2)
	Development evolves	01	25
	Homeobox	02	25 (2), 27 (2)
	Homeobox sequence	01	25
	Homeodomain	02	25, 27
	Homeodomain-containing	03	25, 27 (2)
	Homeobox-containing	01	25
	Developmental process	02	27, 28
	Phenotypes	02	27 (2)
	Hox genes	01	27
	Developmental cascades or pathways	01	27
	Evolutionary novelties	01	27
	Eco-devo	01	28
	Co-variation of phenotypic characters	01	28
	Developmental bias (or constraint)	01	28
	Modularity	01	28
	Evolvability	01	28
	Evolutionary novelties	01	28
	Fields	01	28
	Heterochrony	03	29, 32 (2)
	Evolutionary Developmental of Ontogeny	01	29
	Phenotypes	01	29
	Epigenetics	01	29
	Phenotypic evolution	01	29
	Evolutionary developmental biology	03	29, 30 (2)
	Developmental pathways	01	29
Developmental plasticity	01	29	
Epigenesis	01	30	
Evolving pathways	01	30	
Ecological developmental biology	01	30	
Homeobox genes	01	30	
Developmental repatterning	01	32	
Heterotopy	01	32	
Heterometry	01	32	

	Heterotypy	01	32
	Developmental system	01	32
	Hedgehog	01	32

Capítulo 3: Development, Cells and Molecules

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Development, Cells and Molecules	Signalling pathways	01	34
	Developmental process	08	34(2), 40, 45, 50, 51(2), 52
	Phenotypes	01	34
	Developmental patterning	02	35 (2)
	Phenotypic	01	35
	Developmental model	01	35
	Is switched off	01	38
	The switched off	01	39
	Developmental function	01	40
	Regulatory regions	04	41, 42 (2), 45
	Regulatory genes	01	41
	To control the activities of other genes	01	41
	Switched on	05	42, 45 (2), 48, 52
	Transcription factors	01	42
	Regulatory sites	02	42 (2)
	Other developmental gene	01	45
	Expression pattern	01	45
	Complex network	01	45
	Signalling pathway	04	45 (4)
	Simplified pathway	01	45
	Particular pathway	01	45
	Hedgehog pathway	02	45, 47
	Major pathway	01	45
	Pathway	01	45
	Hedgehog gene	03	47, 48, 49
	Hedgehog protein	02	47, 48
	Hedgehog	07	48 (5), 49 (2)
	Developmental contexto	01	48
	Wingless gene	01	48
	Hedgehog-producing cell	01	48
	Hedgehog-mutant	01	49
	Wingless	01	49
	Phylogenetic scope	01	50
	Modules	01	51
	Developmental units	01	51
	Developmental pathway	01	51
	Developmental cascade	01	51
	Developmental hierarchy	01	51
	Developmental network	01	51
	Developmental system	01	51
Developmental trajectory	01	51	
Upstream and downstream	01	51	
Pathway	01	51	
Vague	01	52	
Developmental system theory	01	52	
Evo-devo	01	52	

Capítulo 4: Natural Populations

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Natural Populations	Homeobox	01	54(1)
	Genetic developmental/phenotypic levels or	01	54
	Evo-devo	04	55 (1) 57 (1) 59 (1) 72 (1)
	Evolutionary biology	01	55 (1)
	Evolutionary ecology	02	55 (2)
	Phenotypic variation	01	55 (1)
	Natural selection	07	57 (2) 67 (2) 68 (1) 69 (1) 71 (1)
	Phylogenetic	01	57 (1)
	Evolution of heavy-metal tolerance	01	58
	Ecological islands	01	61
	Stochastic	01	61
	Metapopulations	01	63
	Population genetics theory	01	64
	Evolutionary processes	01	64
	Heterochrony	01	64
	Genetic drift	01	66
	Regulatory regions	01	66
	Gene regulation	02	67 (2)
	Evolution of development	02	67 (2)
	Regulatory	01	67
	Developmental genes	01	67
	Phenotypic structure of populations	01	67
	Developmental bases	01	68
	Undergraduates	01	68
	Phenotypic change	01	69
	Selection process	01	71
	Developmental dimension	01	71
Developmental repatterning	01	72	
Standing variation	01	72	
Evolutionary change in development	01	73	
Emphasis on repatterning	01	73	

Capítulo 5: Mutation and Developmental Repatterning

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
	Mutation	38	77 (3), 78 (12), 79 (3), 80 (2), 81 (6), 82 (3), 83 (3), 84 (3), 87 (3)
	Developmental repatterning	06	77, 78, 82, 86, 87 (2)
	Heritable variation	03	77 (2), 78
	Plasticity	01	77
	Heritable mutation	01	78
	DNA	16	78 (6), 79 (4), 80 (2), 82 (4)
	Methylation pattern	01	78
	Methylation	01	78
	Epigenetics	01	78
	Genome	05	78, 79 (2), 82 (2)

Mutation and Developmental Repatterning	Natural selection	03	78, 80, 84
	Population	08	79 (3), 82, 84 (2), 87 (2)
	Polymorphism	01	79
	Transposons	01	79
	Genes	05	79, 80, 83 (2), 84
	Developmental genes	03	79, 82 (2)
	Chromosomal mutation	01	79
	Inversions	01	79
	Translocation	01	80
	Deletions	01	80
	Populations	06	80 (3), 85, 86 (2)
	Polymorphisms	03	80 (3)
	Ecological genetics	01	80
	Genetic drift	01	80
	Chromosome	02	80 (2)
	Species	01	80
	Genetic code	01	81
	Regulatory regions	06	81 (4), 83, 84
	Regulatory sequence	01	82
	Developmental process	01	82
	Developmental effect	01	82
	Developmental trajectory	01	82
	Developmental pattern	01	82
	Mutational origin	01	82
	Mutational changes	01	82
	Expression pattern	01	82
	Hox gene	03	83 (2), 84
	Metamorphosis	01	83
	Homeosis	01	83
	Heterotopy	01	83
	Evolutionary divergence	01	83
	Homeotic mutations	01	83
	Evolutionary change	01	83
	Evolutionary divergence	01	84
	Evolutionary time	01	84
	Hedgehog	01	84
	Homeotic mutants	03	84 (2), 86
	Heterotopy	01	85
	Macromutants	02	86 (2)
	Phenotypic variation	01	86
	Phenotypic	01	86
Evolutionary repatterning	01	87	
Homeotic forms	01	87	
Homeotic mutants	01	87	
Phylogeny	01	87	
Developmental patterns	02	87 (2)	

Capítulo 6: Heterochrony

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Heterochrony	Developmental gene	05	94, 97, 98(2), 103
	Gene expression	04	94, 95, 96(2)
	Heterochrony	06	94(3), 95, 97(2)
	Developmental repatterning	06	95, 96(2), 102, 103(2)
	Evo-Devo	03	97, 98, 102

Capítulo 7: Heterotopy

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Heterotopy	Developmental repatterning	16	106, 107(3), 108, 110 (4), 111(2), 114, 116(2), 117(2)
	Heterotopy	11	106(3), 107(2), 113(3), 118, 119(2)
	Micromutation	01	109

Capítulo 8: Heterometry

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Heterometry	Developmental repatterning	08	121(2), 123, 124, 131(2), 133, 134
	Phylogeny	01	123
	Exaptation	01	127
	Heterometry	04	122, 125, 128(2)
	Pholyphenism	01	130
	Plasticity	02	130, 131
	Mutation	04	132, 133(3)

Capítulo 9: Heterotypy

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Heterotypy	Developmental repatterning	06	135, 137, 138(2), 142, 144
	Heterotypy	07	135(3), 139(2), 140, 144
	Polymorphism	01	136
	Developmental genes	04	135, 137(3)
	Phylogeny	04	141(3), 142
	Hox genes	02	142(2)

Capítulo 10: The Intregative Nature of Repatterning

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
The Integrative Nature of Repatterning	Developmental repatterning	13	148(2), 149, 151(2), 152, 154(3), 159 (4)
	Hedgehog	03	149(3)
	Cis-regulatory	03	156, 157(2)

Capítulo 11: Mapping Repatterning to Trees

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Mapping Repatterning to Trees	Natural selection	01	161
	Evo-Devo	02	162(2)
	Developmental repatterning	08	163(3), 166(3), 174, 179
	Phylogeny	03	164, 167, 176
	Exaptation	02	179(2)

Capítulo 12: Adaptation, Coadaptation and Exaptation

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Adaptation, Coadaptation and Exaptation	Adaptation	03	185, 191(2)
	Coadaptation	05	185, 186, 192, 193(2)
	Exaptation	06	185, 190, 196, 197(3)
	Natural selection	06	185, 190, 191, 194(2), 198
	Speciation	01	186
	Pleiotropy	02	189, 196

Capítulo 13: Developmental Bias and Constraint

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Developmental Bias and Constraint	Developmental Bias	06	200, 201, 205, 207(2), 210
	Natural selection	09	200(2), 201(2), 203, 206, 213, 214, 215
	Developmental constraint	05	202, 204, 205(3)
	Evolvability	01	203
	Coadaptation	01	203
	Evo-Devo	09	203, 209(2), 210, 211(5)
	Developmental drive	03	205, 206, 207

Capítulo 14: Developmental Genes and Evolution

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Developmental Genes and Evolution	Developmental genes	13	218(2), 219, 220(3), 222, 229, 230(2), 232(2), 233
	Natural selection	01	218
	Evolvability	01	219
	Developmental repatterning	05	219(2), 221, 229, 231
	Homeobox	15	220(2), 221(3), 225, 226, 227(2), 228(5), 229
	Evo-Devo	01	223

Capítulo 15: Gene Co-option as an Evolutionary Mechanism

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Gene Co-option as an Evolutionary Mechanism	Evo-devo	03	234, 235(2)
	Hox genes	03	235(3)
	Developmental genes	06	237(2), 240, 242, 245
	Developmental repatterning	03	245(3)
	Genetic toolkit	13	245(2), 246(6), 248(3), 249(2)
	Exaptation	05	249(2), 250(3)
	Natural selection	01	251

Capítulo 16: Developmental Plasticity and Evolution

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Developmental Plasticity and Evolution	Plasticity	39	252(7), 253(6), 259(5), 260(2), 261(6), 263(3), 264(2), 266(2), 268(2), 270(4)
	Flexibility	03	253(3)
	Pholyphenism	14	254(4), 255(4), 257(2), 266(3), 269
	Developmental repatterning	04	264, 265(2), 271

Capítulo 17: The Origin of Species, Novelties and Body Plans

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
The Origin of Species, Novelties and Body Plans	Microevolutionary	03	272, 282, 284
	Speciation	10	273(2), 275(5), 278(2), 279,
	Macro-evolutionary	04	273(2), 282(2)
	Cladogenesis	03	274(3)
	Ponctuated equilibrium	04	280(3), 281
	Developmental repatterning	07	281(4), 286, 287, 289
	Ontogeny	02	282, 284
	Natural selection	02	289(2)

Capítulo 18: The Evolution of Complexity

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
The Evolution of Complexity	Complexity evolution	52	291(2), 292(9), 293(5), 295(5), 297(2), 299(4), 300(6), 301(8), 302(5), 306(3), 307(3), 308
	Phylogenetic	02	303(2)

Capítulo 19: Key Concepts and Connections

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Key Concepts and Connections	Natural selection	05	312(2), 313, 320(2)
	Evo-Devo	05	313(2), 314(3)
	Developmental repatterning	11	314(2), 315(4), 320, 321(3), 323
	Modularity	05	317, 318(4)
	Evolvability	03	323(3)

Capítulo 20: Prospects

UNIDADE DE REGISTRO	TERMOS CHAVE	OCORRÊNCIAS	UNIDADE DE CONTEXTO (ocorrências)
Prospects	Evo-Devo	13	327(2), 330, 332(3), 333(4), 334(3)
	Developmental repatterning	02	328, 330