

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PSICOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM PSICOLOGIA COGNITIVA

ARGUS VASCONCELOS DE ALMEIDA

A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Lamarck e Darwin e os processos de conceitualização da biologia evolutiva

RECIFE

2007

ARGUS VASCONCELOS DE ALMEIDA

A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Lamarck e Darwin e os processos de conceitualização da biologia evolutiva

Tese apresentada à Pós Graduação em Psicologia Cognitiva da Universidade Federal de Pernambuco para obtenção do título de Doutor em Psicologia.

Área de Concentração: Desenvolvimento de conceitos científicos

Orientador: Prof. Dr. Jorge Tarcísio da Rocha Falcão

RECIFE
2007

Almeida, Argus Vasconcelos de

A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Lamarck e Darwin e os processos de conceitualização da biologia evolutiva : O Autor, 2007.

277 folhas : il., quadros, fig., gráf.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Psicologia. Recife, 2007.

Inclui bibliografia e anexos.

1. Lamarck. 2. Darwin. 3. Evolução – Biologia. 4. Psicologia cognitiva. 5. Formação dos conceitos. 6. Conceitualização. 7. Aprendizagem. 8. Ensino. 9. Teoria dos Campos conceituais. I. Título.

159.955.2

155.23

ed.)

CDU (2.

CDD (22. ed.)

UFPE

BCFCH2007/21

FOLHA DE APROVAÇÃO

Argus Vasconcelos de Almeida

A Estrutura Histórico-Conceitual dos Programas de Pesquisa de Lamarck e Darwin e os Processos de Conceitualização da Biologia Evolutiva.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Psicologia Cognitiva da Universidade Federal de Pernambuco para obtenção do título de Doutor.
Área de Concentração: Psicologia Cognitiva

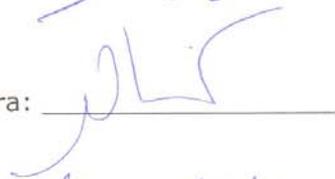
Aprovado em: 29 de junho de 2007

Banca Examinadora

Prof. Dr. Jorge Tarcísio da Rocha Falcão
Instituição: U.F.PE

Assinatura: 

Prof. Dr. Nélio Marco Vincenzo Bizzo
Instituição: USP

Assinatura: 

Profa. Dra. Patrícia Smith Cavalcante
Instituição: U.F.PE

Assinatura: 

Profa. Dra. Selma Leitão Santos
Instituição: U.F.PE

Assinatura: 

Prof. Dr. Luciano Rogério de Lemos Meira
Instituição: U.F.PE

Assinatura: 

DEDICATÓRIA

Para Cris, Pepe e Lia

AGRADECIMENTOS

Aos estudantes de História da Biologia do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFRPE, sem os quais não haveria esta pesquisa.

Ao Professor Jorge Tarcísio da Rocha Falcão, meu orientador e amigo, de quem muito aprendi sobre a abordagem psicológica do conhecimento construído pela humanidade.

A “los criticos pensantes” Jadson Almeida e Cláudio Câmara, pela solidariedade e incentivo, ensinando-me o “caminho das pedras”.

Aos meus companheiros de luta do MD: Chico Magalhães, Lúcio Melo, Nilson Félix, Wilibaldo Bezerra, Zenilde Moraes, Fátima Massena e Hélio Cabral.

Aos meus colegas de turma: Alberto, Andréa, Henrique, Leo e Alex, pelo acolhimento e amizade, entre os quais nunca me senti “um estranho no ninho”.

Aos professores Selma Leitão, Luciano Meira e Alina Spinillo, pelo muito que aprendi dos seus ensinamentos.

Aos técnicos administrativos da Psicologia Cognitiva: Vera Amélia, Vera Lúcia, Elaine, Ivo e João.

Aos meus colegas da Entomologia, do Departamento de Biologia da UFRPE: Souza Leão, Auristela, Arlene, Pedro, Lucí, Marco Aurélio e Cleodon.

Aos companheiros técnicos administrativos da UFRPE: Geraldo Manoel, Zezo e Acionildo.

EPIGRAFE

**O universo não é uma idéia minha.
A minha idéia do Universo é que é uma idéia minha.
A noite não anoitece pelos meus olhos,
A minha idéia da noite é que anoitece por meus olhos.
Fora de eu pensar e de haver quaisquer pensamentos
A noite anoitece concretamente
E o fulgor das estrelas existe como se tivesse peso.**

Fernando Pessoa

RESUMO

ALMEIDA, A.V. A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Lamarck e Darwin e os processos de conceitualização da biologia evolutiva. 2007. 277f. Tese (Doutorado) – Pós Graduação em Psicologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

O objetivo central do presente trabalho de pesquisa é estudar a organização da conceitualização em estudantes de níveis médio e superior acerca do campo conceitual da evolução em biologia, lançando-se mão, de forma complementar, da abordagem de Lakatos referente à metodologia dos programas de pesquisa, e da abordagem psicológica cognitivista de Gérard Vergnaud, referente à organização de campos conceituais individuais (no aluno) e canônicos (nos paradigmas dominantes). Tentou-se identificar nos sujeitos como ocorre a mobilização dos conceitos necessários para a resolução de situações-problema relacionadas à evolução. Para tal foram coletados dados em dois contextos complementares de observação: a) Aplicação individual de questionário que envolveu 40 estudantes sendo 20 do ensino médio e 20 do ensino superior; b) Videografia e transcrição de debates entre estudantes em situações-problema de biologia evolutiva, envolvendo 28 sujeitos em interação social. As respostas dos estudantes ao questionário demonstram a variabilidade com que os sujeitos mobilizam conceitos dos campos conceituais diferentes. A análise destes dados mostrou que as respostas dos sujeitos não podem ser rigorosamente classificadas como lamarckistas ou darwinistas, verificando-se a co-existência flexível de aspectos relacionados a um e outro paradigma teórico. Entretanto, a análise dos dados referentes ao questionário e debates evidenciou a predominância de conceitos relacionados ao uso e desuso, herança dos caracteres adquiridos e do papel do ambiente como responsável direto pela mudança evolutiva, compartilhados tanto pelo campo conceitual lamarckista, como pelo darwinista e que podem se constituir em obstáculos à compreensão contemporânea cientificamente aceitável dos processos evolutivos. Neste contexto, quando comparados ao questionário individual, os debates apresentam um conteúdo mais rico de processos e estratégias cognitivas dos sujeitos, o que pode ser interpretado como efeito da interação social. Os protocolos aqui analisados permitem grosso modo propor que o conteúdo das teorias de Lamarck e Darwin em situações instrucionais se constitui num problema à compreensão por parte dos estudantes dos processos de biologia evolutiva. Este conteúdo, associado às idéias alternativas sobre o tema que os estudantes trazem para a sala de aula, se constitui em potencial obstáculo na aprendizagem dos conceitos canônicos da biologia evolutiva. Finalmente, os dados aqui coletados permitem propor que a Teoria dos Campos Conceituais oferece instrumental teórico adequado para a compreensão da base conceitual disponível, abordagem das dificuldades encontradas, descrição dos campos conceituais canônico e mobilizados pelos estudantes perante situações problema em biologia evolutiva.

Unitermos: Lamarck; Darwin; Evolução; Conceitualização; Campos Conceituais.

ABSTRACT

ALMEIDA, A.V. *The historical-conceptual structure of the research programs of Lamarck and Darwin and the conceptualization processes in evolutionary biology*. 2007. 277f. Thesis (Doctoral) – Pós Graduação em Psicologia da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

The central aim of the present research work is to study the organization of the conceptualization in high-school and undergraduate students concerning the conceptual field of Evolution. The theoretical contributions of Lakatos (methodology of programs of research) and Gérard Vergnaud (psychological-cognitivist approach) framed the present work in a complementary way. The central research question referred to how these students make appeal to certain concepts in order to solve problems concerning evolution. Data were collected in two observational contexts: a) Individual questionnaire-based interviews with a sample of 40 subjects (20 high-school level and 20 undergraduate students); b) Videography and transcription of debates among twenty-eight students about situations concerning evolutionary biology. The analysis of students' answers showed the impossibility of clearly classifying them as lamarckists or darwinists, a pattern of conceptual coexistence emerging from these data. Nevertheless, the analysis of data from questionnaires and debates showed the predominance of answers based on the idea of use and non-use, heritage of acquired characteristics and importance of the ambient as causal agent in evolutionary changes. This conceptual mix is seen as potentially responsible for obstacles in the learning of evolutionary processes. On the other hand, debates from interactional settings were more rich in conceptual content than individual answers to questions. Protocol analysis allowed the interpretation of important difficulties in the learning of biological evolutionary theory. Finally, data collected here showed the interest of the Theory of Conceptual Fields as an analytical tool in order to explore both canonical and psychological concepts, mobilized by students in order to understand the main aspects of evolutionary biology.

Keywords: Lamarck; Darwin; Evolution; Conceptualization; Conceptual Fields.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1:** Diagrama sobre a estrutura conceitual do programa transformista de Lamarck28
- Figura 2:** Diagrama sobre a estrutura conceitual do programa de descendência com modificação de Darwin35
- Figura 3:** A: Ilustração do BSCS (1965, p.39) sobre o alongamento do pescoço da girafa em Lamarck e Darwin; B: ilustração de Lopes (1999, p.228) sobre o mesmo assunto.....94
- Figura 4:** Árvore hierárquica dos agrupamentos de sujeitos (em vermelho aqueles sujeitos cujo padrão de respostas foi considerado exclusivamente “lamarckista”)150
- Figura 5:** Plano fatorial eixos 1 x 2 (indicando as manchas dos agrupamentos de sujeitos)151
- Figura 6:** Plano dos fatores 1 x 2, categorias de respostas (para a leitura dos dados deste plano fatorial, adotar a seguinte sistemática: **Q54** indica questão 5, opção de resposta 4; **Q4A1** indica questão 4A, opção de resposta 1; **Q4A1 (Q1A1)** indica que **Q4A1** está sob **Q1A1** no plano fatorial.).....153
- Quadro 1:** Padrões hipotéticos de respostas ao questionário155
- Quadro 2:** Comparação dos esquemas e modelos conceituais explicativos apresentados por sujeitos de ensino médio e superior às cinco situações-problema propostas173

Quadro 3: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 1 formados por alunos(as) do 1 ^o ano do ensino médio particular	173
Quadro 4: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 2 formados por estudantes do 2 ^o ano do ensino médio particular	181
Quadro 5: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 3 formados por estudantes do 1 ^o ano do ensino médio público	185
Quadro 6: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 4 formados por estudantes do 2 ^o ano do ensino médio público	188
Quadro 7: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 5 formados por estudantes do Bacharelado em Ciências Biológicas	193
Quadro 8: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 6 formados por estudantes da Licenciatura em Ciências Biológicas	196
Quadro 9: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 7 formado pelo professor e por estudantes da Licenciatura e do Bacharelado em Ciências Biológicas	202

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Contribuições em ordem decrescente dos sujeitos ao fator 1152

Tabela 2: Contribuições em ordem decrescente dos sujeitos ao fator 2.152

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 O CONTEXTO HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICO DAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS	23
2.1 OS PROGRAMAS DE PESQUISA	25
2.1.1 O programa de pesquisa transformista de Lamarck	27
2.1.2 O programa de pesquisa da descendência com modificação de Darwin	34
2.2 A TRANSIÇÃO ENTRE O DARWINISMO E A SÍNTESE EVOLUTIVA (NEODARWINISMO)	41
3 AS ATUAIS CONTROVÉRSIAS DA EVOLUÇÃO E SUA INFLUÊNCIA PARA ALÉM DA BIOLOGIA	47
4 DARWIN x LAMARCK NO AMBIENTE ESCOLAR	88
5 PERSPECTIVAS TEÓRICAS SUBJACENTES À ANÁLISE DOS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO CONCEITUAL EM CIÊNCIAS	100
5.1 LINGUAGEM E INTERAÇÃO DISCURSIVA	106

5.2 PERSPECTIVAS TEÓRICAS DO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS	112
5.2.1 A formação de conceitos na teoria piagetiana	119
5.2.2 A formação de conceitos na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud	121
5.2.3 A formação de conceitos na teoria vigotskiana	123
5.2.4 A formação de conceitos na Teoria da Atividade	130
6 MÉTODO E PROCEDIMENTOS	140
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO	142
7.1 ANÁLISE DESCRITIVA MULTIDIMENSIONAL DAS RESPOSTAS DADAS AO QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES EM SITUAÇÕES-PROBLEMA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA.....	142
7.2 DISCUSSÃO INTERPRETATIVA DOS DADOS DA ANÁLISE DESCRITIVA MULTIDIMENSIONAL	154
7.2.1 Análise do efeito da variável nível e tipo de escolaridade sobre as respostas ao questionário: respostas dos estudantes do ensino médio	161
7.2.2. Análise do efeito da variável escolaridade sobre as respostas ao questionário:	

respostas dos estudantes de graduação em Biologia	169
7.3 RESULTADOS DA ANÁLISE DOS DEBATES VIDEOGRAFADOS ENTRE GRUPOS DE ESTUDANTES EM SITUAÇÕES-PROBLEMA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA	175
7.3.1 Grupos de estudantes do ensino médio	175
7.3.2 Grupos de estudantes dos cursos de graduação em Biologia	192
7.4 INTERAÇÕES ENTRE SUJEITOS E CONSTRUÇÃO CONCEITUAL	209
7.5 ANÁLISE CONCLUSIVA DOS DADOS COLETADOS	210
8 CONCLUSÕES	213
REFERÊNCIAS	218
ANEXOS	245

1 INTRODUÇÃO

Por que os estudantes diante situações que envolvem explicações sobre a Evolução, geralmente apresentam respostas relacionadas com as teorias do uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos?

Têm sido infrutíferos os esforços para responder a essa pergunta na área da didática das ciências. Na nossa compreensão, para respondê-la é necessário um questionamento anterior: como os estudantes conceitualizam os processos evolutivos? O presente trabalho se constitui numa contribuição para tentar responder a essa questão crucial para o ensino e aprendizagem do tema.

Para tanto, neste capítulo de introdução apresentaremos uma perspectiva histórica das teorias de Lamarck e Darwin tanto no contexto histórico-acadêmico de sua geração, como no contexto histórico-pedagógico de sua disseminação escolar. No segundo capítulo é apresentado o contexto histórico-epistemológico das ciências biológicas do ponto de vista da Metodologia dos Programas de Pesquisa desenvolvida por Imre Lakatos, analisando-se o programa de pesquisa transformista de Lamarck e o programa de pesquisa da descendência com modificação de Darwin. No terceiro capítulo examinamos as atuais controvérsias da evolução e sua influência para além da biologia. No quarto capítulo analisamos como foi construída a dicotomização Darwin x Lamarck no ambiente escolar. No quinto capítulo apresentamos como marco teórico à aprendizagem de conceitos relacionados à Evolução nos níveis do ensino médio e superior sob a ótica da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, das perspectivas teóricas da linguagem e interações discursivas, bem como do processo de formação de conceitos científicos nas teorias piagetiana, vergnausiana, vigotskiana e da atividade. No sexto capítulo são apresentados o método e procedimentos da pesquisa. No sétimo capítulo apresentamos os resultados e a discussão das respostas dadas ao questionário aplicado aos estudantes em situações-problema de biologia evolutiva e resultados d

análise dos debates videografados entre grupos de estudantes em situações-problema de biologia evolutiva e no oitavo capítulo são apresentadas as nossas conclusões.

Jean Baptiste Antoine de Monet de Lamarck (1744-1829), desenvolveu a sua teoria transformista em diversas obras ao longo do tempo, entre as quais: *Recherches sur l'organisation des corps vivants* (1800); *Philosophie zoologique* (1809); *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* (1815), além de palestras e discursos, tais como: *Discours d'ouverture: An VIII* (1800), *An IX* (1801), *An X* (1802) e *An XI* (1803).

Darwin construiu a sua teoria da Descendência Com Modificação em tres obras fundamentais: *The origin of species by means of natural selection* (1859); *The variation of animals and plants under domestication* (1868) e *The descent of man* (1871). A primeira obra é um resumo de um texto mais volumoso sobre a teoria da seleção natural, onde deliberadamente evitou abordar a origem do homem (BOWLER, 1989: 498). A cada nova edição da *Origem*, Darwin tentava responder aos seus críticos e remanejava o seu arsenal teórico tentando dar mais coerência a sua teoria principal.

A Teoria da Evolução é considerada a teoria mais unificadora dentre todas as teorias biológicas. Antes dela, as diversas áreas das ciências biológicas eram independentes, reunidas fragmentariamente na chamada História Natural (MAYR, 1977). Só a partir desta surgiu a Biologia com o seu estatuto e paradigmas unificadores como ciência.

Entretanto, do ponto de vista da sua *transposição didática*, isto é, a transformação do “saber dos sábios” em saber pronto para ser ensinado (CHEVALLARD, 1985) o tema sobre Evolução constitui-se num dos temas mais controversos da Biologia. De fato, o conceito de evolução mostra-se permeado por obstáculos epistemológicos, de fundos ideológicos, filosóficos e teológicos (BACHELARD, 1996), o que torna sua abordagem em contexto de sala-de-aula particularmente

difícil, tanto no ensino, por parte dos professores, quanto na aprendizagem, por parte dos alunos. Deve-se enfatizar que a compreensão dos processos evolutivos tem um papel central na conceitualização de todos os temas da Biologia.

Como escrevem Vergnaud (1988b) e muito especificamente Chevalard (1985) os conhecimentos transmitidos pela escola são conhecimentos sociais e historicamente datados. Apareceram na história da humanidade como respostas a problemas práticos e teóricos que se colocaram para a humanidade, tanto se estes problemas foram explicitamente formulados, tal é o caso na história das ciências, das técnicas e das artes, como permaneceram implícitos, como acontece em numerosas práticas sociais. Transplantar para a sala de aula esta funcionalidade prática e teórica dos conhecimentos não é uma tarefa fácil. É, sem dúvida, uma das questões essenciais se existe a pretensão que os estudantes se apropriem verdadeiramente dos saberes e do saber fazer transmitido pela escola.

Por outro lado, é freqüente em vários livros didáticos de Biologia adotados no Brasil a abordagem do tema como concluído, desprovido de contextualização histórica para a compreensão, por parte dos alunos, de como os conceitos foram desenvolvidos ao longo do tempo. No lugar da supracitada contextualização, apresentam-se: a dicotomia teórica entre lamarckismo x darwinismo, a viagem de Darwin no Beagle e a sua demora na publicação da “Origem das Espécies”. Segundo Rumelhard (1986), trata-se de um fenômeno geral denominado de “processo de dogmatização”, como uma reificação de teorias científicas no âmbito do saber escolar.

Sobre o problema escreve Nelson Pretto:

A apresentação da ciência é absolutamente a-histórica. Sem referência a seu processo de criação e muito menos ao contexto em que foi criada. E, o que é pior, na tentativa de suprir esta lacuna passa uma visão da História da Ciência como se fosse, como já dizíamos, um armazém, um depósito onde se guardam as vidas dos cientistas, seus feitos e suas obras (PRETTO, 1985: 77).

Para Bizzo (1992), a história da Evolução contida nos livros didáticos de Biologia é uma versão do “whiggismo”¹, isto é, uma seleção parcial dos elementos do passado para a explicação do presente, que tende a apresentar as teorias atuais como resultado de um processo de gestação, onde os cientistas do passado operavam sobre um embrião que o presente transformou em rebento. Assim, percebe-se a história apenas como as etapas anteriores ao desenvolvimento científico que culminaram na construção do conhecimento válido do presente.

Ainda escreve o mesmo autor (BIZZO, 1992) que essas possíveis deformações do desenvolvimento do conhecimento científico podem repercutir severamente no contexto do ensino, quando os educadores lançam mão das reconstruções das teorias do passado oferecidas pelos cientistas do presente. Na sua forma mais típica, a história *whig* da ciência tende a degenerar numa fábula de heróis, isto é, aqueles que adiantaram idéias que hoje são aceitas (Darwin) e vilões (Lamarck).

Como escrevem Carneiro e Gastal (2005) o aparente consenso entre os pesquisadores de didática das ciências quanto à incorporação de componentes da História e Filosofia das Ciências nos currículos escolares e em cursos de formação de professores vem encontrando eco nos livros didáticos de Biologia desde os anos 60, quando essa área do conhecimento se constituiu enquanto disciplina escolar desvinculando-se da História Natural. Há uma preocupação em apresentar aspectos históricos na introdução de conceitos científicos. Entretanto, ainda falta uma análise crítica do tipo de história veiculada nesses livros e de como a concepção de História e Filosofia das Ciências deve ser trabalhada nos diferentes níveis de escolaridade. Assim, o que se deveria questionar é a concepção de história veiculada nesses materiais e não a sua ausência.

¹ Visão “whig” da história, isto é, a forma de encarar os acontecimentos passados apenas em função de sua contribuição para o estabelecimento do sistema político britânico sob a hegemonia dos “whigs” em oposição aos “tories” mais conservadores. Foi criada uma saga de heróis “whigs” e vilões “tories” na história da ciência.

A concepção de História da Biologia veiculada pelos livros didáticos do ensino médio e universitário caracteriza-se por reforçar uma imagem de ciência e de sua história que já se vem tentando combater nas três últimas décadas, tais como nos seguintes aspectos:

a) *Histórias anedóticas*: Os episódios históricos, geralmente centrados na biografia de um cientista, evidentemente podem ter seu lugar no processo educativo, mas desde que caracterizados como tal (como biografia), e inseridos num contexto mais amplo de análise histórica. Caso contrário esta forma de apresentar os aspectos históricos pode reforçar ou induzir os alunos à construção de uma imagem na qual a produção do conhecimento científico se limita a eventos fortuitos, dependentes da genialidade de cientistas isolados; b) *Linearidade*: A sucessão de episódios históricos apresentados nos LDB é uma genealogia, das origens até os dias atuais, que conduz a uma idéia de linearidade. É como se o conhecimento científico atual fosse sempre o resultado linear de conhecimentos preexistentes. Além disso, privilegia certos eventos da História da Ciência, em detrimento de outros de menor apelo. Implícita na idéia de linearidade está, também, a de que todo o desenvolvimento do conhecimento científico desembocou no único conjunto “correto” de explicações para os fenômenos do mundo, o que hoje é compartilhado pela comunidade científica. Isso produz no aluno o efeito de pensar neste conhecimento como pronto, acabado e definitivo; c) *Consensualidade*: Mostram-se apenas as concordâncias, os consensos na construção do conhecimento científico. Quando os pontos de vista conflitantes são apresentados, em geral, é para reforçar a idéia de que se trata de um conflito entre visões “corretas” e “equivocadas”; d) *Ausência do contexto histórico mais amplo*: Passa a idéia de que a ciência é hermética, que não sofre influência dos aspectos socioculturais de sua época. Em todos os exemplos mencionados não se encontram referências ao contexto histórico-social em que trabalhavam os cientistas, à influência das idéias vigentes à época

em outros campos do conhecimento nem às influências e implicações políticas das idéias que estavam sendo geradas pela ciência. (CARNEIRO; GASTAL, 2005).

Não basta afirmar a necessidade de adotar uma perspectiva histórica no ensino de Biologia sem que os instrumentos para que esta proposta seja levada a cabo de maneira satisfatória sejam desenvolvidos. Trabalhar com esta abordagem histórica no ensino de biologia não significa demonstrar uma filiação contínua na construção do conhecimento, pois as teorias atuais não são necessariamente decorrentes das anteriores.

Apesar da epistemologia e da concepção de história contemporânea já terem demonstrado que a produção do conhecimento científico não é linear, os livros didáticos e os livros universitários conservam até hoje este tipo de abordagem histórica. (CARNEIRO; GASTAL, 2005).

Deve-se estar consciente que o termo *Evolução* é uma metáfora no contexto da produção de discurso teórico em biologia, contendo necessariamente, portanto uma certa carga de ambigüidade polissêmica. Se, como enfatiza Lewontin (2002: 9) “não se pode fazer ciência sem usar uma linguagem cheia de metáforas”. Deve-se por outro lado atentar, como adverte Da Rocha Falcão (1996: 145): que “se metáforas podem ser usadas como “amplificadores culturais”, é preciso não perder de vista que elas podem desviar completamente o indivíduo da compreensão conceitual desejada”.

Como escreve Sacarrão (1986) se o uso de metáforas parece ser uma necessidade em Biologia, o seu abuso é condenável e deve ser denunciado por conduzir freqüentemente a confusão, por instilar no leitor desprevenido falsos conceitos, sentidos errados, distorções da realidade. É certo que a metáfora se revela útil em diversas situações, ou porque encurta uma descrição, ou porque condensa ou sintetiza um pensamento. Mas a metáfora não é só analogia de significações, de objetos, de fenômenos; com a metáfora pretende-se ir mais longe: descrever e penetrar na realidade

biológica, apreender-lhe o sentido profundo. Aí reside o perigo do seu abuso, agora tão freqüente. Impressões intuitivas não devem confundir-se com ciência.

Em biologia, como noutros ramos do saber, há idéias para a formulação das quais faltam palavras adequadas, de modo que em regra se procuram outras já existentes conferindo-lhes um significado alargado, mas tantas vezes tão estranho à essência da idéia ou fenômeno descrito que o seu significado fica falso, ou vazio de conteúdo o termo utilizado.

A utilização abusiva da metáfora provém, em grande parte, da dupla tendência generalizada de antropomorfizar a natureza e zoomorfizar a sociedade humana. Darwin utilizou constantemente algumas metáforas na elaboração da sua teoria. Deve notar-se que ele tinha consciência desse fato, mas não, talvez, das ambigüidades da sua utilização. Por exemplo, chama a atenção do leitor para o valor explicativo da expressão “luta pela vida” (*struggle for existence*) que confessa utilizar metaforicamente, num sentido largo. A expressão “seleção natural” é igualmente metafórica, à qual Darwin emprestou uma espécie de ação providencial a trabalhar para a melhoria de cada organismo (SACARRÃO, 1986).

Onde a metaforização atinge grandes proporções e formas particularmente abusivas é, sobretudo, naquela larga zona ciência-ideologia, e nas transposições múltiplas da Biologia para as ciências humanas, para as áreas imensas da cultura e da filosofia, ou quando se estabelecem relações entre o homem e os outros animais, particularmente em nível do comportamento social e da estrutura das sociedades. É, por exemplo, o que acontece, muitas vezes, quando, sem senso crítico, se estabelecem certas homologias e filiações entre o comportamento do animal e do homem, sem avançar a suspeita de podermos estar em presença de analogias. Isto será devido à tendência de projetar na natureza idéias e sentimentos que insensivelmente conduzem depois a crer fazerem parte dela (SACARRÃO, 1986).

Nesse sentido, convém considerar que os principais construtores da teoria, não usaram o termo “evolução” nas suas obras. Darwin escreveu inicialmente o termo “transmutação” e depois usou a expressão “descendência com modificação” e Lamarck usou as expressões “progressão” e “aperfeiçoamento” (MARTINS, 1997: 34).

Originalmente o termo “evolução” foi cunhado em 1744 pelo biólogo alemão Albrecht von Haller, para descrever a teoria de que os embriões crescem de homúnculos pré-formados contidos no óvulo ou no esperma humano. Haller escolheu o termo cuidadosamente, porque a palavra latina *evolvere* significa “desenrolar” (GOULD, 1987: 26). Tudo indica que o próprio Darwin, inicialmente, não ficou satisfeito com o termo e preferia a sua expressão: “descendência com modificação” (GOULD, 1987: 29).

Para Bowler (1975: 95) o termo “evolução” tinha significado ontogenético e passou a ser usado em Biologia, da maneira como hoje o conhecemos, graças à popularização que Herbert Spencer fez do mesmo (GOULD, 1987: 25).

As considerações anteriores ajudam a situar a complexidade que cerca a construção do conhecimento científico tanto no contexto histórico-acadêmico de sua geração, como no contexto histórico-pedagógico de sua disseminação escolar. Nesse sentido, investigam-se basicamente duas questões no presente trabalho: a) Como o conhecimento que nos é dado lecionar no contexto do campo conceitual da Evolução foi construído? Ou seja, como se deu a construção histórica de tal campo conceitual; b) Como se dá a conceitualização dos estudantes sobre o tema, e quais os principais obstáculos e problemas nesse processo?. A partir da abordagem de tais tópicos, pretende-se levantar subsídios para a continuação da pesquisa no sentido da construção de caminhos didático-pedagógicos capazes de responder às vicissitudes de conceitualização acima aludidas.

2 O CONTEXTO HISTÓRICO-EPISTEMOLÓGICO DAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

O que poderia ter induzido um homem de 56 anos a abandonar a sua visão do mundo anterior, substituindo-a por uma outra, a tal ponto revolucionária que ninguém antes dele havia sustentado? Pergunta-se Mayr (1998) com admiração, no capítulo dedicado à teoria de Lamarck, da sua obra sobre a história da Biologia.

Lamarck desenvolveu o seu programa de pesquisa numa das épocas mais revolucionárias da história da humanidade, tanto em termos políticos quanto intelectuais: foi a época da Revolução Francesa e do movimento de independência das colônias inglesas norte-americanas (com desdobramentos no Bolívarismo sul-americano e mesmo no nacionalismo republicanista da Inconfidência Mineira no Brasil), bem como do Iluminismo (com o Enciclopedismo). Tal contexto de aguçamento do criticismo muito provavelmente contribuiu para a ousadia de suas conjecturas. Durante tal período houve um importante movimento de compilação e divulgação do saber científico acumulado, no contexto do qual este saber foi convocado a descer da “torre de marfim” dos claustros religiosos e salões da aristocracia e passar a comprometer-se com as necessidades físicas e intelectuais da cidadania burguesa nascente (ALMEIDA; DA ROCHA FALCÃO, 2005).

A 10 de junho de 1793, através do decreto da Convenção Nacional, a antiga instituição do Gabinete e Jardim do Rei, é substituída pela criação do Museu Nacional de História Natural e Lamarck assume nessa instituição nascente como titular da cadeira dos animais sem vértebras (CONRY, 1994) passando a encarregar-se da coleção de moluscos, após a morte do seu amigo Bruguière (MAYR, 1998). Segundo Conry (1994), este fato, associado ao deslocamento dos seus interesses de pesquisa da botânica para a zoologia, teve profundas conseqüências na formulação do

seu programa de pesquisa e visão da natureza, complementada pelos seus trabalhos em físico-química (1790), meteorologia (1799-1810) e geologia (CORSI, 1994).

Em relação ao contexto do trabalho de Darwin, escreve Canguilhem (1977) que, em 1859, no campo da biologia geral ou teórica, neste mesmo ano Pouchet publicou a sua *Heterogonia ou tratado da geração espontânea* que dá continuidade a sua polêmica com Pasteur. No mesmo ano Virchow publicou a sua *Patologia celular*; Gegenbaur já concluíra que o ovo dos vertebrados é uma formação unicelular; Claude Bernard publica a suas *Lições sobre as propriedades fisiológicas e as alterações patológicas dos líquidos do organismo*, definindo a respeito do sangue o “meio intra-orgânico”, paralelamente, Ivan Setchénov publicou sobre o mesmo assunto uma pesquisa, utilizando técnicas instrumentais e laboratoriais muito diversas de Bernard. Em resumo, em 1859, já estavam constituídos cientificamente, isto é, em termos da posse dos princípios heurísticos, os conceitos operatórios e as técnicas experimentais das pesquisas sobre a origem da vida de seres unicelulares, ao desenvolvimento e a estrutura elementar dos seres pluricelulares e as funções de manutenção e de comportamento do ser vivo individual.

Enquanto isso a História Natural, nas áreas da zoologia e botânica, desenvolvia pesquisas predominantemente descritivas da fauna e flora das regiões desconhecidas do mundo. Ora, foi daí que Darwin recolheu seus dados de pesquisa como naturalista e pouco articulou com a biologia experimental, com exceção da embriologia, as idéias e conceitos para a sua construção teórica.

Daí a razão de que na época, o problema da origem das espécies, teve pouca ou nenhuma compreensão por parte dos pesquisadores em biologia experimental. Como afirma Canguilhem (1977), a maneira de pensar e os métodos de trabalho dos fisiologistas, microbiologistas e citologistas, era completamente diferente: eram pesquisas de laboratório, operando com indivíduos, determinando constantes e estruturas funcionais, mecanismos de regulação dos organismos. Na

microbiologia nascente, Pasteur, sustentava a idéia de que o ser vivo só procede de outro ser vivo, o semelhante só pode originar-se do semelhante, reforçando a desconfiança em relação a qualquer teoria de modificação das espécies. Os fatos de populações, o tratamento probabilístico dos dados, as regras e os conceitos da sistemática vegetal ou animal, não faziam parte do seu quadro metodológico, ao contrário, constituíam-se num obstáculo à sua compreensão.

Reforçando argumentos acerca da disparidade acima aludida, Mayr (1998), alega a existência de um fosso intransponível entre os biólogos experimentais, de um lado, e os naturalistas, do outro: alega o autor que, os experimentalistas e os naturalistas não apenas divergiam nos seus métodos, mas também tendiam a formular questões diferentes. Tratava-se, pois, de duas diferentes tradições de pesquisa, no sentido compreendido por Laudan (1990), que são caracterizadas por: um conjunto de crenças acerca das classes de entidades e processos que integram o domínio da investigação; um conjunto de normas epistêmicas e metodológicas acerca de como investigar este domínio, como por a prova as teorias, como se devem recolher os dados. Escreve Laudan (1990) que embora as teorias possam ser abandonadas e substituídas com muita freqüência, as tradições de pesquisa usualmente tem uma longa duração, pois estas podem sobreviver a queda de qualquer das suas teorias subordinadas.

2.1 OS PROGRAMAS DE PESQUISA

A Metodologia dos Programas de Pesquisa desenvolvida por Imre Lakatos (1922-1974), constitui-se numa das mais importantes reflexões epistemológicas do século XX, oferecendo uma

clara compreensão da estrutura conceitual e filosófica das pesquisas científicas, quando estabelece uma articulação entre a filosofia e a história da ciência (SILVEIRA, 1996).

Nesta perspectiva, a avaliação objetiva do crescimento do conhecimento científico deve ser empreendida em termos de mudanças progressivas ou degenerativas para uma série de teorias científicas. A história da ciência deve ser encarada como uma história dos programas de pesquisa e não das teorias isoladas (LAKATOS, 1987).

Assim, escreve Lakatos (1974), os maiores descobrimentos científicos são programas de pesquisa que podem ser avaliados em termos de problemáticas progressivas e estancadas; as revoluções científicas consistem em que um programa de pesquisa substitui um outro, superando-o de maneira progressiva. Esta metodologia proporciona uma melhor reconstrução racional da ciência.

A unidade básica de avaliação não deve ser uma teoria isolada, nem um conjunto de teorias, mas sim um programa de pesquisa com um “centro firme” convencionalmente aceito por uma decisão provisoriamente “irrefutável” e com uma “heurística positiva” que defina problemas, esboce a construção de um cinturão de hipóteses auxiliares, preveja anomalias e as transforme em exemplos exitosos (LAKATOS, 1974).

Argumenta Lakatos (1987) que a metodologia dos programas de pesquisa científicos é um empreendimento de investigação historiográfica, que buscará na história dos programas rivais, problemáticas progressivas ou estancadas. A metodologia dos programas de pesquisa, como qualquer outra de racionalidade científica, deve ser complementada por uma história empírica externa. A história da ciência é sempre mais rica do que a sua reconstrução racional: porém a história interna é primária e a externa secundária, já que os problemas mais importantes da história externa são definidos pela história interna.

Assim, temos a compreensão que esta perspectiva teórica tem um papel facilitador na compreensão da estrutura conceitual e do desenvolvimento histórico dos dois principais programas de pesquisa da evolução orgânica.

2.1.1 O programa de pesquisa transformista de Lamarck

Embora o objetivo central do programa de pesquisa de Lamarck não fosse a evolução orgânica e nem tampouco a origem das espécies, a sua teoria é considerada pelos historiadores da biologia como a primeira explicação sistemática da evolução dos seres vivos. Nesse sentido, Lamarck pode ser considerado como o fundador do transformismo (CORSI, 1994).

Na verdade, o seu objetivo teórico principal era a compatibilização entre a sua crença deísta e a extinção dos seres vivos, constatada pela paleontologia. Embora existam controvérsias a respeito das suas teorias centrais (BUCKHARDT, 1970) para resolver o dilema teórico-teológico erigiu, o que pode ser considerado como o “núcleo firme” (LAKATOS, 1987) do seu programa, formado por duas teorias sobre o mecanismo da *transformação dos seres vivos*: a *organização progressivamente complexa* dos seres vivos e a sua *capacidade de reação às mudanças ambientais* (MAYR, 1998).

A primeira teoria proposta por Lamarck pressupunha um potencial inato da vida, uma lei da natureza, que dispensava maiores explicações. A segunda era necessária para explicar todos os tipos de adaptações dos seres vivos no transcurso do tempo. Portanto, o ambiente produzia necessidades e atividades no organismo, e estas, por sua vez, operavam variações adaptativas.

A crença na possibilidade e necessidade de “transformação” dos seres vivos já era compartilhada por alguns naturalistas da época como Buffon, por exemplo. Entretanto, a noção de que os seres vivos não se extinguíram, pois tal extinção não seria compatível com o poder e a bondade do Criador, mas se transformavam era característica de Lamarck.

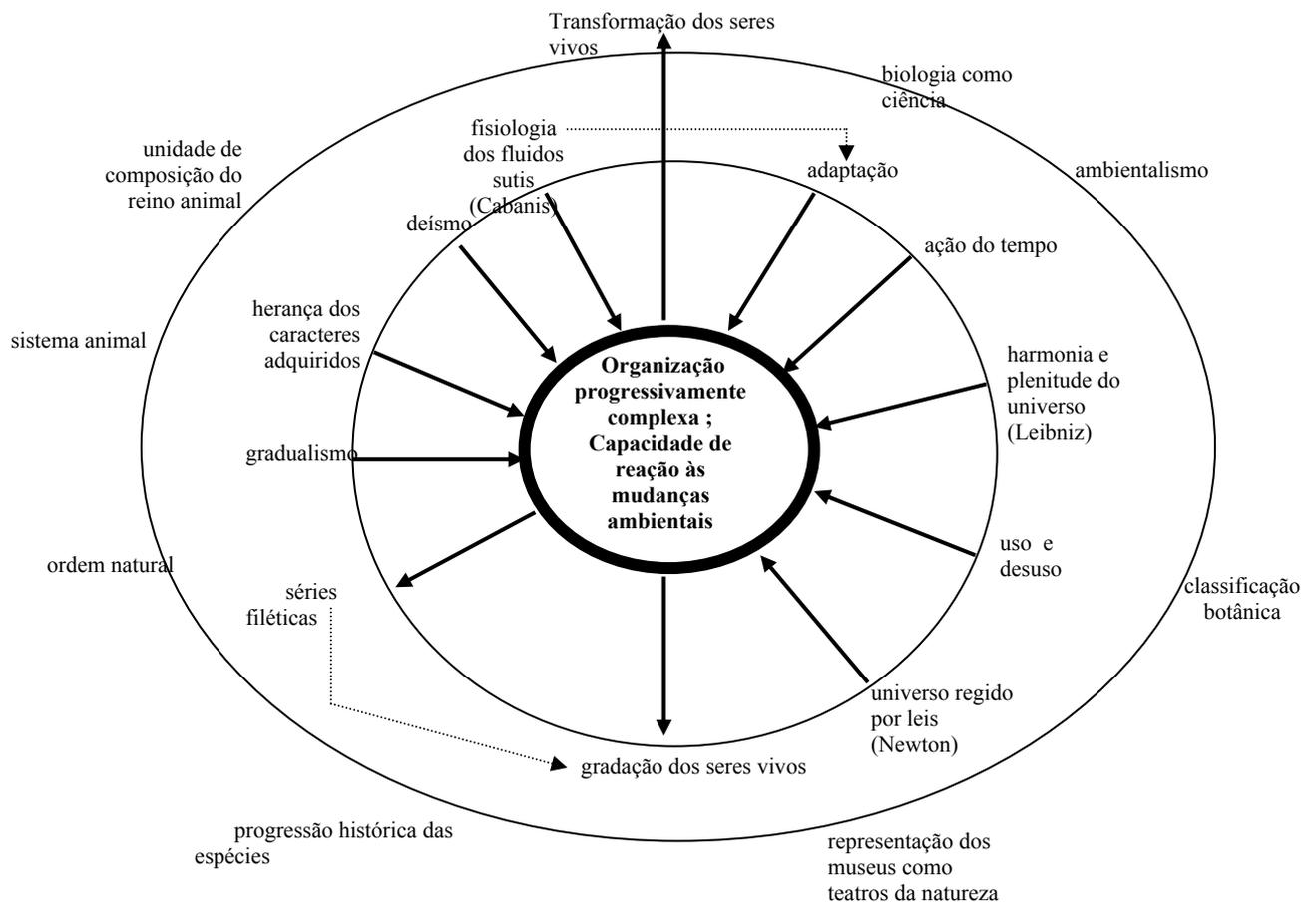


Figura 1: Diagrama sobre a estrutura conceitual do programa transformista de Lamarck

Como “cinturão protetor” do núcleo firme do seu programa conforme ilustrado pelo círculo central da Figura 1, Lamarck desenvolveu algumas hipóteses auxiliares, entre as quais, uma explicação fisiológica, baseada nas idéias de Cabanis, de natureza mecanicista, para explicar as *adaptações* dos organismos, causadas pelo esforço de satisfazer às novas necessidades, invocando a

ação de estímulos extrínsecos e a movimentação no corpo de “*fluidos sutis*”. Estas duas hipóteses eram complementadas pelas noções de que a transformação dos seres vivos dava-se pela *ação de um tempo* muito longo e pela sua crença *deísta* na ação de um deus que, ao criar o universo “havia dado um passo atrás” na criação da vida.

Do ponto de vista filosófico adotou a *weltanschauung* então corrente de um *universo regido por leis*, dos inanimados até os corpos organizados. A partir da filosofia otimista de Leibniz, acreditava numa continuidade, *harmonia e plenitude do universo*.

Como a maioria dos naturalistas do século XVIII, Lamarck, apoiado em seus estudos geológicos, era um uniformitarista e *gradualista* convicto, postulava uma imensa idade da terra, com modificações constantes e lentas.

Segundo Mayr (1998), quando Lamarck assumiu a curadoria da coleção de moluscos do Museu de História Natural nos fins de 1790, entrou em contato com uma coleção completa de moluscos fósseis e recentes, estabelecendo *séries filéticas*, que resolvia o problema da extinção das espécies. Finalmente, estabeleceu a hipótese de que os seres vivos existiam numa forma de *gradação*, dos mais simples e primitivos até os mais complexos (BUCKHARDT, 1970).

Incorporou depois como forma de “leis”, a noção de que os órgãos ou partes do organismo eram modificados pelo *uso e desuso* e de que estas modificações poderiam ser *herdadas* desde que fossem comuns a ambos os sexos; teorias estas que eram compartilhadas pela comunidade dos naturalistas da época.

Este conjunto de teorias e hipóteses constitui a “heurística negativa” do seu programa de pesquisa, defendendo o núcleo firme contra as anomalias e refutações.

A heurística positiva do seu programa é constituída por hipóteses, orientações e influências que guiaram pesquisas posteriores e que reforçaram o núcleo firme transformista e algumas hipótese auxiliares.

A principal idéia estabelecida pelo seu programa de pesquisa era a *transformação dos seres vivos*. Desta forma não ocorreriam extinções e nem criações sucessivas de seres vivos, estes simplesmente transformavam-se, ao longo do tempo.

Assim, a hipótese da *progressão histórica das espécies* teve conseqüências na paleontologia, bem como a teoria desenvolvida pelo seu simpatizante Étienne Geoffroy de Saint-Hilaire sobre a *unidade de composição do reino animal*. Pela primeira vez, a *biologia* foi designada e constituída como uma nova ciência na sua obra *Recherches sur l'organisation des corps vivants* (CONRY, 1994). O seu trabalho de pesquisa como sistemata, às vezes negligenciado pela história, deixou conseqüências frutíferas na *classificação botânica*, com a introdução do instrumento das chaves de identificação dicotômicas e um completo *sistema animal* de invertebrados.

O seu programa de pesquisa deu origem a toda uma série de pesquisas influenciada pelo *ambientalismo* como fator preponderante na interpretação dos fenômenos evolutivos, tendo conseqüências até nas ciências humanas (MEAD, 1932, 1934). Finalmente, quando assumiu a direção do Museu de História Natural, implementou reformas influenciadas por convicções ideológicas do ideário revolucionário francês de 1789, que via na natureza a reprodução da organização da sociedade humana. Assim, cabia aos museus apresentar a *representação como teatros da natureza* (CONRY, 1994).

A avaliação do programa de Lamarck permite-nos caracterizá-lo como inicialmente progressivo, pois fez algumas predições na descoberta de alguns fósseis de invertebrados e retroedições de fósseis de vertebrados e plantas. Entretanto o programa era empiricamente

regressivo, pois mesmo com ajustes *ad hoc* nas teorias e hipóteses observacionais do seu cinturão protetor, entrou em rápida degeneração no início da década de vinte do século XIX, sendo considerado como uma mera especulação, sem comprovação empírica por zoólogos do porte de Cuvier, por exemplo (CORSI, 1994).

Entretanto, a maior parte dos atuais livros didáticos de Biologia, como por exemplo: Amabis e Martho (1997: 218); Soares (1999: 261); Uzunian e Birner (2001: 713); Brito e Favaretto (s/d: 187), afirma que Lamarck baseou a sua teoria em duas suposições:

1 – Lei do uso e desuso: de acordo com tal lei, quanto mais uma parte ou órgão do corpo é usado mais se desenvolve, contrariamente, as partes não usadas enfraquecem, atrofiam, chegando a desaparecer;

2 – Lei da herança dos caracteres adquiridos: segundo Lamarck, qualquer animal poderia transmitir aos seus descendentes atrofias físicas decorrentes do desuso ou hipertrofias decorrentes de uso; portanto, ele acreditaria, conforme apresentado em tais livros didáticos, que as novas espécies apareciam por evolução devido à perda ou aquisição de caracteres.

Corsi (1994) e Martins (1997; 1998, 2004), muito acertadamente, não concordam com esta simplificação e faz nos trabalhos citados (MARTINS, 1997) uma crítica acérrima da história do tema contida nos livros didáticos de Biologia.

Segundo a autora (MARTINS, 1998), a idéia da “progressão” das espécies começou a aparecer nas diferentes obras de Lamarck, a partir de 1800. De acordo com essa idéia, para que ocorresse a variação das espécies, haveria a necessidade de mudanças nas circunstâncias a que os

animais estavam expostos a um tempo considerável. Todo esse processo seria regido pelas quatro leis seguintes:

1ª lei – A tendência para o aumento da complexidade: A vida, pelas suas próprias forças, tende continuamente a aumentar o volume de todo o corpo que a possui, e a estender as dimensões de suas partes, até um limite que lhe é próprio.

Esta lei indica que existe um aumento progressivo da complexidade e aperfeiçoamento. Lamarck acreditava na existência de um poder inerente à vida, dotado de uma tendência para o aumento da complexidade. Ele procurou fundamentar esta lei com dois tipos de fatos: um observável e outro não. O fato observável era uma comparação feita entre o estado de um animal em sua origem com o que se encontrava no fim da sua vida e o não observável, era uma relação existente entre o aumento da complexidade na escala animal, dos invertebrados mais simples ao homem, e o aumento das faculdades dos corpos vivos na evolução histórica das espécies;

2ª lei – Surgimento de órgãos em função de necessidades que se fazem sentir e que se mantêm: a produção de um novo órgão em um corpo animal, resulta de uma nova necessidade que surgiu e que continua a se fazer sentir e de um novo movimento que essa necessidade faz nascer e mantêm.

Isto era bem mais difícil de conceber do que o desenvolvimento de um órgão que já existe. Esta mesma idéia apareceu em diversas de suas publicações, ora com o *status* de lei, ora como proposição, ora como uma “consideração importante”.

3ª lei – Desenvolvimento ou atrofia de órgãos como função do seu emprego: o desenvolvimento dos órgãos e sua força de ação estão em relação direta com o emprego desses órgãos.

Esta seria a famosa “lei do uso e desuso”, que teve a sua formulação mais completa no seu *Discours d’ouverture de 1806*. Para exemplificar esta lei, entre outros exemplos, Lamarck citou o famoso, do alongamento do pescoço das girafas, dando origem à má interpretação e descrições equivocadas da sua teoria;

4ª lei – Herança do adquirido: Tudo o que foi adquirido, traçado ou mudado na organização dos indivíduos, no decorrer de sua vida, é conservado pela geração e transmitido aos novos indivíduos que provém daqueles que experimentaram essas mudanças. Desde que essas mudanças adquiridas sejam comuns aos dois sexos, ou àqueles que produziram esses novos indivíduos.

Ao contrário da lei “do uso e desuso”, que foi apresentada com um grande número de exemplos, Lamarck expôs esta lei rapidamente, não julgando que ela merecesse uma maior atenção. Por ironia, diversas vezes a sua teoria tem sido reduzida nos termos desta formulação. Segundo Martins (1997), esta idéia não era original e vinha sendo aceita desde a antiguidade, tendo aparecido com Hipócrates e muitos naturalistas antes de Lamarck, até em Spencer e no próprio Darwin.

Afirma Bizzo (1991) que a identificação direta e imediata entre a crença na herança das características adquiridas e a teoria de Lamarck é, antes de tudo, um equívoco. Pois, não se pode ligar a crença de toda uma época ao pensamento de uma só pessoa. Opina o mesmo autor ser estranho que Lamarck seja lembrado, inclusive por professores de Biologia, como criador da crença

na herança dos caracteres adquiridos – o que não é verdade – e não seja conhecido por ter sido o criador do termo Biologia para designar uma nova disciplina – o que é verdade.

A idéia de que a herança dos caracteres adquiridos não teve nenhuma importância nas teorias de Darwin também é equivocada. Posto que todas as evidências disponíveis vão, exatamente, em direção oposta. Pouco antes de lançar *The variation of animals and plants under domestication*, em 1857 Darwin escrevia a Lyell dizendo que a Pangênese tinha de 26 a 27 anos de idade. Em outras palavras, ela era quase contemporânea da própria teoria da seleção natural. Assim, quando Darwin escreve uma primeira versão das teorias evolutivas em 1842, que tinha em mente “uma hipótese provisória” sobre como as características passam dos pais aos filhos. As inúmeras referências da “Origem”, nas quais se refere a herança dos caracteres adquiridos, são indicações claras de que suas idéias sobre a herança *faziam parte da sua teoria da evolução* (BIZZO; MOLINA, 2004).

Nesse contexto, Buckhardt (1970, 1972) enfatiza a necessidade do reconhecimento do trabalho de Lamarck para o desenvolvimento da Biologia como ciência.

2.1.2 O programa de pesquisa da descendência com modificação de Darwin

Os objetivos teóricos do programa de pesquisa de Darwin eram, em primeiro lugar, negar o fixismo das espécies e, em segundo lugar, negar a criação em separado das mesmas.

O programa de pesquisa de Darwin tem como núcleo firme, uma hipótese observacional centrada na imensa variedade dos seres vivos, seja na condição de domesticação, seja na condição selvagem, sobre estas *variações* atua o mecanismo operatório da *seleção natural* (Fig.2)

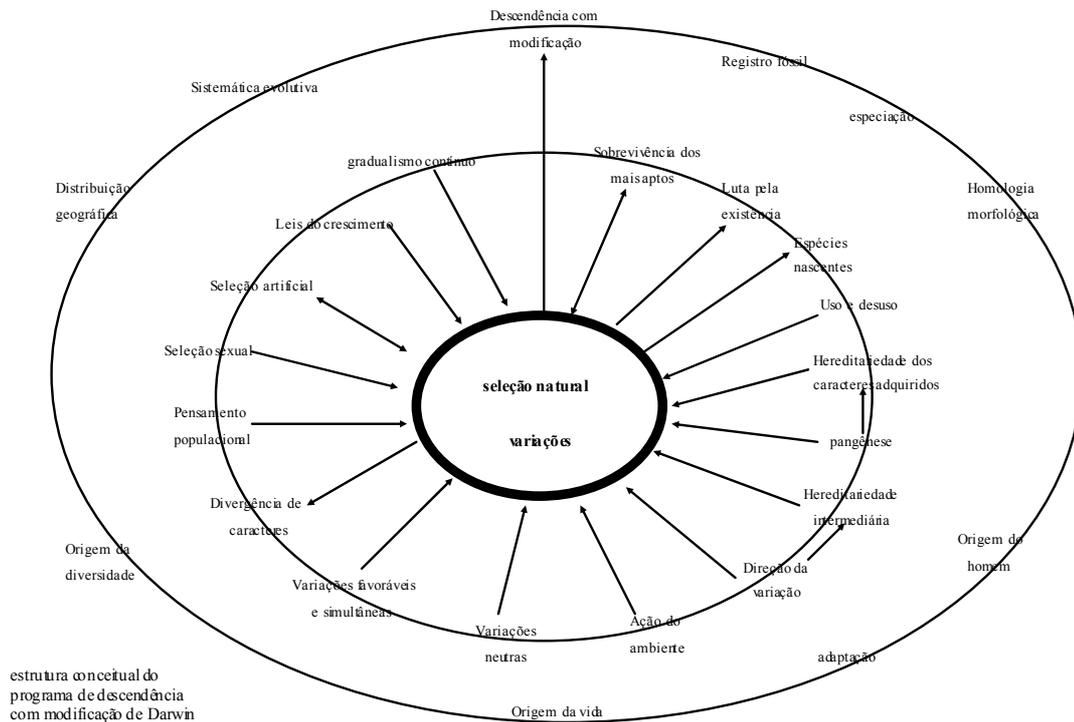


Figura 2: Diagrama sobre a estrutura conceitual do programa de descendência com modificação de Darwin.

Este núcleo firme foi defendido por um conjunto de hipóteses auxiliares, que podem ser consideradas como o seu cinturão protetor, constituindo-se na sua heurística negativa, sob cuja base se estabelecem as condições iniciais (LAKATOS, 1989), de defesa do núcleo firme contra as anomalias e refutações que surgiram ao longo do tempo.

A primeira das hipóteses auxiliares foi formulada através da expressão: *sobrevivência dos mais aptos*, tirada de Spencer, que Darwin considerava como uma forma mais elaborada da teoria da seleção natural. Tanto uma como a outra foram frontalmente criticadas. Segundo Mayr (1998), Darwin tentou substituir a expressão “seleção natural” por “preservação natural”, entretanto, depois ponderou que a segunda expressão não tinha tanta conotação operativa quanto a primeira, que foi

acusada de antropocentrismo. Por outro lado, a expressão spenceriana “sobrevivência dos mais aptos”, seria tautológica: quem sobrevive ? Os mais aptos; quem são os mais aptos ? Os que sobrevivem !

Em relação à teoria da seleção natural, Darwin teve um sério concorrente na sua formulação na pessoa do naturalista inglês Alfred Russel Wallace (1823-1913), que chegou independentemente à idéia da evolução por seleção natural. Segundo suas mesmas palavras, numa carta a Darwin de 1858, fazia alusão “sobre a tendência das variedades a se afastarem indefinidamente do tipo primitivo” (THUILLIER, 1994), o que ameaçava a prioridade de Darwin na apresentação da sua teoria. A solução encontrada foi a apresentação conjunta dos dois trabalhos em sessão da Sociedade Lineana de Londres feita pelos amigos de Darwin: Lyell e Hooker, os quais tiveram o cuidado, nesta ocasião, de apresentar o trabalho de Darwin em primeiro lugar e depois o de Wallace

A expressão teórica auxiliar era a da *luta pela existência*, cujo uso metafórico era enfatizado por Darwin , e que era originária da obra de Malthus (*Essay on the principle of population* publicada em 1798) na qual sustentava o crescimento em escala geométrica da população diante do crescimento em escala aritmética dos recursos alimentares. Darwin transpôs esta noção para a natureza, articulando-a com as observações da imensa capacidade reprodutiva dos seres vivos e da estabilidade das populações. Daí concluía que deveria haver uma encarniçada luta pela existência da qual só sobreviveriam os mais aptos.

Três hipóteses auxiliares do programa de darwiniano, foram adotadas de naturalistas que o precederam, entre os quais Lamarck: a primeira era da *ação do meio ambiente* como causa das variações; a segunda do *uso e desuso* das partes e órgãos do organismo que atuaria independentemente da seleção natural e finalmente, a terceira da *hereditariedade dos caracteres*

adquiridos, na qual Darwin discute, como é próprio do seu estilo, diversos exemplos de plantas e animais, nos quais a “mudança de hábitos produz efeitos hereditários” (DARWIN, 1961) (Fig.2).

È consenso entre os historiadores da biologia as dificuldades teóricas de Darwin para compatibilizar a sua noção de descendência com modificação com as suas concepções sobre hereditariedade. Para alguns, tais como Thuillier (1994) e Mayr (1998) Darwin não teria tomado conhecimento do famoso estudo de Mendel sobre *Experiências sobre plantas híbridas*, o que lhe permitiria, em princípio, retificar e completar sua noção. Entretanto, para outros, tais como Bizzo (1991, 1994), a versão de Bateson, segundo a qual Darwin teria total desconhecimento dos trabalhos de Mendel é rigorosamente incorreta. Pois em alguns dos manuscritos de Darwin ele demonstra ter conhecimento do trabalho de Mendel sobre a fertilização de *Phaseolus multiflorus*, que muito interessava a Darwin, quando o comparava com os trabalhos de Hoffman de 1869.

Para Bizzo (1992) Darwin possuía uma resenha do trabalho de Mendel e chegou mesmo a testar alguns dos seus experimentos, reconhecendo algumas falhas, o que demonstrava que ele não só o conheceu como o compreendeu. De fato os dois cientistas trabalhavam sob referenciais teóricos distintos: para Darwin as partículas se modificavam ao longo de gerações (*soft inheritance*); para Mendel elas permaneciam inalteradas nos híbridos (que seria um sério questionamento dos mecanismos darwinistas de transformação das espécies).

A sua “hipótese provisória” da *pangênese* permitia a Darwin conceber a transmissão hereditária segundo um modelo mecanicista e possuía grande semelhança com a original hipocrática, além do que, justificava e explicava a herança dos caracteres adquiridos numa perspectiva lamarckista. Ele supunha que as células de todas as partes do corpo emitiam pequenos grãos ou átomos, denominados de gêmulas, que circulavam no organismo e se agregavam como elementos sexuais. Como bem demonstra Bizzo (1991, 1992, 1994a, 1994b) tal hipótese não era tão

provisória assim: toda a *Origem* foi escrita sob essa perspectiva teórica, que se estampa em toda a sua sofisticação em obra posterior: *The variation of animals and plants under domestication* (1868) no seu capítulo 27 (p.349-399). Como argumenta Bizzo (1991), muitos darwinistas consideram tal idéia um “defeito”, uma espécie de “filho do papa” que deve ser definitivamente esquecida. Entretanto, como escreve o autor, era uma teoria altamente sofisticada que conseguia explicar muitos dos fenômenos observados até então, incluindo os resultados de Mendel com as ervilhas.

Segundo o Thuillier (1994), depois foi pior, pois Darwin levou a sério uma idéia teoricamente discutível como a *hereditariedade por mistura ou intermediária*, considerada pelo autor como um “desastre teórico”, colocando a possibilidade de manutenção das variações numa população num beco sem saída. Segundo o mesmo autor, Darwin chegava no final da sua vida tornando-se cada vez mais “lamarckiano”, ao contrário dos seus seguidores, cada vez mais selecionistas.

Outra hipótese auxiliar do cinto de segurança do programa de Darwin era uma analogia estabelecida entre a seleção natural e a *seleção artificial* dos criadores de animais, horticultores e jardineiros que manipulavam os organismos na condição de domesticação, as raças e variedades produzidas por estes em seus cruzamentos selecionados, serviram de argumento empírico para explicar o mecanismo da seleção natural. Estas variedades produzidas eram consideradas por Darwin como *espécies nascentes*, no que foi contestado frontalmente por Fleming Jenkin, que sustentava que animais e plantas possuíam uma “esfera de variação” que não poderia ser ultrapassada, além de apresentarem uma “tendência ao retorno” à conformação da “cepa original” (THUILLIER, 1994.). Estas críticas, mesmo que tenham vindo de um não naturalista, calaram fundo em Darwin, que considerava Jenkin um dos seus críticos mais perspicazes.

Tais críticas o obrigaram a remanejamentos teóricos do seu programa em edições posteriores da *Origem*, tais como a hipótese auxiliar de que as *variações deveriam ser favoráveis e simultâneas* para operar efetivamente, além de uma outra noção de que algumas *variações poderiam ser neutras*, quando percebeu a possibilidade da existência de variações que não eram nem vantajosas e nem nocivas, constituindo-se numa explicação *ad hoc* do polimorfismo de certas espécies animais e vegetais.

Uma outra hipótese auxiliar era a do *gradualismo contínuo*, Darwin enfatizava que a seleção natural atuava sobre as variações em tempo muito longo e gradualmente para rejeitar o catastrofismo, tinha como uma de suas máximas preferidas de que “a natureza não dá saltos”, assim rejeitava as variações bruscas que segundo ele equivaleria a “entrar no domínio dos milagres” (THUILLIER, 1994.). Este gradualismo foi fortemente influenciado pelas teorias geológicas de Huntton e Lyell.

Outra hipótese auxiliar que Darwin expôs minuciosamente na obra *A descendência do homem*, foi a da *seleção sexual*, que foi por ele cuidadosamente diferenciada da seleção natural, pois dependia da luta entre os indivíduos de um sexo, geralmente os machos, para assegurar a posse do outro sexo, que para Darwin se constituía num processo evolutivo especial (GOULD, 2002).

Diante das críticas de que as pequenas variações poderiam ser “apagadas” pela hereditariedade intermediária, Darwin para tornar o seu programa mais coerente, nas edições posteriores da *Origem*, cada vez mais enfatizou a importância da *ação do ambiente* ou ação direta das condições externas. Segundo suas próprias palavras: “Sem dúvida, eu atribuí inicialmente pouco peso à ação direta das condições” (DARWIN, 1961). Pois, argumentava, a ação direta e definida das mudanças nas condições ambientais é capaz de transformar uma população num determinado sentido, sendo suficiente que “uma uniformidade de causas” provocando uma “uniformidade de

efeitos”, graças a este remanejamento teórico, tornava-se possível limitar o desastre teórico da hereditariedade intermediária. Em segundo lugar, Darwin introduziu no “cinto de segurança” do seu programa uma hipótese observacional de que os organismos possuiriam *uma tendência a variar numa mesma direção*, impedindo assim a ação dissolvente da hereditariedade intermediária.

A atuação da seleção natural sobre as variações ocorrentes nas espécies de seres vivos provocaria nas mesmas uma *divergência de caracteres*. Como argumenta Darwin (1952), esta hipótese dispensava até mesmo a condição de isolamento geográfico na formação das espécies de *descendência com modificação*.

Segundo Mayr (1998) a grande novidade de Darwin foi interpretar todos estes processos através de um *pensamento populacional*, substituindo o nominalismo e o essencialismo tradicional na abordagem do estudo das espécies.

A heurística positiva do seu programa foi a de orientar diversas pesquisas que tinham como fim a justificação do seu sistema teórico, assim houve uma verdadeira corrida pelos estudos paleontológicos de campo, em busca dos registros fósseis e geológicos, dos “elos perdidos” da *descendência com modificação* nos organismos.

Por outro lado, um número expressivo de trabalhos em História Natural iniciou as tentativas de explicar o processo de especiação, ou de como nasciam as espécies. Para tanto, estas pesquisas eram articuladas com os trabalhos de levantamento das homologias morfológicas entre os animais, com os da origem da diversidade e da distribuição geográfica dos organismos nas diversas regiões do globo terrestre (GOULD, 2002).

Paralelamente, diversos naturalistas tentavam estudar o significado das adaptações dos organismos, diante das alterações ambientais. Tais estudos, anteriormente hegemonzados pelos lamarckistas, passaram a ter uma orientação predominantemente darwiniana.

A classificação dos organismos, usada por Darwin como uma das provas do seu parentesco e filiação nos sistemas naturais, teve um renascimento sob o novo paradigma teórico. Desta vez, sem o enfoque no padrão essencialista e sim populacional, dando origem à sistemática evolutiva.

Finalmente, dois aspectos da heurística positiva do programa de Darwin (1852, 1874), que ele conscientemente tratava com cautela e relutância: a origem do homem e a origem da vida. O primeiro só foi objeto de um trabalho publicado dez anos depois da *Origem* e o segundo foi deixado para que seus seguidores desenvolvessem, o que foi feito através do referencial teórico do materialismo mecanicista.

No final da sua vida, Darwin tornava-se cada vez mais teoricamente pluralista em relação à origem das espécies. Com o objetivo de dar mais precisão ao seu programa de pesquisa, introduziu algumas incoerências, sem, entretanto, aumentar a sua capacidade explicativa, entrando em rápida degeneração.

Após a sua morte, no final do século XIX, os seus seguidores estavam cada vez mais divididos, havendo então algumas teorias alternativas para explicar a origem das espécies.

2.2 A TRANSIÇÃO ENTRE O DARWINISMO E A SÍNTESE EVOLUTIVA (NEODARWINISMO)

Marcando uma virada teórica no programa darwinista, os trabalhos de Weismann sobre o plasma germinal, retiravam qualquer possibilidade teórica das teorias sobre o uso e desuso das partes ou órgãos, a herança dos caracteres adquiridos e a ação direta do ambiente sobre as variações,

o que Mayr (1998.) denomina de “hereditariedade tênue”. Weismann sustentava a exclusividade da seleção natural como mecanismo evolutivo.

Como teorias evolutivas alternativas não-darwinianas, no início do século XX, destacavam-se as teorias ortogenéticas, as neolamarckistas e, com a “redescoberta” dos trabalhos de Mendel, afirmavam-se os mutacionistas ou mendelianos, encabeçados pelo botânico holandês Hugo de Vries e Bateson.

A gama de teorias neolamarckistas tinha um ponto em comum: as idéias do uso e desuso das partes ou órgãos e a crença na herança dos caracteres adquiridos. Por ironia da história, o que os neolamarckistas retiveram como paradigma teórico, foram as duas noções que no programa lamarckiano, ocupavam um papel secundário.

Em 1900, a redescoberta de Mendel, atribuída a de Vries, Correns e Tchermark, inaugurou uma nova abordagem nos problemas da evolução. Os mendelistas, como se autodenominavam, provinham de uma tradição de pesquisa da biologia experimental, e acreditavam numa hereditariedade descontínua e particulada. Além do mais, o único mecanismo que trazia novidade ao patrimônio hereditário era o da mutação, produzindo novidades bruscas e repentinas, os mendelistas sustentavam que a seleção natural e o gradualismo não poderiam ter este papel. A conclusão dos trabalhos de Mendel era de que o mecanismo da reprodução era conservador e não trazia a variabilidade, sustentada pelo darwinismo. Esta tensão entre mendelistas e darwinistas irá permanecer até os anos 30 e 40 do século XX, quando se organizou a chamada Teoria Sintética da Evolução.

Escreve Mayr (1998) que a partir de 1900, pode-se falar em dois campos evolucionistas – os mendelianos e os naturalistas.

Por outro lado, no campo da genética evolucionária, diferenciavam-se duas posições opostas: os mendelianos de um lado (Bateson) e os biometricistas do outro (Weldon e Pearson, principalmente), que enfatizavam a importância da variação contínua, como material da seleção natural e a hereditariedade por mistura. Os mendelianos estavam convencidos da natureza particulada da hereditariedade e da variação descontínua, na perspectiva da “genética-do-saco-de-feijão”, como denomina Mayr (1998.).

Diferentemente, desta perspectiva, desenvolvia-se o campo teórico e experimental da *genética de populações*, que se ocupa das mudanças na frequência dos genes nas populações. Escreve Mayr (1998), que no campo estavam envolvidos dois programas de pesquisa muito diferentes: um, da genética matemática de populações, associado aos pesquisadores R.A.Fischer, J.B.S. Haldane e S. Wright, que trabalhava com populações estatísticas; outro trabalhava com populações reais de organismos vivos, também denominada de genética ecológica, representada principalmente, pelos pesquisadores Schmidt, Chetverikov, Timoffef-Ressovsky, Dobzhansky e outros.

A base da genética matemática de populações residia no princípio de equilíbrio de Hardy-Weinberg, estabelecido em 1908, que estabelecia que dois alelos (a e a') permaneceriam com a mesma frequência em uma população, de geração em geração, a menos que esta seja afetada pela imigração, mutação, seleção, cruzamentos não causais ou erros de amostragem (MAYR, 1998).

Para que a organização da chamada Síntese Evolucionista fosse estabelecida, duas condições fundamentais precisariam ser atendidas: a primeira era que surgisse um grupo de geneticistas interessados pela biodiversidade e pelos aspectos populacionais da evolução; a segunda, era que os naturalistas aprendessem a interpretação genética destes geneticistas que não se opunham ao gradualismo e a seleção natural. Estas condições foram alcançadas num período de onze anos, entre

1936 a 1947 e culminou num simpósio internacional realizado em Princeton em 1947, do qual participaram representantes das mais diversas áreas e tendências evolutivas, havendo um consenso universal em relação a gradualidade da evolução, a importância da seleção natural e do aspecto populacional da origem da diversidade.

De acordo com Stebbins (1970), as teorias centrais da Síntese Evolucionista são: a) mutação gênica; b) variação na estrutura e número de cromossomos; c) recombinação gênica (para explicar a variabilidade genética das populações); d) seleção natural; e) isolamento reprodutivo (para orientar os canais adaptativos); como teorias acessórias: a) migração; b) hibridação; c) acaso.

Mais modernamente, a Teoria Sintética da Evolução apresenta os seguintes pontos: a) mutação gênica; b) recombinação genética; c) seleção natural; d) migração; e) oscilação ou deriva genética.

A mutação gênica origina-se de alterações na seqüência de bases nitrogenadas de um determinado gene, durante a duplicação da molécula de DNA; é considerada como a fonte primária da variabilidade, ocorrendo ao acaso, são mantidas quando adaptativas (seleção positiva) ou eliminadas em caso contrário (seleção negativa). A recombinação genética é o mecanismo que reorganiza os genes já existentes nos cromossomos, tendo por base a reprodução sexuada. A seleção natural é considerada o principal fator evolutivo que atua sobre a variabilidade genética da população, em síntese, a evolução é o resultado da atuação da seleção natural sobre a variabilidade genética de uma população; a seleção natural seleciona genótipos mais bem adaptados a uma determinada condição ecológica, eliminando aqueles desvantajosos para essa mesma condição. Os mais bem adaptados são aqueles que deixam um maior número de descendentes. A seleção natural tende a diminuir a variabilidade genética, agindo de modo estabilizador. A migração estabelece um fluxo migratório nas populações. A deriva genética apenas ocorre em populações pequenas, quando

ocorrem alterações ao acaso na frequência genotípica. Um caso particular é o princípio do fundador, que se refere ao estabelecimento de uma nova população a partir de uns poucos indivíduos que emigram da população original, podendo gerar indivíduos diferentemente adaptados. Este fator parece ser um dos métodos mais comuns de dispersão das espécies de seres vivos.

Como se pode constatar, na moderna Teoria Sintética da Evolução, pouco ficou do programa de pesquisa original de Darwin.

De acordo com Futuyma (1995) entre 1936 e 1947, a teoria evolutiva moderna tem a sua construção na chamada Síntese Evolutiva ou Síntese Moderna que moldou as contribuições das áreas da Genética, Sistemática e Paleontologia em uma nova teoria neodarwinista, que teve o papel de reconciliar a teoria de Darwin com a Genética.

A moderna Teoria Sintética da Evolução pode ser resumida nos seguintes termos: 1) as populações contém variações genéticas que surgem através de mutação ao acaso (mais precisamente “mutações cegas”), isto é, não dirigida adaptativamente, e recombinação; 2) as populações evoluem por mudanças nas frequências gênicas trazidas pela deriva genética aleatória, fluxo gênico e, especialmente, pela seleção natural; 3) a maior parte das variantes genéticas adaptativas apresentam pequenos efeitos fenotípicos individuais, de tal modo que as mudanças fenotípicas são graduais (embora alguns alelos com efeitos discretos possam ser vantajosos, como em certas cores produzidas pelo polimorfismo cromático); 4) a diversificação vem através da especiação, a qual ordinariamente acarreta a evolução gradual do isolamento reprodutivo entre populações; 5) esses processos, se continuados por tempo suficientemente longo, dão origem a mudanças de tal magnitude que facultam a designação de níveis taxonômicos superiores (gêneros, famílias, e assim por diante) (FUTUYMA, 1995).

Segundo o mesmo autor (FUTUYMA, 1995), a afirmação de que os organismos descenderam, com modificações, a partir de ancestrais comuns, não é uma teoria, é um fato, assim como o sistema solar heliocêntrico. Para este autor a Evolução começou como uma hipótese e atingiu o *status* de “fato” à medida que evidências a seu favor se tornaram tão poderosas que nenhuma pessoa destituída de preconceitos e munida de conhecimento pode negar sua realidade.

Esta peremptória afirmação de Futuyma (1995) deve ser questionada, pois teorias, por mais bem-defendidas que estejam (lakatosianamente falando), jamais acederão à condição de fatos. Veja-se neste sentido o que escreve Einstein:

Conceitos físicos são criações livres da mente humana, e não são unicamente determinados pela realidade externa, embora possam parecer sê-lo. Em nosso esforço para entender a realidade externa nós [físicos] podemos ser vistos como alguém tentando entender o mecanismo de um relógio fechado. Nós vemos o mostrador do relógio, os ponteiros que se movem, e podemos mesmo ouvir os sons provocados pelo mecanismo, mas jamais teremos como abrir a caixa do relógio. Se formos engenhosos, poderemos formar em nossas mentes uma representação do mecanismo que dê conta [explicativamente] de algumas peculiaridades que observamos, *mas jamais poderemos estar absolutamente certos da pertinência desta representação, ou se ela é a única forma de representação possível*. Nós jamais poderemos comparar nossa representação com a o mecanismo real do relógio, e nem sequer jamais poderemos imaginar em que consistiria uma tal comparação. (EINSTEIN; INFELD, 1967: 31).

3 AS ATUAIS CONTROVÉRSIAS DA EVOLUÇÃO E SUA INFLUÊNCIA PARA ALÉM DA BIOLOGIA

A partir dos anos sessenta, surgiram duas tendências antagônicas no seio do neodarwinismo, defendendo dois pontos de vista radicalmente opostos sobre o papel da seleção natural. Uma sustenta que ela é o agente exclusivo da evolução das espécies, que haveria de conduzir ao chamado “ultradarwinismo”. A outra, pelo contrário, sustenta que o acaso desempenha um papel pelo menos tão grande como a seleção natural na evolução das espécies, é a teoria neutralista do geneticista japonês Motoo Kimura².

Na virada dos anos setenta, os paleontólogos estadunidenses Stephen Jay Gould e Niles Eldredge propuseram um modelo de evolução chamado de Equilíbrio Pontuado (ELDREDGE; GOULD, 1972), segundo o qual a evolução parece operar muitas vezes por equilíbrios pontuados: após uma existência de vários milhões de anos num estado estável (isto é, equilibrado), uma espécie dava bruscamente, sem transição aparente, lugar a uma nova espécie de características nitidamente diferentes. Os períodos de “estase” evolutiva eram interrompidos por períodos de “pontuações” (especiações rápidas)

Como escreve BLANC (1990), não é sobre a realidade da evolução que o debate científico da nossa época é travado. Atualmente, a principal controvérsia científica também não incide sobre o

² Kimura demonstrou matematicamente que era possível haver evolução por deriva genética na ausência de seleção natural, mesmo em grandes populações e por longas escalas de tempo. A teoria ajudou a esclarecer observações que a síntese moderna não era capaz de explicar, como, por exemplo, o elevado nível de polimorfismo genético em populações naturais, incompatível com o modelo selecionista porque acarretava níveis insuportavelmente altos de carga genética. O neutralismo livrou a teoria evolucionista da necessidade de explicar a evolução sempre em termos de seleção natural.

confronto entre lamarckismo e darwinismo, como insistem em reproduzir os autores dos livros didáticos de Biologia. Desde os meados do século XX o neodarwinismo colocou-se numa posição de incontestável destaque no mundo científico. A partir dos anos setenta, novas correntes críticas do neodarwinismo começaram a manifestar-se a partir do Japão (Kimura) e dos Estados Unidos (Eldredge e Gould). A controvérsia evolutiva incide particularmente em dois pontos. Primeiro, que lugar ocupa verdadeiramente a seleção natural de Darwin na evolução? Não terá o acaso tanta ou mais intervenção quanto ela? Em segundo lugar, como surgem as espécies?

De um ponto de vista teórico mais abrangente Etxeberria e Umerez (2006) denominam de *organicismo* as posições teóricas que tentam superar a dicotomia entre o vitalismo e o mecanicismo. Confrontando-se tanto com um como com outro, o organicismo concorda com o primeiro em um certo holismo, que o leva a enfatizar a importância de levar-se em conta o conjunto do sistema, o todo, e a necessidade de diferentes níveis de explicação na organização dos seres vivos, porém mantendo com o segundo a crença de que os processos vivos devem ser objeto de explicações materiais. O organicismo considera que o elemento fundamental da biologia é o organismo.

Para os autores o conceito de “organismo” foi introduzido por Stahl no início do século XVIII em oposição ao mecanicismo e em referência ao uso aristotélico de “organon” para explicar as funções de partes corporais. Chama a atenção que em sua origem o termo “organismo” não seja um mero sinônimo de ser vivo, pois fora cunhado para constituir algum tipo de teoria ou uma descrição definida do mesmo; o conceito de organismo não precede historicamente ao mecanicismo, pois que se origina em reação a este e precisamente para ressaltar características não mecânicas dos seres vivos.

Assim, Etxeberria e Umerez (2006) consideram que todas as teorias epigenéticas da evolução fazem parte da perspectiva organicista e assim devem ser consideradas.

Já Azkonobieta (2005) estuda o problema da mudança evolutiva sob uma perspectiva centrada na organização, isto é, na Biologia Evolutiva do Desenvolvimento (Evo-Devo). Essa perspectiva supõe que deve haver uma mudança na percepção do processo evolutivo, já que proporciona um estudo combinado da evolução e desenvolvimento orgânico, quer dizer, não só estuda como evoluem os sistemas de desenvolvimento, trata também entender como o desenvolvimento afeta a dinâmica evolutiva. Esta última circunstância é especialmente relevante, já que se os mecanismos da evolução são essenciais para entender o desenvolvimento, e os mecanismos de desenvolvimento são essenciais para entender a evolução, parece que a própria evolução há de refletir em si mesma certas propriedades do ser vivo.

No paradigma neodarwinista o poder causal da seleção como produtora de organização foi superdimensionado, em detrimento das propriedades inerentemente auto-organizativas da vida, que não foram consideradas como fatores relevantes para entender a evolução, muito ao contrário, chegou a ser interpretada como um impedimento da mesma e tem gerado uma visão reducionista tanto da evolução como do organismo.

Para o autor (AZKONOBIEA, 2005) na biologia atual se pode constatar a existência de duas formas fundamentais de entender a vida: uma baseada em seu aspecto evolutivo e outra em seu aspecto organizativo, que em princípio não são facilmente integráveis. A visão externalista tenta compreender os sistemas vivos como produtos de um processo histórico adaptativo que pode interpretar-se como a mudança das frequências genéticas das populações em função das pressões seletivas externas do meio, percebe a vida como uma matéria extremamente maleável frente às pressões adaptativas do meio, é a evolução que dota a vida de suas propriedades essenciais. A visão internalista, por sua vez, considera a compreensão da organização biológica como uma condição prévia e necessária para entender a evolução, e mais, tende a tratar a evolução como um fator

secundário, não essencial à vida. A visão internalista provém de uma longa tradição biológica mais próxima a disciplinas como a biologia do desenvolvimento, a fisiologia e a biologia teórica. A evolução, nesse ponto de vista, mais que um “mecanismo” gerador de ordem, se interpreta como um processo dinâmico, orgânico, que emerge da organização biológica.

A seleção natural, nesse ponto de vista, não tem propriedades gerativas, não é um mecanismo que produz organização, já que a seleção atua sobre uma variabilidade previamente organizada que demanda de uma explicação. Por isso a seleção se interpreta mais como efeito do que como uma causa das propriedades orgânicas e não se considera indispensável para entender a vida.

Para Azkonobieta (2005) Kant foi o primeiro a usar o termo “auto-organização” para caracterizar, contra o mecanicismo cartesiano, a especial organização existente entre as partes de um organismo, na qual umas estão com as outras, em especial relação de dependência mútua, o que está ausente nas máquinas.

Uma das formas através da qual se pode promover a integração da visão externalista e a internalista parte do conceito de auto-organização, isto é, o aparecimento espontâneo de padrões ordenados, organização por interação recorrente e não linear entre os componentes de um sistema. A sua universalidade a faz aplicável a uma grande quantidade de fenômenos biológicos e tem chegado a oferecer-se como uma alternativa à seleção natural, como princípio gerador de ordem na evolução.

Por outro lado, é preciso estar consciente de que as teorias biológicas têm uma acentuada tendência de serem transplantadas para o ambiente social, servindo de argumentos para sustentar desigualdades sociais. Tome-se como exemplo o “darwinismo social” de Herbert Spencer, o “racismo científico” e o que aconteceu com a teoria darwiniana da pangênese que serviu de

fundamento teórico para a eugenia através de um primo de Darwin, Francis Galton, quando publicou o controverso livro *Hereditary genius* em 1869, um minucioso trabalho de levantamento genealógico de famílias aristocráticas inglesas, perseguindo talentos recorrentes. Na verdade o trabalho de Galton foi recebido com reserva no meio científico, entretanto, foi acolhido com enorme entusiasmo por Darwin, que via a oportunidade de aplicação da sua “hipótese provisória da pangênese” (BIZZO, 1994b).

Como consequência desta ligação, Leonard Darwin, filho de Charles Darwin, nos anos 20 do século passado, foi o principal líder do movimento eugênico na Inglaterra, quando dividia seu tempo entre combater a legislação de amparo aos pobres e promover leis eugênicas já praticadas nos Estados Unidos. Tendo sido eleito presidente da Federação Internacional das Sociedades Eugênicas em 1921, escreveu algumas obras sobre o tema, entre as quais, se destaca *The need of eugenic reform*, um longo tratado sobre o melhoramento da raça (BIZZO, 1994b).

Como se sabe, o programa eugênico, através do seu anti-semitismo, influenciou fortemente a ideologia nazi-fascista de trágicas consequências para toda a humanidade. De acordo com Bizzo (1994b), quando profundamente aborda o assunto em sua tese de Livre Docência, o programa eugênico teve forte repercussão mundial e até no Brasil teve seus representantes, nos anos 30, durante o período do Estado Novo, através da divulgação das obras de Renato Kehl, fundador da Liga Pró-Saneamento do Brasil, que teve simpatizantes de expressão nacional como o escritor Monteiro Lobato, Octávio Domingues e Almeida Júnior.

Modernamente, como escreve Blanc (1990), a partir dos trabalhos da corrente ultradarwinista, surgiu nos Estados Unidos em 1975, a obra intitulada *Sociobiology: the new synthesis* cujo autor é o entomologista, especialista em insetos sociais, Edward O. Wilson, que se proclamava o fundador de uma nova disciplina, a sociobiologia, que tinha como objetivo o estudo

científico de todas as sociedades animais e humanas à luz da teoria neodarwinista da evolução. A obra suscitou diversas reações, a grande maioria dos meios científicos aprovou-a pelo esforço de representar uma nova síntese teórica da biologia evolutiva e uma minoria ativa de cientistas denunciou-a imediatamente como ideológica e reacionária, como uma tentativa de resgatar o darwinismo social. O debate ainda não está esgotado e continua mais vivo do que nunca, extravasando do campo das ciências biológicas para as ciências humanas, como pode ser constatado pelas atuais controvérsias suscitadas pela chamada Psicologia Evolucionária (COSMIDES; TOBBY, 1992; PINKER, 1998, 2004; GOULD, 2002; TOMASELLO, 2003).

Bizzo (1991, 1994 a, 1994 b) conclui que os conteúdos ligados ao darwinismo estão altamente imbricados na trama social, pois existem referências sociais muito fortes para os conteúdos biológicos ligados à Evolução. No contexto atual do ensino isto se revela igualmente relevante diante da expansão do ideário neoliberal. Como diz o autor, vivemos um momento especialmente favorável à utilização da Biologia como uma arma social, pois, o darwinismo se apresenta como um dos mais úteis conjuntos de idéias que podem ser utilizadas para convencer os cidadãos de que as idéias neoliberais são “naturais”, tais como a associação entre “evolução” e “progresso” e o crescimento recente das doutrinas baseadas no determinismo biológico.

Como escreve Sacarrão (1989) hoje não parece possível debater qualquer problema relativo ao homem sem o considerar à luz da ciência, em particular da biologia, que ocupa aí uma posição verdadeiramente central. Mas a interpretação, socorrida pelo conhecimento objetivo, terá de não perder de vista a profunda originalidade humana. Absorvidos em demonstrar que o homem é um animal, tem-se estado muitas vezes desatentos ao fato de ele ser um animal sem paralelo entre os outros seres. Não é tanto o que nos aproxima dos outros animais o que devemos procurar, mas principalmente conhecer aquilo em que nos afastamos deles.

Em geral, o que se tem feito, sobretudo desde os tempos do começo do darwinismo, é acumular testemunhos da animalidade do homem, quando hoje o que parece de fato importante é evidenciarmos a sua originalidade biológica, a sua humanidade. A tendência tem sido, quase constantemente, aplicar ao homem fatos e teorias zoológicas que se têm revelado inadequadas quando utilizadas para explicar, ou, pelo menos, não clarificando, de modo nenhum, a extrema complexidade dos fenômenos e problemas que o estudo da nossa espécie revela. Importantes descobertas realizadas no campo da etologia e da ecologia das sociedades animais têm conduzido certos autores à tentação de fazer a sua transposição pura e simples para as sociedades humanas, na presunção, em grande parte falsa, de que o comportamento social humano obedece aos mesmos determinismos biológicos que atuam nos animais sujeitos às observações e experiências.

Disciplinas da biologia se metamorfosearam em modas intelectuais ou em ideologias de massa, como tem sido o caso da ecologia e, sobretudo da sociobiologia (forma moderna e viva do darwinismo social) em tantas das suas levianas transposições para a esfera humana. Tendência que se estende a outros ramos da biologia, numa sorte de “interdisciplinaridade” ideológica no seio desta ciência. A ponto de a biologia como fonte de mais saber de conhecimento objetivo se confundir com uma “biologia” social e política, que é uma falsificação de ciência.

As conseqüências desta ideologização são tão grandes que atualmente alguns filósofos falam de uma “biologização” da sociedade (JAPIASSÚ, 1991), sobretudo pela popularização da clonagem humana, o agravamento dos problemas ambientais e o reaparecimento do “racismo científico”.

Ainda no âmbito das influências do debate de idéias em biologia e sua influência para além de seu contexto acadêmico de origem, cabe fazer alusão ao confronto de idéias teóricas evolucionistas com perspectivas espiritualistas acerca da origem do universo e do homem.

No início do século XX, cientistas com inclinação metafísica como Henri Bergson e Pierre Teilhard de Chardin procuraram unir o quadro científico da evolução às concepções filosóficas e religiosas de uma realidade espiritual subjacente, em linhas semelhantes às de Hegel. Seu destino também foi semelhante; embora considerados desafios brilhantes e abrangentes à visão científica convencional, para outros, essas especulações não tinham uma base empírica suficientemente demonstrável. Dada a natureza do caso, parecia não haver nenhum meio decisivo para a verificação de conceitos como o do *élan* vital criativo de Bergson, que atuava no processo evolucionário ou a "cosmogênese" de Teilhard de Chardin, em que a evolução do mundo e humana se realizaria num "ponto ômega" da consciência unitiva de Cristo. Embora cada uma dessas teorias de um processo evolutivo de inspiração espiritual obtivesse ampla resposta do público e mais tarde começasse a influenciar o pensamento moderno de maneiras às vezes sutis, a tendência cultural era notoriamente contrária - em especial no meio acadêmico.

3.1 BERGSON

Para Henri Bergson (1859-1941) a vida como um todo não é nenhuma abstração. Em determinado momento surgiu em certos lugares do espaço uma corrente vital que, através dos organismos desenvolvidos, vai passando de um germe a outro. A corrente vital procura vencer os obstáculos que a matéria lhe opõe; a materialidade de um organismo representa a totalidade dos obstáculos contornados pela vida. A vida não procede logicamente, erra de quando em quando,

acumula-se em becos sem saída ou até volta para trás. Contudo, o ímpeto vital geral persiste. A fim de poder desdobrar-se, o *élan vital* divide-se em várias direções. Assim, surgiu, em primeiro lugar, a grande divisão do reino vegetal e do reino animal: as plantas acumulam diretamente a energia, para que os animais possam hauri-la nelas e disponham da mesma como de matéria explosiva para a ação livre.

Bergson faz uma estranha afirmação de que as plantas estão ligadas a terra e, nelas, a “consciência ainda se encontra entorpecida”; só desperta no mundo animal. *O élan vital* subdivide-se ainda no mundo animal em duas direções diferentes, como se experimentasse dois métodos: numa direção culmina nos insetos sociais, na outra encontra seu acabamento no homem. Na primeira direção, a vida busca mobilidade e flexibilidade mediante *o instinto*, ou seja, mediante a capacidade de utilizar ou até mesmo de criar instrumentos orgânicos; o instinto conhece seus objetos por simpatia, desde dentro, e age de modo infalível mas sempre uniforme. Nos vertebrados desenvolve-se *a inteligência*, isto é, a faculdade de fabricar e utilizar instrumentos anorgânicos. Por sua essência profunda, a inteligência não se orienta para as coisas, mas para as relações, para as formas; conhece seu objeto só por fora. Contudo, suas formas vazias podem encher-se de inumeráveis objetivos e indefinidamente. Para ele “Inteligência perfeita” ultrapassa suas fronteiras primitivas e pode até encontrar aplicação fora do campo prático, para o qual foi propriamente criada (BERGSON, 1979).

Finalmente, aparece no homem *a intuição*, na qual o instinto se tornou desinteressado e capaz de refletir sobre si mesmo. Além disso, o homem é livre. Todo este curso evolutivo conduz, portanto, a libertação da consciência do homem, e este aparece como o fim último da organização vital sobre o nosso planeta (BERGSON, 1979).

Bergson repele o mecanicismo darwinista e neodarwinista e, em geral, a concepção mecanicista do órgão vivo. O órgão vivo deve ser considerado como *a expressão complexa de uma*

função simples; pode ser comparado a um quadro composto de milhares de traços, mas que expressa a inspiração simples do artista. Sem dúvida, o organismo contém um mecanismo, parece até ser um mecanismo. Mas assim como num arco dividido em minúsculos segmentos, estes segmentos coincidem aparentemente com a tangente, assim também a vida examinada em suas minúcias com os métodos das ciências da natureza parece ser um mecanismo, mas não o é (BERGSON, 1979).

A sua filosofia mostra um universo em contínua mutação, criando novas formas e o absolutamente novo. O impulso vital (*élan*) é outro nome dado a “*durée*”. A evolução criadora (o impulso vital, o devir) tem como ponto de partida uma realidade cheia de energia. A fonte inesgotável da qual emanam todas as coisas no seu fluxo perene é o impulso vital (*élan vital*), um impulso que não é substância mas força, que produz por evolução sempre novas e melhores formas (BERGSON, 1979).

O impulso vital primitivo dividiu-se antes na vida vegetativa e na vida animal, onde estão indiferenciados e quase adormecidos o instinto e a inteligência. Sucessivamente nos animais forma-se somente o instinto e no homem desenvolve-se a inteligência. Nele o impulso vital eleva-se até a consciência e à liberdade, mas abrandando-se o instinto, a faculdade que apreende a essência das coisas, pois a inteligência conhece somente relações conceituais e não objetos reais. Somente o instinto poderia fazer-nos conhecer as coisas reais, ele, porém, é destituído de consciência. É necessário unir instinto e inteligência naquela faculdade, a única cognoscitiva e metafísica, que é intuição (BERGSON, 1979).

Vitalistas, como Bergson, rejeitaram o materialismo, argumentando que lhe faltava a explicação de um mecanismo capaz de desvendar o segredo de como se originaram todas as variações.

A teoria da evolução das espécies é considerada, por Bergson, como pressuposto incontestável a respeito da origem da estrutura e diferenciações entre os organismos vivos. Mas mesmo assim ela não era suficiente para explicar de que maneira alguns organismos seriam compelidos a adquirir formas de organização cada vez mais complexas. Os organismos rudimentares estão tão bem adaptados quanto o nosso às suas condições de existência. Além disso, por muito tempo nossos antecessores foram tão simples quanto muitos organismos observados atualmente, porém não mantiveram sua condição posteriormente (BERGSON, 1979).

3.2 TEILHARD DE CHARDIN

As propostas evolucionistas de Teilhard de Chardin (1881-1955) convergem para uma síntese entre a idéia de criação e evolução. A idéia de evolução assume para Chardin, uma amplitude universal que a tudo se aplica. Tal amplitude significa que tanto o físico como o psíquico, que estão inseridos dentro do espaço-tempo, estão sujeitos à evolução.

Segundo Chardin (1988) a Evolução vai atingindo, quer se queira quer não, as zonas psíquicas do mundo. Diz ainda que esta evolução é redutível e identificável a uma marcha para o pensamento que o movimento da nossa alma é a expressão e a medida dos próprios progressos da evolução. Nessas duas referências, Chardin demonstra a idéia de evolução aplicada ao psíquico. A realidade material também experimenta a evolução e isso desde os primeiros tempos do planeta. Ele explica que desde a “Terra juvenil”, nós temos seguido, em sentido ascendente, os progressos

sucessivos da consciência na Matéria em via de organização. Chegado ao cimo, podemos agora voltar e, olhando para trás, procurar abarcar, com um golpe de vista descendente, a ordenação do conjunto. Na verdade, a contraprova é decisiva, e a harmonia perfeita (CHARDIN, 1988).

O processo de evolução possui momentos especiais, autênticos saltos qualitativos onde algo novo ir-rompe e aparece. O momento particular a que Chardin se refere diz respeito ao aparecimento da vida. Do inorgânico surge o orgânico e vivo. Segundo o mesmo, o inorgânico não se encontra em um estágio de inconsciência total. “Ele possui certo grau de consciência”. O autor explica que a Terra, há muito tempo atrás, era bastante fria e provavelmente envolvida numa camada aquosa donde apenas emergiam os primeiros rebentos dos futuros continentes, teria parecido deserta e inanimada a um observador munido de nossos mais modernos instrumentos de investigação (CHARDIN, 1988).

No entanto, ele mostra que naquele momento formas de vida infinitamente simples e elementares começaram a surgir, possibilitando o nascimento de uma “nova ordem”: a Biosfera. É nela que se chegou depois de longo processo evolutivo: à gênese da vida.

Na matéria atua uma dupla energia. A ação dupla desta energia possibilita o desenvolvimento da consciência por meio de uma cada vez mais perceptível complexidade. Aí está o fundamento da lei da complexidade-consciência que veremos adiante. Quais são as energias que agem sobre a matéria e o que elas representam? Chardin nos responde dizendo que na matéria a energia fundamental divide-se em duas componentes distintas: uma energia tangencial, que torna o elemento solidário de todos os elementos da mesma ordem e uma energia radial, que o atrai na direção de um estado cada vez mais complexo e centrado, para frente. Com base nesta afirmação de Chardin, podemos dizer que a ação destas duas energias é fundamental para a consolidação do processo de evolução. A energia tangencial de que nos fala o cientista, favorece a complexificação interna que acontece graças aos agrupamentos de partículas de uma mesma ordem. Quanto maior o

grau de complexidade interna, maior é a força de atuação da energia radial que impulsiona a matéria para um grau cada vez maior de evolução (CHARDIN, 1988).

Uma das lições que podemos retirar de Chardin é: a evolução constitui um processo contínuo. Tal processo depende imediatamente da lei da paralelidade “complexidade- consciência”. Conforme veremos mais detalhadamente a seguir, é no homem que esta lei assume um revestimento manifestadamente perceptível. Tamanha é a importância desta lei, que Chardin assim se refere que todo o resto deste ensaio não será mais, em suma, do que a história da luta travada, no universo, entre o Múltiplo unificado e a Multidão inorganizada, aplicação de ponta a ponta, da grande ‘lei da complexidade e da consciência, lei esta que implica “uma estrutura, uma curvatura, psicologicamente convergentes do mundo” (CHARDIN, 1988).

A evolução é um processo contínuo que atinge, em certo momento, o espírito humano. Conforme Chardin a não-vida gerou a vida. Da matéria inorgânica surgiu uma nova ordem, a Biosfera. No entanto, o processo não terminou por aí. A auto-realização do homem que ocorreu graças ao lampejo da consciência auto-reflexiva, é uma prova de que a lei da paralelidade complexidade-consciência, que fundamenta o processo evolutivo, desemboca no infinito, ou seja, mantém a sua fórmula: a evolução continua (CHARDIN, 1988).

Considerando que o homem representa a própria evolução em marcha, podemos concluir que tal evolução converge e se direciona para um sentido? Observando a proposta teilhardiana de evolução parece que sim. Nela temos a definição de três momentos na história de nosso planeta. Num primeiro momento, ocorre a “cosmogênese”; no segundo, da não-vida surge a vida, que a partir da lei da complexidade e da consciência e do desenvolvimento de variadas formas de vida, dá origem aos reinos vegetal e animal: é a “biogênese”; o momento em que a citada lei, que constitui a base do processo evolutivo, se manifestou no despertar da auto-reflexão do homem, unindo corpo e espírito, chamamos de “noogênese”. A partir de tal proposta, a orientação para o sentido de que falamos acima, é algo próprio do espírito humano. As três etapas que vimos demonstra que a

evolução, até agora, tem se orientado e tem seu sentido no homem. Tais considerações serão tratadas no momento em que indicarmos a questão da “sobrevida” dentro da perspectiva evolucionista de Chardin. Por enquanto continuaremos tratando do dilema criação ou evolução dentro do pensamento teilhardiano. A síntese dessas duas propostas para o entendimento acerca da origem do Cosmo (CHARDIN, 1988).

Chardin sustentou que a criação do mundo não exclui a evolução biológica mas, pelo contrário, a evolução pressupõe sempre a criação. Assim, a evolução não é criadora como a Ciência acreditou; é antes a expressão da criação.

O momento em que a lei da complexidade e da consciência atinge sua realização no homem, Chardin chama de momento da “sobrevida”. Ele representa um momento peculiar dentro da “Noogênese”, pois, ele compreende a explicação do que é o homem e qual o sentido de sua evolução.

A linha da evolução sugere um progresso ascensional ininterrupto. O capítulo em que Chardin trata do fenômeno humano como o espaço da convergência do processo evolutivo, além de revelar o sentido da evolução posto no momento da hominização, aponta para a idéia de que a lei da complexidade-consciência surge de modo mais definitivo. Dito isso, se conclui que o homem representa o ápice da evolução que não terminou aí, ela prossegue seu itinerário até o ponto que Chardin chama convencionalmente de “Ômega”. Nele se revela todo o sentido da evolução. Ele representa o momento em que toda obra de Deus converge para ele mesmo (CHARDIN, 1988).

Quando Darwin (1961) escreveu no final da *Origem*:

A psicologia será solidamente estabelecida sobre a base tão bem definida já por M. Herbert Spencer, isto é, sobre a aquisição necessariamente gradual de todas as faculdades e de todas as aptidões mentais, o qual lançará uma viva luz sobre a origem do homem e sua história. (DARWIN, 1961: 488)

Estava antevendo a enorme repercussão da teoria da Evolução sobre as ciências humanas, particularmente, sobre a Psicologia. Entretanto, a alusão à base definida por Spencer, aponta para

uma outra direção que não autoriza os atuais psicólogos evolucionários a usar tal citação para justificar o referencial teórico darwinista. Referia-se as semelhanças de manifestações psicológicas básicas entre os animais e o homem, tais como mais tarde (1872) veio a descrever na obra *A expressão das emoções no homem e nos animais* (Darwin, 2000), onde ele defende que algumas de nossas expressões são resquícios herdados de antepassados primitivos comuns tanto ao homem quanto a outros animais. Referia-se também a obra de Herbert Spencer *Princípios de psicologia*, publicada em 1855, (isto é antes da *Origem*), que segundo Darwin, tão bem estabeleceu as bases da Psicologia. Nesta e em obras posteriores (mesmo após a morte de Darwin) Spencer sustentaria que a herança dos caracteres adquiridos desempenhava um papel mais significativo no processo evolutivo do que a seleção natural (MARTINS, 2004).

Escreve Mead (1909) que desde o *Principia* de Newton nenhum livro influenciou tanto o pensamento humano que a *Origem das espécies* de Darwin. Entretanto, a própria hipótese da seleção natural foi influenciada em sua formulação pela leitura de um economista que estudou a lei do crescimento das populações humanas (Malthus). Isto é, embora tendo o seu campo de aplicação focado nas ciências biológicas a teoria da seleção natural foi formulada por Darwin levando em conta o avanço e a influência de outras ciências e do próprio ambiente social da época.

Assim, para Mead (1909) a evolução foi a ferramenta que trabalhou não somente nas ciências biológicas, mas deu novo vigor ao tratamento histórico da astronomia e da geologia, revolucionou praticamente as ciências sociais e apareceu na psicologia e na filosofia com novas formulações.

Segundo Baldwin (1913) Spencer inicialmente trabalhou a sua teoria psicológica sob um referencial lamarckiano, depois o compatibilizando com a seleção natural de Darwin.

De acordo com Angell (1909) as idéias mais revolucionárias de Darwin na evolução mental não apareceram até a publicação da *Origem do homem* em 1871. De uma forma geral pode-se atribuir a Darwin uma grande responsabilidade na mudança da psicologia funcional genética e

psicologia animal. Contribuições mais específicas podem ser agrupadas sob três títulos principais: 1) sua doutrina da evolução do instinto; 2) a evolução da mente animal, do mais primitivo ao mais complexo e 3) as expressões da emoção.

Segundo Whitney (2002) Galton (primo de Darwin) descobriu que os traços psicológicos não eram menos herdáveis do que eram os traços físicos. Inventou o termo “eugenia” para a nova ciência da hereditariedade e da evolução humana. No começo do século XX muitos progressistas sociais eram eugenistas, e os fundadores intelectuais das ciências sociais e psicológicas eram completamente darwinistas. Como exemplo tem-se William James, chamado freqüentemente primeiro psicólogo da América e G. Stanley Hall, fundador da Associação Psicológica Americana, junto com muitos outros viram a Psicologia como um ramo das ciências naturais. Caberia o seu estudo em dois aspectos centrais da evolução darwiniana, primeiramente o estudo de diferenças individuais herdáveis e em segundo, um estudo da seleção natural a qual resultou em instintos humanos e em predisposições comportamentais herdadas. A orientação teórica principal na psicologia estadunidense foi nomeada "Funcionalismo", para enfatizar o estudo da "função" no sentido de que como algum traço funcionou no esforço para a sobrevivência causada pela seleção natural.

No início do século XX, Watson surge como um dos defensores da eliminação da influência da hereditariedade darwiniana na Psicologia. Em 1916, num trabalho intitulado "O Lugar do Reflexo Condicionado na Psicologia" introduziu o reflexo condicionado, estudado pelos russos Pavlov e Bechterev, como base de todo o desenvolvimento psicológico. Em sua vista a aprendizagem condicionada era central, enquanto as influências herdadas no desenvolvimento eram simplesmente sem importância (WHITNEY, 2002).

3.3 BALDWIN

O psicólogo James Mark Baldwin (1861-1934) define *seleção orgânica* como o processo único de adaptação ontogenética dos organismos vivos que fixa determinadas variações em gerações subseqüentes. Escreve Baldwin (1896) que a seleção orgânica é um princípio geral do desenvolvimento que identifica como um substituto direto para o fator lamarckiano. O uso do termo "orgânica" na definição é sugerido pelo fato de que os próprios organismos cooperam na formação das adaptações de que são afetados e também do fato que, nos resultados, o organismo ele próprio é selecionado; desde que aqueles organismos que não fixem as adaptações passam pela seleção natural, a palavra "seleção" usada na frase é apropriada pelas mesmas razões.

Baldwin (1896) define também *hereditariedade social* como a aquisição de funções oriundas do ambiente social, considerada também como um método de determinação de variações filogenéticas. É uma forma de seleção orgânica mas que merece um nome especial por causa de sua maneira especial de operar. É realmente hereditária, desde que influencia o sentido da variação filogenética para manter socialmente adaptativas criaturas vivas, eliminando outras que não se adaptam. É também hereditária desde que é uma influência contínua de geração a geração. Os animais podem se manter vivos em um dado ambiente dado unicamente pela cooperação social; estes transmitem este tipo social de variação à posteridade; desta forma a adaptação social ajusta o sentido da direção da filogenia física e da hereditariedade física, em parte determinadas por este fator. Além disso, todo o processo de geração a geração, é ajudado pela corrente contínua de transmissões extra-orgânicas ou puramente sociais.

De acordo com Valsiner e Van der Veer (2000) a idéia de seleção orgânica de Baldwin é uma influência de bergsoniana sobre evolução criadora, notadamente a sua idéia de adaptação, como construção de recursos adaptativos com vista nas possibilidades futuras do organismo, é uma

noção baseada em suas observações de ações sensório-motoras infantis. Ela é vinculada a noção de adaptação na orientação do tempo, movendo-se do presente para o futuro imediato.

Do ponto de vista da moderna biologia evolutiva, tentando ultrapassar a visão do reducionismo genético, Dopazo e Perazzo (2001) escrevem que no fim do século XIX Baldwin, Osborn e Lloyd Morgan apresentaram um mecanismo alternativo para a origem das adaptações dos organismos. Para eles os organismos não eram simples entidades passivas diante de um ambiente estático, por meio de sua acomodação fenotípica, através de mudanças comportamentais e outras modificações não herdáveis, alteravam o ambiente onde atua a seleção natural. Desse modo, a preservação e não a morte destes organismos em um ambiente novo poderia favorecer a incorporação por seleção natural de qualquer mutação genética que sirva a dita acomodação no novo ambiente. Quer dizer, o processo de adaptação fisiológica servia como base de sustentação para a incorporação de caracteres genéticos favoráveis. Baldwin chamou a esse processo de acomodação de *seleção orgânica* e propôs que este facilitava a evolução já que forneceria uma superfície por onde a seleção natural arrastaria a população até um máximo de adaptação. Assim, Baldwin argumentava: “o que os organismos aprendem em gerações anteriores, aparecerá geneticamente codificado em gerações posteriores”. Apesar do tom lamarckista de suas afirmações, Baldwin sustentava que o processo poderia ter lugar dentro de um marco puramente darwinista.

O paleontólogo e um dos fundadores da Síntese Evolutiva, G.G. Simpson atribuiu importância a esse processo evolutivo e denominou-o de *efeito Baldwin*. Anteriormente o geneticista russo Ivan Schmalhausen assinalou que o comportamento só pode ser entendido desde a interação do genótipo com o ambiente durante o desenvolvimento. Os comportamentos modificam o ambiente físico e social dos organismos alterando os coeficientes de seleção que dirigem a mudança entre as gerações. Os efeitos evolutivos desta interação provavelmente são mais percebidos quando se tratam de comportamentos aprendidos, já que podem ser transmitidos rapidamente entre indivíduos de distintas gerações através da cultura. Para Schmalhausen a

evolução modificava principalmente os sistemas de desenvolvimento, alterando a norma de reação ou a função pela qual o desenvolvimento traduz o genótipo em fenótipo. Schmalhausen insistia que, “no caso em que um caráter fenotípico inicialmente ausente se expresse em presença de uma mudança ambiental, a seleção natural poderia favorecer qualquer mutação que fosse favorável a mudança ambiental”. O tipo de seleção batizada por Schmalhausen como seleção estabilizadora servia para consolidar no genoma as características fenotípicas ensaiadas originalmente pelo organismo (DOPAZO; PERAZZO, 2001).

Mais recentemente o geneticista britânico C.H. Waddington demonstrou experimentalmente que um caráter cujo desenvolvimento dependia originalmente de uma aplicação de um estímulo ambiental, posteriormente se transcreveria no genoma por seleção, tornando-se depois independente do dito estímulo. Waddington chamou a este mecanismo de assimilação genética. O efeito Baldwin, o tipo especial de seleção estabilizadora de Schmalhausen e a assimilação genética de Waddington são processos darwinianos que ressaltam o papel ativo que têm os fenótipos no processo evolutivo. Aprendizagem e evolução são, sob esta hipótese, causa e consequência de si mesmos (DOPAZO; PERAZZO, 2001).

3.4 MEAD

O filósofo e psicólogo social George Herbert Mead (1863-1931) desenvolveu suas idéias sobre evolução orgânica em diversas de suas obras. A característica básica dessas idéias é uma relação ativa e dinâmica entre os organismos e o seu ambiente, um constituindo o outro.

Assim, um ambiente pode existir para uma forma somente com as respostas deste às suscetibilidades do organismo; então o organismo determina assim seu próprio ambiente; que o

efeito de cada adaptação é um ambiente novo que deve mudar com aquele que lhe responde. (MEAD, 1908, apud VALSINER e VAN DER VEER, 1998).

Quando o animal passa do sistema em que existiu anteriormente a um ambiente que surgiu com a seletividade de sua própria sensibilidade, este se torna assim um sistema novo, no qual as partes do próprio organismo e suas reações a estas se transformam partes de seu ambiente. A etapa seguinte é alcançada com a dominância dos sentidos de distância e as respostas atrasadas a estes. A seleção e a organização destas respostas, para transformar-se em objetos dentro do ambiente do organismo. O animal vem responder a um ambiente que consiste pela maior parte em futuros possíveis de suas próprias reações atrasadas, esta ênfase é inevitável, seus próprios atos como respostas em forma de hábitos adquiridos. (MEAD, 1932, apud VALSINER e VAN DER VEER, 1998).

Mead (1934) escrevendo mais precisamente:

Nós vimos que o organismo individual determina em algum sentido seu próprio ambiente por sua sensibilidade. O único ambiente a que o organismo pode reagir é o que a sua sensibilidade revela. De sorte que o ambiente que existe para o organismo é o que o organismo em algum sentido determina. Se no desenvolvimento da forma houver um aumento na diversidade da sensibilidade haverá um aumento nas respostas do organismo a seu ambiente, isto é, o organismo terá um ambiente correspondentemente maior. Há uma reação direta do organismo sobre o ambiente que conduz a alguma medida do controle. Em matéria de alimento, de proteção à chuva e ao frio e do enfrentamento com os inimigos, a forma, em algum sentido, controla diretamente o ambiente com as suas respostas [...] Pode haver, naturalmente, as influências que afetam a forma como um todo que não respondem a este tipo de determinação, tal como grandes cataclismos, como terremotos, de eventos que levam o organismo a ambientes diferentes sem a sensibilidade da própria forma que está sendo envolvida. Mesmo assim, os controles são limitados: as grandes mudanças geológicas, tais como o avanço e o desaparecimento graduais da época glacial, o organismo não pode controlá-las; ocorrem apenas [...] Neste sentido o organismo seleciona e escolhe o que constitui seu ambiente. Seleciona aquele a que responde e o emprega para suas próprias finalidades envolvidas em seus processos de vida. (MEAD, 1934).

Mead acreditava que pela ação sobre seu ambiente o organismo (na evolução biológica) e a pessoa (na conduta social) mudam esse ambiente, e através disso, mudam eles próprios (MEAD, 1932, apud VALSINER; VAN DER VEER, 2000).

Tais idéias sobre evolução foram relacionadas por Mead ao desenvolvimento da inteligência como uma mudança que envolve uma reorganização mútua, um ajustamento no organismo e uma reconstituição do ambiente; em seus termos mais fundamentais, toda a mudança no organismo carrega com ela uma diferença na sensibilidade da resposta, e de uma diferença correspondente no ambiente. É dentro desse processo que surge a inteligência consciente, porque a consciência é a diferença que surge no ambiente por causa de sua relação do organismo e o seu processo orgânico do ajuste, e também a diferença no organismo por causa da mudança que ocorreu no ambiente. (MEAD, 1932, apud VALSINER; VAN DER VEER, 1998).

Em relação ao homem, escreve Mead (1934) que existe um mecanismo que entre a atual consumação e o começo do ato, e as coisas aparecem como uma fase do ato. Nosso ambiente como é composto sobre coisas físicas. Nossa conduta traduz os objetos a que nós respondemos sobre as coisas físicas que se encontram além da consumação do ato imediato.

Se nós falarmos agora do animal como constituidor do seu ambiente por sua sensibilidade, por seus movimentos para os objetos, por suas reações, nós podemos ver que a forma humana constitui o seu ambiente, nos termos destas coisas físicas que são em um sentido real os produtos de nossas próprias mãos. A mão humana, naturalmente, pelo número infinito das ações que o sistema nervoso central faz possíveis, é de uma importância crítica no desenvolvimento da inteligência humana (MEAD, 1934)

Para Mead a característica impressionante na aparência da vida é que o processo que constitui a realidade de um ser vivo é que se estende além da própria forma e envolve sua expressão, o mundo na qual esta forma vive. A realidade do processo pertence assim ao mundo em sua relação ao ser vivo. Isto é referido nos termos de forma e ambiente. É uma expressão da relatividade nos termos da vida (MEAD, 1934).

3.5 PIAGET

Jaen Piaget (1896-1980) biólogo por formação, ao se interessar pela filosofia, tentou formular uma teoria que articulasse a questão da origem e desenvolvimento do conhecimento humano fundamentado na biologia (PALANGANA, 1994)

Fundador da Psicologia Genética, através da chamada Escola de Genebra, teve nas suas leituras como influências principais: 1) Bergson, filosofia inspirada num *élan vital* como um impulso emanado da vida e caracterizado pela transformação e mudança, ou seja, o desenvolvimento; 2) Brentano, como fonte da “psicologia do ato”, fiel à metodologia observacional e nos fundamentos do método clínico; 3) Lamarck, através da idéia do papel do ambiente na evolução e 4) Darwin nas noções de adaptação; Baldwin foi decisivo para encontrar um bom caminho para apreender a gênese do pensamento, denominada por este de epistemologia genética ligada à evolução, daí a importância do comportamento dos organismos através da idéia de “seleção orgânica”. Estas noções baldwinianas serviram a Piaget para se contrapor à idéia de acaso do neodarwinismo (VONÈCHE, 1997).

Sobre os seus pressupostos biológicos, escreve Piaget (2000), que o estudo do desenvolvimento psicológico das funções cognitivas levanta continuamente questões biológicas congêneres às que se referem à embriogênese, e também das que se referem às relações entre os organismos e o meio ambiente, principalmente no que tange às regulações.

Para Casávola e Castorina (1988) na teoria piagetiana existe uma continuidade entre os processos biológicos e cognoscitivos baseada em analogias funcionais.

Escreve Palangana (1994) que dentre os aspectos que Piaget transfere da biologia para a psicogênese, podem ser destacados: o ajustamento de antigas estruturas a novas funções e o desenvolvimento de novas estruturas para preencher funções antigas. Assim, a estrutura e adaptação encontram-se presentes na atividade mental, já que, para ele, a inteligência é uma característica biológica do ser humano. É por intermédio do mecanismo de adaptação a novas e diferentes circunstâncias que as mudanças nas estruturas mentais ocorrem. A função adaptativa compreende dois processos distintos e complementares: assimilação e acomodação. Segundo a autora, é este movimento em espiral de adaptação a novas circunstâncias, indo em direção a um estado superior e mais complexo de equilíbrio que Piaget denomina de “equilíbrio majorante”.

Sua formação em biologia levou-o a pressupor que os processos de conhecimento poderiam depender dos mecanismos de equilíbrio orgânico. Piaget buscou conjugar o lógico e o biológico numa única teoria e apresentar uma solução ao problema do conhecimento humano (PALANGANA, 1994).

Sua hipótese central, desenvolvida principalmente nas obras *Biologie et connaissance* de 1967, resumida no segundo capítulo da obra *L'epistémologie génétique* de 1970 e *Le comportement, moteur de l'évolution* de 1976, é, nas suas próprias palavras (PIAGET, 2000):

A vida é essencialmente auto-regulação. A explicação dos mecanismos evolutivos, encerrada por muito tempo na alternativa sem saída entre o lamarckismo e o neodarwinismo clássico, parece encontrar seu caminho na direção de um *tertium*, que é cibernético e se orienta efetivamente no sentido da teoria da auto-regulação. [...] Os processos cognoscitivos aparecem então simultaneamente como a resultante da auto-regulação orgânica, da qual refletem os mecanismos essenciais, e no âmbito das interações com o exterior, de tal maneira que acabam, no homem, por estendê-las ao universo inteiro. (PIAGET, 2000: 38):

Note-se que o confronto teórico entre as duas teorias da Evolução se coloca entre o lamarckismo e o “neodarwinismo clássico” e não entre o lamarckismo e o darwinismo. Isto porque Piaget tinha plena consciência que os mecanismos evolutivos de Lamarck e Darwin, tinham aproximações (teorias da pangênese, uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos).

Portanto, a divergência principal era entre o lamarckismo e o chamado “neodarwinismo clássico” que, na compreensão de Piaget era o mutacionismo (VUYK, 1981b) a partir das formulações de Weismann, a teoria mutacionista foi desenvolvida numa fase de transição entre o darwinismo e o neodarwinismo, principalmente por Hugo de Vries, como uma teoria evolutiva antidarwinista, para depois ser remanejada teoricamente e incorporada ao programa neodarwinista.

A partir dos anos 30 e 40 do século passado, a teoria evolutiva moderna tem a sua construção na chamada Síntese Evolutiva ou Síntese Moderna que moldou as contribuições das áreas da Genética, Sistemática e Paleontologia em uma nova teoria neodarwinista, que teve o papel de reconciliar a teoria de Darwin com a Genética.

Ora, o deslocamento promovido por Piaget, não coloca em divergência Darwin e Lamarck e sim entre este último e o mutacionismo. Poucas vezes citado, quando comparado com Lamarck, Darwin na obra de Piaget é uma figura que permanece num plano secundário.

A teoria da evolução de Piaget é fundamentalmente baseado no construto teórico de *fenocópia*, isto é: “um novo caráter apresenta-se sob uma forma fenotípica, depois, após uma fase em que se encontra uma mistura de fenótipos e de genótipos nascentes, o mesmo caráter, ou pelo menos a sua “cópia”, torna-se propriedade de um genótipo estável” (PIAGET, 1977: 92). Isto é, a substituição de um fenótipo inicial por um subsequente genótipo apresentando as mesmas características. Tal termo foi cunhado inicialmente por R. Goldshimidt e ressignificado por Piaget.

A hipótese sobre fenocópia de Piaget foi inspirada pelas suas pesquisas realizadas em 1929 com caramujos aquáticos de pântanos (*Limnaea stagnalis* L.). O dado essencial é que *L. stagnalis* comumente possui uma concha de forma alongada, passa a adquirir uma forma de concha curta

(contraída) com abertura alargada em águas turbulentas com fortes ventos e ondas (formas *lacustris* e *bodamica*). A forma encurtada da concha se deve aos movimentos do animal, quando se fixa fortemente contra as pedras na turbulência das águas. Essa diferença morfológica é consequência do seu comportamento, quando o animal escolhe o seu ambiente. É uma adaptação morfológica ligada ao seu comportamento. As formas contraídas são hereditárias, mesmo quando recolocadas no ambiente original pantanoso, mantém as características da forma alterada das conchas. Há, portanto, de acordo com Piaget (2000: 343) uma “herança do adquirido”. Interpretada pelo autor como um caso de *assimilação genética* no sentido de Waddington, isto é, da fixação hereditária de uma variação fenotípica inicialmente não fixada.

Entre as pesquisas realizadas por Piaget com vegetais nos anos 60, destacam-se as empreendidas com um grupo de plantas carnosas (Crassulaceae) do gênero *Sedum*, concebidas pelo autor como um exemplo de antecipação morfogenética entre os vegetais (PIAGET, 2000).

Tais plantas se caracterizam pelo freqüente destacamento de ramos dando origem a novos indivíduos. Estes ramos caem ao solo e logo emitem raízes. A queda dos ramos é muito variável de uma espécie para outra. Nas espécies em que a queda é sistemática, ela parece preparada por um dispositivo morfológico de uma ranhura circular no ponto de inserção do ramo, acompanhada de uma constrição que facilita o destacamento. Constituindo-se, portanto, uma antecipação morfogenética da queda do ramo, que são destacados por delicados fatores do ambiente, tais como gotas de chuva ou a passagem de um inseto.

O autor interpreta este caso como um processo reacional e fenotípico. O encadeamento do processo: 1) crescimento de um ramo; 2) estreitamento de sua base; 4) destacamento e queda no solo; 3) crescimento de raízes adventícias; 4) independência nutricional, mantêm uma reação sobre as etapas precedentes que a reforçam, transformando um simples encadeamento linear em um sistema de alças, como uma espécie de *esquema* antecipador.

Com as mesmas plantas em obra posterior (PIAGET, 1977), Piaget desenvolve a sua idéia de *compensações*, com *Sedum sediforme* que é normalmente esbranquiçado, ao sol nas regiões mediterrâneas, possui formas mais clorofiladas quando cultivados à sombra ou submetidos à estações desfavoráveis. O autor interpreta que não é a falta de luz que os torna mais verdes, mas sim uma reação compensadora a essa situação. Piaget assinala que encontrou no vegetal as mesmas fenocópias encontradas em animais (moluscos).

Escreve, Vuyk (1981 a) que a teoria das fenocópias e o seu papel na evolução de Piaget não teve a mínima repercussão entre os biólogos. Talvez pelo seu caráter especulativo não tenha sido levada a sério pelos biólogos. Exceção feita por uma referência de Waddington publicada em 1973, onde o mesmo se diz não convencido de que as mudanças do caramujo dos pântanos tenham sido provocadas por assimilação genética e não por seleção natural. Esta crítica logo de Waddington, cujas teorias cibernéticas são a base teórica da teoria piagetiana, devem ter calado fundo no mesmo. Tanto que, em trabalho posterior (PIAGET, 1977), reelabora suas interpretações sobre a sua pesquisa com moluscos e critica Waddington por sua visão selecionista.

Entre as críticas a sua teoria elencadas por Vuyk (1981 b), destaca-se as de Rotman, o qual enfatiza o conflito entre o modelo evolucionista ramificado de avanço cognitivo e a linear descrição do desenvolvimento por estágios. Outro ponto crítico focal destacado por Rotman apud Vuyk (1981 b) é a visão do desenvolvimento de Piaget, seja evolucionário ou ontogenético, como muito individualizado, a ponto de comparar estruturas de um indivíduo de uma espécie com indivíduos de outras espécies. Finalmente, considera que a teoria da evolução piagetiana, é muito devedora de certas visões progressistas dos séculos XVIII e XIX, incapaz de promover qualquer abalo no paradigma neodarwinista.

A grande obra de Piaget *Biologia e conhecimento* (2000) tem seus fundamentos teóricos em biologia evolucionária principalmente nas teorias cibernéticas de auto-organização do geneticista, paleontologista e embriologista Conrad Hal Waddington (1905-1975), que apesar de considerar-se

um neodarwinista convicto, ocupa uma posição marginal (ou “alternativa”) entre os teóricos formuladores do núcleo firme do programa de pesquisas neodarwinista. Suas idéias sobre assimilação genética, epigênese, homeorrese e crédodos (WADDINGTON, 1977) são consideradas por neodarwinistas ortodoxos como uma espécie de neolamarckismo.

Suas teorias sobre evolução orgânica são consideradas por Piaget como um *tertium* entre o lamarckismo e o neodarwinismo clássico (mutacionismo).

Para ele Waddington:

[...] é o primeiro a apresentar uma síntese propriamente dita, distinguindo no seio do sistema evolutivo quatro grandes subsistemas, tendo cada um suas próprias regulações mas necessariamente ligados entre si por um conjunto de circuitos cibernéticos: 1) o sistema genético; 2) o sistema epigenético; 3) a exploração do meio; e 4) as ações da seleção natural. [...] enquanto o lamarckismo via no germe um instrumento de simples registro das modificações somáticas, tendo por finalidade a transmissão hereditária, e o mutacionismo considerava este genoma como a única fonte de preformação ou das variações aleatórias, Waddington, depois de Dobzhansky, concebe-o enfim como um sistema ativo de “respostas” e de reorganizações, que fazem frente ao meio sem simplesmente sofrer a influência dele, mas utilizando as informações dele provenientes, em lugar de ignorá-lo ou de impor-lhe seu programa. Tal é a novidade que representa este *tertium* ou a superação das teses até agora antitéticas. E é por isto que se pode agora considerar que as três correntes dominantes nas teorias da evolução são o lamarckismo e o neodarwinismo e as concepções nascentes resultantes da cibernética (PIAGET, 2000: 142-143).

Em toda a sua obra Piaget (2000) sustenta a sua tese central de que existe uma correspondência de funções e isomorfismos parciais de estruturas entre a biologia evolutiva e as funções cognitivas dos sujeitos. Pois a auto-regulação cognitiva utiliza os sistemas gerais de auto-regulação orgânica, encontradas em todas as escalas genéticas, morfogenéticas, fisiológicas e nervosas e vai adaptá-las aos novos dados das trocas com o meio no âmbito do comportamento. Assim, para Piaget, as estruturas operatórias da inteligência são sistemas de transformações que conservam uma totalidade invariante, como os próprios organismos vivos. Esta conservação do todo através das transformações, supõe uma regulação, com reversibilidade de operações em forma de alças ou *feedbacks* que permitem remontar o curso das transformações (PIAGET, 2000).

Em sua obra *Le comportement, moteur de l'évolution*, originalmente publicada em 1976, Piaget concebe o comportamento como um conjunto de ações que os organismos exercem sobre o meio para modificarem seus estados ou para transformarem a sua própria situação em relação ao próprio meio exterior. O comportamento, escreve ainda Piaget (1977), tende para interiorizações representativas, como na inteligência humana, em que as ações se prolongam em operações mentais. Mais ainda, o comportamento é constituído por ações de natureza teleonômica, tendo como objetivo utilizar ou transformar o meio e também conservar ou aumentar os poderes que os organismos exercem sobre esse meio.

Tendo por hipótese central que o comportamento é o motor da Evolução, Piaget (2002) descarta as duas soluções extremas do lamarckismo, para o qual o comportamento é o único fator, e do neodarwinismo, que não levanta este problema, baseando-se em variações aleatórias que tem valor adaptativo depois de passar pela seleção natural. Entre os dois extremos Piaget procura um *tertium*, desta vez baseado na reconhecida contribuição teórica de Baldwin, com a sua teoria da seleção orgânica; nas contribuições de Waddington, com a hipótese da assimilação genética; nas contribuições do biólogo austríaco Paul Alfred Weiss (1898-1989) com a idéia de dinâmica global. Como contribuições teóricas secundárias, Piaget incorpora (ou retém, nas suas palavras) as idéias sistêmicas de Bertalanffy (1982), as do biólogo evolutivo soviético Ivan Schmalhausen e, finalmente, na sua teoria evolutiva baseada na idéia de fenocópia.

Atuais pesquisadores em biologia evolutiva, comportamento evolutivo e biologia do desenvolvimento, tais como Lewontin (1998), Dopazo e Perazzo (2001, 2002) e Gilbert (2003), sugerem que esses autores referenciados por Piaget, na formulação da sua teoria evolutiva, compartilham a idéia de que o ambiente tem um papel importante na evolução orgânica, de que os organismos vivos constituem-se em sistemas abertos e de que mecanismos cibernéticos estão envolvidos nos processos evolutivos. Entretanto, a importante contribuição de Piaget no campo da biologia evolutiva continua a ser ignorada.

Na compreensão de Piaget (1977, 2002) os mecanismos evolutivos não poderiam deixar de considerar o meio interno do organismo e as modificações que aí se produzem sob a influência de novos fenótipos. Mesmo que as mutações que surjam neste contexto de natureza aleatória, a seleção do meio interno obedece a um mecanismo adaptativo muito mais preciso que a seleção natural, tendo em vista as correções contínuas das regulações epigenéticas. Pois, contrariamente às simples ações externas do tipo lamarckiano ou seleção externa do tipo darwiniano, todo esse mecanismo baseia-se na necessidade de reconstruções endógenas.

Em resumo, ou o acaso e a seleção são suficientes para todo o processo ou o comportamento é o principal motor da Evolução. Isto quer dizer que, ou existe um enorme desperdício do tipo ensaio-erro antes de qualquer solução; ou existe um mecanismo dotado de uma lógica interna ligado à organização e auto-regulação dos seres vivos (daí a sua profunda divergência com as idéias de Monod).

Para Piaget (1977: 64) a idéia de *assimilação genética* de Waddington, é: “o processo segundo o qual um caráter fenotípico, produzido inicialmente em resposta a uma influência do meio, se conserva, graças a uma seleção feita pelo genótipo, mesmo na ausência das condições exteriores que foram necessárias para a sua formação”.

Sua teoria evolutiva tem significativas aproximações com teorias biológicas atuais que estão questionando o modelo evolucionário neodarwinista, tais como a idéia de que os organismos são sistemas abertos até um certo ponto nas relações entre esta abertura e o seu fecho funcional sob a forma de ciclos, sendo necessárias para a autoconservação do sistema que tem uma forte aproximação com a idéia de “clausura operacional” de Maturana e Varela (2003), quando estes concebem na organização dos seres vivos sua identidade está especificada por uma rede de processos dinâmicos fechados enquanto operam.

Sobre o papel do ambiente na Evolução suas idéias tem uma grande aproximação com as de Lewontin (1998) quando este acredita que os organismos são construtores de seus próprios ambientes.

Na perspectiva do papel da história da ciência nos processos psicológicos do desenvolvimento, escreve Piaget:

A hipótese fundamental da epistemologia genética é de que existe um paralelismo entre o progresso alcançado na organização lógica e racional do conhecimento (história da ciência) e os processos psicológicos formativos correspondentes. (PIAGET, 2002: 13).

Piaget e Garcia (1987) foram os que mais incentivaram a idéia de exploração do paralelismo entre a construção do conhecimento científico e o processo cognitivo. Entretanto, eles não acreditavam na tese recapitulacionista de que os estudantes reproduzam os passos dos cientistas do passado, como expresso por Thomas Khun na sua tese de que “a ontogenia cognitiva recapitula a filogenia científica” (MATTHEWS, 1995). Mais precisamente, os autores acreditavam que “os mecanismos de passagem de um período histórico ao seguinte são análogos aos da passagem de um estágio psicogenético ao seguinte”.

Numa crítica atual, escreve Eichler (2006) com razão, que os biólogos não conhecem a biologia de Piaget. Mesmo que ele tendo enfatizado a importância da biologia e da filosofia durante toda a sua vida. Piaget é raramente lido pelos biólogos. Uma vez que o número de textos de Piaget que apresenta sua biologia (mais de 42 artigos e 3 livros) é considerável, é possível evocar a relativa marginalidade dessa parte de sua obra. Segundo o autor, isto estaria justificado pela fraca difusão dos seus trabalhos biológicos, bases experimentais e técnicas fracas, com referência quase nula a bibliografia especializada.

Dessa forma, seus construtos teóricos explicativos da ontogênese e filogênese seriam difíceis de integrar na perspectiva da teoria sintética da evolução, cujo caráter simplista e reducionista denunciava. Finalmente, o próprio conteúdo e a retórica de Piaget, são de uma certa maneira,

próximos do discurso filosófico. Uma vez que lhe faltara tempo suficiente consagrado à experimentação, ele construiu uma biologia racional que foi elaborada sobre poucas observações sistemática, sobre uma leitura crítica das teorias antigas e contemporâneas.

A finalidade da sua pesquisa biológica foi centrada sobre os dois maiores eixos da Biologia, a ontogênese dos indivíduos e a evolução das espécies. Esses temas conduzem e unificam o seu projeto de pesquisa. No qual, a interrogação chave é compreender a significação das interações entre o organismo e o meio, na sua dimensão evolutiva. Essas interações foram vistas como essenciais, tanto na formação das raças e variedades, como na formação das novas espécies.

Para Eichler (2006) Piaget concebia os organismos como sistemas dinâmicos, construtivos e auto-reguladores. Assim, a manifestação fundamental da atividade regulatória é a construção, pois, sistemas regulatórios constroem a si mesmos e também o ambiente em sua volta. É o organismo que ativamente constrói uma estrutura operacional interna em sua busca do equilíbrio através de uma homeostase regulatória. É essa estrutura que codifica a informação ambiental em virtude do papel seletivo do ambiente em sua gênese, assim o conhecimento surge como um subproduto da atividade.

Portanto, a atividade construtiva seria o foco distintivo da psicologia e da biologia de Piaget. Isso explicaria o seu afastamento teórico do neodarwinismo ortodoxo.

Para Buscaglia (1985) apud Eichler (2006), a sua biologia piagetiana seria em resumo: 1) A oposição à idéia de uma seleção natural passiva, do tipo neodarwinista; 2) A importância atribuída à intervenção da atividade individual, e por consequência da construção das vias possíveis da evolução, pois os indivíduos são os determinantes da direção tomada, cujos limites determinam a seleção; 3) A elaboração de um modelo interacionista e epigenista do desenvolvimento ontogenético e filogenético; 4) A concepção do organismo como entidade autoregulada.

Como herança teórica da perspectiva evolucionária piagetiana existem atualmente as chamadas teorias epigenéticas da evolução, que partem da noção de epigênese que corresponde à

influência do ambiente na expressão do código genético, é correntemente compreendida como o processo de transformação de uma célula primordial, mediante sucessiva formação e adição de novas partes que não existiam previamente no ovo.

Para Ho (1998) existem diferentes teorias epigenéticas da evolução, algumas são anteriores à síntese darwiniana. Um ponto comum a todas as teorias epigenéticas é a idéia da flexibilidade no desenvolvimento de todos os organismos. Em particular, observou-se que as modificações no desenvolvimento artificiais induzidas se assemelham frequentemente (fenocópia) aquelas existentes naturalmente em raças geográficas relacionadas ou em espécies.

Assim, parece razoável supor que as novidades evolutivas se manifestam primeiramente como modificações desenvolvimentais que se tornaram de algum modo estavelmente hereditárias (ou não, conforme as circunstâncias) em gerações subseqüentes.

O organismo experimenta seu ambiente em um processo interativo contínuo, ajustando e mudando, deixando impressões no seu sistema epigenético, seu genoma bem como o ambiente são passados às gerações subseqüentes. Assim, não há nenhuma separação entre o desenvolvimento e a evolução. Dessa maneira, o organismo participa ativamente em dar forma a seu próprio desenvolvimento bem como a evolução de sua comunidade ecológica.

Para a autora (HO, 1998) quando a abordagem epigenética reafirma a natureza holística fundamental da vida, não pode se basear em nenhuma justificação à idéia de um mecanicismo simplista dos efeitos arbitrários do uso e desuso ou da herança de caracteres adquiridos. Os organismos são considerados como complexos sistemas dinâmicos não-lineares, e como tais, possuem áreas de estabilidade e de instabilidade que os permitem manter a homeostase, ou para adaptar-se à mudança (ou não conforme as circunstâncias).

Nessa perspectiva, a dinâmica do processo desenvolvimental fornece a chave para a hereditariedade e à evolução, em determinar os tipos de mudanças que podem ocorrer, em sua resistência à determinadas perturbações e sua suscetibilidade a outras.

O paradigma epigenético que abrange a psicologia comparativa e a biologia pode ser caracterizado pelos seguintes aspectos:

1 - O desenvolvimento ocorre por epigênese, onde a experiência ambiental dos organismos entra como necessária influência formativa, não ocorrendo nenhuma preformação ou predeterminação dos genes;

2 - As mudanças evolucionárias são iniciadas por mudanças desenvolvimentais;

3 - Estas mudanças desenvolvimentais não são arbitrárias, sendo determinadas pela dinâmica do próprio sistema epigenético;

4 - As mudanças desenvolvimentais podem ser assimiladas pelo novo sistema organismo/ambiente como um todo, ajustando os seus parâmetros para uma futura evolução;

5 - A epigênese atua na mediação entre os níveis biológico e social servindo para integrar os dois níveis em um todo estrutural e funcional;

6 - O desenvolvimento e a evolução são processos contínuos, quando o organismo participa em dar forma à sua própria história desenvolvimental e evolucionária.

Segundo Ho (1998) a teoria de Darwin é a seleção natural que envolve uma separação do organismo de seu ambiente. O organismo é fechado conceitualmente fora de sua experiência, conduzindo logicamente à barreira e ao dogma central de Weismann do paradigma genético, que é reducionista na intenção e na realidade. A teoria de Lamarck, por outro lado, é da transformação que se surge da própria experiência do organismo no ambiente. Requer uma concepção do organismo como aberto ao ambiente -- que é realmente -- e convida-nos a examinar a dinâmica da transformação, bem como os mecanismos por meio da qual a transformação pode ser “internalizada”.

3.6 VIGOTSKI

Na perspectiva sócio-histórica de Vigotski (1896-1934) e seus seguidores, escreve Duarte (2004) que,

[...] está explícita a concepção de que a ontogênese humana não pode ser explicada através da relação biológica entre organismo e meio. A questão que não pode ser esquecida é a de que o modelo biológico de interação entre organismo e meio implica as noções de adaptação e equilíbrio na relação do organismo com o meio ambiente, sem o que o organismo não sobrevive. O modelo de interação entre organismo e meio não possibilita a compreensão da relação histórico-social entre objetivação e apropriação, que caracteriza a especificidade do desenvolvimento humano [...] Entendo, portanto, que a categoria de interação entre organismo e meio ambiente, ao esconder aspectos fundamentais da especificidade do desenvolvimento do indivíduo frente à ontogênese animal, tem servido como categoria escamoteadora de divergências fundamentais entre a concepção histórico-social do ser humano e concepções psicológicas e pedagógicas de cunho naturalizante. (Duarte, 2004: 37)

Em contato com o modelo teórico proposto por Vigotski, não é difícil perceber que seus estudos foram profundamente influenciados pelo pensamento de Marx e Engels. É na dialética materialista que Vigotski busca subsídios para desenvolver seu método e elaborar hipóteses com o intuito de explicar como ocorre o desenvolvimento das funções superiores do comportamento humano. Aliás, esta é uma influência da qual Vigotski muito se orgulhava, fazendo questão de afirmar suas crenças filosóficas em várias passagens da sua obra, como bem atestam as inúmeras menções nele encontradas a respeito do fato. (PALANGANA, 1994).

Segundo Van Der Veer e Valsiner (1996), Vigotski, sob uma ótica marxista, distinguia dois períodos da filogenia humana. Na primeira, a evolução biológica era explicada por Darwin; na segunda, a história humana, foi esboçada por Marx e de forma mais completa por Engels. Para quem o trabalho era a característica que definia os seres humanos. Vigotski conhecia bem a obra de Darwin e aprovava a sua teoria da Evolução, que segundo ele era a chave para o entendimento do comportamento animal. Para Vigotski, Darwin desenvolvera uma explicação genética da Evolução,

sendo o fundador de uma abordagem genético-causal na ciência. Vigotski, portanto, articulou as teorias de Darwin e Engels para proporcionar um quadro geral da origem dos seres humanos. Para ele os animais demonstram que usam instrumentos, mas não o trabalho; como não desenvolvem o trabalho eles não podem desenvolver a fala e uma cultura.

A história dos seres humanos, portanto, era para Vigotski a história dos artefatos que permitiram o domínio da natureza, assim como o instrumento técnico da fala permitiu dominar seus próprios processos mentais (VAN DER VEER; VALSINER, 1996).

Para os mesmos autores (VAN DER VEER; VALSINER, 1996.) Vigotski não tinha problemas em aceitar a idéia de que a evolução do homem a partir dos animais. Mas ele não aceitava que esta fosse a história completa e não aceitava a afirmação de Darwin de que as faculdades mentais do homem e dos animais não diferem em tipo e sim em grau. Vigotski afirmava que havia diferenças fundamentais entre os animais e os seres humanos que se originaram com o início da cultura humana. Pois, enquanto os animais são quase totalmente dependentes da herança genética, os seres humanos podem transmitir e dominar os produtos da cultura. Os traços especificamente humanos são adquiridos no domínio da cultura por meio da interação social. Vigotski limitava o papel da base genética do comportamento humano, que acreditava restrita aos processos inferiores. Os superiores desenvolviam-se na história humana e tinham que ser dominados de novo por cada criança humana em um processo de interação social.

Para os autores citados (VAN DER VEER; VALSINER, 1996), Vigotski tinha uma ligação direta com as concepções evolutivas de Baldwin, sobretudo com as noções de “seleção orgânica” e “reação circular”, se constituindo numa das raízes da metodologia histórico-cultural.

Vigotski (1981) estudando a gênese das funções mentais superiores apresenta uma crítica a Piaget que compara o desenvolvimento da psicogênese ao desenvolvimento embrionário. Vigotski acha mais correto compará-lo à origem das espécies de Darwin. Nesse sentido analisa os estudos de Koffka e Kohler sobre o desenvolvimento infantil usando um modelo lamarckiano, isto é, as

funções superiores seria explicadas pelas inferiores, enquanto os de Bühler são de modelo de seleção darwinista das representações e pensamentos durante o desenvolvimento.

3.7 PSICOLOGIA EVOLUCIONÁRIA

Para o psicólogo evolucionário Steven Pinker (1998), a psicologia evolucionária é uma engenharia reversa da psique: descobre-se para que finalidade uma máquina foi projetada. Criada pela psicóloga Leda Cosmides e pelo antropólogo John Tooby, nos anos 80 do século XX.

Para Cosmides e Tooby (1992) os princípios da teoria da evolução estão sendo ignorados devido a influência dominante do Modelo Padrão das Ciências Sociais e devem ser reexaminados. Esse "padrão" propõe que os seres humanos nascem com um cérebro com propósitos genérico, que não contém instruções congênitas codificadas em seu *hardware* (natureza), e que necessita do "preenchimento" com instruções dadas por aqueles que o rodeiam, (educação). Na opinião dos autores a incapacidade de aplicar a biologia na psicologia é devida essencialmente às tentativas da humanidade em ser gentil e "politicamente correta" que influenciou as normas sociais que regiam a sociedade nos anos 60 e 70. Assim deve-se atrasar o relógio do tempo de volta às nossas origens de primatas e renovar nossa busca por comportamento humano, hoje equipadas com novos conhecimentos multidisciplinares e, portanto, para compreender as relações entre a biologia e a cultura, deve-se primeiro compreender a arquitetura de nossa psicologia avançada.

Para os próprios autores (COSMIDES;TOBBY, 1992) psicologia evolucionária não é uma área da psicologia, é uma maneira de pensar a respeito da psicologia que pode ser aplicada a qualquer uma de suas áreas. Quando os psicólogos evolucionários falam da “mente”, se referem ao

conjunto de mecanismos processadores de informação corporificados no cérebro humano, responsáveis pela atividade mental consciente e inconsciente e geradores de todo o nosso comportamento. O que permite ir mais além das aproximações tradicionais ao estudar a mente, é o uso intensivo nas investigações de um fato que normalmente se passa por alto: que os programas que compõem nossa mente foram desenhados pela seleção natural para resolver os problemas adaptativos que enfrentaram nossos ancestrais caçadores-coletores. Isso obriga a buscar programas apropriados para resolver problemas como a caça, a busca de plantas comestíveis, a corte, a cooperação com familiares, a formação de coalizões para defesa mútua, a evitar predadores, etc. Nossa mente deve conter programas que nos transformam em bons resolvidores desses problemas, sem importar se são relevantes ou não no mundo moderno.

Do ponto de vista crítico, Gould (2002) considera que a psicologia evolucionária tem suas raízes na sociobiologia, o estudo das bases biológicas para o comportamento social das espécies. Distingue-se desta por um deslocamento no foco dos comportamentos aos mecanismos cognitivos subjacentes. Além disso, os psicólogos evolucionários não acreditam que todos os comportamentos são dirigidos por mecanismos genéticos, nesta perspectiva a mente construiu adaptações de uma natureza mais geral, um jogo de regras que governam o comportamento. Sua premissa básica é que a seleção natural favorece comportamentos e módulos cognitivos e processamento de informações da mente que realçam o sucesso reprodutivo dos organismos, isto é, a passagem dos genes à geração seguinte.

Para o seu principal divulgador (PINKER, 2004) a chamada “revolução cognitiva” dos anos 50 do século passado, estabeleceu as cinco idéias que foram assumidas pela psicologia evolucionária: 1) O mundo mental pode ser alicerçado no mundo físico pelos conceitos de informação, computação e feedback (Teoria Computacional da Mente), pois crenças e desejos são informações, encarnadas como configurações de símbolos. Os símbolos são os estados físicos de *bits* de matéria, como os *chips* de um computador ou os neurônios do cérebro; 2) A mente não pode ser uma tabula

rasa, pois tabulas rasas não fazem coisa alguma; 3) Um conjunto infinito de comportamentos pode ser gerado por programas combinatórios finitos na mente; 4) Mecanismos mentais universais podem fundamentar a variação superficial entre culturas; 5) A mente é um sistema complexo composto de muitas partes que interagem.

Assim, a mente é um sistema de órgãos de computação, projetados pela seleção natural para resolver os tipos de problemas que nossos ancestrais enfrentavam em sua vida de caçadores-coletores, em especial entender e superar em estratégia os objetos, animais, plantas e outras pessoas. (PINKER, 1998).

Argumenta o autor (PINKER, 1998) que durante 99% da existência humana, as pessoas viveram da coleta de alimentos, em pequenos grupos nômades. Nosso cérebro está adaptado a esse modo de vida extinta há muito tempo e não às recentíssimas civilizações agrícolas e industriais. O objetivo supremo que a mente foi projetada para atingir a maximização do número de cópias dos genes que a criaram. A seleção natural somente se importa com o destino de longo prazo das entidades que se replicam, ou seja, entidades que conservam uma identidade estável ao longo de muitas gerações de cópias.

A crença de que todos os seres humanos possuem módulos mentais inatos em seus cérebros para conhecimentos específicos, que os auxiliam a adaptar-se aos ambientes locais, constitui o cerne da psicologia evolutiva. Esses seriam altamente especializados e ativados somente quando se necessita alguma informação. Esses módulos, ao serem ativados, forneceriam ao cérebro determinados algoritmos (instruções estruturadas) que evoluíram a partir de nossos ancestrais, para adaptar-se a todas as situações com que nós, enquanto seres humanos, agora nos defrontamos. Conhecer como esses módulos funcionam em relação ao meio-ambiente e à cultura nos quais os seres humanos se encontram, constituem as áreas de pesquisas nas quais a psicologia evolucionária é aplicada. Essas áreas objetivam configurar modelos de comportamento baseados em estudos de primatas, em pesquisas de populações de coletores-caçadores e a partir de evidências antropológicas nas

melhores probabilidades de resolução de problemas de nossos padrões ancestrais de comportamento.

Para Cosmides e Tobby (1992) os canivetes suíços são ferramentas flexíveis. Sua flexibilidade não provém do fato que uma mesma ferramenta se aplique para todos os problemas. Pelo contrário, é um agrupamento de ferramentas, cada uma bem desenhada para resolver um problema diferente: lâmina para cortar papel, saca-rolhas para abrir garrafas, palitos para limpar os dentes, etc. Cada um resolve bem um problema e assim outorga flexibilidade para abordar problemas em geral. De maneira similar, a mente humana não tem uma única ferramenta para resolver todos os problemas, e se assim fosse, seria muito limitada. A mente humana contém um grande número de programas, cada um desenhado para resolver um problema adaptativo diferente: escolher um parceiro, cuidar das crianças, buscar alimento, evitar predadores, explorar um território, formar coalizões, comerciar, defender a família de agressões, etc. Somos solucionadores flexíveis de problemas, em parte porque nossas mentes têm muitas ferramentas bem desenhadas.

Esperam os autores (COSMIDES; TOBBY, 1992), que a biologia evolucionária será parte do programa da psicologia, assim como cada biólogo necessita saber física e química. Os biólogos não aprendem física e química porque a biologia pode-se “reduzir” a estas disciplinas. Aprendem porque enriquecem seu entendimento dos processos biológicos. Esse mesmo enriquecimento ocorrerá quando os psicólogos aprenderem biologia evolucionária (e também quando os biólogos aprenderem mais ciências cognitivas). Quando os psicólogos entenderem a biologia evolucionária, saberem como fazer perguntas sobre o valor adaptativo, estudos mais precisos serão realizados sobre a mente. Buscarão programas que nenhuma pessoa leiga em conhecimentos evolucionários suspeitaria que existissem. Nesse momento, não teria sentido continuar falando-se em psicologia evolucionária. Será simplesmente psicologia.

Entretanto, a psicologia evolucionária tem pouco ou nenhum poder explicativo para a pergunta: *Como explicar a rápida evolução dos seres humanos em apenas 6 milhões de anos que os separam dos grandes macacos?*

Para o antropólogo evolucionário Michael Tomasello (2003), o período histórico acima referido é um tempo muito curto do ponto de vista da Evolução. Tal tempo não seria suficiente para que os processos normais de evolução biológica que envolvem variação genética e seleção natural criassem, uma por uma, todas as habilidades cognitivas necessárias para que os humanos modernos inventassem e conservassem complexas aptidões e tecnologias no uso de ferramentas, complexas formas de comunicação e representação simbólica, e complexas organizações e instituições sociais.

Para o autor (TOMASELLO, 2003) foi apenas nos últimos dois milhões de anos que a linhagem humana deixou de apresentar apenas habilidades cognitivas típicas dos grandes macacos e os primeiros sinais contundentes de habilidades cognitivas únicas da espécie surgiram apenas no último quarto de milhões de anos com o moderno *Homo sapiens*. Em algum canto da África, há cerca de 200 mil anos, uma população de *Homo* deu início a uma nova e diferente trajetória evolutiva: Começaram a produzir novas ferramentas de pedra adaptadas a fins específicos; começaram a usar símbolos para se comunicar e para estruturar sua vida social; inauguraram novos tipos de práticas e organizações sociais, do enterro cerimonioso dos mortos à domesticação de plantas e animais.

Estes fatos evolutivos seriam explicados apenas pelo aumento do cérebro, como queriam os primeiros antropólogos físicos? Ou apenas pela seleção natural dos módulos mentais, como querem os atuais psicólogos evolucionários?

Para Tomasello (2003), O mecanismo biológico da transmissão social ou cultural, que funciona em escalas de tempo de magnitudes bem mais rápidas do que as da evolução orgânica é de maior poder explicativo.

As tradições e os artefatos culturais dos seres humanos acumulam modificações ao longo do tempo de uma maneira que não ocorre nas outras espécies animais – é a chamada evolução cultural cumulativa, que exige não só invenção criativa, mas também, e de modo igualmente importante, transmissão social confiável que possa funcionar como uma catraca para impedir o resvalo para trás – de maneira que o recém-inventado artefato ou prática preserve sua forma nova e melhorada de modo bastante fiel pelo menos até que surja uma outra modificação ou melhoria (efeito catraca) (TOMASELLO, 2003).

Como se pode constatar, a influência da teoria da Evolução na Psicologia foi multifacetada. Esta influência se manifesta desde a ênfase no papel do comportamento no processo evolutivo entre os psicólogos: Baldwin, Mead e Piaget; na clareza da distinção feita por Vigotski da singularidade da evolução cultural humana, até a perspectiva reducionista da psicologia evolucionária no uso da teoria da seleção natural na tentativa de explicar o funcionamento da mente humana.

4 DARWIN x LAMARCK NO AMBIENTE ESCOLAR

A existência de concepções alternativas em Evolução e Seleção Natural tem sido registrada por vários autores (CLOUGH; DRIVER, 1986; GOOD, et al., 1992; SCHARMANN; HARRIS, 1992; CUMMINS, DEMASTES; HAFNER, 1994; MAYR, 1998). Alguns estudos enfocam tópicos específicos como a seleção natural (LAWSON; THOMPSON, 1988; GREENE, 1990; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 1992, 1996; GRANT, OWEN; CLARKE, 1996; SETTLAGE, 1996; FERRARI; CHI, 1998; ANDERSON, FISHER; NORMAN, 2002), adaptação e reprodução (LUCAS, 1971; CLOUGH; WOOD-ROBINSON, 1985; RENNER, BRUMBY; SHEPHERD, 1981).

Na literatura em educação em ciências diversos estudos têm sido realizados sobre como os alunos compreendem a Evolução (BISHOP; ANDERSON, 1990; GENÉ, 1991; DEMASTES, SETTLAGE; GOOD, 1995; DEMASTES, GOOD; PEEBLES, 1996; JENSEN; FINLEY, 1995; SETTLAGE, 1994; TAMIR; ZOHAR, 1991). As explicações dos alunos sobre Evolução representam uma complexa mistura de idéias lamarckistas, darwinistas, neodarwinistas e causas teleológicas, muito resistentes a mudanças (DEADMAN; KELLY, 1978; BRUMBY, 1979; HALLDÉN, 1988; FIRENZE, 1997). Concepções alternativas sobre Evolução foram estudadas até em estudantes universitários, como de medicina (BRUMBY, 1984) e de doutorado em Física (CHAN, 1998). Outros autores enfocam como ensinar o tema Evolução (JENSEN; FINLEY, 1995; TABAK; REISER, 1997; CLEMENT, BROWN; ZIETMAN, 1989; DEMASTES, GOOD; PEEBLES, 1998; RUDOLPH; STEWART, 1998; HAGMAN, OLANDER; WALLIN, 2001; ALTERS e NELSON, 2002; BANET; AYUSO, 2003). Alguns pesquisadores estadunidenses têm focado a dificuldade no ensino da Evolução em confronto com o movimento criacionista (WOODS; SHARMANN, 2001; BREM, RANNEY; SCHINDEL, 2002; ALTERS; NELSON, 2002; HOFMANN; WEBER, 2003; BLACKWELL, POWELL; DUKES, 2003; GRIFFITH;

BREM, 2004; TIDON; LEWONTIN, 2004) e outros, mais especificamente, enfocam o problema da inadequação de textos e material didático de Biologia no tema da Evolução (BIZZO, 1991, 2000; STERN, 2004; TIDON; LEWONTIN, 2004).

No ensino da Evolução, nota-se que existem diversos obstáculos na construção do conhecimento do tema por parte dos alunos, quando submetidos a um processo de aquisição de conhecimentos através da sua mera transmissão (GENÉ, 1991). Estudiosos citados por Gené (1991.) em seu trabalho, constataram a tendência que têm os alunos de aceitarem a teoria lamarckista como sendo válida para explicar os mecanismos do processo evolutivo, por exemplo, Lucas (1971) pela primeira vez constatou a semelhança entre as explicações dos alunos a respeito da Evolução dos seres vivos com as de Lamarck a respeito do tema. A partir deste trabalho, diversos autores, constataram situações semelhantes em estudantes de diversos níveis escolares.

As idéias de cunho lamarckista têm sido constatadas em estudantes de muitos países distantes entre si, tanto geográfica, quanto culturalmente, como os citados por Gené (1991), Jung Wirt, em 1975, em escolares de Israel; Brumby, em 1980, em escolares ingleses; Hallden, em 1988, em adolescentes suecos; Kinnear e Martin, em 1983, em estudantes australianos.

Quando o mesmo Gené (1991) usou a aplicação de entrevistas e questionários com os alunos, envolvendo situações problemas sobre a Evolução, tais como:

As aves aquáticas que nadam pela superfície da água utilizam-se das patas para sua impulsão apresentam uma membrana interdigital desenvolvida. Esta membrana faz com que o movimento das patas se torne mais eficaz e, portanto, promova o seu deslocamento. Como você explica o surgimento desta membrana interdigital? (Gene, 1991: 22)

As respostas dos alunos invariavelmente eram de que a referida membrana tinha surgido pelo esforço continuado da ave em se deslocar na água e que posteriormente esta característica havia sido transmitida aos seus descendentes.

Os estudos sobre o tema realizados no Brasil, ainda estão iniciando, destacando-se como um dos mais importantes o trabalho de Bizzo (1991.), em sua tese de doutoramento sobre o ensino de

Evolução e história do darwinismo, que através de entrevistas e questionários aplicados aos estudantes do ensino paulista, constatou o mesmo tipo de explicações de cunho “lamarckista” para os mecanismos do processo evolutivo, ressaltando o significado da Evolução que parece ser muito mais amplo, estando suas idéias relacionadas com progresso, crescimento e melhoramento dos seres vivos, principalmente do homem (BIZZO, 1991).

Como síntese dos conceitos dos alunos sobre a evolução e processos que envolvem a biologia evolutiva Bizzo (1994a: 543), apresenta os seguintes pontos: 1) O homem é a referência central para a evolução; 2) O ambiente como causa central da variação; 3) Adaptação como processo individual de ajustamento; 4) Evolução vista como progresso, aperfeiçoamento e crescimento; 5) Evolução biológica e cultural não são claramente distinguidas; 6) Modelos de evolução são construídos junto com os de reprodução e hereditariedade.

Na literatura internacional sobre o tema, destacam-se: os estudos de Deadman e Kelly (1978), que constataram explicações lamarckistas e naturalísticas sobre processos de Evolução orgânica entre alunos secundaristas; as explicações classificadas como naturalísticas referiam-se às relacionadas com aspectos ambientais influenciando a Evolução dos organismos; Brumby (1984) constatou o que denomina de “lamarckismo intuitivo” nas respostas de estudantes de medicina australianos em resposta a questões envolvendo processos de Evolução e Lawson e Thompson (1988) que constataram entre alunos secundaristas do Arizona, a formulação da herança dos caracteres adquiridos, segundo os autores uma teoria lamarckista que antecedeu a teoria da seleção natural de Darwin; neste caso, os autores concluem que o desenvolvimento conceitual dos alunos faz uma recapitulação do desenvolvimento histórico da espécie.

Entretanto, Bizzo (1991, 1994a, 1994b.) faz ressalvas à classificação de lamarckistas as explicações dos alunos, ponderando que não se deve fazer uma simplificação histórica do problema, pois a exposição simplista dos modelos lamarckistas, geralmente apresentados como errados ou

tolos pelos livros textos, tenderia a retrair os alunos, desencorajando-os a debater suas idéias e testar seus modelos contra novos fatos da realidade.

Bizzo, (1994b), em sua tese de livre docência escreve:

Essa versão mais sofisticada de transformismo tem sido tradicionalmente chamada de “lamarckismo”. O nome, como já fizemos ver em várias oportunidades, é absolutamente impróprio por se apoiar em versão histórica distorcida, que falsifica as posições darwinianas, omitindo fatos e mesmo criando versões sem qualquer fundamento. Por exemplo, as explicações pangenéticas dos alunos secundários para explicar a suposta herança das amputações são explicações darwinistas no sentido estrito, pois aparecem estampadas em seus escritos originais, como em *Variation of Animals and Plants Under Domestication* (Darwin, 1868).

Como escrevem Santos e Bizzo (1997), o ensino de Evolução tem sido considerado fundamental para a compreensão dos conceitos centrais da Biologia. Várias pesquisas têm mostrado, no entanto, que os estudantes apresentam representações que são altamente persistentes e que, nas suas idéias, compreendem a evolução como melhoramento, crescimento e aperfeiçoamento. No seu estudo, os autores concluíram que os alunos acreditam que os seres vivos devem se modificar ao longo do tempo, mas o mecanismo desta modificação, não é bem entendido.

Em estudo mais recente no Brasil, numa colaboração inédita entre uma pesquisadora brasileira (Rosana Tidon, da Universidade de Brasília) e um pesquisador em biologia evolutiva de renome internacional (Richard Lewontin, da Universidade de Harvard), enfocou o perfil do ensino da Evolução entre professores de Biologia do ensino médio em Brasília: Mais da metade dos professores da rede pública de ensino que foram pesquisados admitem encontrar dificuldades no ensino da biologia evolutiva por razões diversas, tais como: deficiências do professor na sua formação acadêmica, imaturidade e falta de pré-requisitos dos alunos, deficiência do material didático e falta de tempo para inserir o conteúdo no currículo. Mas apesar disso, e paradoxalmente, a maioria dos professores pesquisados considera ser “fácil para eles” ensinar as teorias de Lamarck e Darwin (TIDON; LEWONTIN, 2004).

Além das queixas apresentadas pelos professores consultados na pesquisa, temos também outro dado sintomático e importante para analisar e refletir, que diz respeito a essa “suposta facilidade de se ensinar as teorias de Lamarck e Darwin”: quase metade dos professores que participaram dessa pesquisa inconscientemente usam argumentações lamarckistas para explicar a Evolução orgânica.

Assim, como se pode ver diante do exposto, ensinar e aprender a teoria da Evolução na verdade não é fácil e nem simples.

Para os autores (TIDON; LEWONTIN,2004) a questão da “complexidade” é outro ponto que tem sido muito discutido na mídia (principalmente na mídia criacionista) e, ultimamente, é o argumento onde os criacionistas modernos se agarram. A tese dos criacionistas “vendida como possibilidade e argumento científico” é a de que a complexidade da vida não poderia ter surgido por mutações genéticas aleatórias e sem um “propósito inteligente” orientando essas mutações. A questão básica aqui é que ninguém quer afirmar explicitamente que esse “propósito inteligente” seria uma espécie de “deus” que planeja e faz executar todos os atos da natureza, mas no fundo o que os criacionistas propõem é isso mesmo: que por trás de toda mutação genética que produza um novo ser, e ao longo do tempo novas espécies, há sempre uma “intenção” de algum criador. Isso soa bem como religião, mas é absolutamente irrelevante como ciência.

A mídia e o ambiente lingüístico do cotidiano dos alunos também não favorecem o aprendizado da evolução. Palavras como “evoluir”, “adaptar”, “adaptação” e “aptidão”, por exemplo, possuem um sentido na linguagem cotidiana diferente do sentido evolutivo, mas muitos alunos não conseguem perceber essa diferença ou não conseguem se desprender do sentido usual do termo, usando-o erroneamente no contexto da teoria da evolução. Muitos alunos entendem que “evoluir” é o mesmo que “tornar-se melhor”, que “adaptação” significa “uma mudança individual forçada pelo meio” (TIDON; LEWONTIN, 2004).

Entre os tópicos de biologia evolutiva estudados pelos autores, em sua pesquisa com os professores do ensino médio, constam: evolução humana, história da vida, especiação, conceito de espécie, extinção, adaptação, mecanismos evolutivos, teorema de Hardy-Wienberg, frequência de alelos, seleção natural, fontes de variação, neodarwinismo, evidências da evolução, teoria de Darwin e teoria de Lamarck. Entre os mais difíceis tópicos a serem ensinados destacam-se: a frequência de alelos, o teorema de Hardy-Weinberg e a evolução humana e entre os mais fáceis de serem ensinados: a teoria de Lamarck, a teoria de Darwin, o conceito de espécie e as fontes de variação (TIDON; LEWONTIN, 2004).

Os livros didáticos de Biologia (ou História Natural), iniciam a tratar o tema Evolução a partir dos anos trinta do século passado. Nestes, o tema ainda é tratado timidamente e a dicotomia teórica entre o Darwinismo x Lamarckismo ainda não estava estabelecida. O tópico sobre Evolução é tratado ainda como recurso teórico nos capítulos referentes à Paleontologia, no estudo dos fósseis ou no de Hereditariedade. Nesses livros textos, um expressivo número de antigos naturalistas é referenciado como precursores da teoria da Evolução.

A partir dos anos sessenta, o ensino das chamadas Ciências Naturais, e particularmente da Biologia, foi fortemente influenciado pela publicação do BSCS (*Biological Sciences Curriculum Study*) – Versão Azul, traduzido no Brasil como uma “inovação” no ensino das ciências com os “objetivos de atualizar os conteúdos e dar aos alunos uma visão abrangente das várias ciências e tornar o ensino experimental” como escreve Krasilchik (1987), com a participação de pesquisadores brasileiros como a própria Myriam Krasilchik e Oswaldo Frota-Pessoa (FRACALANZA, 1985).

É nesta obra que pela primeira vez é estabelecido o confronto teórico entre o lamarckismo e o darwinismo como “dois pontos de vista em conflito” (BSCS, 1965). Em primeiro lugar a teoria lamarckiana é rebaixada a uma mera “hipótese”, que não teria base experimental e, muito menos, a “prova” da transmissão dos caracteres adquiridos. No texto, as especulações de Lamarck são confrontadas ao modelo canônico do trabalho científico de Darwin, que com seu trabalho

“experimental” teria “provado” a sua teoria da Evolução através da seleção natural. É esta visão distorcida e superficial da história que vai perpetuar-se na maior parte dos livros didáticos de Biologia e nas práticas pedagógicas dos professores da área, até a atualidade.

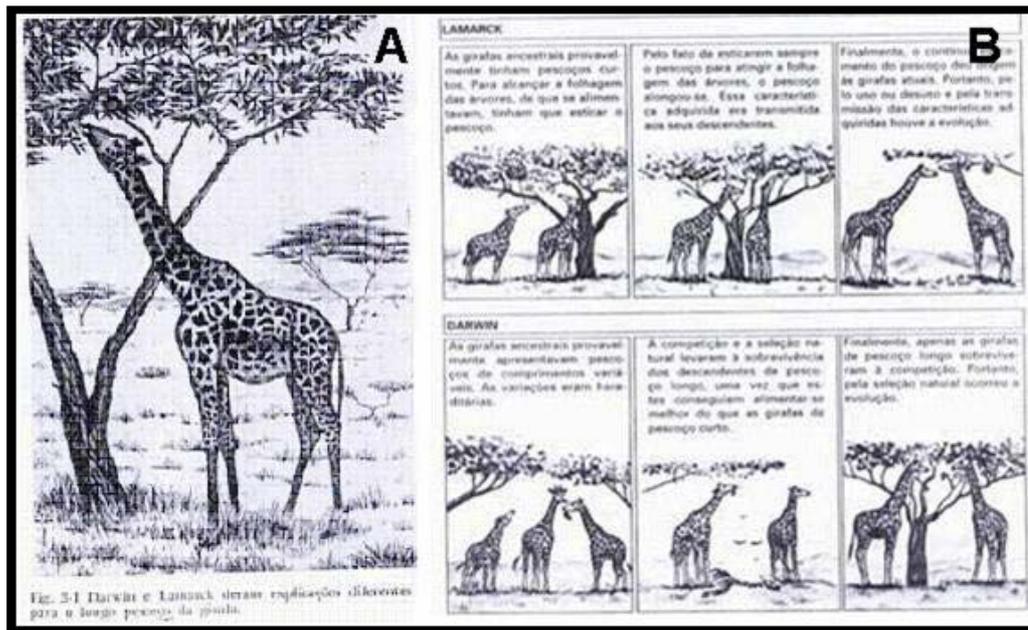


Figura 3: A: Ilustração do BSCS (1965, p.39) sobre o alongamento do pescoço da girafa em Lamarck e Darwin; B: ilustração de Lopes (1999, p.228) sobre o mesmo assunto.

No BSCS (Fig.3 A), também pela primeira vez é apresentado o exemplo da figura da girafa para ilustrar as diferenças de abordagem explicativa entre Lamarck e Darwin sobre o alongamento do pescoço deste animal. Tal exemplo foi reproduzido desde então na maioria dos livros didáticos de Biologia até a atualidade (Fig.3 B), constituindo-se numa iconografia clássica para estabelecer a controvérsia entre Lamarck e Darwin.

Entretanto, o próprio Lamarck (1809), cita o exemplo do alongamento do pescoço da girafa como o quinto de uma série de exemplos de uso de órgãos ou partes nos animais na sua *Philosophie zoologique* e nos seus Discursos de Abertura no Museu nos anos VIII e X. Escreve Lamarck:

A girafa vive em lugares quase sempre áridos e sem ervas. Isso a obriga a pastar as folhas das árvores, e se esforçar continuamente para atingi-las; resultando desse hábito, se sustentado por muito tempo em todos os indivíduos de sua raça, que suas pernas dianteiras tornaram-se mais longas do que as traseiras e que o seu pescoço se alongou tanto que a girafa, sem se colocar sobre as suas patas traseiras, eleva sua cabeça e atinge seis metros de altura [...] (Lamarck, 1808: 65).

É interessante notar que neste exemplo Lamarck não se refere à herança dos caracteres adquiridos, apesar de que na maioria dos livros didáticos de Biologia este aspecto é insistentemente reproduzido.

Sobre o assunto Darwin (1952, 1961) assim escreve na *Origem*:

A alta estatura da girafa, o comprimento do pescoço, dos membros anteriores, da cabeça e da língua, tornam-na um animal admiravelmente adaptado para se alimentar dos ramos elevados das árvores. [...] Além disso, para a girafa que nasceu no estado selvagem, os indivíduos mais elevados e capazes de comer uma poadada ou duas mais acima do que os outros, têm muitas vezes podido ser conservados em tempos de fome [...] porque os indivíduos, tendo uma ou mais partes mais alongadas que de ordinário, devem em geral ser os únicos a sobreviver [...] combinada sem dúvida com *os efeitos hereditários do aumento do uso das partes*, parece-me quase certo que um quadrúpede ungulado ordinário poderia converter-se em girafa. (grifo nosso). (DARWIN, 1952, 1961: 207-208, 229).

E mais adiante escreve resumindo:

No que respeita à girafa, a conservação contínua dos indivíduos de algum ruminante extinto, ante o comprimento do pescoço, das pernas, etc., a faculdade de pastar acima da altura média, e a destruição contínua dos que não podiam atingir a mesma altura, bastaria para produzir este quadrúpede notável; *mas o uso prolongado de todas as partes, assim como a hereditariedade, deviam também contribuir de uma maneira importante para a sua coordenação*. (grifo nosso). (DARWIN, 1952, 1961: 207-208, 229).

Como se vê, o próprio Darwin não considerava suficiente a teoria da seleção natural para explicar o comprimento do pescoço da girafa e apelava para a teoria do uso e desuso das partes ou órgãos e, mais ainda: para a teoria da herança dos caracteres adquiridos.

Assim, não é Lamarck que escreve na abertura de um dos seus capítulos:

A mudança dos hábitos produz efeitos hereditários; poderia citar-se, por exemplo, a época da floração das plantas transportadas de um clima para outro. Nos animais, o uso ou não uso das partes tem uma influência mais considerável ainda. (DARWIN, 1961: 11).

Em outra obra sua, *A origem do homem e a seleção sexual*, Darwin (1952, 1974) escreve:

[...] mas agora admito, depois de ter lido o trabalho de Nägeli sobre as plantas e as notas de muitos autores a respeito dos animais, em particular aqueles recentes do Prof. Broca, que na primeira edição do meu **A Origem das Espécies** talvez tenha emprestado excessiva importância à ação da seleção natural ou à sobrevivência dos mais capazes [...] Com efeito, se me equivoquei ao atribuir à seleção natural uma excessiva importância, a qual hoje estou bem longe de admitir [...] (grifos nossos). (DARWIN, 1952, 1974: 78)

Isto basta para demonstrar o quanto é falso o exemplo do alongamento do pescoço da girafa reproduzido na grande maioria dos livros didáticos de Biologia (BSCS, 1965:39; LOPES, 1999: 228) como ilustrativo da perspectiva lamarckista.

Se imaginássemos que tal história em quadrinhos fosse mostrada a Darwin, ele, em primeiro lugar, certamente ficaria indignado com a superficialidade com que é tratada a sua teoria e, em segundo lugar (honesto como era), explicaria o fenômeno pela seleção natural, pelo uso e desuso das partes e pela herança dos caracteres adquiridos.

Como escrevem Bizzo e Molina (2004) os textos escolares de Biologia tradicionalmente abordam o tema Evolução de uma forma muito particular. Por diferença de outros tópicos disciplinares, a vida de Darwin como cientista e os métodos utilizados por ele para conseguir resultados ganham considerável relevância. Pretende-se que o ensino deste tópico tenha como efeito propiciar a compreensão dos estudantes sobre como é a ciência e o trabalho dos cientistas, junto com os objetivos diretamente relacionados com o conhecimento das teorias evolutivas e suas implicações biológicas.

Assim se expressa Piaget (2000) sobre este tema:

[...] o pobre Lamarck foi objeto de críticas muito mesquinhas, mesmo em seu próprio país [...] como se uma grande obra não contivesse sempre algumas partes fracas e mesmo bastante frágeis. Os críticos se encarniçaram no pescoço da girafa e outros exemplos engraçados, enquanto ao se referirem ao grande Darwin, que contudo acabou por incorporar em sua doutrina os fatores lamarckianos, omitiam cuidadosamente os pontos delicados (a teoria das “gêmulas”, etc). (PIAGET, 2000: 125)

Quando os alunos, em diversos níveis de escolaridade, são colocados frente a situações problemáticas envolvendo conceitos centrais da biologia evolutiva, tais como, a evolução como tal e os mecanismos do processo evolutivo, como os estudados por Gené (1991), Bizzo (1991) e Jensen e Finlay (1995), geralmente não apresentam dificuldades em aceitar o fato da Evolução. Entretanto, em relação aos mecanismos do processo evolutivo, apresentam representações e mobilizam conceitos relacionados às teorias do uso e desuso das partes, da herança dos caracteres adquiridos, da intencionalidade e utilidade da modificação e da influência do ambiente nas modificações dos organismos. Conceitos esses, geralmente identificados pelos autores como lamarckistas. Tal identificação já foi criticada por alguns autores tais como Bizzo (1991, 1992, 1994a, 1994b.) e Martins (1998).

Vejamos como exemplo uma situação-problema usada por Bizzo em questionário aplicado a 192 alunos do ensino médio:

As chitas (grandes felinos africanos) conseguem atingir velocidades de até 100 Km/h quando estão correndo atrás de presas. Como um biólogo explicaria a evolução dessa habilidade nesse animal, supondo que eles descendam de ancestrais que podiam correr apenas até 30 Km/h ? (BIZZO, 1991, 1994a).

Em seguida são apresentadas duas alternativas para os alunos:

Com o tempo a maioria das chitas foi desenvolvendo os músculos e ossos, o que foi possibilitando alcançar velocidades cada vez maiores. Seus descendentes foram conseguindo elevar essas velocidades.

Ao longo do tempo apareceram por acaso algumas chitas que conseguiam correr mais do que as outras. Elas conseguiam caçar melhor, se alimentar melhor e ter mais descendentes do que os animais mais lentos. (BIZZO, 1991, 1994a).

As respostas justificadas dos alunos tiveram o percentual de 63% para a primeira alternativa e 27% para a segunda. A primeira mobiliza conceitos relacionados ao uso e desuso das partes e a herança dos caracteres e a segunda, refere-se às variações ao acaso e ao mecanismo da seleção natural.

Bizzo (1991, 1992, 1994a, 1994b) não caiu na tentação de identificar como lamarckistas a maior parte das respostas dos alunos. Entretanto, grande parte dos autores nesta área trabalha com a certeza desta identificação.

Veja-se, por exemplo, o trabalho de Jensen e Finlay (1995) que numa perspectiva de mudança conceitual dos alunos no tema da evolução, usam como estratégia argumentos históricos das teorias evolutivas, quando cometem o equívoco de usar um remanejamento posterior do programa darwiniano, com fatos e inferências, para contextualizar a teoria. Pior, na análise das respostas dos alunos identificam as lamarckistas e darwinistas, nesta última classificação, o conceito de mutação é associado à teoria darwiniana (JENSEN; FINLAY, 1995: 156, tab.4). Ora, certamente Darwin nunca trabalhou com este conceito. A teoria mutacionista foi desenvolvida numa fase de transição entre o darwinismo e o neodarwinismo, principalmente por Hugo de Vries, como uma teoria evolutiva antidarwinista, para depois ser remanejada teoricamente e incorporada ao programa neodarwinista.

Na perspectiva do presente trabalho, esta identificação é historicamente incorreta e equivocada. Como foi discutido anteriormente, o programa de pesquisa darwiniano, em seu campo de validade, também inclui as teorias do uso e desuso e da herança dos caracteres, no sentido de explicar os mecanismos do processo evolutivo, isto é, Darwin não considerava a teoria da seleção natural como mecanismo suficiente para explicar o processo.

Esta confusão, entre o programa de Darwin, propriamente dito, com o programa neodarwinista, construído por seus seguidores é muito comum nos livros didáticos de Biologia e nas concepções de alunos e professores.

Como argumenta Bizzo (1997):

O darwinismo de Darwin como sendo algo restrito à ação da seleção natural, servindo-se apenas de mutações aleatórias, quadro tão comum nos manuais didáticos da atualidade, resulta apenas como uma simplificação deformada de um conjunto de teorias complexas e ainda pouco entendidas nos termos em que foram propostas. O mesmo pode ser dito da total separação entre essas teorias científicas e o ambiente social no qual emergiram. (BIZZO, 1997: 93):

Ou como escreve Thuillier (1994):

Fala-se muito no darwinismo, até mesmo no neodarwinismo. Paradoxalmente, pode ser que este sucesso tenha contribuído para o esquecimento do darwinismo autêntico, ou seja, o do próprio Darwin. Tal é o preço da glória. Através dos múltiplos remanejamentos que sofreu, de August Weismann a Jaques Monod, incluindo alguns outros, a teoria darwiniana da evolução mudou tanto que às vezes se torna irreconhecível. (THUILLIER, 1994: 190).

5 PERSPECTIVAS TEÓRICAS SUBJACENTES À ANÁLISE DOS PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO CONCEITUAL EM CIÊNCIAS

Por que razão os estudantes quando confrontados com situações-problema em contexto escolar, envolvendo os mecanismos evolutivos, apresentam respostas relacionadas com o uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos? Gould (1980), um dos mais emitentes historiadores da Evolução orgânica, justificando a prevalência de tal perspectiva em termos do senso comum sobre o tema, escreve:

Desde que o mundo dos seres vivos é um produto da evolução, por que não supor que isso acontece de maneira mais simples e mais direta? Porque não discutir que os organismos melhoram por seus próprios esforços e passam estas vantagens a sua prole na forma de genes alterados -- um processo que foi chamado por muito tempo, na linguagem técnica de “herança dos caracteres adquiridos.”?. Esta idéia apela ao senso comum não somente por sua simplicidade, mas talvez mesmo por sua feliz implicação de que a evolução faz um trajeto inerente progressivo, propelido pelo trabalho duro dos próprios organismos.(Gould, 1980: 28).

Alguns autores da didática das ciências já tentaram responder a esta questão: Gené (1991), por exemplo, afirma que o fato deve-se a metodologia utilizada para aproximar-se da realidade, que não vai além da evidência e da simples observação e conclusões tiradas a partir das mesmas. Esta pergunta, entretanto, não é tão simples de ser respondida.

Uma parte significativa da literatura recente sobre o uso da história, filosofia e sociologia no ensino das ciências tem se preocupado com a articulação entre a história da ciência e a psicologia da aprendizagem. Mais precisamente: de que maneira o desenvolvimento cognitivo individual e o processo de desenvolvimento conceitual histórico esclarecem um ao outro? (MATTHEWS, 1995).

De acordo com Matthews (1995) a obra de Piaget conduziu a atenção para um terreno óbvio de investigação: será que as concepções intuitiva, imediata e “concreta” da criança refletem os primeiros estágios do desenvolvimento da compreensão científica em seus diversos domínios?

Uma tentativa consistente para responder a estas indagações e outras pode estar na Teoria dos Campos Conceituais (VERGNAUD, 1990) como um instrumento de interpretação e compreensão de como os alunos conceitualizam. Anteriormente Vergnaud (1987c) já definira com clareza as suas noções teóricas sobre esquemas, conceitos, campo conceitual e teoremas em ação.

Como escreve Moreira (2002):

[...] a teoria dos campos conceituais é uma teoria cognitivista neopiagetiana que pretende oferecer um referencial mais frutífero do que o piagetiano ao estudo do desenvolvimento cognitivo e da aprendizagem de competências complexas, particularmente aquelas implicadas nas ciências e na técnica, levando em conta os próprios conteúdos do conhecimento e a análise conceitual de seu domínio. Embora Vergnaud esteja especialmente interessado nos campos conceituais das estruturas aditivas e das estruturas multiplicativas (1983b: 128), a teoria dos campos conceituais não é específica desses campos, nem da Matemática. (Moreira, 2002)

Como consequência, esta perspectiva teórica tem sido frutífera em diversos trabalhos sobre ensino de ciências, particularmente na Física, implementados por Moreira e colaboradores, na tentativa de compatibilizar a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a Teoria dos Modelos Mentais de Johnson-Laird e a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, tais como: Greca e Moreira (2002); Souza e Fávero (2002), Greca e Moreira (2003), Palmero (2004), Escudero, Moreira e Caballero (2003), Moreira (2003), Stipcich, Moreira e Caballero (2004); no ensino da Química: Almeida; Câmara; Silva. (2003) e em Biologia: Palmero e Moreira (2002).

Resumidamente apresentada, a teoria dos campos conceituais analisa os conceitos, as situações, os esquemas, os invariantes operatórios e as representações existentes no processo de conceitualização dos sujeitos. Na análise dos conceitos, é levada em conta a existência de três conjuntos de fatores: S, é o conjunto de situações que dão sentido ao conceito; I é o conjunto de invariantes operatórios associados ao conceito e R é o conjunto de representações simbólicas que representam os invariantes. Para estudar-se o desenvolvimento e o uso de um conceito ao longo da aprendizagem é necessário considerar estes três conjuntos de fatores simultaneamente.

As situações dão sentido aos conceitos; o conhecimento dos alunos é moldado pelas situações. Os esquemas constituem-se numa organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações. Conceitos, conceitos em ação e teoremas em ação são exemplos de esquemas, uma vez que podem ser comumente definidos como proposições tidas como verdadeiras sobre o real; conceitos-em-ação e teoremas-em-ação não são ainda conceitos propriamente ditos, mas podem tornar-se conceitos desde que explicitados simbolicamente. Os invariantes operatórios constituem-se de princípios lógicos abstratos e genéricos (ex: transitividade) que podem ser mobilizados como substratos lógicos para a abordagem de determinadas situações-problema (ex: transitividade para a compreensão da seguinte propriedade em álgebra linear: se $y=ax+b$ e $y=cx+d$ então $ax+b=cx+d$, e há um único ponto no plano cartesiano referente a determinado valor de x que satisfaz ao mesmo tempo ambas as equações anteriores). Finalmente, as representações que podem ser mais ou menos adequadas à idéia ou noção de referência, mais ou menos implícitas ou explícitas, se constituem em substitutos psicológicos da realidade.

Assim, a construção do conhecimento consiste na progressiva construção de representações mentais *homomórficas*³ à realidade e progressivamente abstraíveis em termos de construtos conceituais expressáveis simbolicamente. Em tal processo de construção Vergnaud ressalta que os conceitos não se constituem isoladamente, mas se articulam em sistemas reticulados nos quais os elementos se interconectam, os *campos conceituais* (Vergnaud, 1990). Nesse sentido, nenhuma situação seria abordável cognitivamente com o recurso a um único conceito, e nenhum conceito poderia ser restrito a uma única situação. Convém de imediato chamar a atenção para uma dupla acepção do termo teórico “campo conceitual” em Vergnaud: tal termo recobre tanto o campo de conceitos de que dispõe determinado indivíduo para a construção de significado referente a determinado aspecto por ele conhecido (acepção psicológica), quanto o campo de conceitos

³ O *homomorfismo* aqui aludido diz respeito à construção psicológica de modelos que não pretendem mimetizar ou reproduzir fielmente a realizada representada, e sim buscar capturar aspectos cruciais do fenômeno representado. Nesse sentido, a idéia de homomorfismo (devidamente diferenciada da idéia matemática de *isomorfismo* no sentido, por exemplo, de triângulos isomórficos) é tributária da perspectiva piagetiana (PIAGET; GARCIA, 1973).

canônicos propostos pelo saber de referência em determinado campo epistêmico (acepção epistemológica). É no contexto desta última acepção que Vergnaud fará alusão, por exemplo, ao “campo conceitual das estruturas aditivas”.

Mais recentemente, Vergnaud (2001a) define campo conceitual, do ponto de vista prático, como um conjunto de situações, cujo domínio progressivo requer a utilização de uma variedade de procedimentos, de conceitos e de representações simbólicas que estão em estreita conexão; do ponto de vista teórico, está constituído justamente pelo conjunto de conceitos e teoremas que contribuem ao domínio destas situações, ainda que seja de forma implícita.

Num outro exemplo relacionado à Biologia Vergnaud (2001b) considera o campo conceitual da reprodução vegetal, no qual os conceitos cotidianos dos estudantes (flor, fruto, grãos) podem-se constituir em ponto de apoio ou num obstáculo para a conceitualização científica, tal como ocorre com os conceitos espontâneos dos estudantes no campo conceitual da biologia evolutiva.

Afirma Vergnaud (1987) que os estudantes em situação podem recorrer a uma grande variedade de esquemas que podem permitir ao sujeito elaborar um procedimento que conduzirá a um resultado satisfatório, ou ao contrário se tornar um obstáculo à descoberta ou a compreensão de uma solução.

Como escreve Da Rocha Falcão (1996) a representação do real tem como suporte uma rede semântica complexa e dinâmica, no contexto da qual nenhuma situação é abordável recorrendo-se a um único conceito, e nenhum conceito é privativo de uma única situação, donde a proposição de campos conceituais como construto teórico para a compreensão do desenvolvimento conceitual.

Tendo em vista as considerações acima, podemos considerar, por exemplo, que as teorias do uso e desuso e a herança dos caracteres adquiridos como conceitos caracterizadores do campo conceitual que geralmente os alunos mobilizam frente a situações envolvendo os mecanismos do processo evolutivo (ALMEIDA; DA ROCHA FALCÃO, 2005).

Como escreve Moreira (2002), a teoria dos campos conceituais enfatiza que a aquisição de conhecimento é moldada pelas situações e problemas previamente dominados e que esse conhecimento tem, portanto, muitas características contextuais. Assim, muitas de nossas concepções vêm das primeiras situações que fomos capazes de dominar ou de nossa experiência tentando modificá-las. No entanto, existe, provavelmente, uma lacuna considerável entre os invariantes que os sujeitos constroem ao interagir com o meio e os invariantes que constituem o conhecimento científico entre o campo conceitual disponível no início do processo de aprendizagem e o campo conceitual canônico a ser idealmente construído por estes aprendizes.

As concepções prévias dos alunos têm sido consideradas como erros, “misconceptions”, concepções ingênuas, concepções alternativas, em relação às concepções científicas. Para Vergnaud (2002) esta maneira de conceber o conhecimento prévio supõe a criança, o aluno ou o adulto aprendiz, como incompletos, imperfeitos ou deficientes em comparação a adultos especialistas. Essa abordagem, segundo ele, é ingênua e pouco produtiva em termos da abordagem psicológica do desenvolvimento conceitual. Seria muito mais frutífero considerar o sujeito como um sistema dinâmico, com mecanismos regulatórios capazes de assegurar seu progresso cognitivo. O que tudo isso quer dizer é que é normal que os alunos apresentem tais concepções e que elas devem ser consideradas como precursoras de conceitos científicos a serem adquiridos. A ativação desses precursores é tem no professor um agente mediador importante, pois é ele quem coordenará o processo de transposição didática secundária (CHEVALLARD, 1985), ou seja, o interfaceamento entre o saber canônico do qual o professor é representante institucionalmente reconhecido (exemplo, campo conceitual da Evolução do ponto de vista dominante em Biologia), e o campo conceitual disponível pelo grupo de alunos. Quatro aspectos de natureza epistemológica e psicopedagógica decorrem de imediato das presentes considerações: 1) o que “sabe” o saber de referência, 2) o quanto o professor é referência (confiável...) deste saber, 3) o que sabem os alunos acerca do campo conceitual em questão, e finalmente 4) como fazer, em termos de iniciativa

didática, para que saber de referência e campo conceitual construído disponível por parte dos alunos dialoguem construtivamente (ALMEIDA; DA ROCHA FALCÃO, 2005).

Classificar apressadamente as concepções prévias dos alunos como meras “misconceptions” pode refletir um olhar que prioriza, nestas concepções destes alunos, o que elas *ainda não são* ou *ainda não têm*, em detrimento do que elas já são: tais concepções contêm modelos explicativos que se ainda estão distantes do campo conceitual canônico, podem evoluir para eles. Porém convém desde logo evitar o otimismo fácil: o hiato entre os esquemas cognitivos conceituais e pré-conceituais dos alunos e os conceitos compartilhados pela comunidade científica que “gerencia” o conhecimento científico “savant”, hegemônico ou “normal” (KHUN, 1982) é grande, de modo que o processo de desenvolvimento conceitual é necessariamente árduo e demorado. Não obstante, desejável e possível.

Para Vergnaud (1990) construção do conhecimento pelo aprendiz não é um processo linear, facilmente identificável. Ao contrário, é complexo, tortuoso, demorado, com avanços e retrocessos, continuidades e rupturas. O conhecimento prévio é determinante no progressivo domínio de um campo conceitual, mas pode também, em alguns casos, ser impeditivo. Continuidades e rupturas não são, no entanto, excludentes.

Vergnaud (1990) chama de “ilusão pedagógica” a atitude dos professores que crêem que o ensino consiste na apresentação organizada, clara, rigorosa, das teorias formais e que quando isso é bem feito os alunos aprendem. Trata-se de uma ilusão porque, segundo ele, é através de situações de resolução de problemas que os conceitos se desenvolvem no aluno e as situações de resolução de problemas que tornam os conceitos significativos para os alunos podem estar, pelo menos inicialmente, muito distantes do formalismo apresentado pelo professor.

A teoria de Vergnaud parece ser, então, um bom referencial para análise das dificuldades dos alunos no que diz respeito a conceitualização do processo e dos mecanismos evolutivos. Tais dificuldades poderiam, por exemplo, ser examinadas em termos de esquemas (com seus invariantes

operatórios, suportes representacionais e contextos de utilização) quer dizer, em termos de quais os conceitos e teoremas-em-ação os estudantes estariam usando na resolução de problemas e de quão distantes estariam dos conceitos e teoremas cientificamente aceitáveis. A avaliação de tal *distância* constituir-se-ia, por esse raciocínio, em etapa importante para o estabelecimento de um *caminho* ou *estratégia* de encaminhamento didático que auxiliasse os alunos nesse caminhar.

5.1 LINGUAGEM E INTERAÇÃO DISCURSIVA

Partindo do referencial teórico de Vigotski (1991, 1994) e Bakhtin/Voloshinov (1995), diversos pesquisadores ocidentais tais como Edward e Mercer (1987), Newman, Griffin e Cole (1989), Wertsch (1991) e com ênfase no papel da linguagem no ensino e aprendizagem de Ciências: Lemke (1990), Mortimer (1996, 2000) e em trabalhos com colegas, tais como: Mortimer, Chagas e Alvarenga (1998), Mortimer e Scott (2000), Mortimer e Machado (2000), Mortimer e Wertsch (2003), Braga e Mortimer (2003) tem contribuído para evidenciar os aspectos sociais no entendimento dos processos cognitivos e do papel da linguagem como o mais importante instrumento social na estruturação das idéias dos estudantes e professores em sala de aula.

Para Vigotski (1994) sem significado a palavra é um som vazio, não faz parte da fala humana. E é por isso, que afirma que o significado é ao mesmo tempo um ato de pensamento e parte inalienável da palavra, pertencendo tanto ao domínio da fala quanto do pensamento. Para Vigotski (1994), o "pensamento não é expresso em palavras, mas é através delas que passa a existir". A relação entre pensamento e linguagem é um processo, "um movimento contínuo de vai e vem do pensamento para a palavra e vice-versa. O pensamento passa por muitas transformações até transformar-se em fala. Não é só expressão que encontra na fala: encontra sua realidade e sua

forma". Sendo assim, pensamento e linguagem são indissociáveis e suas inter-relações acontecem nos significados das palavras que, por sua vez, não são fixos, se modificam e se constroem historicamente nas inter-relações sociais.

Vigotski (1991) considera a linguagem um dos instrumentos básicos inventados pelo homem, que tem funções fundamentais: a de intercâmbio social: para se comunicar o homem cria e utiliza sistemas de linguagem para ordenar o real, agrupando uma mesma classe de objetos, eventos, situações, sob uma mesma categoria, construindo conceitos e significados das palavras. Desta forma, os sistemas de signos produzidos culturalmente não só interferem na realidade, mas também na consciência do indivíduo sobre esta.

Para Bakhtin/Voloshinov (1995), o ato de fala, ou exatamente, o seu produto, a enunciação, não pode ser considerado levando-se somente em consideração as condições psicofisiológicas do sujeito falante apesar de não poder delas prescindir. A enunciação é de natureza social e para compreendê-la é necessário entender que ela acontece sempre numa interação. A verdadeira substância da língua é constituída, para Bakhtin, “pelo fenômeno social da interação verbal, realizada por meio da enunciação ou das enunciações. A interação verbal constitui assim a realidade fundamental da língua” (BAKHTIN/ VOLOSHINOV, 1995).

Uma das formas mais importantes da interação verbal é o diálogo, caracterizado não apenas como comunicação em voz alta, de pessoas face a face, mas toda comunicação verbal, de todo tipo. Qualquer enunciação constitui apenas uma fração da corrente da comunicação verbal ininterrupta (relativa à vida cotidiana, à literatura, ao conhecimento, à política, etc). Por sua vez a comunicação verbal ininterrupta constitui apenas um momento na evolução contínua e em todas as direções de um grupo social determinado.

Conforme Bakhtin/Voloshinov (1995), a língua vive e evolui historicamente na comunicação social concreta. Dessa forma, para ele, a língua é vista a partir de uma perspectiva de totalidade, integrada à vida humana. A lingüística não pode dar conta de explicar um objeto

multifacetado. Para explicar a dialogicidade, o aspecto lingüístico não é suficiente. Por isso, ele acrescenta o contextual e propõe assim uma disciplina, a metalingüística ou translingüística, para estudar o enunciado.

Para Bakhtin/Voloshinov, a enunciação é produto da interação de dois indivíduos socialmente organizados e, mesmo que não haja um interlocutor real, este pode ser substituído por um representante ideal, mas que não pode ultrapassar as fronteiras de uma classe e de uma época bem definidas (BAKHTIN/ VOLOSHINOV, 1995).

Escreve Bakhtin:

A palavra é o fenômeno ideológico por excelência. A realidade toda da palavra é absorvida por sua função de signo. A palavra não comporta nada que não esteja ligado a essa função, nada que não tenha sido gerado por ela. A palavra é o modo mais puro e sensível de relação social (BAKHTIN/VOLOSHINOV, 1995: 36).

É a partir da concepção de linguagem de Bakhtin que nasce uma das categorias básicas de seu pensamento, que é o dialogismo. É a partir dela que ele estuda o discurso interior, o monólogo, a comunicação diária, os vários gêneros de discurso, a literatura e outras manifestações culturais.

As idéias de Bakhtin sobre o homem e a vida são caracterizadas pelo princípio dialógico. A alteridade marca o ser humano, pois o outro é imprescindível para sua constituição. Como afirma Bakhtin, a vida é dialógica por natureza (BAKHTIN/ VOLOSHINOV, 1995).

A interação entre interlocutores é o princípio fundador da linguagem. É na relação entre sujeitos, ou seja, na produção e na interpretação dos textos que se constroem o sentido do texto, a significação das palavras e os próprios sujeitos. Com efeito, pode-se dizer que a intersubjetividade é anterior à subjetividade. Esta é o resultado da polifonia das muitas vozes sociais que cada indivíduo recebe, mas que tem a condição de reelaborar.

Para Braga e Mortimer (2003) a linguagem científica, isto é, os registros discursivos utilizados nas várias ciências, apresentam particularidades e merecem uma atenção especial da

pesquisa sobre o ensino de Ciências, pois interferem na compreensão de conceitos e fenômenos científicos. Essa linguagem tem uma estrutura sintática e discursiva própria e faz uso de um léxico específico, que a distingue da linguagem cotidiana .

Assim, para compreender uma ciência faz-se necessário aprender também sua linguagem, o que implica conhecer não só o seu vocabulário específico, mas também seu processo de pensamento e seus modos peculiares de discursos. Tais implicações, freqüentemente, tornam a linguagem científica estranha e pouco acessível aos alunos. Reconhecer essas especificidades significa constatar que é difícil separar a aprendizagem das ciências da aprendizagem da linguagem científica.

Lemke (1993) afirma que “falar ciência” não significa simplesmente falar sobre a ciência. Significa fazer a ciência através da língua. A língua não é só vocabulário e gramática, é um sistema dos recursos para construir significados. Além do vocabulário e gramática, a língua possui uma semântica, que é a maneira particular de criar similaridades e diferenças nos significados.

Para Lemke (1993) a ciência presente nos diálogos não é apenas uma matéria de vocabulário. A língua do ambiente escolar não é propriamente uma lista de termos técnicos ou apenas um recital das definições. É o uso daqueles termos em relação a outros, através de uma grande variedade de contextos. O padrão das conexões entre os significados das palavras em um campo particular da ciência é o seu padrão temático. É um padrão de relacionamentos semânticos que descreva o índice temático, o conteúdo científico, de uma área de tópico particular. É como uma rede dos relacionamentos entre os conceitos científicos em um campo, mas descrito semanticamente, nos termos de como a língua é usada nesse campo.

Enquanto na linguagem comum predominam narrativas que relatam seqüências lineares de eventos, a linguagem científica congela os processos, transformando-os em grupos nominais que são então ligados por verbos que exprimem relações entre esses processos. A linguagem científica é predominantemente estrutural enquanto que a linguagem cotidiana é linear, apresentando uma

ordem seqüencial que é estabelecida e mantida. Na linguagem científica, o agente normalmente está ausente, o que faz com que ela seja descontextualizada, sem a perspectiva de um narrador. Na linguagem cotidiana, o narrador está sempre presente (MORTIMER et al., 1998).

A essas formações, Bakhtin/Voloshinov (1995) denominou gêneros de discurso. Em todas as esferas da comunicação humana, estabelecem-se formas mais ou menos estáveis de enunciados, que configuram gêneros de discurso. Enquanto as linguagens sociais caracterizam discursos que são peculiares a um grupo social específico, por exemplo, os cientistas, os gêneros de discurso estão ligados às situações de enunciação, aos contextos em que determinado discurso é produzido.

Segundo Santos (2004) um gênero discursivo não é uma forma de linguagem, mas uma forma típica de enunciado. No gênero a palavra adquire uma expressão particular típica, em contraste com as linguagens sociais, onde o traço distintivo é o estrato social dos falantes, os gêneros discursivos se caracterizam principalmente em função das situações típicas de comunicação verbal. Os gêneros do discurso escolar podem adotar formas mais padronizadas (relativamente estáveis e normativas) ou formas mais livres. Entretanto, outras formas dos gêneros escolares estão relacionadas às principais atividades desenvolvidas por professores e estudantes e envolvem uma forma de falar sobre os fenômenos, que difere substancialmente da forma cotidiana.

Segundo Mortimer e Wertsch (2003), a análise dos gêneros discursivos utilizados nas aulas de ciências, colocam questões importantes para a educação em ciências, já que parece impossível falar em ciência sem envolver gêneros de fala teóricos. Para os autores, o gênero científico-escolar apresenta uma realidade secundária de entidades gerais e abstratas que estão teoricamente enraizados. Essa teoria recorre a termos e expressões que são muito diferentes daqueles empregados pelos estudantes e envolvem níveis de generalização e abstração incomuns no discurso cotidiano.

De acordo com Leitão (2000, 2003) a argumentação é uma atividade de natureza epistêmica que favorece nos indivíduos a (re)construção de perspectivas sobre objetos e fenômenos do mundo e a reflexão sobre os fundamentos do conhecimento produzido.

Por outro lado, a referência ao domínio do conhecimento que uma argumentação focaliza é fundamental para a elaboração de uma abordagem psicológica que dê conta da forma como a argumentação e construção do conhecimento se articulam. A referência ao campo do conhecimento em questão permite que perspectivas gradualmente construídas por estudantes em situações instrucionais sejam consideradas contra o pano de fundo formado por conceitos e procedimentos a serem dominados como resultado do empreendimento instrucional (LEITÃO, 2003). No caso do presente estudo a evolução e os processos da biologia evolutiva.

Para a autora (LEITÃO, 2003) existe uma unidade triádica de análise constituída por argumento, contra-argumento e resposta.

De acordo com Leitão (2001) a argumentação pode ser considerada uma arena dialógica onde as pessoas disputam ajustando pontos de vista de encontro ao ceticismo ou a divergência de outros. Reconhece como argumentativas aquelas situações discursivas em que a justificação dos pontos de vista e a consideração de perspectivas alternativas são realizadas com o alvo de mudar as perspectivas da audiência em um tópico. A ênfase no papel do “outro” dá a argumentação sua dimensão dialógica.

De Chiaro e Leitão (2005) consideram a argumentação como uma atividade social e discursiva que se realiza pela justificação de pontos de vista e consideração de perspectivas contrárias com o objetivo último de promover mudanças nas representações dos participantes sobre o tema discutido.

Para as autoras a argumentação é uma atividade discursiva que potencializa mudanças nas concepções dos indivíduos sobre temas discutidos. O que confere à argumentação um potencial único neste sentido (e a distingue de outros tipos de discurso) é a forma como esta desencadeia, nos participantes, um processo de revisão de suas perspectivas a respeito do mundo, físico ou social. O confronto entre a posição defendida pelo proponente de um argumento e dúvidas, pontos de vista

alternativos e contra-argumentos, levantados por um oponente, impele o primeiro ao exame de suas posições à luz das perspectivas contrárias trazidas pelo segundo. A unidade de análise é constituída por três elementos: argumento, contra-argumento e resposta. (DE CHIARO; LEITÃO, 2005).

O argumento consiste num conjunto mínimo de ponto de vista e justificativa, é o elemento que permite identificar a posição defendida por um falante e as idéias com as quais a justifica. Contra-argumento é definido num sentido lato que engloba qualquer idéia que desafia o ponto de vista do proponente de um argumento tornando-o menos aceitável aos olhos do oponente. Contra-argumentos tanto podem ser formulados por um interlocutor, presente na situação imediata em que a argumentação ocorre, como podem ser antecipados pelo próprio argumentador, caso em que se falaria da presença de um oponente imaginário na argumentação. Do ponto de vista analítico, o contra-argumento é o elemento que captura, nas falas dos participantes, vozes dos *outros* sociais (no sentido bakhtiniano do termo) que desafiam o ponto de vista do falante e trazem para a discussão um elemento de oposição indispensável para que a argumentação se institua no discurso. A resposta é definida como a reação imediata ou remota do falante a contra-argumentos levantados. A identificação da reação do argumentador a perspectivas contrárias é vista como um elemento crítico para a análise de processos de construção de conhecimento que têm lugar na argumentação. A comparação entre a formulação inicial de um argumento e a retomada deste após a emergência de contra-argumentos é o recurso analítico que permite que se identifiquem eventuais mudanças na perspectiva inicial do argumentador (DE CHIARO; LEITÃO, 2005).

5.2 PERSPECTIVAS TEÓRICAS DO PROCESSO DE FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS

Embora ainda esteja-se muito longe de uma definição de conceito (conceito de conceito) universalmente aceita pelos psicólogos, existe uma ampla concordância entre eles de que os conceitos constituem-se num determinado tipo de agrupamento cognitivo – uma representação mental – que possibilita ao organismo reduzir drasticamente a complexidade do ambiente (LOMÔNACO et al., 2001).

Graças à capacidade de categorizar ou de formar conceitos, que os organismos desenvolveram ao longo de sua história filogenética, somos capazes de criar representações mentais de objetos, eventos e pessoas e, no dizer de Bruner et al. (1967) apud Lomônico et al. (2001): *responder a eles em função de sua inclusão como membros de uma classe e não como entidades particulares*. A maneira pela qual os organismos, a partir de experiências exclusivas com particulares vem a formar conceitos gerais, tem sido objeto permanente do interesse de filósofos e psicólogos.

Os pesquisadores ligados ao Núcleo de Estudos de Conceitos (NEC) da Faculdade de Educação da USP, fundado em 1991, desde algum tempo apresentaram um distanciamento crítico da abordagem da ciência cognitiva pela sua desconsideração dos fatores afetivo, histórico-cultural e do papel do contexto no processo de formação de conceitos.

Como escreve Oliveira:

Depois de algum tempo, contudo, certa insatisfação começou a se manifestar, foi se intensificando, e, de maneira completamente imprevista, acabou me levando a rever minha atitude não só em relação à tradição roschiana, mas também à ciência cognitiva como um todo. Passei assim da condição de adepto para a de crítico dessas vertentes. Mais ainda, a experiência de tentar desenvolver um

118

conhecimento *científico* sobre os conceitos me forçou a abandonar convicções muito fundamentais, que haviam se cristalizado nos tempos em que me dedicava à filosofia da ciência.

Um dos princípios que anteriormente endossava – de maneira bastante irrefletida, como vim a perceber em consequência da mudança de ponto de vista – era o do *naturalismo*, definido como a posição dos que sustentam não haver diferença essencial alguma entre as ciências humanas e as ciências naturais, devendo estas ser adotadas como modelo para aquelas

As reflexões feitas a partir destes dois tópicos me levaram a rejeitar o naturalismo, e no decorrer deste processo me dei conta – de novo com certa surpresa – de que as conclusões a que estava chegando tinham certa afinidade com a tradição dialética marxista, ou mais precisamente, na filosofia, em particular com certas vertentes do marxismo ocidental, e na psicologia, com a escola de Vygotsky e seus seguidores. Deste momento em diante, o objetivo geral de meu trabalho passou a ser o de desenvolver uma crítica à ciência cognitiva de um ponto de vista dialético, centrado na questão do naturalismo (OLIVEIRA, 1999a: 37).

Assim, para o Professor Marcos Barbosa de Oliveira (1999b), dentro da chamada “tradição roscheana”, o histórico das concepções sobre conceitos, pode ser dividido em três etapas:

1 – A concepção clássica: que vem desde Aristóteles até os anos 70 do século passado, na qual os conceitos são definidos por uma lista de propriedades necessárias e suficientes (da lógica aristotélica), possuindo uma natureza binária do tipo “tudo ou nada”. Na psicologia esta perspectiva se instala a partir de 1920, tanto na tradição cognitivista quanto na behaviorista.

A concepção clássica é criticada por Kitcher (1990), como uma autora interessada nas contribuições de Kant para a psicologia, especialmente nas colocações do filósofo sobre conceitos empíricos, faz uma crítica à visão clássica sobre conceitos, que supõe definições baseadas em condições necessárias e suficiente. Afirma que, para Kant, os conceitos empíricos podem ser considerados como regras que nos permitem unir materiais que são apresentados separadamente à nossa percepção. Assim, conceitos empíricos são adquiridos, refinados, rejeitados, ou mantidos com base na experiência. Isso é o que os legitima: serem justificados pelo próprio processo que os produz e modela. Nesse sentido, dado que a experiência está permanentemente em aberto, eles não podem ser definidos por condições necessárias e suficientes.

Kitcher (1990) apresenta, ainda, duas outras implicações da crítica de Kant às definições de conceitos empíricos através de condições necessárias e suficientes (concepção clássica). A primeira ataca a noção de que a aprendizagem de conceitos ocorre em um período relativamente curto de tempo. A aquisição de conceitos precisa ser concebida como uma experiência que continua ao

longo da vida. A segunda implicação sugere que a própria noção de conceitos não seria adequada às mudanças no ambiente, e deveria ser substituída pela de protótipos conceituais, em constante mudança ao longo do tempo. Dessa forma, seria preservada a principal suposição teórica sobre conceitos empíricos: eles são centrais para a cognição por serem moldados pela experiência.

2 – Concepção prototípica ou probabilística: que predominou até 1985, tendo como primeiro questionamento feito por Wittgenstein (*Investigações Filosóficas*) para o qual não existiria uma característica comum a todos os jogos, o conceito de jogo não pode ser definido por um conjunto de propriedades necessárias e suficientes. Assim, Rosch (1975) nos seus estudos sobre cores, atribui aos conceitos uma natureza contínua e gradual: para cada conceito existem representantes mais ou menos típicos, não sendo nítida a linha de demarcação entre os exemplares, podendo existir casos limítrofes.

Eleanor Rosch (entropóloga e psicóloga estadunidense) a partir de 1970, afirmou ter se baseado em Wittgenstein, que sugeriu o princípio de semelhança entre categorias, formando famílias, de modo que cada item tivesse um ou mais elementos em comum com alguns outros, mas que nenhum elemento precisasse ser comum a todos os itens. Sugeriu, então, a organização de categorias em torno de um conjunto de propriedades ou conjuntos de atributos correlacionados que são característicos ou típicos, rejeitando, assim, a noção de atributos definidores (BATISTA, 2005).

Para Oliveira (1999), como a concepção clássica, a prototípica identifica conceitos como um conjunto de propriedades. Nesta, porém, as propriedades que constituem os conceitos não são necessárias e suficientes, elas constituem um protótipo.

Contrariamente à concepção clássica, a prototípica pressupõe que o conceito é formado pela abstração dos atributos que ocorrem com maior frequência entre os membros de uma categoria. Nega a existência de atributos definidores de conceitos naturais e acredita que, a partir desses

atributos característicos ou mais freqüentes, o indivíduo forma uma representação mental denominada protótipo. Uma vez formado, o protótipo será utilizado como critério para decidir a inclusão ou exclusão de itens na categoria. Se o item for suficientemente similar ao protótipo ele será incluído; se não o for, será excluído.

Lomônaco et al. (2001) apresentam uma outra, a *concepção dos exemplares*, que guarda semelhanças com a concepção prototípica. Também se opondo à concepção clássica, esta concepção assume que, pelo menos em parte, um conceito consiste em descrições separadas de alguns de seus exemplares. Para eles, os modelos de exemplares têm em comum a idéia de que a categorização de um objeto se baseia em comparações daquele objeto com exemplares conhecidos da mesma categoria. Os autores citados consideram como uma vantagem em relação à concepção prototípica o fato de que exemplares podem trazer informações sobre todo o conjunto de valores de uma propriedade, bem como informação sobre correlações entre propriedades. Criticam, por outro lado, o fato de se ter uma falta de restrições em relação a propriedades que devem ser incluídas em conceitos, ou mesmo, quanto ao que constitui um conceito.

3 – Concepção Teórica: para a qual um conceito é constituído não apenas de propriedades, mas também de relações entre conceitos formando redes ou “teorias informais” (MURPHY; MEDIN, 1985).

É enfatizado o fato de que cada conceito se relaciona com outros conceitos, dentro de domínios de conhecimento, sendo cada domínio organizado por uma teoria, não necessariamente uma teoria científica. Murphy e Medin (1985) esclarecem que, quando argumentam que os conceitos são organizados por teorias, o termo "teoria" é usado para significar um grande número de "explicações" mentais, e não um relato científico completo e acabado. O termo indica um conjunto complexo de relações entre conceitos, geralmente com uma base causal, de forma semelhante às teorias usadas em explicações científicas, embora não se confunda com estas. A diferença dessa

concepção em relação às demais, pelo fato de os conceitos passarem a ser vistos sempre como relacionados a outros conceitos, constituindo domínios de conhecimentos, articulados por teorias (BATISTA, 2005)

Para Lomônico et al. (2001) a principal pressuposição desta teoria é a de que os conceitos são tipos de coisas intrinsecamente relacionais.

De acordo com Keil (1989) sendo o seu maior formulador: “nenhum conceito pode ser entendido sem alguma compreensão de como ele se relaciona com outros conceitos”.

O conceito passa a ser visto não mais isoladamente, mas como parte de uma rede de relações da qual deriva seu significado. A esta rede de relações é atribuído o nome de “teoria”. A palavra teoria aparece entre aspas uma vez que, nesta visão de conceitos, o termo refere-se comumente a relações estabelecidas pelo senso comum. Por exemplo, o conhecimento que uma criança tem a respeito de animais, o fato de saber que eles nascem, crescem e morrem, que se alimentam, que procriam filhotes da mesma espécie etc constitui sua “teoria” desse campo conceitual ou sua biologia “ingênuas”. Sem dúvida, também em outras áreas do conhecimento é possível identificar esta rede de relações entre conceitos, dando origem a uma “física” ingênuas, a uma “psicologia” ingênuas etc. Em suma, o conhecimento que as pessoas têm do mundo, quer aquele adquirido através da educação formal (e que, freqüentemente, implica na aprendizagem de teorias científicas), quer aquele adquirido de maneira informal e acidental (e que, freqüentemente difere, em maior ou menor grau, do conhecimento científico) é considerado como a teoria do sujeito a respeito de aspectos do seu mundo.

Keil (1989) acredita que com o decorrer da idade, ocorre uma mudança qualitativa no desenvolvimento dos conceitos. Tal mudança consiste num gradual afastamento das propriedades características dos exemplos de uma categoria e numa conseqüente aproximação ou atenção a suas propriedades definidoras. Keil (1989) acredita, também, que o desenvolvimento cognitivo não

ocorre de maneira global e simultânea para todos os conceitos e/ou domínios conceituais, mas que cada conceito e/ou domínio conceitual segue um curso de desenvolvimento próprio.

Para os autores (LOMÔNICO et al., 2001.) é possível afirmar que, a partir de 1980, estudiosos do desenvolvimento cognitivo vêm apresentando objeções à idéia de mudanças globais e homogêneas no desenvolvimento de conceitos. Estes sugerem que os conceitos se desenvolvem de forma mais específica e heterogênea segundo o domínio conceitual (p. ex. relações de parentesco, domínio da moral, acidentes geográficos, conceitos de refeições etc). Esta nova abordagem ao desenvolvimento conceitual tem sido comumente designada de *especificidade de domínio*. Os que a defendem acreditam que as mudanças qualitativas que ocorrem no processo de formação de conceitos podem ser totalmente explicadas supondo-se que os mesmos sistemas computacionais e representacionais são partilhados por indivíduos de todas as idades; o que se desenvolve é a capacidade de usar esses sistemas numa amplitude cada vez maior.

Segundo Da Rocha Falcão (1996) a questão dos conceitos tem sido explorada em todas as fenomenologias da consciência desde Aristóteles até a moderna psicologia do desenvolvimento. De acordo com Cassirer citado pelo autor, distinguem-se duas perspectivas básicas na abordagem dos conceitos: uma taxonômica e outra funcional. Para a taxonômica ou clássica, o conceito seria uma ferramenta cognitiva que tornaria possível a ordenação do real em classes de fenômenos constituídas a partir de um critério, de um traço comum a tais fenômenos, atingindo-se assim uma forma conceitual condensada, onde o conhecimento seria essencialmente exógeno, cabendo ao conceito a explicitação de uma certa ordem inerente aos objetos do mundo empírico. Já a perspectiva funcional leva em conta a atividade construtiva do sujeito sobre os objetos do mundo real como aspecto central do processo de formação do conceito, atingindo-se um modelo do real, aumentando assim o poder explicativo.

Para Da Rocha Falcão (1996.), a atividade intelectual construtiva a partir das coisas, leva ao estabelecimento de um sistema de relações, tais conceitos-relação, são o próprio funcionamento cognitivo humano do estabelecimento de representação mental e da conceitualização.

5.2.1 A formação de conceitos na teoria piagetiana

De acordo com Batista (2005) em relação a Piaget, é possível afirmar que, em sentido amplo, toda a sua epistemologia genética guarda relação com o tema "conceitos".

Flavell (1975) de tradição piagetiana que discute a aquisição de conceitos em vários domínios: o mundo lógico e matemático (classes, relações e número), o mundo natural (objetos; quantidade – conservação de peso, substância e volume; espaço; tempo, movimento e velocidade; causalidade e conceitos afins) e o mundo social.

Na maioria desses domínios, Piaget representou um marco teórico e empírico, e sugeriu etapas, ou fases de evolução dos mesmos, ao longo da vida. Piaget postulou que as aquisições humanas seguem estádios de desenvolvimento, com características bastante definidas. Esses estádios representam etapas ou marcos no desenvolvimento, a partir da primeira forma de inteligência, a sensório-motora, passando pelo início do uso do símbolo, das operações concretas e, finalmente, das operações formais. Sua epistemologia genética parte do modelo de conhecimento completo, presente no adulto, e se pergunta sobre a origem desse conhecimento, desde o início da vida do bebê. Busca as respostas por meio de investigações sobre as formas de construção de cada categoria de conhecimento, em cada estádio, propondo um modelo de desenvolvimento humano que seria classificado de organicista (BATISTA, 2005).

Para Piaget (1976) a equilibração é o fator essencial e determinante no desenvolvimento do sujeito no processo de adaptação ao meio em que vive. A equilibração se caracteriza por dois aspectos: equilibrar entre si os fatores do desenvolvimento e equilibrar a descoberta de uma noção nova, com outras já existentes nas possibilidades de entendimento da criança ou do adulto.

Diante do enfrentamento de um conflito cognitivo, é necessário um jogo de regulações e de compensações para que se atinja uma coerência entre o que já se sabia com as novidades provocadoras deste conflito; isto acontece pelas leis da equilibração. O processo interno de regulação e compensação se dá através de mecanismos internos de *assimilação* e *acomodação*.

A assimilação é o mecanismo que o sujeito aplica para procurar compreender o mundo. Todas as coisas, todas as idéias tendem ser explicadas, inicialmente, pelo próprio sujeito em função de seus esquemas ou estruturas cognitivas até então construídas. O sujeito está num movimento constante de assimilação desta realidade aos seus esquemas ou estruturas cognitivas. A acomodação ocorre quando o objeto que se pretende assimilar impõe resistências e não é possível a sua apreensão, o sujeito faz um esforço em sentido contrário ao da assimilação, isto é, se lança em movimento de acomodação. Modifica as suas hipóteses anteriores às exigências por esta novidade e torna possível sua assimilação. A acomodação surge a partir das perturbações provocadas pelas situações novas que o sujeito enfrenta. Na acomodação, o sujeito age no sentido de se transformar, ajustando-se através de um esforço pessoal e espontâneo às resistências impostas pelo objeto de conhecimento, que não foi possível ser assimilado imediatamente.

A abstração reflexiva é considerada por Piaget (1976) um dos aspectos mais gerais do processo de equilibração e um dos motores do desenvolvimento. Ela se apóia nas coordenações das ações do sujeito, podendo estar inconsciente ou haver tomada de consciência. Na abstração reflexiva, assim como no processo de equilibração, um conceito presente e importante é o da reequilibração. A reequilibração é a possibilidade de superar os desequilíbrios provocados por

alguma situação perturbadora e inesperada, gerando contradições no pensamento do sujeito. Na abstração reflexiva ocorre um processo de reorganização da estrutura com as novas combinações que surgem a partir desse movimento reequilibrador. Essa reorganização utiliza os elementos do sistema anterior, integrando a ele as novidades provocadoras do desequilíbrio.

Para Llancaqueo et al. (2003) na perspectiva piagetiana as unidades psicológicas do funcionamento cognitivo dos sujeitos são os esquemas, que são uma parte essencial das representações que, por sua vez, são também constituídas por outros elementos, como os conceitos, as relações entre estes e sua organização em teorias, que correspondem a um tipo de representação mais elaboradas e explícitas. Deste modo, os conceitos são gerados a partir da aplicação dos esquemas e descrevem as regularidades que um sujeito encontra aos usá-los, constituindo-se num instrumento essencial do conhecimento.

5.2.2 A formação de conceitos na Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud

Vergnaud considera que o núcleo do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização do real; a teoria dos campos conceituais é uma teoria psicológica de conceitos, na qual a conceitualização é considerada a pedra angular da cognição (VERGNAUD, 1990).

Para Vergnaud (1998) Piaget não se deu conta de quanto o desenvolvimento cognitivo depende de situações e de conceitualizações específicas necessárias para lidar com elas.

Vergnaud (1993) define conceito como um triplete de três conjuntos $C = (S, I, R)$ onde: S é um conjunto de situações que dão sentido ao conceito; I é um conjunto de invariantes (objetos, propriedades e relações) sobre os quais repousa a operacionalidade do conceito, ou o conjunto de

invariantes operatórios associados ao conceito, ou o conjunto de invariantes que podem ser reconhecidos e usados pelos sujeitos para analisar e dominar as situações do primeiro conjunto; R é um conjunto de representações simbólicas (linguagem natural, gráficos e diagramas, sentenças formais, etc.) que podem ser usadas para indicar e representar esses invariantes e, conseqüentemente, representar as situações e os procedimentos para lidar com elas.

O primeiro conjunto de situações é o referente do conceito, o segundo de invariantes operatórios é o significado do conceito, enquanto o terceiro de representações simbólicas é o significante.

Pode-se considerar um conceito como um conjunto de invariantes utilizáveis na ação, mas esta definição implica também um conjunto de situações que constituem o referente e um conjunto de esquemas postos em ação pelos sujeitos nessas situações. Daí, o triplete (S, R, I) onde, em termos psicológicos, S é a realidade e (I, R) a representação que pode ser considerada como dois aspectos interagentes do pensamento, o significado (I) e o significante (R) (VERGNAUD, 1998).

Isso implica que para estudar o desenvolvimento e uso de um conceito, ao longo da aprendizagem ou de sua utilização, é necessário considerar esses três conjuntos simultaneamente. Não há, em geral, correspondência biunívoca entre significantes e significados, nem entre invariantes e situações; não se pode, portanto, reduzir o significado nem aos significantes nem às situações. Por outro lado, um único conceito não se refere a um só tipo de situação e uma única situação não pode ser analisada com um só conceito.

Por tudo isso, é necessário falar-se em *campos conceituais*. Mas se os conceitos tornam-se significativos através de situações decorre que as situações e não os conceitos constituem a principal entrada de um campo conceitual. Um campo conceitual é, em primeiro lugar, um conjunto de situações (VERGNAUD, 1988; 1990), cujo domínio requer o domínio de vários conceitos de naturezas distintas.

Vergnaud (1983 b) chama de “ilusão pedagógica” a atitude dos professores que crêem que o ensino consiste na apresentação organizada, clara, rigorosa, das teorias formais e que quando isso é

bem feito os alunos aprendem. Trata-se de uma ilusão porque, segundo ele, é através de situações de resolução de problemas que os conceitos se desenvolvem no aluno e as situações de resolução de problemas que tornam os conceitos significativos para os alunos podem estar, pelo menos inicialmente, muito distantes do formalismo apresentado pelo professor. Mas, apesar disso, tais situações são essenciais para o desenvolvimento de conceitos. Quer dizer, ao mesmo tempo em que as situações formais são necessárias é preciso levar em consideração que o aluno pode estar ainda muito longe delas.

5.2.3 A formação de conceitos na teoria vigotskiana

Vigotski (1999) desenvolveu suas reflexões sobre a formação de conceitos científicos em dois capítulos da sua obra “Pensamento e Linguagem”: no capítulo 5, intitulado “Estudo experimental do desenvolvimento dos conceitos” discute o trabalho de Ach de 1921 sobre o denominado Método de Busca e, mais tarde, o reproduz, modificando-o junto com Sakharov em 1930, quando este faleceu, Vigotski e colaboradores (Kotelova e Pashkovskaya) deu continuidade ao trabalho e deixou um texto inédito sobre o tema. Alguns autores como van der Veer e Valsiner, (1996) acham que o capítulo 5 é este texto.

O capítulo 6, intitulado “Estudo do desenvolvimento dos conceitos científicos na infância” é toda uma reflexão baseada na replicação dos trabalhos de Piaget sobre o tema, inicialmente feita por Luria entre os anos de 1924 e 1926 e consolidada por J.I. Chiff (ou Schiff) em 1935 sob orientação de Vigotski.

Para Vigotski a percepção e a linguagem são indispensáveis à formação de conceitos; a percepção das diferenças ocorre mais cedo do que a das semelhanças porque esta exige uma estrutura de generalização e de conceitualização mais avançada; o desenvolvimento dos processos que resultam na formação de conceitos começa na infância, mas as funções intelectuais, que

formam a base psicológica do processo de formação de conceitos, amadurece e se desenvolve somente na adolescência; a formação de conceitos é o resultado de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas (atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar) tomam parte; os conceitos novos e mais elevados transformam o significado dos conceitos inferiores (VIGOTSKI, 2001).

De acordo com Nébias (1999) as pesquisas do autor demonstraram que há três fases na trajetória da formação de conceitos:

1 - Agregação desorganizada: amontoados vagos de objetos desiguais, fatores perceptuais são irrelevantes; predomínio do sincretismo.

2 - Pensamento por complexos: os objetos associam-se não apenas devido às impressões subjetivas da criança, mas também devido às relações concretas e factuais que de fato existem entre esses objetos, podendo, entretanto, mudar uma ou mais vezes durante o processo de ordenação. Essas características selecionadas podem parecer irrelevantes para os adultos. Num estágio avançado dessa fase, Vigotski identifica a combinação de objetos em grupos com base em alguma característica que os torna diferentes e, ao mesmo tempo, complementares entre si, que se assemelham a coleções. Na passagem para os conceitos propriamente ditos, há um último tipo de complexos, o pseudoconceito, estágio no qual a criança generaliza fenotipicamente, mas psicologicamente seu conceito é muito diferente do conceito propriamente dito do adulto.

3 - Na terceira fase da formação de conceitos, o grau de abstração deve possibilitar a simultaneidade da generalização (unir) e da diferenciação (separar). Essa fase exige uma tomada de consciência da própria atividade mental porque implica numa relação especial com o objeto, internalizando o que é essencial do conceito e na compreensão de que ele faz parte de um sistema. Inicialmente formam-se os conceitos potenciais, baseados no isolamento de certos atributos

comuns, e em seguida os verdadeiros conceitos. Essa abstração vai ocorrer na adolescência. No entanto, mesmo depois de ter aprendido a produzir conceitos, o adolescente não abandona as formas mais elementares; elas continuam a operar ainda por muito tempo, sendo na verdade predominantes em muitas áreas do seu pensamento. A adolescência é menos um período de consumação do que de crise e transição.

Por seus experimentos, Vigotski (2001) conclui que a capacidade do adolescente de formar conceitos antecede em muito sua capacidade de defini-los. Contudo, se considerarmos as situações escolares, muitas vezes o aluno é capaz de definir um objeto, quando sabemos que ainda não formou o conceito. Outro aspecto bastante relevante sobre formação de conceitos, tratado por ele, diz respeito aos processos cotidianos, à experiência pessoal da criança e à instrução formal, à aprendizagem em sala de aula, que, em seu entender, desenvolvem dois tipos de conceitos que se relacionam e se influenciam constantemente. Nesse aspecto, contesta Piaget, por ter sobre esse assunto um ponto fraco na sua teoria, uma vez que para Piaget os conceitos "espontâneos", que constituem as idéias da criança acerca da realidade, são independentes dos conceitos "não espontâneos", decisivamente influenciados pelos adultos e que vão gradativamente substituindo os primeiros. Vigotski acredita que os conceitos espontâneos e os conceitos não-espontâneos não estão em conflito; fazem parte de um mesmo processo, ainda que se formem e se desenvolvam sob condições externas e internas diferentes e motivados por problemas diferentes.

Para Vigotski (2001), esses conceitos cotidianos e científicos envolvem experiências e atitudes diferentes por parte das crianças e se desenvolvem por caminhos diferentes; a ausência de um sistema é a diferença psicológica principal que distingue os conceitos espontâneos dos conceitos científicos. Um conceito espontâneo é definido por seus aspectos fenotípicos, sem uma organização consistente e sistemática, enquanto o conceito científico é sempre mediado por outros conceitos. Os conceitos científicos foram objeto de vários estudos porque, com seu sistema hierárquico de inter-relações - um conceito supra-ordenado e uma série de conceitos subordinados parecem constituir,

para Vigotski, o meio no qual a consciência reflexiva se desenvolve. Desde o início, eles contêm relações de generalidade, por suas características essenciais. Mereceram atenção especial, também, porque a aprendizagem escolar exerce papel importante em sua aquisição. Segundo ele, nas experiências cotidianas, a criança centra-se nos objetos e não tem consciência de seus conceitos, ao passo que nos conceitos aprendidos na escola, em colaboração com o adulto, consegue resolver melhor problemas que envolvem o uso consciente do conceito.

No entanto, seus estudos confirmaram a hipótese de que os conceitos espontâneos e os conceitos científicos, inicialmente afastados porque se desenvolvem em direções contrárias, terminam por se encontrar. A criança adquire consciência dos seus conceitos espontâneos relativamente tarde; a capacidade de defini-los por meio de palavras, de operar com eles à vontade, aparece muito tempo depois de ter adquirido os conceitos. Ela possui o conceito, mas não está consciente do seu próprio ato de pensamento. O desenvolvimento de um conceito científico, por outro lado, geralmente começa com sua definição verbal e com sua aplicação em operações não-espontâneas. Poder-se-ia dizer que o desenvolvimento dos conceitos espontâneos da criança é ascendente, (indutivo) enquanto o desenvolvimento dos seus conceitos científicos é descendente (dedutivo).

Contudo, Vigotski (2001) afirma que é necessário que o conceito espontâneo tenha alcançado um certo nível para que o conceito científico correspondente seja internalizado. Eles dependem e se constroem a partir dos conceitos cotidianos.

A comparação que Vigotski (2001) estabelece entre a aquisição de conceitos científicos e aprendizagem de uma língua estrangeira é bastante elucidativa; na língua materna, aprendemos a partir da nomeação direta dos objetos enquanto, para uma língua estrangeira, a mediação da língua materna substitui o objeto. A aprendizagem dos conceitos científicos ou da segunda língua na escola baseia-se num conjunto de significados da palavra, desenvolvidos previamente e originários das experiências cotidianas da criança. Este conhecimento espontaneamente adquirido medeia a

aprendizagem do novo. Para Vigotski, a inter-relação entre os conceitos científicos e os conceitos espontâneos é um caso especial de um tema mais amplo: a relação entre o aprendizado escolar e o desenvolvimento mental da criança.

Muito se tem discutido acerca das traduções da obra de Vigotski, sobretudo as versões traduzidas da língua inglesa, feita por autores estadunidenses, que, segundo os autores (DUARTE, 2004; VAN DER VEER; VALSINER, 1996), tanto reduziram quanto deformaram o pensamento do pensador soviético. (Veja-se, por exemplo, o conceito de *zona de desenvolvimento imediato* e não “proximal” como se usa no Brasil e nos Estados Unidos. Afirma o tradutor Paulo Bezerra que o termo russo *blijáichee*, significa o mais próximo, “proximíssimo”, imediato).

No caso presente, da obra *Pensamento e linguagem*, tome-se como exemplo o texto referente à descrição de uma imagem icônica criada por Vigotski, sobre a estrutura do sistema conceitual. Na versão brasileira de Vigotski (1999), o texto é apresentado na seguinte forma:

Se imaginarmos a totalidade dos conceitos como distribuídos pela superfície de um globo, a localização de cada conceito pode ser definida por meio de um sistema de coordenadas que correspondem, na geografia, à longitude e à latitude. Uma dessas coordenadas indicará a localização de um conceito entre os extremos de uma conceituação abstrata extremamente generalizada e apreensão sensorial imediata de um objeto – isto é, seu grau de concretude e abstração. A segunda coordenada representará a referência objetiva do conceito, o aspecto da realidade ao qual se aplica. Dois conceitos que se aplicam a diferentes áreas de realidade, mas que são comparáveis em grau de abstração – por exemplo, plantas e animais –, poderiam ser concebidos como conceitos que variam em latitude, mas que têm a mesma longitude. A analogia geográfica apresenta vários detalhes: o conceito mais generalizado, por exemplo, aplica-se a uma área de conteúdo mais ampla, que poderia ser representada por uma linha, e não por um ponto. Mas serve para dar a idéia de que, para ser adequadamente caracterizado, cada conceito tem que ser inserido em dois contínuos - um que representa o conteúdo objetivo e o outro que representa os atos de pensamento que apreendem o conteúdo. A intersecção dos dois determina todas as relações entre o conceito dado e os outros - seus conceitos coordenados, supra-ordenados e subordinados. Essa posição de um conceito no sistema total de conceitos pode ser chamada sua medida de generalidade. (Vigotski, 1999: 140).

Na versão brasileira da obra *A construção do pensamento e linguagem* Vigotski (2001), traduzida diretamente do russo, o mesmo texto está assim escrito:

Se imaginamos convencionalmente que todos esses conceitos estão dispostos à semelhança de todos os pontos da superfície terrestre, situados entre os pólos Norte e Sul, em um certo grau de longitude

entre os pólos de abrangência imediata, sensorial e direta do objeto e do conceito maximamente generalizado e sumamente abstrato, então, como longitude desse conceito podemos definir o lugar por ele ocupado entre os pólos do pensamento sumamente concreto e sumamente abstrato sobre o objeto. Os conceitos irão distinguir-se por sua longitude em função da medida em que está representada a unidade do concreto e do abstrato em cada conceito dado. Se imaginarmos que a esfera do globo terrestre pode simbolizar para nós toda a plenitude e toda diversidade da realidade representada em conceitos, poderemos designar como latitude do conceito o lugar por este ocupado entre outros conceitos da mesma longitude mas relacionados a outros pontos da realidade da mesma forma com que a latitude da geografia designa um ponto da superfície terrestre em graus de paralelos terrestres.

Desse modo, a latitude do conceito irá caracterizar primordialmente a natureza do próprio ato de pensar, da própria abrangência dos objetos no conceito do ponto de vista da unidade do abstrato e do concreto contida em tal conceito. A latitude do conceito irá caracterizar primordialmente as suas relações com o objeto, o ponto de sua aplicação a um determinado ponto da realidade. Juntas, a longitude e a latitude do conceito devem produzir uma noção definitiva da sua latitude sob a ótica de dois momentos: o ato de pensamento nele contido e do objeto nele representado. Assim, elas devem conter o entroncamento de todas as relações de generalidade existentes no campo de dado conceito nos planos tanto horizontal quanto vertical, isto é, tanto em relação aos conceitos subordinados quanto aos superiores e inferiores pelo grau de generalidade. Chamamos de *medida de generalidade desse conceito* esse lugar do conceito no sistema de todos os conceitos, determinado pela sua longitude e latitude, esse entroncamento de relações com outros conceitos contido na concepção do próprio conceito.

O emprego forçado de designações metafóricas, tomadas de empréstimo à geografia, requer uma ressalva sem a qual essas designações podem provocar substanciais mal-entendidos. Enquanto, na geografia, entre as linhas de longitude e latitude, entre os meridianos e os paralelos existem relações lineares de tal forma que ambas as linhas só se cruzam em um ponto que determina simultaneamente a posição dessas linhas no meridiano e no paralelo, no sistema de conceitos essas relações são mais complexas e não podem ser traduzidas na linguagem das relações lineares. Um conceito superior pela longitude é ao mesmo tempo mais amplo por seu conteúdo; abrange toda uma área de linhas de latitude de conceitos a ela subordinados, área essa que precisa de uma série de pontos para ser definida.

Graças à existência da medida de generalidade, para cada conceito surge a sua relação com todos os demais conceitos, a possibilidade de transição de uns conceitos a outros, o estabelecimento de relações entre eles por vias inúmeras e infinitamente diversas, surge a possibilidade de equivalência entre os conceitos.[...]

Como mostra a investigação, a medida de generalidade é o momento primeiro e fundamental em qualquer funcionamento de qualquer conceito, assim como no vivenciamento do conceito, como se pode ver pela análise fenomenológica. Quando nos mencionam algum conceito, por exemplo, “mamífero”, nós o vivenciamos da seguinte maneira: fomos colocados em um determinado ponto da rede de linhas de latitude e longitude, ocupamos uma posição para o nosso pensamento, recebemos o ponto inicial de orientação, experimentamos a disposição de nos movimentarmos em qualquer direção a partir desse ponto. Isto se manifesta no fato de que qualquer conceito que surge isoladamente na consciência forma uma espécie de grupo de prontidões, grupo de predisposição para determinados movimentos do pensamento. Por isso, na consciência todo conceito está representado como uma figura no campo das relações de generalidade que lhe correspondem. Nesse campo nós escolhemos a via do movimento necessário ao nosso pensamento. (Vigotski, 2001: 364-367)

Como se vê, a brutal sumarização da versão de *Pensamento e linguagem*, chega a comprometer a compreensão do sentido desenvolvido por Vigotski para a caracterização da estrutura do sistema conceitual. A omissão, sobretudo, da segunda parte do texto, onde Vigotski

pondera sobre a analogia com o modelo geográfico de latitudes e longitudes, onde ele introduz idéias tais como “campo do conceito” e sobre a sua representação “como uma figura” muito semelhante a um modelo mental.

Em relação à sua metodologia de trabalho, Vigotski considerava que a psicologia mostrava que duas ações poderiam ocorrer por sua aparência externa de maneira similar e serem muito distintas por sua origem, essência e natureza. Em casos assim são necessários meios especiais de análise científica por detrás da semelhança exterior às diferenças internas. Nesses casos resulta necessário, à análise científica, o saber descobrir sob o aspecto externo do processo seu conteúdo interno, sua natureza e sua origem.

Toda a dificuldade da análise científica radica no fato da essência dos objetos, isto é, sua autêntica e verdadeira correlação não coincidir diretamente com a forma de suas manifestações externas e por isso é preciso analisar os processos; é preciso descobrir por esse meio a verdadeira relação que subjaz nesses processos por detrás da forma exterior de suas manifestações.

Para Vigotski a autêntica análise científica na psicologia se diferencia radicalmente da análise subjetiva que por sua própria natureza não é capaz de superar os limites da descrição pura. A partir de nosso ponto de vista, somente é possível a análise de caráter objetivo já que não se trata de revelar o que nos parece o fenômeno observado, mas sim o que ele é na realidade.

Vigotski escreveu que:

O sistema primário, surgido na esfera dos conceitos científicos se transfere estruturalmente ao campo dos conceitos cotidianos, reestruturando-os, modificando sua natureza interna a partir de cima. Um e outro (a dependência dos conceitos científicos dos espontâneos e a influência recíproca dos primeiros nos segundos) se depreende dessa relação específica que existe entre o conceito científico e o objeto, a qual se caracteriza, como dissemos, por estar mediada através de outro conceito e, por conseguinte, incluir, por sua vez, junto com a relação para com o objeto, a relação com outro conceito, isto é, os elementos primários do sistema de conceitos. Portanto, o conceito científico, pelo fato de ser científico, por sua própria natureza, pressupõe um determinado lugar dentro do sistema dos conceitos, o qual determina sua relação com outros conceitos. A essência de qualquer conceito científico é definida por Marx de um modo muito profundo: “se a forma de manifestação e a essência das coisas coincidissem, toda ciência seria supérflua” [...] Esse é o quid do conceito científico. Seria supérfluo se refletisse o objeto em sua manifestação externa como conceito empírico. (Vigotski, 1993 apud Duarte, 2000)

O psicólogo soviético defende a utilização, pela pesquisa psicológica, daquilo que ele chamava de “método inverso”, isto é, o estudo da essência de determinado fenômeno através da análise da forma mais desenvolvida alcançada por tal fenômeno. Por sua vez, a essência do fenômeno na sua forma mais desenvolvida não se apresenta ao pesquisador de forma imediata, mas sim de maneira mediatizada e essa mediação é realizada pelo processo de análise, o qual trabalha com abstrações. Trata-se do método dialético de apropriação do concreto pelo pensamento científico através da mediação do abstrato. A análise seria um momento do processo de conhecimento, necessário à compreensão da realidade investigada em seu todo concreto. Vigotski adota assim, da dialética marxista, dois princípios para a construção do conhecimento científico em psicologia: a abstração e a análise da forma mais desenvolvida. (DUARTE, 2000)

O conhecimento construído pelo pensamento científico a partir da mediação do abstrato não é uma construção arbitrária da mente, não é o que o fenômeno parece ser ao indivíduo, esse conhecimento é a captação, pelo pensamento, da essência da realidade objetiva, é reflexo dessa realidade (DUARTE, 2000).

5.2.4 A formação de conceitos na Teoria da Atividade

Para Libâneo (2004) a Teoria da Atividade tem como principal pressuposto que a atividade, cuja expressão maior é o trabalho, é a principal mediação nas relações que os sujeitos estabelecem com o mundo objetivo.

A atividade, tanto externa como interna, tem uma estrutura psicológica, cujos componentes são: necessidades, motivos, finalidades e condições de realização da finalidade. Ao curso psicológico da atividade corresponde à realização de diversas ações, cada ação composta por uma série de operações em correspondência com as condições peculiares da tarefa.

Leontiev assim define como atividade:

[...] aqueles processos que, realizando as relações do homem com o mundo, satisfazem uma necessidade especial correspondente a ele. [...] Por atividade, designamos os processos psicologicamente caracterizados por aquilo que o processo, como um todo, se dirige (i.e., objeto), coincidindo sempre com o objetivo que estimula o sujeito a executar essa atividade, isto é, o motivo.(LEONTIEV apud LIBÂNEO, 2004).

Há, pois, uma dependência do objetivo em relação ao motivo, ou seja, a atividade implica um sentido. Por sua vez, a ação “é um processo cujo motivo não coincide com seu objetivo, mas reside na atividade da qual faz parte”

De acordo com Libâneo (2004) a Teoria da Atividade desenvolvida inicialmente por Leontiev, Rubinstein e Luria, baseada na escola histórico-cultural iniciada por Vigotski, tem como principais formuladores na atualidade: Galperin (Psicologia Infantil), Bozhovich (Psicologia da Personalidade), Elkonin (Psicologia Evolutiva e periodização do desenvolvimento humano), Zaporoyetz (Psicologia Evolutiva), Levina (Psicologia da Educação) e Davidov (principal formulador da Teoria Histórico-Cultural da Atividade)

Piotr Iakovlevich Galperin (1902-1988) formula a Teoria do Desenvolvimento Psíquico, na qual ressalta o papel das ações externas no surgimento e formação das ações internas, mentais, por meio do ensino.

Daniil B. Elkonin (1904-1984), que exerceu forte influência nas pesquisas de Davidov, destacou-se pelas suas pesquisas sobre a periodização do desenvolvimento humano e a aprendizagem escolar.

Vasili Vasilievich Davidov (1930-1998) era membro da Academia de Ciências Pedagógicas, doutor em psicologia, professor universitário e autor de várias obras sobre educação e psicologia, pertencendo à terceira geração de psicólogos soviéticos, desde os trabalhos do grupo inicial de Vigotski nos anos 20 e 30 do século passado.

Entre as suas principais contribuições teóricas Davidov concorda com Leontiev sobre o entendimento de que a atividade é constituída de necessidades, tarefas, ações e operações, mas

acrescenta um componente que modifica substantivamente a formulação inicial. Trata-se do *desejo*, enquanto núcleo básico de uma necessidade:

Acredito que o desejo deve ser considerado como um elemento da estrutura da atividade. [...] Necessidades e desejos compõem a base sobre a qual as emoções funcionam.[...] O termo *desejo* reproduz a verdadeira essência da questão: as emoções são inseparáveis de uma necessidade. [...] Em seus trabalhos, Leontiev afirma que as ações são conectadas às necessidades e motivos. Discordo desta tese. Ações, como formações integrais, podem ser conectadas somente com necessidades

138

baseadas em desejos – e as ações ajudam na realização de certas tarefas a partir dos motivos. [...] É esta a estrutura da atividade que tentei apresentar-lhes. [...] Os elementos são os seguintes: desejos, necessidades, emoções, tarefas, ações, motivos para as ações, meios usados para as ações, planos (perceptual, mnemônico, pensamento, criativo) – todos se referindo à cognição e, também, à vontade. (DAVIDOV (1999) apud LIBÂNEO (2004))

Para Libâneo (2004) a importância deste ponto de vista é óbvia, pois põe em relevo as relações entre a afetividade e a cognição.

Enfocando a construção dos conceitos científicos sob perspectiva da Teoria da Atividade, Nuñez e Pacheco (1997), afirmam que Vigotski e seus colaboradores centraram a atenção na importância que tem do conceito científico pertencer a uma rede conceitual, como uma das suas características psicológicas essenciais. Os conceitos científicos fazem parte de um sistema, enquanto os conceitos espontâneos são extrasistêmicos. Não obstante, escrevem os autores, os conceitos espontâneos estão também em uma determinada relação ou sistema, com dependência do tipo genérico-específica. A diferença entre um tipo de rede conceitual e outra, no plano lógico, foi omitida pelos estudos de Vigotski, o que teria dificultado um autêntico critério de conceitos científicos.

Dizem os autores que a interpretação de Vigotski sobre o papel dos signos na formação de conceitos (como reflexo e significado) o leva a interpretar o desenvolvimento das formas mediatizadas da psique como um processo de desenvolvimento de significados, representado nas palavras. Nessa perspectiva, a investigação se reduziria a conhecer como as palavras adquirem significados.

Conseqüentemente, como Vigotski não teria diferenciado o significado e conceito, estudou experimentalmente o processo de formação de conceitos, onde este último representava o fundamento principal da formação da consciência. O nível de desenvolvimento dos conceitos determinava as peculiaridades do reflexo do mundo pelo homem, assim como as possibilidades de sua atividade.

Para os autores (NUÑEZ; PACHECO, 1997), Vigotski ao investigar o papel dos instrumentos-signos na formação da psique do homem retira a consciência (como uma entidade dentro do homem) e explica a essência da formação da consciência nas forças que se encontram fora do homem. O instrumento-signo, retirado então da atividade e analisado independentemente, adquire um papel exagerado. Nesse mesmo sentido, Vigotski priorizaria a função da linguagem no processo de formação do conceito e no papel decisivo da atividade prática material no desenvolvimento psíquico. Assim, a comunicação se converteu para Vigotski no elemento de primeiro plano no desenvolvimento da consciência; considera que o significado tem sua fonte na linguagem, mediante sua função de “refletir o mundo das coisas” e não as ações da criança, que se caracterizam por serem dispersas e caóticas.

No papel determinante atribuído por Vigotski à linguagem na formação do pensamento conceitual, unido à ação do objeto na gênese do significado lingüístico, a ação do sujeito do conhecimento quase desaparece para dar lugar à ação predominante do objeto.

Davidov e Radzikhosky assim formulam a crítica a perspectiva vigotskiana:

Vigotski exagerava esse papel; que segundo sua teoria, o reflexo psíquico não está dirigido ao objeto (o objeto “está perdido”); que a atividade material -categoria central da psicologia marxista – na teoria de Vigotski está reduzida à interação dos signos, a comunicação; a consciência no mundo da cultura, no mundo dos signos.(DAVIDOV; RADZIKHOSKY (1984) apud NUÑEZ; PACHECO, 1997)

Assim, Vigotski não teria enfatizado, em toda a sua dimensão, a ação do sujeito, não permitindo esclarecer o sistema individual de conceitos como resultado da atividade concreta do

estudante, orientada à realidade (objetos e fenômenos), cujas características estão refletidas nos conceitos.

Numa perspectiva pós-vigotskiana, a teoria da atividade tenta esclarecer que o processo de formação de conceitos científicos impõe como condição a definição do tipo de atividade necessária para sua formação, ou seja, a organização de tipos específicos de atividades, numa perspectiva do ensino escolar.

Uma outra crítica nessa perspectiva se refere à contraposição feita por Vigotski dos processos naturais, psíquicos, dos sociais. Ao focar o desenvolvimento da psique humana, os processos sociais, por uma parte e os naturais por outra, os considerava como em duas esferas distintas dos processos psicológicos.

Entre a ruptura e a continuidade das duas teorias, diversos autores se posicionam, entre os quais destacamos a posição de continuidade de pesquisadores brasileiros como, por exemplo: Duarte (2004), que escreve que continua defendendo a interpretação segundo a qual os trabalhos de Leontiev dão continuidade e desenvolvem a mesma corrente psicológica inaugurada por Vigotski. Para este as divergências que existam entre esses dois autores não caracterizam uma ruptura ou um conflito entre eles: seus trabalhos somam-se, sendo comum a ambos a fundamentação filosófica nas obras de Karl Marx (1818-1893) e Friedrich Engels (1820-1895) Já Libâneo (2004) defende que a Teoria Histórico-Cultural da Atividade, desenvolvida inicialmente por Leontiev, Rubinstein e Luria, é geralmente considerada uma continuidade da escola histórico-cultural iniciada por Vigotski.

Para Libâneo (2004) as avaliações críticas envolvendo a relação entre a psicologia histórico-cultural e a Teoria da Atividade mostram que há pontos comuns entre os psicólogos soviéticos, mas há também consideráveis divergências, por exemplo, na interpretação da expressão “determinação histórica e social da mente humana” ou do papel da cultura e da linguagem no desenvolvimento humano.

Segundo Kozulin (2002), boa parte das divergências giram em torno do problema da internalização e da relação entre a atividade externa da criança e as operações mentais correspondentes. Esta questão, no período 1934-1940, teria gerado os motivos do distanciamento do grupo liderado por Leontiev em relação às idéias de Vigotski.

Vale dizer que, enquanto Leontiev acentuaria a atividade prática, Vigotski acentuaria a cultura, a linguagem, a mediação simbólica.

Essa mesma questão é discutida por Zinchenko (1998), que reconhece a existência de duas linhas de pesquisa dentro da mesma escola: a psicologia histórico-cultural (Vigotski) e a Teoria Psicológica da Atividade (Leontiev), com pontos de convergência, mas também com diferenças.

Segundo Zinchenko:

A principal diferença é que para a psicologia histórico-cultural o problema central foi e continua sendo a mediação da mente e da consciência. Para a teoria psicológica da atividade o problema central era a orientação-objeto, em ambas as atividades mentais interna e externa. É claro que na teoria psicológica da atividade a questão mediação também apareceu, mas enquanto que para Vigotski a consciência era mediada pela cultura, para Leontiev a mente e a consciência eram mediadas por ferramentas e objetos. (ZINCHENKO, 1998).

Para Nuñez e Pacheco (1997) o assinalamento e demarcação das limitações na teoria de Vigotski, permitiram o desenvolvimento posterior da psicologia soviética, orientada ao estudo da atividade, em particular os trabalhos de Leontiev e Rubinstein, assim como os trabalhos referentes ao mecanismo de interiorização da atividade externa em interna de Galperin.

Como escrevem Davidov e Radzikhosky:

Para poder compreender construtivamente a teoria de L.S.Vigotski foi necessário “distanciar-se” dela, desenvolver (em muitas ocasiões debatendo com Vigotski) a teoria da atividade material e só depois, a partir desta teoria falar na possibilidade de sistematizá-la com a teoria de Vigotski.(DAVIDOV; RADZIKHOSKY (1984) apud NUÑEZ; PACHECO, 1997)

Para os autores as investigações de Leontiev demonstram a unidade da psique e da atividade externa. A atividade psicológica interna representa uma forma da atividade material externa transformada. Assim, é indiscutível que qualquer conceito, como imagem de objetos e fenômenos, deve estar relacionado com um tipo específico de atividade. Portanto, a formação do conceito não é só a formação da imagem especial como quadro da realidade, é também um processo de formação de um sistema operacional que tem uma estrutura interna.

As ações e operações se convertem no mecanismo psicológico do conceito. Para Talízina (1988) apud Nuñez e Pacheco (1997): “As particularidades das ações orientadas aos objetos e fenômenos do mundo exterior determinam diretamente o conteúdo e a qualidade do conceito em formação”.

Para explicar a estrutura da atividade humana Leontiev (1978) faz uma diferenciação entre atividade e ação e dá como exemplo a atividade coletiva de caça realizada por um primitivo grupo de seres humanos. Essa atividade seria composta de várias ações realizadas por diferentes indivíduos integrantes do grupo. Uma das ações seria a de produzir instrumentos para usar na caça. Outra seria acender e preservar o fogo usado para assar a carne do animal.

No momento da caçada propriamente dita, o grupo de caçadores dividir-se-ia em dois. O primeiro grupo, constituído pela maioria dos caçadores, ficaria à espreita num lugar previamente estabelecido, no qual seria mais fácil encurralar e abater o animal do que numa situação em campo aberto, na qual o animal a ser caçado (imaginemos que seja um animal ágil e veloz) tem mais chances de escapar. A outra parte do grupo seria constituída por apenas um ou dois integrantes do grupo de batedores. A função do batedor seria a de espantar os animais, mas com um propósito determinado, o de que os animais, ao fugirem dos batedores, corresse inadvertidamente para onde estavam à espreita os demais integrantes do grupo, que se encarregariam de encurralar e abater a caça. O batedor (ou batedores) não precisaria, inclusive, estar munido de instrumentos de caça. Poderia até não ter nada em suas mãos, bastando apenas correr, gritar, enfim, espantar os animais.

Essa é a ação do batedor, esse é o conteúdo de sua ação. Se nós víssemos apenas essa ação, pela qual o indivíduo espanta os animais, e tivéssemos conhecimento apenas de que a necessidade (o motivo) que leva o batedor a agir é a fome, a necessidade de se alimentar da carne dos animais que ele acabou de espantar para longe de si, poderíamos concluir que a conduta desse indivíduo é desprovida de sentido, sendo até o oposto do que seria esperado, ou seja, que o indivíduo tentasse abater o animal e satisfazer sua fome.

O que dá sentido à atividade desse indivíduo, ou seja, o que conecta sua ação com o motivo dessa ação? A resposta é: as relações sociais existentes entre ele e o restante do grupo ou, em outras palavras, o conjunto da atividade social. Somente como parte desse conjunto é que a ação individual adquire um sentido racional.

A mesma coisa podemos dizer com relação às demais ações que compõem a atividade dada como exemplo. Os caçadores que ficaram escondidos, esperando pelo momento em que os animais viriam ao seu encontro, agiram assim porque sabiam que o batedor espantaria os animais em sua direção. Se assim não fosse, a ação de ficar escondido seria tão desprovida de sentido quanto a ação de espantar os animais.

No início algum indivíduo teria realizado a ação de fazer fogo e preservá-lo aceso. Podemos dizer que há uma relação direta, imediata, entre a ação de acender o fogo e a necessidade que constitui o motivo primeiro dessa ação, que é a fome? Obviamente que não. Acender o fogo não mata a fome. Seria uma relação direta se o indivíduo estivesse com frio e tivesse acendido o fogo para se aquecer. Se a necessidade é a de alimento, o que dá sentido à ação desse indivíduo, o qual não foi participar da caçada propriamente dita, são as relações existentes entre ele e o restante do grupo.

Uma ação é, portanto, um processo no qual não há uma relação direta entre o motivo e o conteúdo (ou objeto) dessa ação. A ação só existe como integrante de um todo maior que é a atividade. A única situação na qual não há distinção entre ação e atividade é aquela na qual a

atividade é composta de uma única ação, como no caso do indivíduo que produz fogo para se aquecer.

Na grande maioria das situações, porém, as atividades humanas são constituídas por um complexo conjunto de ações. Essa relação mediatizada, indireta, entre a ação e o motivo da atividade como um todo precisa ser devidamente traduzida no âmbito subjetivo, ou seja, na consciência dos indivíduos. Se, no exemplo acima apresentado, a consciência do batedor não fosse capaz de estabelecer, com antecipação, o conjunto das ações que compõem essa atividade de caça, é óbvio que o batedor não realizaria adequadamente sua própria ação. Aqui se refere também aos aspectos cognitivos da consciência como aos aspectos afetivos, ou seja, aos sentimentos e às emoções. Quando ele vê os animais que poderiam satisfazer sua fome se distanciarem velozmente dele, de maneira que objetivamente ele não poderia alcançá-los e abatê-los, seu estado emocional interior não será o de frustração se os animais se dirigirem para o local no qual os outros seres humanos integrantes do grupo estão à espreita. Na realidade o batedor antecipa em sua subjetividade a sensação eufórica que acompanha a caçada bem-sucedida.

Tanto em termos cognitivos como em termos afetivos, a estrutura do psiquismo humano diferencia-se da estrutura do psiquismo animal, tal como ocorre com a estrutura objetiva da atividade. Na mente humana há, portanto, uma relação indireta, mediatizada, entre o conteúdo da ação e o motivo desta. Usando os termos de Leontiev, ao conteúdo da ação, isto é, àquilo que constitui seu objeto, vincula-se o “significado da ação”, ou seja, o significado da ação é aquilo que o sujeito faz, é a resposta à pergunta: O que o indivíduo está fazendo? Mas a consciência humana, segundo Leontiev, trabalha com as relações entre o significado e o sentido da ação. O que seria o sentido da ação? Para Leontiev o sentido da ação é dado por aquilo que liga, na consciência do sujeito, o objeto de sua ação (seu conteúdo) ao motivo dessa ação. No caso do exemplo dado, na subjetividade do batedor o sentido de sua ação é estabelecido pela elaboração mental das conexões objetivamente existentes entre ele e o restante do grupo. É isso que faz com que a visão do animal

se distanciando tenha para o batedor o sentido de que em breve ele irá saciar sua fome (LEONTIEV, 1978).

Somente as relações sociais podem produzir tal sentido na mente do batedor. Trata-se, portanto de um fenômeno essencialmente social. Igual análise aplica-se a todas as demais ações que integram essa caçada coletiva (DUARTE, 2004).

Concluem Nuñez e Pacheco (1997), um novo enfoque na formação de conceitos, na perspectiva da teoria da atividade nos leva a privilegiar as ações relacionadas com a formação e aplicação dos conceitos dentro dos limites de generalização. Isto permite afirmar que o processo de formação de conceitos deve estruturar-se sobre a base de três princípios fundamentais: 1) considerar a atividade que leva a formação do conceito; 2) organizar a atividade que os alunos devem realizar para a assimilação do conceito; 3) compreender as etapas de formação do conceito com indicadores qualitativos que possibilitem descrever os diferentes estados.

O novo conceito se assimila só através do contato com os objetos cujo conceito se forma, por isso, na direção do processo de formação de conceitos devem ser organizadas as ações que os alunos realizarão com os objetos orientados aos atributos essenciais, oferecendo ao aluno os pontos de referência, mediante os quais formará a imagem dos objetos. Por sua inclusão em um sistema conceitual (sistema epistêmico) e por ser produto de um processo de construção, os conceitos científicos implicam uma atitude metacognitiva, o que significa uma consciência e o controle deliberado pelo aluno, que domina o conteúdo do conceito em uma estrutura hierárquica conceitual (rede de conceitos).

6 MÉTODO E PROCEDIMENTOS

O objetivo central do presente trabalho de pesquisa foi estudar a organização da conceitualização de estudantes dos níveis médio e superior acerca do campo conceitual da Evolução.

Tentou-se identificar nos sujeitos como ocorre a mobilização dos conceitos necessários para a resolução de situações-problema relacionadas à Evolução. Para tal foram coletados dados em dois contextos complementares de observação, a saber:

a) Aplicação individual de questionário, tendo-se para tal utilizado um instrumento com pequenas adaptações a partir daquele originalmente proposto por Bizzo (1991) (ver Anexo 1) cujo objetivo é de identificar quais os conceitos mobilizados do campo conceitual da biologia evolutiva e suas respectivas justificativas, para a resolução de situações-problema relacionadas à Evolução. Para a elaboração deste questionário Bizzo (1991) baseou-se no trabalho de Bishop e Anderson (1990), com duas perguntas objetivas, com justificativas e três perguntas dissertativas.

A aplicação do questionário foi efetivada pelos próprios professores das disciplinas de Biologia (ensino médio) e de Genética e Evolução (ensino superior) e envolveu 40 estudantes voluntários, escolhidos ao acaso, por sorteio, em cada turma, sendo 20 do ensino médio e 20 do ensino superior. Os estudantes do ensino médio foram divididos em dois subgrupos: um do 1^o ano cujos alunos-sujeito não haviam estudado o tema Evolução e outro do 2^o ano cujos alunos-sujeito haviam trabalhado recentemente o tema em sala de aula. Os estudantes do ensino superior foram, por sua vez, igualmente divididos em dois subgrupos: um do Bacharelado e outro da Licenciatura em Ciências Biológicas. Os resultados do questionário foram submetidos a análises estatísticas descritivas multidimensionais de tipo análise taxonômica (ou “cluster analysis” ou classificação hierárquica ascendente), conforme descrito mais adiante na parte referente aos resultados iniciais obtidos.

b) Videografia e transcrição de debates entre os estudantes em situações-problema de biologia evolutiva, envolvendo 28 alunos-sujeito voluntários, divididos em dois grupos (ensinos médio e superior), formados por sua vez por subgrupos de quatro estudantes, escolhidos ao acaso, conforme explicitado em seguida. O grupo de estudantes do ensino médio foi dividido em quatro subgrupos de quatro estudantes, de acordo com a seguinte sistemática: dois subgrupos do ensino particular (subgrupos 1 e 2) e outros dois do ensino público (subgrupos 3 e 4), correspondentes aos do 1^o e 2^o ano do ensino médio. Os do ensino superior, foram igualmente divididos em três grupos cada um dos quais com efetivo de quatro sujeitos: estudantes do Bacharelado (subgrupo 5); estudantes da Licenciatura em Ciências Biológicas (subgrupo 6); estudantes do Bacharelado, estudantes da Licenciatura e a participação do Professor (subgrupo 7).

Nas filmagens dos debates a diferenciação dos estudantes do ensino médio entre o particular e o público reflete uma compreensão de que a deliberada adoção de livros-didáticos de Biologia, a disponibilidade de bibliotecas e acesso a Internet nas escolas particulares e a ausência de tais recursos na rede pública pode ser um componente diferenciador importante no domínio do campo conceitual da evolução. Por outro lado, a distinção entre os estudantes do 1^o e 2^o anos se refere aos que tenham ou não estudado o tema Evolução em sala de aula. Os dois grupos do curso superior de Biologia, um da Licenciatura e outro do Bacharelado se justifica tendo em vista a diferença no currículo explícito dos dois cursos, o da Licenciatura voltado para o ensino da biologia com menor formação para as disciplinas técnico-científicas e do Bacharelado voltado à formação de pesquisadores com maior ênfase nessas disciplinas.

Com base na proposta de coleta mencionada acima, foram coletados dados cuja análise foi iniciada, conforme explicitado nas seções seguintes.

Em todos os protocolos apresentados os nomes dos estudantes são fictícios.

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme mencionado no capítulo anterior, a situação de coleta de dados constituiu-se na aplicação de questionário de situações-problema em biologia evolutiva aos sujeitos em dois níveis escolares e a videografia e transcrição de debates entre grupos de sujeitos envolvendo processos evolutivos. A sistemática de tratamento dos dados bem como os resultados obtidos são apresentados em seguida.

7.1 ANÁLISE DESCRITIVA MULTIDIMENSIONAL DAS RESPOSTAS DADAS AO QUESTIONÁRIO APLICADO AOS ESTUDANTES EM SITUAÇÕES-PROBLEMA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA

As respostas dadas ao questionário (ver Anexo 1) foram analisadas através de ferramentas informatizadas de análise descritiva multidimensional (para uma breve descrição deste tipo de análise ver Anexo 5). Para a realização desta análise os dados de identificação dos sujeitos bem como suas respostas foram previamente categorizadas, de acordo com o esquema seguinte:

Esquema global de categorização proposto para a análise das respostas dos sujeitos ao questionário (categorias e respectivos códigos numéricos):

1) **Descrição:** Identidade dos sujeitos (código numérico identificatório).

2) **Gênero:** 1 – masculino; 2- feminino.

3) Nível escolar e tipo:

Código	Categorias	Descrição
1	Primeiro ano do ensino médio.	Estudantes que ainda não haviam trabalhado em sala de aula o tema de Evolução.
2	Segundo ano do ensino médio.	Estudantes que já haviam trabalhado em sala de aula o tema Evolução.
3	Ensino Superior do Bacharelado em Ciências Biológicas.	Estudantes de curso destinado a formar pesquisadores em Ciências Biológicas com maior carga horária em disciplinas técnico-científicas
4	Ensino Superior da Licenciatura em Ciências Biológicas,	Estudantes de curso destinado a formar professores de Ciências e Biologia com menor carga horária em disciplinas técnico-científicas.

4) Respostas às alternativas da questão 1, sem justificativas:

Código	Categorias	Descrição
1	“lamarckista”	Resposta baseada no uso e desuso
2	parcialmente “lamarckista”	uso e desuso com restrição
3	“lamarckista” e “darwinista”	uso e desuso e variação
4	parcialmente “darwinista”	variação com restrição
5	“darwinista”	variação acidental

5) Justificativas à questão 1: 1- “lamarckista”, isto é: os que mobilizaram conceitos relacionados:

a) Uso e desuso; b) Herança dos caracteres adquiridos; c) Meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva; d) Mudança como melhoramento (progresso) da espécie; e) “Necessidade” de mudança evolutiva; 2- “darwinista”, isto é: aqueles que mobilizaram conceitos relacionados: a) Ao acaso combinado à seleção; b) Seleção natural; c) Variação aleatória; d) Pangênese; 3- “neodarwinistas”, isto é: aqueles que mobilizaram conceitos relacionados: a) Acaso/seleção natural e b) Mutação gênica; 4- ambas as alternativas 1 e 5; 5- sem justificativa.

Código	Categorias	Exemplos (transcrição de protocolos)
1	“lamarckista”	<i>Por falta de uso das asas, os ossos meio que atrofiaram. Desenvolvendo então os ossos da pata.</i>
2	“darwinista”	<i>Os patos foram selecionados uns para voar e outros para viver na terra com os diferentes tipos de ossos</i>
3	“neodarwinistas”	<i>Os patos que passaram a voar (selvagens) sofreram uma mutação e tornaram-se mais voadores que os domésticos.</i>
4	“lamarckista” e “darwinista”	<i>Acho que foi por causa do uso do batimento das asas e depois a seleção natural dos mais capazes de voar</i>
5	Sem justificativa	-

6) Análise da pertinência ou não das justificativas à questão 1:

Código	Categorias
1	Satisfatória de acordo com a justificativa
2	Insatisfatória discordante da justificativa
3	Sem justificativa

7) Respostas às alternativas da questão 2, sem justificativas:

Código	Categorias	Descrição
1	“lamarckista”	resposta baseada no uso e desuso e HCA
2	parcialmente “lamarckista”	uso e desuso e HCA com restrição
3	“lamarckista” e “darwinista”	uso e desuso, HCA e acaso e seleção natural
4	parcialmente “darwinista”	acaso e seleção natural com restrição
5	“darwinista”	acaso e seleção natural

8) **Justificativas à questão 2:** 1- “lamarckista”, isto é: os que mobilizaram conceitos relacionados: a) Uso e desuso; b) Herança dos caracteres adquiridos; c) Meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva; d) Mudança como melhoramento (progresso) da espécie; e) “Necessidade” de mudança evolutiva; 2- “darwinista”, isto é: aqueles que mobilizaram conceitos relacionados: a) Ao acaso combinado à seleção; b) Seleção natural; c) Variação aleatória; d) Pangênese; 3- “neodarwinistas”, isto é: aqueles que mobilizaram conceitos relacionados: a) Acaso/seleção natural e b) Mutação gênica; 4- algumas respostas enfatizam que o processo evolutivo é geral, isto é, não específico de algumas espécies e não pode ser um fenômeno que ocorreria ao acaso; 5- ambas as alternativas 1 e 5; 6- sem justificativa.

Código	Categorias	Exemplo (transcrição de protocolos)
1	“lamarckista”	<i>Por necessidade eles acabaram desenvolvendo mais velocidade. Fazendo com que fosse modificado o seu organismo. Então os filhotes passaram a nascer com tendência a conseguirem mais velocidade.</i>
2	“darwinista”	<i>Com o passar do tempo, por provável escassez de alimento, fez que, pela sobrevivência, os mais rápidos tivessem esses poucos alimentos para viver, prevalecendo a existência dos mais rápidos e eliminação dos mais lentos.</i>
3	“neodarwinista”	<i>Houve uma mutação ao acaso em alguns guepardos que ficaram mais rápidos e estes depois foram selecionados para caçar melhor.</i>
4	Processo evolutivo geral e não ao acaso	<i>Estas mudanças para melhor (a velocidade) nunca são por acaso, pois a evolução é geral e nunca para uma só espécie.</i>
5	“lamarckista” e “darwinista”	<i>Os guepardos mais rápidos, é claro, desenvolveram seus músculos e ossos e pegavam mais presas, é isso que foi depois selecionado, e isto não foi por acaso.</i>
6	Sem justificativa	-

9) **Análise da pertinência ou não das justificativas à questão 2:**

Código	Categorias
1	Satisfatória de acordo com a justificativa
2	Insatisfatória discordante da justificativa
3	Sem justificativa

10) **Classificação das respostas dos sujeitos à questão 3:** 1- “lamarckista”, isto é: os que mobilizaram conceitos relacionados: a) Uso e desuso; b) Herança dos caracteres adquiridos; c) Meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva; d) Mudança como melhoramento (progresso) da espécie; e) “Necessidade” de mudança evolutiva; 2- “darwinista”, isto é: aqueles que mobilizaram conceitos relacionados: a) Ao acaso combinado à seleção; b) Seleção natural; c) Variação aleatória; d) Pangênese; 3- “neodarwinistas”, isto é: aqueles que mobilizaram conceitos relacionados: a) Acaso/seleção natural e b) Mutação gênica; 4- respostas que mobilizaram conceitos fora do campo conceitual da biologia evolutiva.

Código	Categorias	Exemplo (transcrição de protocolos)
1	“lamarckista”	<i>Peixes vindos de outros lugares encontraram nesses riachos escuros (cavernas) possibilidade de sobrevivência, onde acabou-se estabelecendo. O local por ser escuro, fez com que os olhos desses peixes não tivessem utilidade, fazendo-os ficar cegos, tendo assim, uma adaptação ao local que vivem.</i>
2	“darwinista”	<i>Com o tempo os bagres foram selecionados, só sobreviveram os cegos na caverna, mas desenvolveram outros sentidos.</i>
3	“neodarwinista”	<i>Os cegos são mutantes, mas com os sentidos do tato e audição muito poderosos.</i>
4	Fora do campo da biologia evolutiva	<i>De uma explosão super hiper poluente que estrassalhou seus olhos e impossibilitou uma nova geração de bagres normais.</i>

11) **Classificação das respostas dos sujeitos à questão 4:** 1- “lamarckista”, isto é: os que mobilizaram conceitos relacionados: a) Uso e desuso; b) Herança dos caracteres adquiridos; c) Meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva; d) Mudança como melhoramento (progresso) da espécie; e) “Necessidade” de mudança evolutiva; 2- “darwinista”, isto é: aqueles que mobilizaram conceitos relacionados: a) Ao acaso combinado à seleção; b) Seleção natural; c) Variação aleatória; d) Pangênese; 3- “neodarwinistas”, isto é: aqueles que mobilizaram conceitos relacionados: a) Acaso/seleção natural e b) Mutação gênica; 4- fenocópia, isto é, entendida como a substituição de um fenótipo inicial por um subsequente genótipo apresentando as mesmas características, ou uma mudança fenotípica que estimula uma mudança genotípica; 5- preformação, isto é, guarda semelhança à teoria da preformação, segundo a qual, os órgãos já estariam pré-formados nos estágios jovens dos organismos; 6- fimose, isto é, Atribuem a causa do fenômeno à preocupação dos pais na prevenção da fimose, aplicando-se a circuncisão ou postectomia que é a retirada do prepúcio; 7- respostas que mobilizaram conceitos fora do campo conceitual da biologia evolutiva.

Código	Categorias	Exemplo (transcrição de protocolos)
1	“lamarckista”	<i>De tanto os judeus circuncidarem os meninos assim que nascem, as crianças já estão nascendo sem aquela porção de pele, ou seja, ocorreu uma certa evolução, por não precisarem daquela porção de pele (por causa da cultura), a espécie evolui, já nascendo sem, o que não tem necessidade.</i>
2	“darwinista”	<i>Isso é hereditário, pode ser que o pai tenha feito e as células necessitadas para a formação da pele, não foram encontradas.</i>
3	“neodarwinista”	<i>Foi uma mutação gênica que ocorreu e os meninos já nasceram sem a tal pelezinha.</i>
4	fenocópia	<i>De tanto a cirurgia acontecerem, ou, pois sem explicação aparente adquiriram algum gene ou outra coisa parecida, e assim os bebes já nascem sem precisar da operação.</i>

5	preformação	<i>Como vários indivíduos (a maior parte deles, senão todos) daquele lugar são circuncidados e contando também o tempo que essa operação é feita, o corpo desses meninos, ao se prepararem dentro do útero, pode considerar essa pele dispensável e irrelevante, descartando-a na formação do feto. É uma forma de adaptação à comunidade e a área em que vive.</i>
6	fimose	<i>Retirada da pelezinha seria retirada para evitar uma doença nos bebês, e para quando acontecer o caso da doença, evitar-se um caso de cirurgia, eles ainda muito novos, e evitar a fimose.</i>
7	Fora do campo da biologia evolutiva	<i>Cada nação tem as suas culturas, o que implica dizer que neste local eles acham necessário retirar uma pequena porção de pele do pênis.</i>

12) **Classificação das respostas dos sujeitos à questão 5:** 1- “lamarckista”, isto é: os que mobilizaram conceitos relacionados: a) Uso e desuso; b) Herança dos caracteres adquiridos; c) Meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva; d) Mudança como melhoramento (progresso) da espécie; e) “Necessidade” de mudança evolutiva; 2- “darwinista”, isto é: aqueles que mobilizaram conceitos relacionados: a) Ao acaso combinado à seleção; b) Seleção natural; c) Variação aleatória; d) Pangênese; 3- “neodarwinistas”, isto é: aqueles que mobilizaram conceitos relacionados: a) Acaso/seleção natural e b) Mutação gênica; 4- respostas que mobilizaram conceitos fora do campo conceitual da biologia evolutiva.

Código	Categorias	Exemplo (transcrição de protocolos)
1	“lamarckista”	<i>Os peixes “bagres-cegos”, pois eles aprenderam a se adaptar sem um dos sentidos mais importantes. E a sobreviver com várias outras espécies. A necessidade de sobreviver fez com que eles se adaptassem.</i>
2	“darwinista”	<i>Um ser vivo só se adapta depois que passou pela seleção.</i>
3	“neodarwinista”	<i>Antes da tal adaptação é preciso que haja uma mutação gênica, só depois da mutação ele pode se adaptar.</i>

4	Fora do campo da biologia evolutiva	<i>O meio ambiente tem muitos seres vivos que vivem de maneiras diferentes, adaptação é isso, essa diferença de viver.</i>
---	-------------------------------------	--

De acordo com a categorização explicitada acima, as respostas dos sujeitos puderam ser classificadas para análise conforme reproduzido na tabela (ver Anexo 7). Note-se nessa tabela, ressaltado em cinza, aqueles sujeitos com padrão “lamarckista” de respostas. isto é, os que mobilizaram conceitos relacionados: a) Uso e desuso; b) Herança dos caracteres adquiridos; c) Meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva; d) Mudança como melhoramento (progresso) da espécie; e) “Necessidade” de mudança evolutiva.

Os dados globais referentes à categorização de todas as modalidades de resposta dadas a todas as questões do questionário foram submetidos a ambiente informatizado de tratamento descritivo multidimensional de dados, tendo-se realizado inicialmente uma análise para obtenção de grupos hierárquicos⁴ do que resultou uma classificação em categorias de sujeitos ilustrada esquematicamente pela figura abaixo:

⁴ Classificação Ascendente Hierárquica (CAH), conforme algoritmo desenvolvido pela Association pour le Développement de l'Analyse des Données (ADDAD – Paris / França). Para uma descrição de tal ferramenta de análise de dados, ver Fenelon (1981).

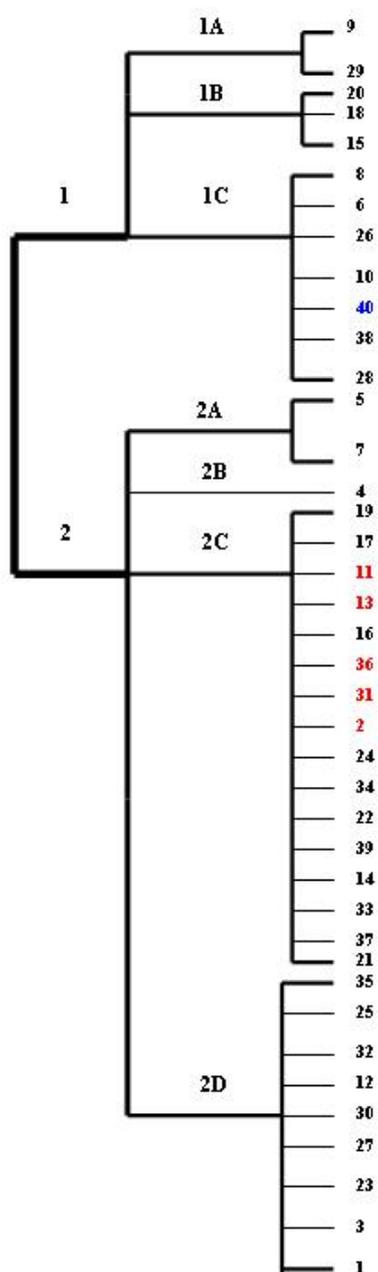
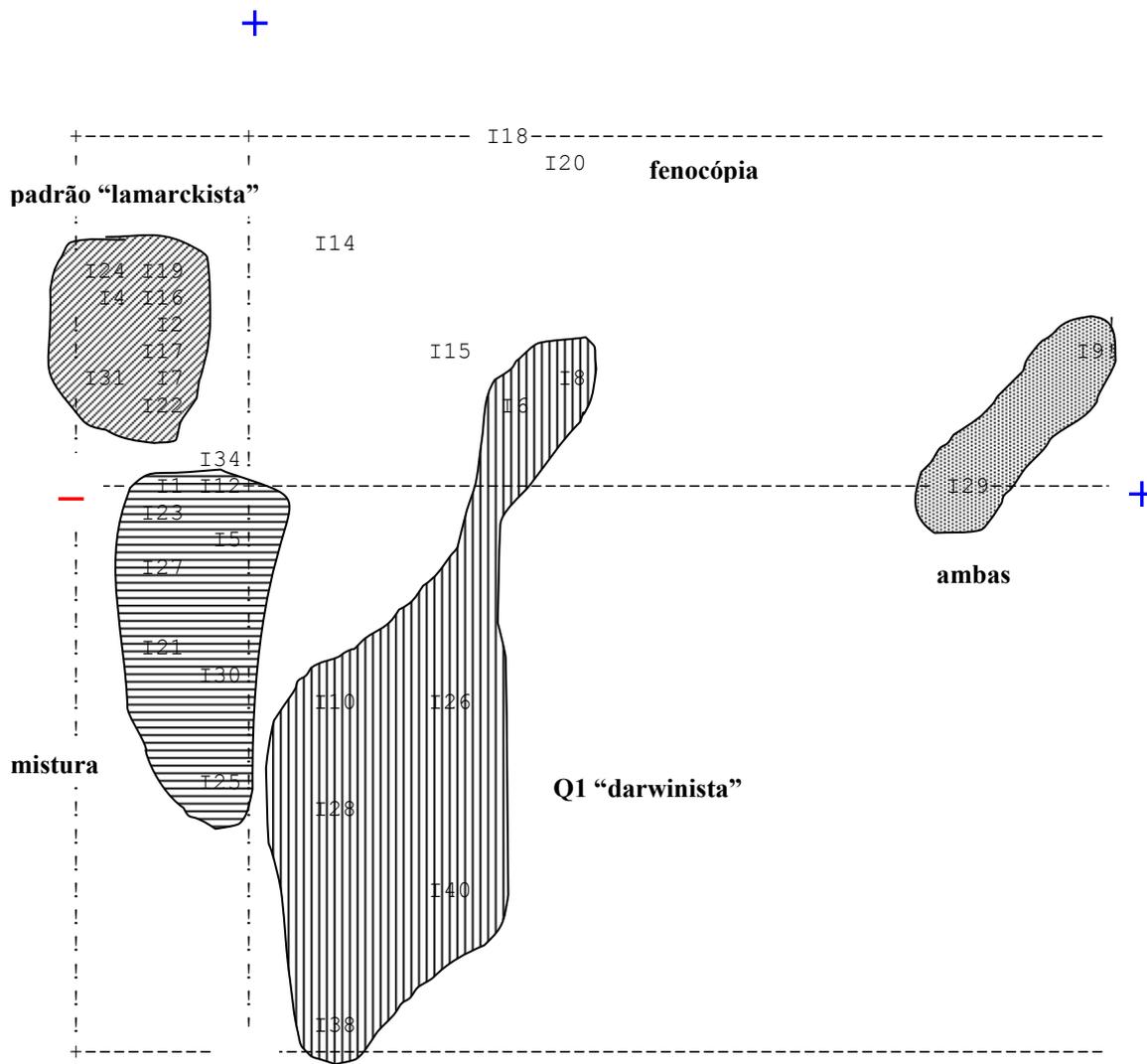


Figura 4: Árvore hierárquica dos agrupamentos de sujeitos (em vermelho aqueles sujeitos cujo padrão de respostas foi considerado exclusivamente “lamarckista”).

Tal análise multidimensional de tipo classificação hierárquica foi complementada por análise fatorial para dados nominais, cujos principais planos fatoriais (fatores 1 x 2) são reproduzidos na figura 5 abaixo:



Pontos superpostos (OBS: os sujeitos indicados entre parênteses aparecem no plano, tendo o sujeito indicado à sua esquerda como ocupando o mesmo lugar e portanto não-indicado):
 I11(I4) I13(I4) I36(I31) I39(I34) I3(I1) I33(I12) I37(I21) I32(I30) I35(I25)

Figura 5: Plano fatorial eixos 1 (eixo x ou horizontal) e 2 (eixo y ou vertical), constituído pelos sujeitos cujas respostas foram analisadas (as manchas hachuradas indicam agrupamentos de sujeitos de acordo com critérios de análise das respostas).

Tendo em vista a média de contribuições dos sujeitos a cada fator⁵ (CTR média = 25), os sujeitos com contribuições mais importantes para os fatores 1 e 2 são indicados nas tabelas abaixo (os dados brutos de todas as contribuições podem ser encontrados no Anexo 4). :

Tabela 1: Contribuições em ordem decrescente dos sujeitos ao fator 1.

Fator 1			
Lado positivo		Lado negativo	
Sujeito	Ctr	Sujeito	Ctr
I9	360		
I29	228		
I20	46		
I8	41		
I6	28		
		I24	24

Tabela 2: Contribuições em ordem decrescente dos sujeitos ao fator 2.

Fator 2			
Lado positivo		Lado negativo	
Sujeito	Ctr	Sujeito	Ctr
I8	78	I38	178
I20	60	I28	69
I14	37	I25	56
I19	30	I35	52
I24	29	I26	33
		I10	31
		I30	24
		I32	22

⁵ Tal contribuição média é dada pela divisão de 1000 (representando o percentual global multiplicado por 10, de forma a facilitar o tratamento de valores decimais menores que 1), pelo número total de sujeitos (40).

As análises possibilitadas pelo plano fatorial de sujeitos acima são complementadas pelo plano abaixo, agora mostrando a distribuição de categorias de respostas:

-----Q44-----				0 01	
!	!	!	!	! 0 01	
Q43			Q34	! 2 01	
Q45	N2	!		! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	Q11	!		! 1 01	
!	!	!		! 0 01	
!	Q1J1	!	Q53	! 0 01	
!	Q2J1	!		! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	!	!	Q1J5	! 2 01	
!	!	N1	Q5A2	Q2J6	! 1 01
!	Q2A1Q1A1	!			! 2 01
-----S2-----				1 01	
!	Q31	S1		! 1 01	
!	Q2J2Q1A2	!		! 1 01	
!	Q25	!		! 0 01	
!	!	Q13		! 0 01	
!	!	N3	Q23	! 0 01	
!	Q1J4	!		! 0 01	
!	N4	!	Q32	! 0 01	
!	Q46	!		! 0 01	
!	Q2J3	!		! 1 01	
!	!	!	Q1J2	! 0 01	
!	Q42	!	Q15	! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	!	!	Q4A2	! 0 01	
!	Q52	!		! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	Q1J3	!		! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	!	!	Q33	! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	!	!	Q2J5	! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	!	!		! 0 01	
!	!	!	Q24	! 0 01	
-----				0 01	

Pontos superpostos: 12

Q3A2 (Q34) Q54 (Q43) Q21 (Q11) Q1A3 (Q1J5) Q47 (Q1J5) Q2A3 (Q2J6)
 Q41 (Q2A1) Q4A1 (Q1A1) Q51 (S2) Q5A1 (Q31) Q3A1 (Q2J2) Q2A2 (Q2J3)

Figura 6: Plano dos fatores 1 x 2, constituído pelas categorias de respostas dos sujeitos ao conjunto de questões propostas (para a leitura dos dados deste plano fatorial, adotar a seguinte sistemática: **Q54** indica questão 5, opção de resposta 4; **Q4A1** indica questão 4A, opção de resposta 1; **Q4A1 (Q1A1)** indica que **Q4A1** está sob **Q1A1** no plano fatorial.).

7.2 DISCUSSÃO INTERPRETATIVA DOS DADOS DA ANÁLISE DESCRITIVA MULTIDIMENSIONAL

O presente questionário foi inicialmente utilizado por Bizzo (1991), baseado em Bishop e Anderson (1990), aplicado a 192 alunos do ensino médio de São Paulo. As questões foram criteriosamente escolhidas pelo autor para expressar diversas situações relacionadas a situações conceituais da biologia evolutiva. A primeira e a quarta situações foram tomadas como exemplos presentes na obra *Variation of animals and plants under domestication* (1868, p.297-301, p.391) de Darwin.

Na primeira situação é citada a evidência empírica de que existem diferenças de peso entre os ossos do pato doméstico e selvagem (aves da ordem Anseriformes: família Anatidae). Os ossos da coxa do pato doméstico são mais pesados do que os do pato selvagem. Em relação aos ossos das asas, o contrário ocorre. O pato selvagem tem ossos mais pesados do que o pato doméstico. Uma das alternativas apresentadas diz que as diferenças poderiam ser explicadas pelos hábitos das duas aves, uma vez que o pato doméstico caminha muito e não voa e o pato selvagem, ao contrário, voa muito bem (alternativa da esquerda). A alternativa diz que as diferenças seriam devidas a variações acidentais selecionadas no passado pelos criadores. Pedia-se aos alunos para justificar as suas respostas.

Para simplificar os dados na análise fatorial promoveu-se uma redução de complexidade das respostas dos sujeitos, classificando-as em dois grandes grupos de respostas de sujeitos “lamarckistas”, isto é, os que mobilizaram conceitos relacionados a: 1) Uso e desuso; 2) Herança dos caracteres adquiridos; 3) Meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva; 4) Mudança como melhoramento (progresso) da espécie; 5) “Necessidade” de mudança evolutiva; e de

sujeitos “darwinistas”, aqueles que mobilizaram conceitos relacionados a: 1) Acaso combinado à seleção; 2) Seleção natural; 3) Variação aleatória; 4) Pangênese; e finalmente “neodarwinistas”, aqueles que mobilizaram conceitos relacionados a: 1) Acaso/seleção natural e 2) Mutação gênica. Para ilustrar o uso de tal sistemática de classificação, o quadro 1 abaixo fornece perfis hipotéticos de resposta considerados característicos para cada uma das três categorias acima referidas:

Quadro 1: Padrões hipotéticos de respostas dos sujeitos ao questionário proposto.

Padrão de respostas “darwinistas”	Padrão de respostas “neodarwinistas”	Padrão de respostas “lamarckistas”
Q1= 5	Q1= 5	Q1= 1
Q1j= 2	Q1j= 3	Q1j= 1
Q1a= 1	Q1a= 1	Q1a= 1
Q2= 5	Q2= 5	Q2= 1
Q2j= 2	Q2j= 3	Q2j= 1
Q2a= 1	Q2a= 1	Q2a= 1
Q3= 2	Q3= 3	Q3= 1
Q3a= 1	Q3a= 1	Q3a= 1
Q4= 2	Q4= 3	Q4= 1
Q4a= 1	Q4a= 1	Q4a= 1
Q5= 2	Q5= 3	Q5= 1
Q5a= 1	Q5a= 1	Q5a= 1

A análise multidimensional de tipo fatorial realizada mostrou que a variável independente Gênero não teve influência verificável no estabelecimento de diferenciações nas categorias de resposta dos sujeitos ao questionário. Os dados ilustrados pela figura 4 (árvore hierárquica) e pela figura 5, foram interpretados conforme descrito a seguir.

O grupo 1 obtido da árvore hierárquica (figura 4) é bastante diversificado e formado por sujeitos que predominantemente não mobilizaram conceitos do campo conceitual lamarckista

No grupo 1 A, dois sujeitos (9 e 29) estão isolados do conjunto; ao verificar suas respostas ao questionário, constata-se que os mesmos se demarcam dos demais devido a terem assinalado como resposta para as situações 1ª (peso dos ossos dos patos) e 2ª (velocidade dos guepardos) ambas as alternativas excludentes (acaso combinado à seleção natural e uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos) e não justificaram as suas respostas; apresentaram respostas consideradas fora do campo conceitual da biologia evolutiva à 3ª (origem dos bagres-cegos) e 4ª (circuncisão) situações e respostas não pertinentes sobre mutação à 5ª situação (adaptação ao ambiente).

No grupo 1 B, os sujeitos 20, 18 e 15 apresentaram em comum respostas pertinentes relacionadas ao meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva e pela “necessidade” de mudança evolutiva, isso para explicar as situações propostas para a 4ª (circuncisão) e a 5ª (adaptação ao ambiente) situações do questionário. Tal padrão de resposta sugere o conceito piagetiano de fenocópia, ou seja, entendida como a substituição de um fenótipo inicial por um subsequente genótipo apresentando as mesmas características, ou uma mudança fenotípica que estimula uma mudança genotípica (PIAGET, 2000). Tais como representado nas respostas abaixo:

IARA (sujeito 15, aluna do 2^o ano do ensino médio): *Com o tempo fazendo a circuncidação os seus genes foram se modificando até o ponto de isso ocorrer.*

Ou em outra versão:

TIAGO (sujeito 18, aluno do 2^o ano do ensino médio): *De tanto a cirurgia acontecerem, ou, pois sem explicação aparente adquiriram algum gene ou outra coisa parecida, e assim os bebes já nascem sem precisar da operação.*

No grupo 1 C, os sujeitos 8, 6, 26, 10, 40, 38 e 28 apresentaram em comum explicações sobre o acaso combinado à seleção natural à 1ª situação (peso dos ossos dos patos); as respostas às

situações 2^a , 3^a e 4^a variam e à 5^a (adaptação ao ambiente) apresentam explicações pertinentes relacionadas ao meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva e pela “necessidade” de mudança evolutiva. Tais como nas respostas abaixo:

KÁTIA (sujeito 10, aluna do 1^o ano do ensino médio): *Geralmente ele se acostuma ao seu meio, quando nasce, cresce nesse mesmo lugar. Quando no caso de crescer em um lugar e mudar-se, a questão de adaptação é bem mais difícil, pois às vezes o ecossistema é diferente, as espécies são diferentes. Mais eles podem adaptar-se interagindo de acordo com o ambiente, e as espécies que vivem no mesmo lugar.*

Ou em outra versão:

LÍDIA (sujeito 6, aluna do 1^o ano do ensino médio) : *Os peixes “bagres-cegos”, pois, eles aprenderam a se adaptar sem um dos sentidos mais importantes. E a sobreviver com várias outras espécies. A necessidade de sobreviver fez com que eles se adaptassem.*

O grupo 2 obtido da árvore hierárquica (figura 4) é formado por sujeitos que predominantemente mobilizaram conceitos do campo conceitual lamarckista (conforme discutido antes): assim, todos os sujeitos do grupo 2 apresentam para as cinco situações explicações predominantemente relacionadas aos conceitos de uso e desuso; herança dos caracteres adquiridos; meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva; mudança como melhoramento (progresso) da espécie; “necessidade” de mudança evolutiva. No interior do grupo 2 destaca-se o subgrupo 2 A, composto pelos sujeitos 5 e 7, que fizeram apelo ao conceito de fimose para explicar a 4^a situação (circuncisão), conforme ilustrado pela transcrição de extrato de protocolo abaixo:

DIOGO (sujeito 5, aluno do 1^o ano do ensino médio): *Retirada da pelezinha seria retirada para evitar uma doença nos bebês, e para quando acontecer o caso da doença, evitar-se um caso de cirurgia, eles ainda muito novos, e evitar a fimose.*

Ou em outra versão:

SANDRA (sujeito 7, aluna do 1^o ano do ensino médio): *Esse fato quer dizer que o pênis dos bebês nasciam com uma pele muito grande por isso que eles faziam essa cirurgia hoje o nome dessa doença e fimose.*

Ainda no grupo 2, o subgrupo 2 B é formado pelo sujeito 4, que fez apelo ao conceito de preformação para explicar a mesma situação:

EMÍLIA (sujeito 4, aluna do 1^o ano do ensino médio): *Como vários indivíduos (a maior parte deles, senão todos) daquele lugar são circuncidados e contando também o tempo que essa operação é feita, o corpo desses meninos, ao se prepararem dentro do útero, pode considerar essa pele dispensável e irrelevante, descartando-a na formação do feto. É uma forma de adaptação à comunidade e a área em que vive.*

O grupo 2 C é composto pelos sujeitos 19, 17, 11, 13, 16, 36, 31, 2, 24, 34, 22, 39, 14, 33, 37 e 21 e se caracteriza por padrão de respostas que fazem apelo a conceitos predominantemente “lamarckistas”, destacando-se neste grupo os sujeitos: 2, 11, 13, 31 e 36 com padrão de resposta exclusivamente “lamarckista” (ver Anexo 10 e Quadro 1), como no seguinte exemplo de respostas:

MARCOS (sujeito 2, aluno do 1^o ano do ensino médio):

Q1) *Por falta de uso das asas, os ossos meio que atrofiaram. Desenvolvendo então os ossos da pata;*

Q2) *Por necessidade eles acabaram desenvolvendo mais velocidade. Fazendo com que fosse modificado o seu organismo. Então os filhotes passaram a nascer com tendência a conseguirem mais velocidade;*

Q3) *Por falta de necessidade de usarem os olhos, pela falta de iluminação nas cavernas e etc.*

Q4) *A evolução do homem em relação ao meio em que vive. As crianças começaram a nascer sem aquela pele por falta de necessidade;*

Q5) *Por necessidade e maior utilização de um certo membro um ser acaba desenvolvendo e modificando seu organismo para adaptar-se ao meio em que vive. Ex: bagres-cegos.*

Por falta de necessidade um ser pode desenvolver e modificar seu organismo para adaptar-se ao meio em que vive e as necessidades atuais do seu corpo. Ex: pato doméstico.

O Quadro 2 apresenta padrões hipotéticos de respostas “darwinistas”, “neodarwinistas” e “lamarckistas”, baseado no esquema global de categorização proposto. Como exemplo das respostas de padrão “lamarckista” apresentadas pelo aluno MARCOS (acima).

O grupo 2 D é formado pelos sujeitos 35, 25, 32, 12, 30, 27, 23, 3 e 1, apresentando certa diversidade de conceitos subjacentes às respostas às situações propostas, tendo, contudo em comum o assinalamento de ambas as alternativas de respostas para as situações 1^a (peso dos ossos dos patos) e 2^a (velocidade dos guepardos) (35, 25, 32, 12 e 30) com explicações relacionadas ao acaso combinado à seleção natural à 2^a situação (27, 23, 3 e 1), sendo as outras explicações relacionadas aos conceitos de uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos, como na resposta transcrita a seguir:

FELIPE (sujeito 3, aluno do 1^o ano do ensino médio):

Q2) Pois, o seu aumento de velocidade levou a ter mais sucesso em suas caçadas, com isso, os seus descendentes foram criando este estinto e cada vez evoluindo. Com isso os guepardos consegue deixar descendentes cada vez mais velos.

Q5) Os peixes “bagres-cegos”, pois, eles aprenderam a se adaptar sem um dos sentidos mais importantes. E a sobreviver com várias outras espécies. A necessidade de sobreviver fez com que eles se adaptassem.

Os sujeitos do grupo 2D, portanto, mostram-se em divergência ao padrão de respostas exclusivamente “lamarckistas” (2, 11, 13, 31 e 36), quando os sujeitos mobilizam conceitos exclusivamente relacionados ao uso e desuso, herança dos caracteres adquiridos, meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva, mudança como melhoramento (progresso) da espécie, “necessidade” de mudança evolutiva como respostas. Convém assinalar que não existe no conjunto de sujeitos estudados um padrão de respostas exclusivamente “darwinistas” ou “neodarwinistas”. O

sujeito 40, do sub-grupo 1C (ressaltado em azul na árvore representativa da classificação hierárquica) é o que mais se aproxima desse padrão de respostas, diferindo, entretanto, na 2ª situação (velocidade dos guepardos), quando não consegue justificar a sua explicação por ambas as alternativas (acaso combinado à seleção e uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos):

LEO (sujeito 40, aluno de Licenciatura em Ciências Biológicas):

Q2) *Acho que os guepardos evoluíram pelos dois processos: tanto pelas mudanças ao acaso combinadas com a seleção, como pela necessidade de caçar presas cada vez mais velozes, que também evoluíram para escapar mais facilmente de predadores como os guepardos.*

No grupo 2D quando conceitos de acaso combinado à seleção natural são mobilizados como justificativas de respostas eles incidem na tentativa de explicação da 1ª situação (peso dos ossos dos patos) e sua justificação (como nos sujeitos: 8, 6, 26, 10, 40, 38 e 28), para as outras situações (2ª, 3ª, e 4ª) as respostas são variadas e para a 5ª situação (adaptação ao ambiente) os conceitos são relacionados ao meio ambiente como fator principal de mudança evolutiva, mudança como melhoramento (progresso) da espécie, “necessidade” de mudança evolutiva como respostas.

Através da análise das contribuições dos indivíduos (sujeitos) ao plano fatorial eixos 1x2 é possível constatar que próximos ao baricentro⁶ do plano (ponto de concentração máxima da tipicidade) estão os indivíduos com padrão de respostas que podem ser classificadas como relacionadas aos campos conceituais lamarckista e darwinista (Fig.5). Distantes do baricentro, em regiões opostas ao longo do eixo 1 (horizontal, representando o fator 1), estão os indivíduos que apresentam respostas predominantemente do campo conceitual lamarckista. Divididos pelo eixo 2 (vertical, fator 2), no quadrante inferior estão os indivíduos caracterizados por padrão de respostas à questão 1 caracterizáveis como baseadas em justificativas classificáveis como do campo conceitual

⁶ Denomina-se *baricentro* ao ponto de cruzamento dos eixos das coordenadas e abscissas do plano cartesiano que representa o plano fatorial. Este ponto representa o máximo de tipicidade no interior de conjunto de sujeitos analisados, sendo por essa razão igualmente denominado “ponto de *banalidade*”, pois em sua proximidade estão aqueles sujeitos próximos ao padrão geral detectado. Para mais informações acerca de tais conceitos de análise multidimensional consultar o Anexo 5.

darwinista. Nesse grupo há, contudo dois indivíduos (6 e 8) que estão separados do resto do grupo pelo eixo 1, indicando que são opostos ao resto do grupo em função de algum critério. Examinando as suas respostas de forma a estabelecer qual seria este critério, constatamos que embora as respostas à questão 1 sejam iguais à dos outros membros do grupo, suas respostas às questões 2, 3 e 4 são completamente diferentes do padrão de resposta dos demais, isto é, tais respostas podem ser classificadas como estranhas ao campo conceitual da biologia evolutiva, como por exemplo, a seguinte resposta que atribui o aparecimento de bebês judeus que nasceram sem o prepúcio a um fator cultural:

LÍDIA (sujeito 6, aluna do 1^o ano do ensino médio): *Cada nação tem as suas culturas, o que implica dizer que neste local eles achem necessário retirar uma pequena porção da pele do pênis.*

Através da análise das respostas dos alunos ao questionário, onde são analisados os sujeitos em diversas situações envolvendo processos em biologia evolutiva, nota-se que a maioria não mobiliza conceitos exclusivos de um mesmo campo conceitual darwinista ou lamarckista para explicar os fenômenos evolutivos. Assim, a mobilização de conceitos é flexível e tenta compatibilizar conceitos e teorias de campos conceituais diferentes.

Entretanto, é necessário ressaltar que a crença no poder explicativo de conceitos e teorias como o uso e desuso de partes ou órgãos, herança dos caracteres adquiridos, meio ambiente como fator principal da mudança evolutiva, não é exclusiva do campo conceitual lamarckista, mas é também compartilhada historicamente pelo campo conceitual darwinista.

7.2.1. Análise do efeito da variável nível e tipo de escolaridade sobre as respostas ao questionário: respostas dos estudantes do ensino médio

Apesar da análise anterior não ter evidenciado papel de destaque da variável escolaridade⁷ em termos de contribuição para os fatores estudados ou os grupos construídos pela análise hierárquica ascendente, esta seção discute as produções dos sujeitos em função da partição de nível escolar proposta anteriormente. Tal análise se justifica a partir dos dados oriundos dos debates a seguir analisados, em que aspectos relevantes relacionados à construção de campos conceituais no domínio aqui estudado vêm à tona e merecem discussão.

Doze dos vinte alunos de nível médio (60%) assinalaram a alternativa 1 para a situação 1, demonstrando acreditar que o fato do pato doméstico exercitar as pernas as fortalece e que o não uso das asas as enfraquece (teoria do uso e desuso); os cinco alunos que marcaram a alternativa 3 (25%), isto é, que acreditavam que ambas (1 e 5) explicariam o processo (são alternativas excludentes), fizeram uma justificativa inconsistente, pois explicaram o processo pela teoria do uso e desuso; os três alunos que assinalaram a alternativa 5 (15%), correspondente à ação do acaso combinada à seleção (cientificamente aceitável), não fizeram uma justificativa satisfatória das suas respostas. No total, portanto, 85% dos estudantes acreditam na teoria do uso e desuso e apenas 15% acreditam no acaso e seleção para explicar o processo. Portanto, a teoria do uso e desuso na presente situação é um poderoso esquema explicativo (ver Anexo 2).

Fato interessante a observar do ponto de vista do ensino e aprendizagem, é que por hipótese inicial os alunos do 2º ano, por terem estudado Evolução no ensino médio, teriam melhor poder explicativo para a situação. Entretanto, esta hipótese não foi observada: nenhum aluno do 2º ano assinalou a alternativa 5.

Na segunda situação afirma-se que os guepardos⁸ atingem grandes velocidades na caça às presas. Pede-se que os alunos suponham que eles descendam de animais que podiam correr muito

⁷ Conforme discutido anteriormente, a contribuição das quatro modalidades abarcadas por nível de escolaridade (cf. Quadro 1) estiveram todas abaixo das médias de contribuição ao fator (ver Anexo 4) no caso das modalidades de variável, tal média foi de 25).

⁸ O guepardo (*Acinonyx jubatus*), também conhecido como onça africana é um carnívoro pertencente à família dos felídeos. Com um andar ligeiro e elegante e um peso médio de 60 quilos, os guepardos são hábeis corredores, sendo os mais rápidos dentre os mamíferos [cf. <http://discoverybrasil.com/guepardos/index.shtml>].

menos. Apresentam-se duas opções: a da direita diz que devido ao acaso apareceram alguns guepardos que conseguiam correr mais do que os outros se alimentavam melhor e tinham mais descendentes; a alternativa da esquerda diz que os guepardos foram desenvolvendo os músculos e os ossos, atingindo maiores velocidades e seus descendentes teriam conseguido aumentar essas marcas. Embora seja uma espécie exótica (presumivelmente não-familiar aos estudantes), este aspecto não pareceu impedir a compreensão da situação problema.

Dos 20 estudantes de ensino médio 11 (55%) assinalaram a alternativa 1, acreditando que o treino constante dos guepardos tenha sido responsável pela evolução da espécie. Deve-se notar que as teorias do uso e desuso e da herança dos caracteres adquiridos são aspectos cruciais e estão explicitadas na alternativa 1, assim como aspectos conceituais vinculados à teoria da seleção natural estão explicitadas na alternativa 5. Vale salientar que apenas 4 sujeitos assinalaram a alternativa 5 como resposta para a situação-problema 1 (20%). Dessas, 3 justificaram satisfatoriamente a sua resposta e 1 apresenta uma justificativa insatisfatória para sua escolha.

Dos 11 que assinalaram a alternativa 1, 3 estudantes responderam rejeitando o papel do acaso nos processos da biologia evolutiva, conforme ilustra o extrato reproduzido abaixo:

SUZY (sujeito 11, aluna do 2^o ano do ensino médio): *A evolução dos guepardos ocorreu ao decorrer de um longo tempo e não por acaso.*

Outro enfatiza que:

LEANDRO (sujeito 17, aluno do 2^o ano do ensino médio): *O animal foi se desenvolvendo e seus ancestrais também foram evoluindo aos poucos, mas eles não apareceram por acaso.*

Outros 2 enfatizam a “necessidade” da mudança, 3 não justificaram a sua resposta; 1 justifica a adaptação pelo meio e 2 justificam pelo uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos.

Dos 5 estudantes que assinalaram a alternativa 3 (25%), 3 não justificaram a sua resposta, 1 fez uma justificativa inconsistente pela seleção natural e outro pelo uso e desuso. Também nessa questão se percebe uma maior consistência nas respostas da alternativa 5 dos estudantes do 1º ano (2); nas respostas do 2º ano apenas um justificou satisfatoriamente a sua escolha.

As justificativas apresentadas à situação demonstram uma grande convicção nos efeitos hereditários das modificações corporais adquiridas durante a vida dos indivíduos, confirmando a tendência gerada nas respostas da situação anterior: a teoria do uso e desuso é articulada à teoria da herança dos caracteres adquiridos e se constituem em freqüentes esquemas explicativos no processo de conceitualização dos estudantes.

Na terceira situação pedia-se aos estudantes uma possível explicação para a origem dos “bagres-cegos” (*Pimelodella kroneri*) peixe troglóbio (cavernícola obrigatório) que vive em águas das cavernas totalmente escuras. A pergunta é aberta, sem apresentar alternativa a escolher e pedia-se aos estudantes para explicar a origem desses peixes.

Nenhuma das respostas utilizou a hipótese do relaxamento da seleção natural, ou seja, como espécie resultante de mutações genéticas que, sob as condições específicas das cavernas, não são eliminadas por seleção natural, como seria normal. Nas respostas dos estudantes 11 dos 20 (55%) atribuem à teoria do uso e desuso a origem dos bagres cegos, nos seguintes tipos de formulações: a) Falta de uso dos olhos (5); b) a ausência de luz cegou os bagres (3); c) a falta do sentido da visão foi compensada pelo desenvolvimento de outros sentidos (3).

Outras respostas atribuem a origem desses peixes a uma adaptação pelo hábito (1); adaptação pelo meio (2) e 6 respostas fora do campo conceitual da biologia evolutiva (30%).

Do ponto de vista conceitual vê-se que a maioria dos estudantes acredita que o fato dos olhos não terem utilidade para os bagres tenha sido a causa da origem do fenômeno. As suas explicações fazem crer que a falta de uso atrofia o órgão, sendo dada grande importância a sua utilidade. As respostas que enfatizam a compensação pelo desenvolvimento de outros sentidos

traçam uma analogia entre o que ocorreu com os bagres e o que ocorre com as pessoas cegas, que desenvolvem outros sentidos como audição e tato. Tratam-se de explicações *ad hoc* da cegueira e não da sua origem.

Conforme descrito anteriormente, na quarta situação são apresentados alguns dados relatados por Darwin em sua obra *Variation of animals and plants under domestication* (1868: 391) quando relata o suposto nascimento de bebês judeus já circuncidados. Diante de tal dado, perguntava-se aos estudantes como eles poderiam explicá-lo.

Os sujeitos forneceram explicações interessantes para esta situação. A metade (50%) deles deu indícios de acreditar que o fenômeno pode ser explicado pelas teorias do uso e desuso ou da herança dos caracteres adquiridos: em termos de distribuição por tipos de resposta, 4 sujeitos (20%) atribuem a causa do nascimento de bebês judeus já circuncidados à teoria do uso e desuso; 6 sujeitos (30%) explicam tal fenômeno em termos da teoria da herança dos caracteres adquiridos. Outros mecanismos explicitados, no entanto indicam: influência do meio cultural (2 sujeitos); variação aleatória (1); cirurgia contra a fimose (2); pangênese darwiniana, ou seja, cada órgão ou parte do corpo de um organismo vivo produziria partículas hereditárias chamadas gêmulas, que seriam transmitidas aos descendentes no momento da concepção, essas gêmulas, produzidas e provenientes de todas as partes do corpo, migrariam para o sêmen e seriam passadas para os filhos (1); fenocópia piagetiana, ou seja, a substituição de um fenótipo inicial por um subsequente genótipo apresentando as mesmas características, ou uma mudança fenotípica que estimula uma mudança genotípica (2) e o conceito de preformação, ou seja, que o indivíduo se desenvolveria a partir de um organismo pequeno pré-formado (homúnculo) que existiria nas células germinais (2).

Os tipos de respostas que tem como pressupostos a teoria do uso e desuso são: falta de utilidade (2); preformação (1) e uma resposta associada à teoria da herança dos caracteres adquiridos (HCA).

Versões das teorias da pangênese darwiniana e da teoria da fenocópia, desenvolvida por Piaget (1977), bem como versões de uma teoria de preformação, também foram registradas e transcritas anteriormente.

Algumas explicações (2) atribuem a causa do fenômeno à preocupação dos pais na prevenção da fimose, aplicando-se a circuncisão ou postectomia que é a retirada do prepúcio, para evitar-se câncer, doenças sexualmente transmissíveis, infecção urinária e balano-postite (mais comum).

Uma única resposta acredita que o fenômeno pode ser atribuído à variação aleatória: a falta do conceito de variabilidade das populações parece ser uma das lacunas mais difíceis para a construção do pensamento evolutivo dos estudantes.

Os comentários de Darwin (1868) sobre o assunto demonstram uma certa similitude com as explicações dos estudantes, quando escreve: “nós agora possuímos evidências conclusivas de que os efeitos de operações são algumas vezes herdados” (DARWIN, 1868, p.320).

Mais claramente ainda, quando argumenta sobre a validade da sua teoria da pangênese (DARWIN, 1868: 349-399):

Portanto a continuada herança de partes que têm sido removidas durante muitas gerações não constitui anomalia porque as gêmulas originalmente formadas nessas partes se multiplicam e são transmitidas de geração em geração.

Em relação à quinta situação onde se pedia que os estudantes explicassem com suas palavras o que é o processo de adaptação dos seres vivos ao meio, se possível dando exemplos das questões anteriores, os resultados demonstram claramente que a teoria do uso e desuso ainda é o referencial teórico mais importante das explicações com 8 respostas (40%) associada a uma “necessidade” individual de mudança (20%) para um “melhoramento” da espécie (5%), como resultado de um

hábito ou um “acostumar-se” ao meio (15%) ou um processo em que o meio ambiente seja o fator principal da mudança (10%); a compensação da falta de um sentido pelo desenvolvimento de outros também é evocada como processo (10%) e respostas fora do campo conceitual da biologia evolutiva (20%).

Os resultados do presente questionário estão de acordo com os resultados de Bizzo (1991, 1994) que o aplicou a um número muito maior de estudantes. Apesar da distância no tempo, o sentido geral é o mesmo: a grande maioria dos estudantes acredita que os processos evolutivos podem ser explicados pelas teorias do uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos. Entretanto, a similitude com as idéias de Lamarck não fica só nestas duas teorias: os estudantes também acreditam que as modificações das espécies são um resultado direto das ações do meio ou mesmo de um esforço interno, que se traduz numa *necessidade*, para reagir e adaptar-se às modificações ambientais, também acreditam numa tendência constante dos seres vivos a se tornarem cada vez mais complexos e organizados ou como uma “melhora” da sua adaptação.

Apesar dessas similitudes, tais respostas não devem ser consideradas lamarckistas, pois eram em parte consensuais entre naturalistas da época, inclusive do próprio Darwin, que adotou um pluralismo teórico nas suas concepções sobre os processos evolutivos (BIZZO, 1991, 1994).

Nesse contexto é necessário salientar o papel da história da ciência para o ensino: o conhecimento histórico por parte dos professores, sem o qual ocorrerá a mera reprodução de conteúdo dos livros didáticos.

Os conceitos mobilizados pelos estudantes do ensino médio em respostas ao questionário envolvem, em primeiro lugar, as situações, isto é, o perfil conceitual dos alunos sofre em sua formação da influência do tipo de situação proposta, tais como: variabilidade dos ossos dos patos; velocidade dos guepardos; bagres-cegos das cavernas; circuncisão; adaptação ao meio; as teorias do uso e desuso; da herança dos caracteres adquiridos; da seleção natural; conceitos como a idéia da adaptação pelo meio; adaptação por necessidade; noção de adaptação como fenômeno individual;

noções sobre o acaso; idéias sobre preformação; idéias sobre pangênese; idéias sobre fenocópia; noções sobre variação aleatória; evolução como melhoramento.

No contexto de situações de uma mesma classe (biologia evolutiva) é possível identificar-se os seguintes esquemas explicativos:

1) Teoria do uso e desuso, amplamente utilizada pelos alunos para explicar o funcionamento do uso de um órgão reforçando a sua eficácia e estrutura muscular e o desuso causando a sua atrofia, até o seu desaparecimento nas gerações seguintes.

2) Teoria da herança dos caracteres adquiridos (HCA): quase sempre associada ao uso e desuso, embora menos utilizado que este, os alunos parecem ter uma forte convicção nos efeitos hereditários das modificações corporais adquiridas durante a vida dos indivíduos.;

3) Adaptação pela ação direta do meio: muitos alunos supõem que as novas características são adquiridas por imposição do ambiente;

4) Adaptação como processo individual: ocorrendo durante a vida do indivíduo, equivalente a “acostumar-se” ou “habituar-se”;

5) Adaptação como “necessidade”.

Podem ainda ser identificados os seguintes modelos conceituais explicativos:

1) A idéia utilitária dos órgãos.

2) A idéia de compensação de um sentido prejudicado ou ausente por outro(s).

3) A idéia da preformação de características.

4) A noção de pangênese.

5) A noção de fenocópia.

6) Rejeição do papel do acaso nos processos evolutivos.

7.2.2 Análise do efeito da variável escolaridade sobre as respostas ao questionário: respostas dos estudantes de graduação em Biologia.

Na situação 1, 6 dos 20 sujeitos deste nível de escolaridade produziram respostas explicativas fundadas na alternativa 1 (30%), demonstrando acreditar que o fato do pato doméstico exercitar as pernas as fortalece e que o não uso das asas as enfraquece (teoria do uso e desuso); dos 9 alunos que assinalaram a alternativa 3 (45%), isto é, que acreditavam que ambas as alternativas (1 e 5) explicariam o processo (as alternativas 1 e 5 são excludentes), 3 fizeram apelo a uma justificativa inconsistente e explicaram o processo pela teoria do uso e desuso; 5 alunos assinalaram a alternativa 5 (25%), correspondente à ação do acaso combinada à seleção (cientificamente aceitável), propondo uma justificativa considerada satisfatória para suas respostas. No total, portanto, 45% dos estudantes acreditam na teoria do uso e desuso, 30% acreditam que ambos os processos são possíveis e 25% acreditam no acaso e seleção para explicar o processo. Portanto, a teoria do uso e desuso na presente situação é um poderoso modelo conceitual explicativo, mesmo entre alunos dos cursos superiores de Biologia.

Nas respostas à situação 2, dos 20 estudantes 5 (25%) assinalaram a alternativa 1, acreditando que o treino constante dos guepardos tenha sido responsável pela evolução da espécie. Assim, 7 respostas assinalaram a alternativa 5 (35%). Dessas, 6 justificaram satisfatoriamente as suas respostas, notando-se a ocorrência da explicação pelo processo de mutação, combinado com os processos de variação ao acaso e seleção natural (cientificamente aceitáveis) e 1 apresenta uma justificativa pelo uso e desuso.

Dos 5 que assinalaram a alternativa 1, 2 estudantes responderam rejeitando o papel do acaso nos processos da biologia evolutiva, e outro assinalou a alternativa 4, por não concordar com a expressão “por acaso” contida na alternativa 5.

Dos 7 estudantes que assinalaram a alternativa 3 (35%), 3 não justificaram a sua resposta, 1 fez uma justificativa inconsistente pelo uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos (HCA) e outros 2 pelo processo de mutação.

No total, portanto, 35% das respostas dos estudantes acreditam no uso e desuso para explicar a situação do aumento da velocidade dos guepardos e outros 35% acreditam na variação ao acaso e no processo de seleção natural. Note-se, por outro lado, a emergência das respostas relacionadas ao processo de mutação.

Nas respostas à situação 3, 5 (25%) respostas utilizaram a hipótese do relaxamento da seleção natural para explicar a origem dos “bagres cegos” (cientificamente aceitável)

Entretanto, nas respostas dos estudantes 14 dos 20 (70%) atribuem à teoria do uso e desuso a origem dos bagres cegos, nos seguintes tipos de formulações: a) Falta de uso dos olhos (4); b) a ausência de luz cegou os bagres (4); c) a falta do sentido da visão foi compensada pelo desenvolvimento de outros sentidos (6) e apenas 1 resposta atribui ao processo de mutação a origem dos “bagres cegos”.

Assim como ocorreu com as respostas dos alunos do ensino médio, vê-se que a maioria acredita que o fato dos olhos não terem utilidade para os bagres tenha sido a causa da origem do fenômeno. As suas explicações fazem crer que a falta de uso atrofia o órgão, sendo dada grande importância à sua utilidade. As respostas que enfatizam a compensação pelo desenvolvimento de outros sentidos traçam uma analogia entre o que ocorreu com os bagres e o que ocorre com as pessoas cegas, que desenvolvem outros sentidos como audição e tato. Tratam-se de explicações *ad hoc* da cegueira e não da sua origem.

Por outro lado, nas respostas a esta situação, os alunos de graduação em Biologia, utilizaram-se da hipótese do relaxamento da seleção como alternativa correta para explicação do fenômeno, o que não aconteceu com as respostas dos alunos do ensino médio.

Nas respostas à situação 4, é possível resumir 12 respostas dos 20 sujeitos relacionam-se aos processos de uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos, nas seguintes formulações: falta de utilidade (4); influência do meio cultural (3); herança dos caracteres adquiridos (4) e adaptação individual (1). Portanto, 60% dos sujeitos nessa situação, acreditam nas teorias do uso e desuso e

HCA para explicar o fenômeno do nascimento de bebês sem o prepúcio e apenas 6 respostas (30%) relacionam conceitos sobre acaso e seleção natural (4), variação (1) e mutação aleatória (1) para explicar o fenômeno. Ocorreu uma resposta fora do campo conceitual da biologia evolutiva e outra relacionando o fenômeno como prevenção da fimose.

Nesta situação a teoria da herança dos caracteres adquiridos aparece como uma tentativa de explicação do fenômeno. A teoria da HCA até o momento parecia implícita em algumas respostas a situações anteriores, mas até então não havia sido mobilizada explicitamente como nesta situação. Isto parece indicar que cognitivamente os sujeitos parecem mobilizar diferentes conceitos e teorias dependendo da situação (perfil conceitual de MORTIMER, 2000).

Em relação à situação 5, onde se pedia que os sujeitos explicassem com suas palavras o que é o processo de adaptação dos seres vivos ao meio, se possível dando exemplos das questões anteriores, os resultados demonstram claramente que a teoria do uso e desuso ainda é o referencial teórico mais importante das explicações com 13 respostas (65%) associadas às formulações de uma “necessidade” individual de mudança (20%), como resultado de um hábito ou um “acostumar-se” ao meio (25%) ; um processo em que o meio ambiente seja o fator principal da mudança (10%); uma adaptação individual (5%) ou explicitamente pela teoria do uso e desuso (5%). Ocorreram 3 respostas (15%) fora do campo conceitual da biologia evolutiva. A teoria da seleção natural é apenas referenciada por 4 respostas (20%) com poder explicativo para o fenômeno da adaptação das espécies ao meio ambiente.

O perfil conceitual dos alunos sofre em sua formação da influência do tipo de situação proposta, tais como: variabilidade dos ossos dos patos; velocidade dos guepardos; origem dos “bagres-cegos” das cavernas; circuncisão; adaptação ao meio; teoria do uso e desuso; teoria da herança dos caracteres adquiridos; teoria da seleção natural; idéia da adaptação pelo meio; adaptação por necessidade; noção de adaptação como fenômeno individual; noções sobre o acaso; relaxamento da seleção natural, variabilidade, processo de mutação.

Tal como aconteceu com as respostas dos alunos do ensino médio, no contexto de situações de uma mesma classe (biologia evolutiva) é possível identificar-se os seguintes esquemas explicativos:

1) Teoria do uso e desuso, amplamente utilizada pelos alunos para explicar o funcionamento do uso de um órgão reforçando a sua eficácia e estrutura muscular e o desuso causando a sua atrofia, até o seu desaparecimento nas gerações seguintes.

2) Teoria da herança dos caracteres adquiridos: quase sempre associada ao uso e desuso, embora menos utilizada que esta, os alunos parecem ter uma forte convicção nos efeitos hereditários das modificações corporais adquiridas durante a vida dos indivíduos.;

3) Adaptação pela ação direta do meio: muitos alunos supõem que as novas características são adquiridas por imposição do ambiente;

4) Adaptação como processo individual: ocorrendo durante a vida do indivíduo, equivalente a “acostumar-se” ou “habituar-se”;

5) Adaptação como “necessidade”.

Podem ainda ser identificados os seguintes modelos conceituais explicativos:

1) A idéia utilitária dos órgãos;

2) A idéia de compensação de um sentido prejudicado ou ausente por outro(s);

3) Rejeição do papel do acaso nos processos evolutivos.

As semelhanças e diferenças entre sujeitos do ensino médio e superior são resumidas e cotejadas pelo quadro sinóptico abaixo:

Quadro 2: Comparação dos esquemas e modelos conceituais explicativos apresentados por sujeitos de ensino médio e superior às cinco situações-problema propostas.

Ensino médio	Ensino superior
<p align="center">Esquemas explicativos</p> <p>1) Uso e desuso; 2) HCA; 3) Adaptação pela ação direta do meio; 4) Adaptação como processo individual; 5) Adaptação como “necessidade”.</p>	<p align="center">Esquemas explicativos</p> <p>1) Uso e desuso; 2) HCA; 3) Adaptação pela ação direta do meio; 4) Adaptação como processo individual; 5) Adaptação como “necessidade”.</p>
<p align="center">Modelos conceituais explicativos</p> <p>1) Idéia utilitária dos órgãos. 2) Idéia de compensação de um sentido prejudicado ou ausente por outro(s); 3) Idéia da preformação de características; 4) Noção de pangênese; 5) Noção de fenocópia; 6) Idéia de rejeição do papel do acaso nos processos evolutivos.</p>	<p align="center">Modelos conceituais explicativos</p> <p>1) A idéia utilitária dos órgãos; 2) A idéia de compensação de um sentido prejudicado ou ausente por outro(s); 3) Rejeição do papel do acaso nos processos evolutivos.</p>

Isto é, os esquemas explicativos são os mesmos e alguns modelos conceituais explicativos também. Entretanto, os estudantes do ensino médio apresentaram alguns modelos suplementares, tais como a idéia da preformação, a noção de pangênese e a noção de fenocópia. Isto parece indicar

que os modelos conceituais dos estudantes do ensino médio são mais alternativos do que os modelos do ensino superior.

Os dois cursos de graduação em Biologia de uma universidade pública, onde foi aplicado o questionário, têm realidades curriculares diferentes: o curso de Bacharelado tem uma carga horária maior de conteúdo técnico-científico, pois seu objetivo é formar pesquisadores em Biologia; o curso de Licenciatura, por sua vez, tem uma menor carga horária de conteúdo técnico-científico, tendo uma maior carga horária nas disciplinas de educação, pois seu objetivo principal é formar professores de Biologia. Diante desse fato tinha-se como hipótese inicial que o conteúdo das respostas das situações-problema do Bacharelado tivesse um conteúdo cientificamente mais próximo da conceituação formal do que as respostas da Licenciatura

Esta hipótese, entretanto, não se confirmou. Não surgiram diferenças do ponto de vista do conteúdo técnico-científico entre as respostas dos alunos do Bacharelado e da Licenciatura.

Como era de se esperar, as respostas ao questionário envolvendo situações-problema em biologia evolutiva dos alunos de graduação em Biologia possuem um campo conceitual mais amplo e mais próximo ao canônico do que as respostas dos alunos do ensino médio. Entretanto, os esquemas explicativos permanecem os mesmos, o que sugere a persistência e importância desses esquemas.

Moreira (2002), fazendo apelo a Vergnaud, considera que os esquemas necessariamente se referem a situações, a tal ponto que, dever-se-ia falar em interação esquema-situação ao invés de interação sujeito-objeto da qual se refere Piaget.

Neste momento da discussão é necessário ressaltar o papel do professor em ajudar o aluno a construir conceitos e teoremas explícitos e cientificamente aceitáveis a partir do conhecimento extra-escolar (conceitos cotidianos ou “alternativos”) ou dos esquemas pré-conceituais (com é o caso dos conhecimentos informais da cultura acerca de origem e evolução dos animais). Daí a importância da teoria dos campos conceituais como instrumental teórico na compreensão,

identificação e explicitação dos conceitos e esquemas dos alunos em determinada classe epistêmica de situações.

A seção seguinte continua a apresentação dos dados produzidos a partir da análise dos debates ocorridos entre os sujeitos.

7.3 RESULTADOS DA ANÁLISE DOS DEBATES VIDEOGRAFADOS ENTRE GRUPOS DE ESTUDANTES EM SITUAÇÕES-PROBLEMA DE BIOLOGIA EVOLUTIVA.

Tal seção de análise fará distinção entre os sub-grupos por nível de escolaridade (ensino médio e superior).

7.3.1 Grupos de estudantes do ensino médio

7.3.1.1 Debate do Subgrupo 1:

Subgrupo formado por 3 meninos e 1 menina, com 15 e 16 anos de idade, escolhidos(as) ao acaso de uma turma da disciplina de Biologia do 1^o ano do ensino médio de uma escola particular, que ainda não tinham estudado o tema Evolução, em outubro de 2004. A filmagem em vídeo foi feita na sala de aula e durou 8 minutos. Aos alunos e aluna foi solicitado que lessem a situação em voz alta e debatessem em grupo a seguinte situação, acompanhada de ilustração, preparada previamente pelo pesquisador:

As aves aquáticas que nadam pela superfície da água utilizam-se das patas para sua impulsão apresentam uma membrana interdigital desenvolvida (ver figura). Esta membrana

faz com que o movimento das patas se torne mais eficaz e, portanto, promova o seu deslocamento. Como você explica o surgimento desta membrana interdigital?

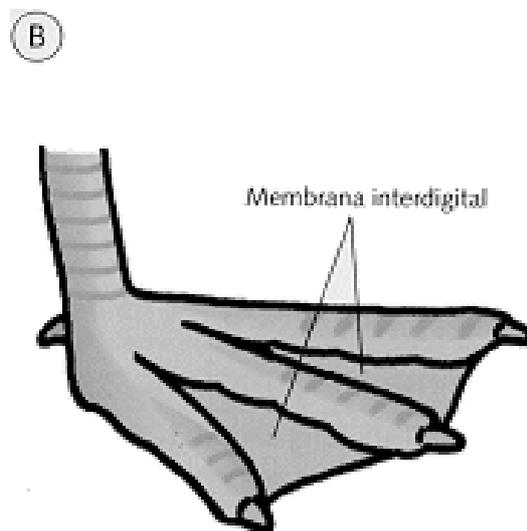


Ilustração 1: material apresentado ao sub-grupo 1 para deflagração das discussões.

Os sujeitos participantes deste sub-grupo são indicados na análise que se segue pelos nomes fictícios: Edson, Fernando, Guto e Heloisa. O número após a letra inicial do nome do sujeito refere-se à ordem do turno de fala.

Quadro 3: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 1 formados por alunos(as) do 1^o ano do ensino médio particular.

Sujeitos/ turnos	Registro verbal	Registro não-verbal
E1	<i>Seguinte....já nasceu com ela, a ave já nasceu....desde novinha já tinha...no ovo...</i>	Mão direita com os dedos abertos, com o indicador indicando uma membrana
G2	<i>Que já tinha, sim, mas como foi que se originou, Mané?</i>	
H3	<i>Os patos começaram a chegar pra água...queriam nadar e não podiam. Afundavam, molhavam as penas e...foi a água que forçou eles se adaptarem...</i>	Mãos e braços inclinados para baixo
F4	<i>Já vi no Discovery, eles têm uma substância que passam com o bico nas penas pra não</i>	Mãos alisando os ombros

	<i>molhar, é massa!</i>	
G5	<i>Voltando pra pata, como H tava dizendo, eles se adaptaram na água, começaram a andar no fundo com os dedos sem membrana ainda e queriam andar sobre a água, mas não dava, aí começaram a voar sobre a água, caíam e afundavam....</i>	Abre os dedos das duas mãos
H6	<i>Bem, não era bem assim....mas é por aí, tá ligado? Foi pela necessidade deles lá na água. Começaram a tentar nadando, tentando, tentando....</i>	Gesticula com as mãos nadando
F7	<i>- Aí pou! Apareceu a pata com membrana?</i>	Levanta os braços de forma circular
E8	<i>Nada disso velho! O pato já nasceu com ela. Pato d'água já nasceu pra água; galinha pra ciscar na terra, pombo pra voar nos ares, cada um assim já adaptado, como Deus fez! Tu acha que a gente veio do macaco, é?</i>	Abana a cabeça desaprovando e aponta para a folha do problema
G9	<i>Lá vem tu, não mete Deus nessa história! Tu vai responder no vestibular que foi Deus que criou tudo, vai? Vai... responde assim as questões....</i>	Aponta para E
E10	<i>No vestibular e na escola é diferente, cara! Eu sei que tem de dizer que é a evolução, mas aqui ó, eu sei que foi Deus.</i>	Apontando a cabeça
H11	<i>Eu também acredito em Deus, mas acho que a gente não deve misturar as coisas. Aqui é uma pergunta da ciência, da biologia...</i>	Aponta para a folha do problema
E12	<i>Tudo bem, tudo bem, então eu digo o seguinte: o pato já nasceu com a pata com membrana, porque tudo nasceu na água. A vida apareceu lá há muito tempo, certo? Então depois é que vieram pra terra, pra andar na terra, então depois é que a membrana sumiu, tá ligada? Primeiro foi a pata com membrana, depois o pé comum como o da galinha, tá ligada? A evolução foi assim!</i>	Aponta com o polegar para trás, depois aponta para a mesa com o dedo indicador e médio imitando o caminhar na mesa.
F13	<i>- Pronto, agora fudeu tudo!</i>	Bate com a mão na mesa
G14	<i>Nada disso! Foi da terra pra água, senão tudo quanto é ave e passarinho tinha perdido a pata com membrana pra sair da água. Pra mim eles</i>	Dedo indicador em sinal de negação veemente

	<i>se adaptaram pra nadar, de tanto tentar foi aparecendo uma membranhinha, que foi crescendo quanto mais tentavam, foi melhorando o nado, foi evoluindo, até que todas as gerações de patos ficaram com a membrana e conseguiam nadar em cima da água.</i>	
H15	<i>É galera, eu acho que G tem razão...</i>	
F16	<i>Beleza, cara! Do caralho! Chegue batendo!</i> (Risos)	Levanta a mão direita e bate na mão de G.
G17	<i>É isso professor, chegamos lá! Mesmo com a cara feia de E!</i> (Risos)	

7.3.1.1.2 Discussão do Subgrupo 1

A situação-problema proposta para discussão em grupos de estudantes do ensino médio, foi usada em pesquisa por Gené (1991) com estudantes espanhóis e depois reproduzida em algumas pesquisas em vários países, com o objetivo de detectar e superar concepções “lamarckistas” entre os estudantes. Tal situação já se tornou clássica na literatura sobre o ensino da biologia evolutiva.

Entretanto, tais estudos, foram empreendidos através de questionários ou entrevistas realizadas individualmente. Nesta parte do trabalho, assume-se a perspectiva teórica de também investigar os efeitos da interação social e discursiva dos estudantes em debate.

Neste sentido Vergnaud (1987b) escreve que nos trabalhos em interação social os sujeitos constroem ou reconstroem seus conhecimentos. O reconhecimento de um invariante pode ser mediado pela interação social. Por exemplo, a colaboração de vários estudantes numa mesma tarefa supõe a coordenação de esquemas individuais, que por sua vez necessita uma psicologia cognitiva em ação. De fato, escreve o autor, começa-se a estudar a relação entre o cognitivo e o social, tanto é verdade que uma boa parte do cognitivo que nos interessa é uma cognição social e que os processos de construção e de apropriação são profundamente sociais. Assim, conclui o autor, a psicologia cognitiva, desenvolvimental e social formam um todo dificilmente dissociável.

Na realidade, os conceitos, concepções, teorias e representações enunciadas pelos estudantes em discussão, são muito mais ricas do que a simples identificação de concepções individuais “lamarckistas”, como parece indicar os debates do presente trabalho.

No subgrupo 1, existem concepções fixistas-criacionistas claramente expressadas por EDSON, nos turnos E1, E8, E10, embora este sujeito demonstre plena consciência da inadequação destas concepções, nos turnos E10 e E12, onde recua das concepções criacionistas e apresenta uma teoria confusa de cunho evolucionista, compatível com a noção de flexibilidade de um “perfil conceitual” (MORTIMER, 2000). Isto é, para o vestibular e a escola ele usa os conceitos do paradigma evolucionista, embora que pessoalmente demonstre não crer nesta perspectiva, ele “faz que aprende”, ele crê na criação das espécies em separado (E8). Flexibilidade esta também expressada pelos estudantes em G9 e H11, na explicitação de uma concepção deísta (o Criador não intervém na criação, depois de criá-la recua).

GUTO e HELOISA expressam concepções relacionadas às teorias do uso e desuso e da herança dos caracteres adquiridas, geralmente associadas na literatura às concepções “lamarckistas”.

Numa de suas definições de campo conceitual Vergnaud (1982) escreve que é um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo ontogenético de aquisição.

Assim, na presente situação, o campo conceitual que se configura no debate do subgrupo 1 envolve: em primeiro lugar a própria situação-problema da origem da membrana interdigital das aves aquáticas; flutuação dos patos na água (F4); escola e vestibular (E10); evolução das aves (E12, G14), teorias do uso e desuso (G5, H6, G14), da herança dos caracteres adquiridos (G14); do ambientalismo (H3, H6); teoria fixista-criacionista (E8, E10); conceitos como a idéia de que

evolução é melhoria e progresso (G14), o de que a evolução ocorre pela vontade ou necessidade do próprio organismo (H3, G5, H6)

No caso do subgrupo 1 como esquemas explicativos temos: o uso e desuso, tais como demonstrado em H6 e G14, o fixismo-criacionista demonstrado em E8 e E10, já a herança dos caracteres adquiridos é implícita em G14 ; assim como são o ambientalismo (isto é a crença de que o ambiente determina o comportamento) manifesto em H3 e H6 e a crença de que a evolução é melhoria e progresso (G14).

Interessantes concepções podem ser identificadas no debate entre os estudantes, tais como a transição do foco de argumentação das aves para a evolução do homem em E8, usando a pergunta crucial dos criacionistas: “*O homem descende dos macacos?*”. Este argumento evoca um conhecimento conceitual pré-formal de EDSON de que a evolução envolve todos os organismos vivos, até o homem. A concepção de que a evolução ocorre pela necessidade, pelo querer ou pela vontade dos próprios organismos envolvidos (H3, G5, H6), eliminando assim o papel do “acaso” darwiniano. Outro interessante argumento pode ser localizado em E8, quando recua da concepção criacionista e adota uma versão evolutiva relacionada à origem da vida na água e a posterior ocupação dos continentes pelos seres vivos que, do ponto de vista paleontológico, é cientificamente aceitável, embora que seja incompatível com o processo evolutivo das aves aquáticas (da família Anatidae), onde ocorreu uma neotenia, isto é, uma volta ao habitat original de todos os seres vivos.

Finalizando o debate do subgrupo 1 os estudantes concluem majoritariamente pelos processos evolutivos relacionados com o uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos, confirmando tendência registrada na literatura internacional sobre o tema.

7.3.1. 2 Debate do Subgrupo 2

Descrição do contexto: subgrupo na faixa etária de 16 e 17 anos, formado por dois meninos (Beto e Diogo) e duas meninas (Ana e Cláudia) escolhidos ao acaso de uma turma da disciplina de Biologia do 2^o ano do ensino médio da mesma escola, que já tinham estudado o tema de Evolução na disciplina, em outubro de 2004. A filmagem em vídeo foi feita na sala de aula e durou 10 minutos. Aos estudantes foi solicitado que lessem a situação em voz alta e debatessem em grupo a mesma situação descrita anteriormente (Ilustração 1) :

Quadro 4: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 2 formados por estudantes do 2^o ano do ensino médio particular.

Sujeitos/ turnos	Registro verbal	Registro não verbal
B1	<i>Como é? Vamos nessa? Começar.....</i>	Bate a mão espalmada na mesa
A2	<i>Eu acho assim ó...</i>	
C3	<i>A gente vai escrever?</i>	
D4	<i>- Naaaão! Tá sendo filmado.</i>	Aponta para a câmera de vídeo.
B5	<i>A pata do pato é assim, a da galinha não tem!....</i>	Abre os dedos da mão direita e aponta com o indicador da mão esquerda o limite de uma membrana.
C6	<i>Tem pequenininha....</i>	Dedo indicador e polegar indicando tamanho
B7	<i>Bota ela na água pra ver se ela nada!</i>	
A8	<i>Gente vamos lá, é das “aves aquáticas”, não é só dos patos.</i>	
C9	<i>Mas é do grupo dos patos. Todos eles têm essa membrana.</i>	
B10	<i>Começou assim ó... aí evoluíram.</i>	Faz um gesto com as duas mãos espalmadas voltadas para baixo num movimento alternado de natação e contorna o grupo “nadando”.
B11	<i>Foi assim mesmo, eu juro! (Risos).</i>	Continua a “nadar” e depois senta-se na sua cadeira
D12	<i>Pra mim tem que ser uma mutação. Um pato ficou mutante e seus patinhos herdaram isso</i>	Dedo indicador mostrando uma sucessão.

B13	<i>Do pato ou da pata?</i> (Risos)	
D14	<i>Na pata do pato!</i> (Risos e pausa)	
C15	<i>É, mas e essa membranhinha aqui, como apareceu? Eu acho que foi pela seleção natural de Darwin. Lembram das aulas de M.?</i>	Aponta a figura.
B16	<i>Seleção natural é do pescoço da girafa, aqui é diferente...</i>	Aponta a figura.
C17	<i>Ouch! Nos patos também! Em todos os animais!</i> (levantando a voz)	
A18	<i>Em todos os seres vivos...</i> (em voz baixa)	Olhando para o chão
C19	<i>Isso! Se funciona pra um, funciona pra todos.</i>	Dedo indicador para baixo girando em círculos.
B20	<i>Mas como? Explica como a seleção natural produziu a membrana?</i>	Queixo para frente olhando em direção a C.
C21	<i>Ah, isso eu não sei explicar assim, de repente. Mas do jeito que você falou é errado, é a teoria daquele velho do livro, do Lamarck...</i>	Estala os dedos e aponta no ar.
A22	<i>...a do uso e desuso.</i>	Olhando para a mesa.
C23	<i>Aí menina! Do uso e desuso e da herança adquirida.</i>	Punho levantado.
A24	<i>...dos caracteres adquiridos.</i>	Olhando para a mesa.
D25	<i>Sim, mas cadê a explicação de como funciona a seleção nesse caso do pato?</i>	Mãos espalmadas viradas para cima.
B26	<i>É, elas só sabem dizer o nome das coisas, mas não sabem explicar.</i>	Apontando as meninas.
D27	<i>Já disse que foi por mutação no DNA do pato, do gen da pata, teve a mutação e apareceu a membrana. Quem não ficou com a membrana dançou! Tá ligada? Dançou, não evoluiu, não podia mais nadar na água e os que tinham, nadavam mais rápido, pegavam mais peixe e tudo mais. Evolução é isso, é ficar melhor, mais adaptado na água.</i>	Inclinando o corpo para frente na mesa. Faz o gesto de natação com as mãos com os dedos abertos

B28	<i>É isso aí D! bote fê!</i>	Punho no ar, vibrando.
C29	<i>Mas você tava defendendo o uso e desuso, agora que D explicou, você passa pro lado dele, é?</i>	Aponta para B. (que sorri fazendo um gesto afirmativo com a mão fechada e o polegar erguido)
A30	<i>Pode ter sido isso mesmo, teve a mutação e depois atuou a seleção natural.</i>	Olhando em volta para todos.

7.3.1.2.1 Discussão do subgrupo 2

Este subgrupo foi constituído por estudantes que já tiveram contato com o ensino sistematizado do tema Evolução, presente no programa de Biologia do 2^o ano do curso médio. Nota-se, como efeito desse contato, que conceitos pertinentes ao tema são mobilizados durante o debate, em diversos níveis de conceitualização.

Durante o debate, como efeito da interação parece ter havido uma polarização inicial entre as posições dos meninos e meninas, sendo superada ao longo do debate e, sobretudo, uma regulação do discurso dos outros sujeitos feita por ANA, nos turnos: C17-A18, C21-A22, C23-A24 e D27-A30. ANA parece dominar o conteúdo do tema, desde o início queria liquidar o assunto como demonstra em A2, quando foi interrompida, delimitou o grupo taxonômico do fenômeno biológico (“grupo dos patos”, isto é, família Anatidae). Enquanto BETO faz uma bem humorada representação da sua defesa da teoria do uso e desuso (em B10 e B11) para explicar a origem da membrana interdigital das aves aquáticas (chegando para isso a “nadar” em volta do grupo), DIOGO responde, marcando sua posição, com a defesa do processo de mutação, visto por ele como fenômeno individual e hereditário; continuando a brincar, B13 faz um jogo de palavras e D14 também brincando, entra no jogo de palavras.

C15 contrapõe a mutação o argumento da “a seleção natural de Darwin”, evocando para isso as aulas do professor sobre o tema, como se os dois processos fossem incompatíveis.

B16 apresenta então um interessante argumento limitando o processo da seleção natural ao alongamento do pescoço da girafa; uma ilustração freqüentemente reproduzida nos livros didáticos

de Biologia para exemplificar as diferenças entre Darwin e Lamarck dos processos evolutivos. O argumento de B16 pode exemplificar a dubiedade do poder explicativo de tal ilustração, levando os alunos ao falso entendimento que tal processo só ocorreria nas girafas.

Outro interessante discurso relacionado ao livro didático é feito em C21, quando se refere à teoria “errada” de Lamarck, lembrado como “aquele velho do livro”, referindo-se a uma conhecida figura de Lamarck idoso, reproduzida nos livros didáticos de Biologia. Aí, aprofundando uma falsa dicotomia, contrapõe-se ao também “velho” Darwin, porém, apresentado como um herói da ciência, enquanto Lamarck é o autor de uma “teoria errada”, baseada no uso e desuso das partes e na herança dos caracteres adquiridos, reduzindo assim o seu vasto programa de pesquisa a essas duas teorias, como se o próprio Darwin e a grande maioria dos naturalistas da época também não as adotassem.

Embora D25 não se dê por vencido com o argumento da seleção natural darwiniana, na sua explicação em D27 está implícito o mecanismo da seleção natural.

Uma das condições mais fortes do programa de pesquisas de Darwin era a sua idéia da variabilidade dos indivíduos numa população, fazendo parte no núcleo firme do seu programa junto com a teoria da seleção natural. Hoje se sabe, de acordo com a moderna Teoria Sintética da Evolução que as mutações gênicas e as recombinações gênicas ou permutações, se constituem nas fontes de variação genética de uma população, enquanto a migração, deriva genética e seleção natural são fatores que atuam sobre a variabilidade genética já estabelecida.

O campo conceitual que se configura no debate do subgrupo 2 envolve: a mesma situação-problema sobre a origem da membrana interdigital das aves aquáticas; a situação do particular e do geral nos fenômenos biológicos (B16-C17-A18); a situação dos exemplos dos livros didáticos (C21); teoria do uso e desuso (B10, B11); teoria da herança dos caracteres adquiridos (C23, A24); teoria da seleção natural (C15, A30); teoria mutacionista (D12, D27); evolução como melhoria (D27), Lamarck (C21); Darwin (C15); teoria neodarwinista (A30); problemas de identificação

taxonômica (A8-C9); adaptação como fenômeno individual (D12); aulas do professor sobre Evolução (C15); regra de ação (C19); poder explicativo da seleção natural (D25, B26, A30); poder explicativo da mutação (D27, A30).

É possível identificar-se esquemas operatórios para a explicação do uso e desuso B10 e B11, quando está implícito na sua mímica de comediante, e também na explicação de D12: “*Um pato ficou mutante e seus patinhos herdaram isso*”, onde está implícito o seu conhecimento sobre o processo de mutação gênica ocorrido em um só indivíduo, tornando-se hereditário em sua prole; o mesmo acontece em B16 com a frase: “*aqui é diferente...*”, onde está implícito de que a seleção natural só atuaria no exemplo do livro didático, no caso da membrana interdigital das aves aquáticas, funcionando o mecanismo do uso e desuso.

7.3.1.3 Debate do Subgrupo 3

Descrição do contexto: subgrupo na faixa etária de 16 e 17 anos, formado por três meninas (Ivana, Josi e Kátia) e um menino (Luciano) escolhidos ao acaso de uma turma do 1^o ano do ensino médio de uma escola pública do grande Recife, que não haviam estudado o tema de Evolução. A filmagem em vídeo foi feita na sala de aula e durou 6 minutos. Aos estudantes foi solicitado que lessem a situação em voz alta e debatessem em grupo a mesma situação descrita anteriormente (Ilustração 1) :

Quadro 5: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 3 formados por estudantes do 1^o ano do ensino médio público.

Sujeitos/turnos	Registro verbal	Registro não verbal
I1	<i>Olha, que bonitinho...a patinha do pato...(sorrindo)</i>	Apontando o desenho da folha.
K2	<i>Deixa pra lá...vamo aqui vê como é a origem...</i>	Abana a mão direita no ar, olhando para a folha.
J3	<i>No ovo...se você tira o patinho ele já tem, antes de nascer, né?</i>	Arregalando os olhos, brincando.
L4	<i>Claro! Quem vem primeiro o ovo ou a</i>	Em tom de charada, entrando

	<i>pata?</i>	na brincadeira de J.
I5	<i>Não é por aí, não é por aí...tem que discutir como apareceu a pata!</i>	Negando com a cabeça e apontando a folha.
K6	<i>A origem não é do ovo, com certeza, de repente um patinho apareceu com esta novidade e aí...</i>	Olhando os outros em volta.
J7	<i>Mas tem de aparecer no ovo, no embrião, primeiro...</i>	Olhando para K.
I8	<i>Olha J, eu nunca vi ovo de pato, mas com certeza, se você abrir um, lá vai encontrar um patinho todo formado, já com a patinha de nadar! Não é por aí tem de discutir como apareceu a dita cuja!</i>	Olhando para K e J e apontando um ovo invisível na mão esquerda.
L9	<i>É lógico que apareceu quando os patos foram para a água...para nadar, ralando ali ó...</i>	Faz o gesto de nadar com as mãos espalmadas para baixo, movimentando-as.
I10	<i>É isso, L está tentando explicar agora! Quando eles chegaram na água para nadar e pegar peixes.</i>	Com indicador no ar, apontando para L.
J11	<i>Mas para nadar, eles tinham de ter a tal membrana, né?</i>	Movendo o corpo na cadeira e abrindo as mãos para fora.
K12	<i>No início, não, eles foram ralando...tentando, tentando... e aí foi devagarzinho crescendo a membranhinha...(falando pausadamente)</i>	Movendo as duas mãos para nadar e diminuindo o ritmo, apontando para os dedos.
J13	<i>Mas em todos eles K? ou apareceu num só, que vocês acham?</i>	Olhando para K e depois para todos em volta.
K14	<i>Apareceu nos que tentaram, né? Os outros dançaram, viraram galinhas, sem a tal membrana para nadar!</i>	Olhando para o teto, impaciente.
L15	<i>Tá ligado naquela garça branca que aparece nas lagoas? Na Lagoa do Araçá e no mangue, tá cheio! Eu reparei bem, elas não têm pé de pato! E vivem na água. Quer dizer, vivem perto da água, eu acho que elas ainda vão precisar de um pé de pato, saca?</i>	Estalando os dedos da mão direita. Com a mão esquerda unindo e abrindo os quatro dedos para indicar que estava cheio.
K16	<i>É isso aí menino! Esse menino é gênio, tá vendo? (Risos e pausa).</i>	Levantando-se da cadeira e apontando sorrindo para L.
J17	<i>Mas elas não precisam! Já repararam como tem pernas compridas? E o bico compridão? Não precisam! Pegam os bichinhos no fundo com o bicão e não se molham, com a perna comprida! (pausa).</i>	Pondo-se de pé andando na ponta dos pés e imitando o bico com os dedos da mão esquerda.
L18	<i>Pra mim chega desse papo, lá vem essa doida de novo...</i>	Levantando-se da cadeira e fazendo com as duas mãos um gesto como para terminar o evento.

J19	<i>Essa doida nada, meu filho! Eu estou dizendo a realidade, elas, as garças, não precisam de pé de pato!</i> (levantando a voz).	De pé com a mão na cintura e com a outra apontando para baixo.
I20	<i>Calma, calma, calma!</i>	Duas mãos levantadas em sinal de abrandamento da discussão.
K21	<i>Olha, galera, eu acho que michou o papo, né? A gente viu que é a necessidade, né não?</i>	Apaziguando e olhando todos em volta e depois para a câmera de vídeo.
I22	<i>Ouch! Que estresse! Precisa bater boca por isso? Foi a necessidade da patinha, né L? Tão de acordo? É isso... (risos)</i>	Olhando para a câmera de vídeo e para todos em volta, juntando os seus objetos na mesa.

7.3.1.3.1 Discussão do Subgrupo 3

Os estudantes do subgrupo 3 iniciam uma interessante discussão sobre o desenvolvimento embrionário (em J3 – I8) que remete às idéias do debate histórico sobre a pré-formação do embrião, travado entre os preformistas e epigenistas nos séculos XVII e XVIII.

Em outra perspectiva, L9, I10 e K12 explicitam com clareza o teorema em ação sobre o uso e desuso, embora que K6 tente no início colocar uma visão mutacionista; em K12 recua, por efeito da interação social, demonstra estar convencida da teoria do uso e desuso, tanto que em K14 adota uma perspectiva do “transformismo fantástico” (BIZZO, 1991) quando anuncia a transformação dos “patos em galinhas”.

Outra interessante discussão foi iniciada em L15 sobre o papel do ambiente na evolução, quando contextualiza a discussão sobre a existência nas proximidades da água das garças brancas pequenas (*Egretta thula* (Molina, 1782); Aves; Ardeidae), ao mesmo tempo em que abre o debate sobre a questão da necessidade da evolução, que segue nas posições de J17, J19, K21 e K22.

O campo conceitual que se configura no debate do subgrupo 3 envolve: em primeiro lugar a própria situação-problema da origem da membrana interdigital das aves aquáticas; a morfologia das garças brancas (L15); o papel do ambiente na evolução (L15); o desenvolvimento embrionário

numa visão preformista (J3 – I9); teoria do uso e desuso (L9, I10, K12); “transformismo fantástico” (K14); o papel da necessidade na evolução (L15, J17, J19, K21, K22); fenômeno populacional ou individual (J13, K14).

É muito comum, entre os estudantes, representar a forma e ação dos animais com o próprio corpo. Isto é observado em todos os níveis escolares, geralmente sem intenção de comicidade (embora que provoquem situações hilariantes).

Esquemas explicativos no subgrupo 3 podem ser percebidos, tais como o uso e desuso, como em L9, I10 e K12, também o conceito da necessidade na evolução dos organismos, como em L15, J17, J19, K21 e K22 e E10; assim como o ambientalismo (isto é a crença de que o ambiente é o principal fator da evolução) manifesto em L15 e a idéia do “transformismo fantástico” manifesta em K14.

Finalizando o debate do subgrupo 3 os estudantes concluem majoritariamente pelo papel preponderante da necessidade no aparecimento das novidades evolutivas nos seres vivos, confirmando a tendência observada na literatura sobre o tema (BIZZO, 1991, 1994).

7.3.1.4 Debate no Subgrupo 4

Descrição do contexto: subgrupo na faixa etária de 17 e 18 anos, formado por dois meninos (Olavo e Paulo) e duas meninas (Marília e Neide) escolhidos ao acaso numa turma do 2^o ano da mesma escola pública, que haviam estudado o tema Evolução recentemente. A filmagem em vídeo foi feita na sala de aula e durou 6 minutos. Aos estudantes foi solicitado que lessem a situação em voz alta e debatessem em grupo a mesma situação descrita anteriormente (Ilustração 1).

Quadro 6: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 4 formados por estudantes do 2^o ano do ensino médio público

Sujeitos/ turnos	Registro verbal	Registro não verbal
---------------------	-----------------	---------------------

O1	<i>Essa é facinha, velho! Essa tá na cara! Nem precisa discutir...</i>	Esfregando as duas mãos.
M2	<i>Ah, é? Então diz lá sabidão!</i>	
N3	<i>Não vale dizer que é a lei de Lamarck do uso e desuso dos órgãos.(em voz de falsete).</i>	
O3	<i>Não babaquinha, essa é a resposta errada, é uma pegadinha, tá ligada?</i>	Olhando para N irônico.
P4	<i>Pegadinha como, cara?</i>	Olhando para todos em volta.
O5	<i>A pegadinha aqui, ó...no problema, ele dá a entender que o uso da pata, tá ligado?</i>	Apontando para a folha sobre a mesa.
M6	<i>Não, você não pode dizer que é uma pegadinha...o problema diz a realidade, que o pato nada com as patas para se deslocar na água...</i>	Procurando ler o enunciado da situação e olhando em volta.
P7	<i>Eu tô entendendo o que O quer dizer...ele quer dizer que o problema leva a tu imaginar que é o uso da pata que desenvolve a tal membrana, né isso O?</i>	Arregalando os olhos, olhando com fingida admiração para O.
O8	(pausa)	Em silêncio balança a cabeça afirmativamente.
M9	<i>É, meus filhos, mas se não for isso que é? É milagre é? Apareceu assim pou! Não, as coisas aparecem por necessidade, pela adaptação ao meio!</i>	Juntando os dedos das duas mãos e separando-os rapidamente.
O10	<i>Pensa bem, M, assim tu cai na armadilha de uma questão do vestibular, pensa legal, tá?</i>	Fala pacientemente para M.
N11	<i>Eu acho que O quer dizer que o aparecimento da membrana foi pela seleção natural de Darwin, né? (sorrindo).</i>	Olhando em volta para todos.
O12	<i>É por aí, galera! Mas primeiro foi uma mutação, tá ligado?</i>	Falando animado para todos.
M13	<i>Mutação como nas bactérias com os antibióticos? Eu acho que aqui é diferente...</i>	Balançando a cabeça negativamente.
N14	<i>Diferente como? Todos são seres vivos, tá legal? (em voz alta)</i>	Olhando para N.
M15	<i>Nada a ver, a bactéria do livro, são básicas, são muito primitivas, cara! Não pode ser comparada com pato!</i>	Olhando para a folha em cima da mesa.
O16	<i>Escuta aqui, ó, nós somos todos mutantes. A mutação tá ocorrendo todo o tempo, tá ligada? (em voz alta).</i>	Olhando para M.
P17	<i>Mutante, cara? Como naquele filme? Os mutantes...(dá uma risada)</i>	Levantando-se da cadeira.
O18	<i>É tabacudo, tem mutação que ninguém nota, tá ligado? No DNA, tá ligado?</i>	Olhando para P, fingindo raiva.
P18	<i>Falou, cara! Não precisa ficar nervoso...</i>	Apaziguador, sentando-se

		novamente.
M19	<i>Sim, mas e aí? Uma mutação e pronto os patos começaram a nadar?</i>	Olhando para a mesa.
O20	<i>Não, a coisa foi com o tempo, muito tempo, até que os patos se adaptaram a nadar rapidamente e caçar mais peixes, os que não tinham a membrana, foram ficando na terra, não entraram para a água, aí sim teve a seleção natural!</i>	Falando com animação para todos em volta.
N21	<i>É, a seleção vem depois da mutação.</i>	Olhando para M.
M22	<i>Vocês só tão falando dos exemplos do livro de Biologia. Tão repetindo o exemplo...</i>	Olhando para todos em volta.
N23	<i>É minha filha, mas o exemplo do livro, é pra todos os casos de evolução, tá? Pra todos os seres vivos, não é pra um só...</i>	Olhando para M, de cima para baixo.
P24	<i>Vocês não tão vendo, eu sou um mutante, sou um mutante...(risos)</i>	Fazendo uma careta de olhos fechados e braços estendidos, andando pela sala.
O25	<i>Não enche cara! (muitos risos)</i>	Levantando-se da cadeira e empurrando P.

7.3.1.4.1 Discussão do Subgrupo 4

Inicialmente o debate do subgrupo 4 foi aberto com a desconfiança levantada por OLAVO e confirmada na seqüência de turnos O3, O5, P7 e O10 de que o enunciado da situação-problema é uma armadilha (“pegadinha”) para induzir os alunos à resposta errada, como nas conhecidas questões “casca-de-banana” aplicadas em vestibulares.

O aspecto mais importante do debate, entretanto, foi a participação de OLAVO em confronto com MÁRCIA. OLAVO consistentemente dominava o conteúdo do tema, logo no seu primeiro turno (O1) demonstrou, afirmando que a situação era de fácil resolução e posteriormente introduziu no debate conceitos que estavam adiante do domínio de conteúdo dos seus colegas.

Referências explícitas foram feitas pelos estudantes à Lamarck (teoria do uso e desuso) em N3 (ironicamente) e à Darwin (teoria da seleção natural) em N11.

Referências ao processo de seleção natural numa visão da Teoria Sintética da Evolução são feitas em O20 e N21.

Problemas na exemplificação nos livros didáticos de Biologia foram explicitados por MÁRCIA, em M13, M14 e M22, com a compreensão equivocada de exemplos únicos e particulares, sendo corrigida por NEIDE (N14 e N23).

Interessante debate sobre o processo de mutação aparece em O12, O16, P17, O18, M19, O20 e P24. A idéia do processo mutacional que ocorre nos seres vivos aumentando a variabilidade gênica é dificilmente compreendida pelos estudantes em todos os níveis escolares. Geralmente a mutação é citada como uma “pedra de toque” para resolver todos os problemas de compreensão do processo evolutivo, sem a sua necessária contextualização e vínculo com outros conceitos. O que não ocorreu no debate do Grupo 4 onde constata-se um início de compreensão cientificamente aceitável (O20, N21).

O campo conceitual que se configura no debate do subgrupo 4 envolve: em primeiro lugar a própria situação-problema da origem da membrana interdigital das aves aquáticas; a “armadilha” do enunciado da situação (O3, O5, P7 e O10); a ZDP (P7, N11, N14, N21, N22 e P24); Lamarck e a teoria do uso e desuso (N3); Darwin e a teoria da seleção natural (N11); problemas da exemplificação do livro didático de Biologia (M13, M14 e M22); processo de mutação (O12, O16, P17, O18, M19, O20 e P24).

No caso do subgrupo 4 é possível identificar-se os esquemas explicativos como no processo de mutação evidenciado em O12, O16, O18, O20 e N21; o papel da necessidade na adaptação ao meio (M9), o papel da mutação como processo evolutivo só ocorrente em organismos menos complexos (M15).

Os debates entre os estudantes de escola pública do ensino médio foram marcadamente diferentes dos que ocorreram na escola particular, onde não houve diferença de conteúdo entre o 1^o e o 2^o ano. Nos da escola pública a hipótese inicial, de que os alunos do 2^o ano demonstrariam um

domínio de conteúdo mais próximo dos conceitos formais, foi confirmada. Os debates dos subgrupos 3 e 4, apresentaram campos conceituais muito diferentes.

7.3.2 Grupos de estudantes dos cursos de graduação em Biologia

A situação-problema do presente evento foi usada pela primeira vez por Jiménez Aleixandre (1989) apud Gené (1991), quando ambos usaram-na como teste de estudantes para avaliar até que nível haviam conseguido uma aprendizagem significativa do tema Evolução dos seres vivos por seleção natural.

Alguns autores de livros didáticos de Biologia do ensino médio, tais como: Lopes (2004, p.514), Silva Júnior e Sasson (2002, p.217), Paulino (2002, p.455) discutem e exemplificam a situação-problema do presente trabalho. Coloca-se em discussão uma situação atual de um problema que ocorre no controle químico de pragas agrícolas e urbanas no mundo: o da resistência dos insetos aos princípios ativos dos agrotóxicos. Como consequência, cada vez mais é preciso tornar mais forte o princípio ativo para combater as pragas, constituindo-se num ciclo vicioso e num problema ecológico de poluição e degradação dos ambientes naturais, além de se constituir numa situação-problema relevante de biologia evolutiva:

Os inseticidas aerossóis quando foram utilizados pela primeira vez para combater moscas e mosquitos foram muito eficazes, isto é, quase todos os insetos morriam quando entravam em contato com o inseticida. Hoje somente uma pequena proporção destes insetos morre quando se utilizam os inseticidas aerossóis com a mesma composição química.

Explique por que isto ocorre.

7.3.2.1 Debate do Subgrupo 5

Descrição do contexto: Subgrupo formado por 3 moças (Ana Lúcia, Beth e Célia) e 1 rapaz (Danilo) entre os 23 e 25 anos de idade, do curso diurno do Bacharelado em Ciências Biológicas de uma universidade pública, escolhidos ao acaso para colaborar com a pesquisa, todos tendo já cursado disciplina com o tema Evolução, em janeiro de 2005. Foi solicitado ao grupo que lesse em voz alta o problema e o debatessem, enquanto o evento era filmado em vídeo, com duração de 8:32 minutos.

Quadro 7: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 5 formados por estudantes do Bacharelado em Ciências Biológicas.

Sujeitos/turnos	Registro verbal	Registro não verbal
D1	<i>Lá vem, a gente acabou de pagar entomologia...</i>	Balança a cabeça e bate com a mão na mesa
C2	<i>Mas isso aqui é genética e evolução, não é entomologia!</i>	Apontado para a folha de papel
A3	<i>Sim, mas também é um problema de ecologia...muito mais de ecologia.</i>	Estalando os dedos.
C4	<i>É também de ecologia, tá certo</i>	Balança a cabeça afirmativamente
D5	<i>E também de entomologia! Não fala de moscas e mosquitos, aqui ó...</i>	Apontando para a folha de papel
B6	<i>Galera, tá bom...é um problema biológico, pronto! Vamos começar!</i>	Duas mãos espalmadas para encerrar a polêmica.
D7	<i>Os mosquitos se acostumaram ao inseticida. Eles se adaptaram a ele.</i>	Faz um gesto com as mãos como se estivesse borrifando uma bomba.
A8	<i>Como se acostumaram?se morria quase tudo?</i>	
D9	<i>Se adaptaram, menina. A gente não se acostuma a um lugar poluído?</i>	Dedos juntos da mão esquerda em frente à boca, olhando para A
B10	<i>É tem o lance dos antibióticos, né? De tanto a gente tomar, já não adianta pra aquela doença.</i>	Mão espalmada verticalmente levantando e baixando em pontos diferentes para indicar um processo repetido.
C11	<i>Os organismos, as bactérias, desenvolvem uma resistência ao antibiótico e ao inseticida os insetos.</i>	Cruzando as pernas rapidamente
A12	<i>É, mas como desenvolvem? Desenvolvem uma mutação e os</i>	Ajeitando os cabelos por trás das orelhas e olhando

	<i>mutantes ficam resistentes.</i>	para a mesa.
D13	<i>Isso, isso, isso! E aí não adianta mais aquele inseticida, é preciso um mais forte!</i> (sorrindo)	Dedo indicador em riste, apontando para C.
B14	<i>Pera, pera, pera, pera...vamos começar de novo!</i>	Com as duas mãos para cima, indicando parada obrigatória.
A15	<i>Foi através de uma mutação gênica que os insetos desenvolveram a resistência ao inseticida e evoluíram.</i> (voz baixa e calma)	Olhando para B
D16	<i>Sim, mas eles já nasceram com isso! A mutação não aparece assim...pou!</i> (alteando a voz)	Com as duas mãos fechadas se abrindo em forma de explosão.
A17	<i>É, a mutação gênica ocorre ao acaso...</i>	Olhando para baixo.
B18	<i>Acaso nada! Nada acontece por acaso na vida! Foi por causa do inseticida que causou...</i>	Dedo indicador negando.
D19	<i>Também acho que foi por causa do inseticida, mas eles já tinham isso!</i>	
A20	<i>Já tinham isso o que? O que é isso?</i>	Olhando para D, desafiadoramente.
D21	<i>Já tinham a resistência. Alguns já eram resistentes ao inseticida, tá ligada?</i>	Olhando para todos em volta
A22	<i>E tu não disse que era por causa do inseticida?</i>	Apontando para D.
D23	<i>O inseticida foi a peneira, tá ligada? Escolheu os mais fortes, tá ligada?</i> (sorrindo)	Juntando os dedos da mão esquerda na boca e olhando de perto para A.
B24	<i>É isso aí, né não?</i>	Olhando todos em volta.
C25	<i>É, acho que tá certo...foi massa!</i>	

7.3.2.1.1 Discussão do Subgrupo 5

O debate do subgrupo 5 inicialmente não foi focado na identificação da área científica em que se situa o problema. Depois, como efeito da interação social, os sujeitos parecem construir coletivamente os conceitos: entre D7, A8 e D9 há um diálogo inicial sobre a questão da adaptação, onde D7 iguala os sentidos de adaptação a costume, reforçado em D9, isto é, “adaptar-se” é igual a

“acostumar-se” a um determinado fator, numa visão de adaptação como processo individual de ajustamento, também constatado por Bizzo (1991, 1994).

Imediatamente B10 e C11 colocaram em discussão uma outra situação: a da resistência dos microrganismos ao uso dos antibióticos, que é uma situação estreitamente relacionada com a situação em discussão, ainda que C11 afirme uma resistência dos organismos, isto é, como respostas a uma modificação do meio os organismos “desenvolvem uma resistência”. Afirmar esta freqüentemente associada na literatura ao ambientalismo lamarckista, isto é, características novas, como a resistência aos inseticidas, seriam adquiridas por imposição do ambiente e não selecionadas por este (darwinismo).

A12 marca novo encaminhamento para o debate colocando em discussão o conceito de mutação, em A15 reforça a sua posição associando-a ao processo evolutivo.

Em B18 é bastante evidente a tendência de rejeição que os estudantes têm em relação à casualidade dos fenômenos em biologia evolutiva, também constatada por Bizzo (1991, 1994), reforçada pela linguagem e expressões coloquiais, tais como “nada acontece por acaso na vida”, confundindo o sentido de vida, como fenômeno biológico, com o destino humano.

Cabe ressaltar aqui, por conta do interesse dos aspectos aludidos, o debate entre os sujeitos DANILO e ANA LÚCIA. É muito importante pois coloca em discussão pela primeira vez o conceito de variabilidade dos organismos que é central no programa de pesquisa darwiniano e dificilmente evocado pelos estudantes: Quando D16 afirma que “eles já nasceram com isso”, em D19 e D21 esforça-se para explicitá-lo e em D23 usa a metáfora da “peneira” que “escolhe os mais fortes”. A partir do uso dessa metáfora revela o seu conhecimento conceitual pré-formal do processo de variabilidade. Nesta parte constata-se o processo de mudança no debate com a explicitação da metáfora e a emergência do novo.

O campo conceitual que se configura no debate envolve a situação problema da resistência dos insetos ao uso de inseticidas; a situação relacionada da resistência de microrganismos ao uso de

antibióticos; conceito individual de adaptação; teoria ambientalista; teoria mutacionista; não casualidade dos fenômenos biológicos; conceito sobre a variabilidade dos organismos; metáfora da peneira; sobrevivência dos mais aptos; construção coletiva de conceitos cientificamente aceitáveis.

É possível identificar-se os esquemas operatórios: adaptação como ajustamento individual (D7, D9), ambientalismo (C11), não casualidade dos fenômenos da biologia evolutiva (B18) e a variabilidade dos organismos (D16, D19, D21, D23).

7.3.2.2 Debate do Subgrupo 6

Descrição do contexto: Subgrupo formado por 2 moças (Edilene e Fernanda) e 2 rapazes (Gustavo e Hélio) entre os 24 e 26 anos de idade, do curso noturno de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma universidade pública, escolhidos ao acaso para colaborar com a pesquisa, todos tendo já cursado disciplina com o tema Evolução, em janeiro de 2005. Foi solicitado ao grupo que lesse em voz alta o problema e o debatessem, enquanto o evento era filmado em vídeo, com duração de 10 minutos. Edilene, Fernando e Hélio são trabalhadores no turno diurno.

Quadro 8: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 6 formados por estudantes da Licenciatura em Ciências Biológicas

Sujeitos/turnos	Registro verbal	Registro não verbal
G1	<i>Vamo, vamo, rapidinho, isso é moleza!</i>	Sentando-se na cadeira, esfregando as mãos.
E2	<i>Calma, calma, pode ser moleza pra você...</i>	Olhando para G.
G3	<i>Tá vamos colaborar com o professor... (sorrindo)</i>	Recostando-se na cadeira.
F4	<i>Pergunta legal...eu já vi isso na minha terra. Meu tio reclamava que não conseguia controlar as pragas do feijão com o mesmo inseticida.</i>	Olhando em volta para todos.
G5	<i>Seu tio reclamava por que as pragas tinham adquirido uma resistência ao inseticida usado.</i>	Olhando para F.
H6	<i>Tinham adquirido como? Se adaptando?</i>	

G7	<i>As multinacionais de pesticidas fazem isso de propósito. Botam uma química fajuta no inseticida, pra no outro ano vender mais, e assim mantém a dependência, sacou?</i>	Olhando para todos em volta.
F8	<i>Mas eu acho que não é só isso, não. Acho que as pragas passam pela seleção natural. São selecionadas.</i>	Apontando para a folha de papel.
G9	<i>Isso é um discurso despolitizado! As causas desse problema do inseticida é a fabricação ou fazem muito forte pra lascrar os países do 3º mundo, ou fazem muito fraco pra vender mais, sacou?</i> (alteando a voz)	Com as duas mãos tocando as frentes da cabeça Batendo com a mão espalmada na outra fechada.
E10	<i>Sim, mas não é só isso, F tem razão! Nós temos que discutir aqui o problema biológico e não meter política no meio...</i> (alteando a voz e sorrindo)	
G11	<i>Então vocês vão passar a noite aí discutindo a biologia e não vão chegar nunca a causa do problema, tudo é político!</i>	Amuado, cruzando os braços no peito.
E12	<i>Sim, mas F ia falando na seleção natural, fala aí Darwin!</i> (sorrindo)	
F13	<i>Pois é... eu acho que os insetos que escapam de morrer, são selecionados. Quer dizer, a seleção natural aí é o inseticida...</i>	
H14	<i>Como é a história, menina? Que doideira é essa? Não tem nada a ver, eles se adaptaram ao inseticida. Seleção natural é outra história.</i>	Olhando para F.
F15	<i>Outra história nada! A seleção natural de Darwin atua em todos os seres vivos, é o processo mais certo, tá? Do jeito que você tá falando é lamarckismo, tá errado no tempo e no espaço!</i>	Olhando em volta, para todos. Apontando para H,
H16	<i>Que lamarckismo que nada, ouch! Aqui é realidade, não é exemplo de livro de Biologia, tá certo?</i> (sorrindo sarcástico)	
G17	<i>Tai ó, feito eu disse! Não vão chegar a lugar nenhum!</i>	Apontando para todos.
E18	<i>Pôxa, pelo menos nós estamos tentando discutir o problema biologicamente, tá? Fica na tua!</i>	Olhando para G Passando a mão no cabelo.
G19	<i>Seleção natural de Darwin, Lamarck,</i>	Mão direita na boca em

	<i>isso é coisa de livro. Já era! Tem que discutir politicamente as coisas!</i>	forma de concha.
H20	<i>É isso aí, G! isso é coisa de livrinho babaca do ensino médio!</i> (sorrindo e gritando)	
F21	<i>É? E vocês pensam que não se discute evolução em tudo? Tudo é evolução, meu filho! Se vocês vão ser professores de biologia, biólogos e não sabem isso, dançou! Tá ligado? Vão dançar bonitinho...</i>	Levantando-se da cadeira e colocando as mãos na cintura.
E22	<i>É, quando os alunos começarem a perguntar sobre evolução!</i> (em voz baixa)	Olhando para baixo.
G23	<i>E quem disse a vocês que isso é evolução? Evolução é do homem, dos fósseis e dos dinossauros, não tem nada a ver com esse problema!</i>	Levantando o queixo e olhando para E.
E24	<i>Pô, cara! Tu não vê que esse problema tem tudo a ver com evolução não é?</i> (em tom conciliatório)	
F25	<i>Pôxa, professor, eu desisto. Esses caras são muito ignorantes, todos dois...</i>	Arrumando a sua bolsa e saindo.
E26	<i>É, dá não, dá não...</i>	Pegando as suas coisas e saindo
G27	<i>Ta vendo, velho? Ficaram putas!</i> (sorrindo sem graça)	Arrumando a bolsa.

7.3.2.2.1 Discussão do Subgrupo 6

O debate do subgrupo 6 terminou inconcluso. Começou num bom clima de relacionamento, ocorreu uma polarização entre moças e rapazes e a tensão aumentou, terminando pela interrupção. Mas, sem dúvida ocorreu um curto e verdadeiro debate.

O principal componente da polarização foi uma falsa dicotomia entre política e ciência, como se as duas abordagens fossem completamente incompatíveis (G9, E10). Os temas da biologia evolutiva são altamente relacionados à vida social. Trata-se de uma posição ideológica a separação da abordagem política da científica. G9 revela essa visão quando desloca o debate científico para o debate político; E10 responde reforçando a dicotomia: ciência e política não são compatíveis.

F4 inicia o debate tentando trazer a situação para o seu cotidiano, quando corretamente interpreta a aplicação do tema. Entretanto, esta aproximação não tem seguimento, a discussão muda de rumo, com a afirmação de G5 de uma “resistência adquirida” como resposta a uma alteração ambiental.

G7 inicia seu discurso doutrinário e F8 tenta retomar o fio condutor da discussão científica colocando a hipótese da seleção natural, quando novamente é interrompida pelo discurso doutrinário de G9. em E12 e F13 novamente é retomada a discussão sobre a seleção natural, interpretada por F13 como a aplicação do inseticida, constituindo-se num conceito em ação.

Em H14 ocorre a não identificação da situação com a seleção natural, isto é, a teoria da seleção natural não atuaria como fator na situação descrita.

Em F15 ocorre a reafirmação da seleção natural como fator universal e a imediata identificação das posições erradas “lamarckistas” (G5), como uma reprodução do conteúdo dos livros didáticos de Biologia.

Em H16, G19, H20, mais uma vez surge o problema do livro didático de Biologia, identifica-se a discussão como uma questão livresca que não tivesse relação com a realidade da situação.

As posições se polarizam, as moças de um lado e os rapazes de outro: F21 e E22 colocam pela primeira vez a especificidade da formação da licenciatura: professores de Biologia que não estariam preparados para trabalhar o tema Evolução com os estudantes. Expressando uma realidade do ensino médio da Biologia, quando os professores reproduzem acriticamente o conteúdo do livro didático (TIDON; LEWONTIN, 2004).

Em G23 se expressa uma idéia comum entre os estudantes de biologia evolutiva de que a evidência da Evolução só ocorreria na evolução humana, no registro paleontológico (fósseis e dinossauros) (BIZZO, 1991, 1994).

Em E24 manifesta-se o espanto diante da não identificação pelos sujeitos da situação com os processos evolutivos. A tensão atinge o máximo e as alunas se retiram do local do evento.

O campo conceitual que se configura no debate do subgrupo 6 envolve a situação do problema da origem da resistência dos insetos ao uso de inseticidas; a situação do cotidiano (F4); ambientalismo (G5); o conceito de incompatibilidade das abordagens política e científica (G7, G9, E10, G11); teoria da seleção natural (F8, E12, F13, H14, F15, G19); Darwin (E12, F15, G19); Lamarck (lamarckismo) (F15, H16, G19); conteúdo do livro didático de biologia (H16, G19, H20, G23); não identificação da seleção natural como processo evolutivo geral (H14); formação em Evolução dos professores de Biologia (F21, E22); exclusividade da Evolução para a evolução humana e registro paleontológico (G23).

Podem ser identificados os seguintes esquemas explicativos: aquisição da resistência (G5); inseticida como seleção natural (F13); adaptação x seleção natural (H14); lamarckismo errado (F15); evolução como processo particular (G23).

Os dois cursos de graduação em Biologia da universidade pública onde ocorreram os debates dos grupos têm realidades curriculares diferentes: o curso de Bacharelado tem uma carga horária maior de conteúdo técnico-científico, pois seu objetivo é formar pesquisadores em Biologia; o curso de Licenciatura, por sua vez, tem uma menor carga horária de conteúdo técnico-científico, tendo uma maior carga horária nas disciplinas de educação, pois seu objetivo principal é formar professores de Biologia.

Diante desse fato tinha-se como hipótese inicial que o conteúdo teórico do debate do subgrupo 5 fosse mais rico e o conteúdo teórico do debate do subgrupo 6 fosse mais pobre.

Esta hipótese, entretanto, não se confirmou. O nível teórico dos dois debates sobre situação em biologia evolutiva é aproximadamente o mesmo. O debate do subgrupo 5 teve a ênfase voltada para a mutação gênica e do subgrupo 6 para o processo da seleção natural.

Uma única vez foi expressa a particularidade do curso de licenciatura em formar professores de Biologia em F21 e E22.

Segundo o paradigma da Teoria Sintética da Evolução as fontes de variabilidade genética de uma determinada população são: a mutação e a recombinação gênica, depois ocorrendo o mecanismo da seleção natural, reduzindo a variabilidade, levando a extinção os indivíduos portadores de variações desfavoráveis e fixando as variações favoráveis, tendo como resultado uma espécie adaptada. Os fatores que atuam sobre a variabilidade genética já estabelecida são a migração, a deriva genética e a seleção natural.

Diante disso não é cientificamente aceitável a idéia de que os insetos “desenvolvem uma resistência” ao uso de inseticidas. Na verdade, como resultado da atuação dos fatores da mutação e recombinação gênica na variabilidade genética da população de insetos praga, já existem naturalmente, antes da aplicação de inseticidas, indivíduos resistentes ao mesmo. Assim, o inseticida não induz a adaptação, apenas seleciona os indivíduos resistentes, que se reproduzem, enquanto os suscetíveis morrem.

Hoje o campo conceitual canônico da biologia evolutiva envolve os seguintes conceitos e teorias: Evolução humana; origem da vida; especiação; conceito de espécie; extinção; adaptação; mecanismos evolutivos; teorema de Hardy-Weinberg; frequência de alelos; seleção natural; fontes de variação; neodarwinismo; evidências da Evolução; teoria de Darwin; teoria de Lamarck. Como se vê, é um campo extremamente amplo e complexo, envolvendo conceitos e teorias difíceis de ser ensinadas e aprendidas.

Conseqüentemente, é normal que os alunos apresentem as chamadas concepções alternativas, elas devem ser consideradas como precursoras de conceitos científicos a serem adquiridos. A ativação desses precursores é necessária e deve ser guiada pelo professor (MOREIRA, 2002).

7.3.2.3 Debate do Subgrupo 7

Descrição do contexto: Subgrupo formado pelo Professor, quatro estudantes dos cursos de graduação em Biologia: duas moças da Licenciatura (Ivonete e Josélia) e dois rapazes do Bacharelado (Keiler e Luís) entre os 22 e 27 anos de idade, escolhidos ao acaso entre voluntários para a atividade, todos tendo já cursado disciplina com o tema Evolução. O debate foi filmado em vídeo e durou 20 minutos, sendo realizado em junho de 2005.

O professor inicialmente explicou a finalidade da tarefa e distribuiu aos estudantes a cópia de um texto de reportagem de jornal intitulado: “Antibióticos falham no tratamento de infecções” (ver Anexo 6) no qual médicos e pesquisadores são entrevistados sobre o problema das “bactérias resistentes”, no qual são relatados diversos casos de resistência aos antibióticos pelas bactérias, entre as quais a da pneumonia e casos de infecções hospitalares. Num determinado trecho da entrevista um médico afirma sobre uma bactéria: “...*ela vai ficando acostumada com a medicação e aprende a se defender.*” O professor sugeriu que o texto fosse lido individualmente e depois debatido, enfocando principalmente a afirmação do médico na entrevista. Após a leitura individual do texto os estudantes iniciaram o debate em grupo.

Quadro 9: Transcrição do debate entre quatro sujeitos do subgrupo 7 formado pelo professor e por estudantes da Licenciatura e do Bacharelado em Ciências Biológicas.

Sujeitos/turnos	Registro verbal	Registro não-verbal
Professor 1	<i>Todo mundo acabou de ler? Pronto, podemos começar o debate?</i>	Apontando para todos em volta.
L2	<i>Fato comum, hoje, né? (em voz baixa, sorrindo)</i>	Levantando a vista do texto e olhando em volta.
K3	<i>É, eu mesmo já vi um caso na minha família...</i>	
J4	<i>Não é só com pneumonia, até com inflamação dos dentes...</i>	
K5	<i>Meu tio, quase que dançava no hospital: foi fazer uma cirurgia besta e lá pegou uma infecção hospitalar. Tomou tudo quanto é tipo de antibiótico e nada!</i>	

	(pausa de alguns segundos)	
I6	<i>Sim, mas e aí? Como explicar o caso da resistência da bactéria?</i>	Tirando os olhos do texto e olhando todos em volta e depois para o professor.
L7	<i>Bom, o cara, o médico lá diz que teve uma adaptação da bactéria, né? Elas se acostumaram com a medicação, né? Bem, eu acho que isso é adaptação...</i>	Olhando para o alto e gesticulando com as mãos.
K8	<i>Sim, mas como se adaptaram?</i>	Olhando para L.
J9	<i>Pra mim esse cara falou uma grande besteira! Falou que bactéria aprende e se acostuma...qué isso gente?</i>	Apontando para o texto com o indicador e olhando para o professor.
L10	<i>Sim, mas é o modo dele dizer que se adaptaram, tá ligada?</i>	Olhando para J.
J11	<i>Mas ele é um médico, cara! Não pode falar assim! Ele deve ter estudado genética e evolução, como pode dizer isso? Hein, professor?</i> (pausa)	Gesticulando com a mão direita, olhando para todos e para o professor.
Professor 12	<i>O debate agora é que está ficando bom! Essa observação da J é importante...</i>	Faz anotações num papel e olha para todos sorrindo.
J13	<i>E essa história de L dizer que a adaptação é assim, eu também não concordo...</i> (em voz baixa)	Olhando para o chão.
Professor 14	<i>E como você J acha que a adaptação ocorre?</i>	Olhando para J.
J15	<i>Eu acho que é um processo, um processo adaptativo...</i>	Olhando para o chão.
I16	<i>Primeiro vem a seleção natural...(alteando a voz).</i>	Olhando para o professor.
K17	<i>Ih, lá vem ela com seleção natural! Tudo pra ela é seleção natural...</i>	Recostando-se na cadeira, sorrindo.
J18	<i>Se acostumar, cara, nada a ver, seleção natural! A gente se acostuma com o bom e o ruim: chega o inverno, a gente bota um casaco, usa guarda-chuva, chega o verão, a gente tira o casaco. A gente se acostuma com as coisas. É isso que eu chamo adaptar.</i>	Faz gesto de vestir um casaco e abrir guarda-chuva.
I19	<i>Mas aqui a gente não tá discutindo essa adaptação, aqui a gente tá discutindo adaptação biológica dos seres vivos, não é a mesma coisa. Você tá falando uma linguagem comum, que a gente usa no dia a dia. Aqui a coisa é diferente, é linguagem científica, sacou?</i>	Olhando para J e gesticulando com as duas mãos.
K20	<i>Tá vendo, professor a garota é fera!</i>	Sorrindo, olhando para

		o professor.
Professor 21	<i>É, a colocação de I é importante, a gente não pode confundir a linguagem científica com a coloquial. Mas e o processo de adaptação?o que você acha K?</i>	Olhando em volta para todos e apontando I e depois K.
K22	<i>Professor, eu agora acho que I tá certa, ocorre primeiro a seleção...</i>	
I23	<i>Acho que primeiro ocorreu uma mutação, uma mutação gênica na bactéria...</i>	Olhando para o alto e fazendo um gesto de giro com os dedos juntos da mão direita.
J24	<i>É isso aí menina! Do mesmo jeito nas pragas das plantas, onde o inseticida não mata mais! Né não professor?</i>	Sorrindo e apontando para I e estalando os dedos da mão direita.
Professor 25	<i>Sem dúvida, é o mesmo processo!</i>	Fazendo anotações e balançando a cabeça afirmativamente.
L26	<i>Então a bactéria teve evolução quando se acostumou com o remédio?</i>	Olhando para todos e arregalando os olhos.
J27	<i>Primeiro você não deve usar mais essa palavrinha feia: “acostumou”...</i>	Olhando para L com sorriso irônico.
L28	<i>Agora tá tirando onda comigo, é? Fica na tua, tá?</i>	Olhando zangado para J.
K29	<i>Calma, calma, calma...então vocês acham que o médico disse merda, é? Desculpa aí professor...(risos)</i>	Com a mão direita em direção ao professor.
I30	<i>É, ele sem dúvida falou uma besteira. Nem bactéria fica acostumada e nem aprende coisa nenhuma. Talvez para explicar para o jornalista, que não entende bulhufas de evolução, ele tenha falado essa besteira. (pausa).</i>	Gesticulando com as duas mãos e sorrindo.
Professor 31	<i>Mas, e aí, como ficamos?</i>	Olhando em volta para todos.
K32	<i>É, o médico errou, tá vendo? O médico falou uma tremenda besteira!</i>	Olhando para o alto.
Professor 33	<i>Por que?</i>	Olhando para todos.
J34	<i>Porque primeiro ocorreu uma mutação nas bactérias que ficaram resistentes e depois é que veio a seleção natural, selecionando as resistentes e matando as que não agüentaram a dose de antibióticos, né não?</i>	Falando pausadamente e olhando para o chão.
I35	<i>Isso aí é que é adaptação, sacou? Que a gente tava falando antes.</i>	Arregalando os olhos e apontando para trás.
L36	<i>Eu... não...deixa pra lá...</i>	Não convencido, recostando-se na cadeira.
Professor 37	<i>Deixa pra lá, nada L, fale o que você está pensando!</i>	Olhando para L.

L38	<i>Eu me lembro dos problemas do livro, tá? Mas eu acho que não se aplica nesse caso, pra mim isso aqui é mais simples, sei lá! Não tem esse processo que vocês disseram, tá?</i>	Olhando para o alto e depois apontando para o texto.
Professor 39	<i>Não se aplica como L? Você acha que nas bactérias é um processo especial?</i>	Olhando para todos em volta.
L40	<i>Eu acho que as bactérias são muito primitivas, sabe? Não sofrem esse processo todo de evolução...</i>	Olhando para o professor e fazendo um gesto repetido com a mão direita.
I41	<i>A evolução ocorre em todos os seres vivos, dos mais simples aos mais complexos.</i>	Olhando para o professor. (pausa no debate)
Professor 42	<i>Alguma outra posição? Então vamos fazer uma síntese do que foi discutido. Quem gostaria de fazer um resumo?</i>	Olhando para todos.
J43	<i>Eu já fiz antes, professor!</i>	Apontando para trás.
Professor 44	<i>É, sua síntese foi quase completa, mas faltou considerar um dado importante sobre a população das bactérias...</i>	Olhando para o texto e depois para todos.
K45	<i>Já sei, professor, já sei, faltou considerar a variação, os fatores que causam a variação na população das bactérias.</i>	Animado, interrompendo a fala do professor, estalando os dedos da mão direita.
Professor 46	<i>Isso! Os fatores que aumentam a variação da população, e quais são esses fatores?</i>	Olhando para as anotações e balançando a cabeça afirmativamente.
I47	<i>Bem, um com certeza é a seleção natural, né? O outro é a reprodução...quer dizer, a recombinação, é isso?</i>	Falando pausadamente.
K48	<i>Aí, galera, a seleção natural não aumenta, ela diminui a variação, tá ligada? (em voz alta).</i>	Apontando para o ar e depois para I.
Professor 49	<i>Isso! E quais são os fatores que aumentam a variabilidade?</i>	Balançando a cabeça afirmativamente.
I50	<i>Um é a... recombinação gênica e o outro é...</i>	Com o indicador na ponta do nariz.
J51	<i>A mutação, cara! É isso, né não? É isso aí: mutação e recombinação gênica, depois ocorre o processo de seleção natural, só então é que ocorre adaptação, certo?</i>	Falando muito animada e levantando-se da cadeira deixando cair os seus cadernos no chão.
Professor 52	<i>Calma menina! Concluindo: as bactérias resistentes existiam na população antes da aplicação do antibiótico. Essa resistência surgiu por mutação, independentemente da presença do antibiótico. Assim, o</i>	Sorri animado olhando em volta. Apontando para o texto.

	<i>antibiótico não induziu à adaptação, apenas selecionou as bactérias já resistentes, que se reproduzem, enquanto as sensíveis morrem.</i>	
Professor 53	<i>Mais alguma outra colocação? Muito bem, eu achei muito legal a nossa atividade aqui. Espero que vocês também tenham gostado de participar. Então nós vimos que a idéia de adaptação biológica, não pode ser confundida com a idéia de costume, de hábito, usada na linguagem do dia-a-dia, tá certo? A linguagem da ciência, da Biologia, procura fugir das ambigüidades da linguagem cotidiana, certo? A evolução é um fenômeno que ocorre em todos os seres vivos: dos mais simples aos mais complexos. E o médico da entrevista, né?...ele pisou na bola...(risada geral).</i>	Recostando-se na cadeira, mudando o tom de voz e sorrindo para todos.

7.3.2.3.1 Discussão do Subgrupo 7

O debate do subgrupo 7 teve uma configuração especial: foi planejado a partir de uma reflexão sobre os debates nos outros grupos, no sentido de estudar-se a interação e uma mediação com a participação do professor no debate.

A situação-problema, colocada em debate sobre a resistência bacteriana aos antibióticos é de exemplificação comum em livros didáticos de Biologia do ensino médio, geralmente apresentada junto com o problema da resistência das pragas de insetos a aplicação de agrotóxicos nas lavouras, apresentados como exemplos de seleção natural (SILVA JÚNIOR; SASSON, 2002, p.224). A situação-problema refere-se a um exemplo do cotidiano da aplicação teórica dos processos evolutivos.

O debate do subgrupo 7 tem certa semelhança com o conteúdo do debate do grupo 5, já que os dois tratam de mecanismos da seleção natural.

Inicialmente colocado no contexto cotidiano das infecções hospitalares (L2, K3, J4, K5). Idéias sobre o processo de adaptação biológica são debatidas, enquanto LUÍS sustenta o ponto de

vista de que a adaptação é um processo equivalente aos hábitos ou costumes desencadeado pelos seres vivos diante da alteração dos fatores do meio ambiente (L7, L10 e L18); este ponto de vista é questionado por IVONETE e JOSÉLIA (J9, J11, J13, I15, I16, I19, I27).

O debate do subgrupo 7 apresenta também uma interessante discussão sobre a linguagem cotidiana (coloquial) e a linguagem científica: no caso o uso de expressões cotidianas como “acostumar-se” como equivalente a expressão científica “adaptação biológica” dos seres vivos (L18, I19, professor 21).

Em L38 e L40 o sujeito não generaliza a ação do processo evolutivo; quando parece acreditar que as bactérias teriam um processo particular de evolução.

O campo conceitual que se configura no debate envolve a situação-problema da resistência de bactérias ao uso de antibióticos; contextualização do problema de infecções hospitalares; a frase do médico na entrevista; conceito de adaptação como hábito ou costume; problemas no uso da linguagem coloquial e linguagem científica; generalização do processo evolutivo; construção coletiva de conceitos cientificamente aceitáveis; conhecimento em ação sobre o processo de mutação.

Um esquema explicativo pode ser identificado em I23 quando a aluna usa o conceito de mutação para explicar a mudança das bactérias. Quase sempre os sujeitos mais experientes têm no conceito de mutação uma explicação reduzida e descontextualizada do processo evolutivo. Parece existir um conhecimento informal que permite chegar à compreensão do processo sem explicitar as condições necessárias para que o fenômeno da mutação gênica ocorra. Assim, tal conhecimento pode ser considerado um precursor do verdadeiro conceito científico, desde que esteja colocado numa situação didática que permita a sua explicitação.

Tal como ocorreu nos debates dos subgrupos 5 e 6, o pressuposto de que o conteúdo teórico do debate do Bacharelado fosse mais rico do que o conteúdo teórico do debate da Licenciatura não

se confirmou. No grupo 7 inclusive se deu o contrário, as estudantes de Licenciatura demonstraram possuir um conhecimento teórico mais consistente do que os do Bacharelado.

Consideramos que o debate do subgrupo 7 se configurou numa situação didática. Para Brousseau (1998): Uma situação didática é um conjunto de relações estabelecidas explicitamente e ou implicitamente entre um aluno ou grupo de alunos, num certo meio, compreendendo eventualmente instrumentos e objetos, e um sistema educativo (o professor) com a finalidade de possibilitar a estes alunos um saber constituído ou em vias de constituição.

Para Vergnaud (1988 a) as competências e concepções dos estudantes desenvolvem-se ao longo do tempo, através de experiências com um grande número de situações, tanto no ambiente escolar como fora dele. Quando defrontados com uma nova situação, eles usam o conhecimento que foi desenvolvido pela sua experiência em situações mais simples e mais familiares e tentam adaptá-lo a esta nova situação. O conhecimento dos estudantes tanto pode ser explícito, no sentido que eles podem expressá-lo de forma simbólica (através da linguagem natural, esquemas e diagramas, sentenças formais), ou implícito, no sentido que podem usá-lo em ação, escolhendo operações adequadas, sem, contudo conseguir expressar as razões dessa adequação.

Vergnaud (1990) sustenta que o trabalho do professor é organizar situações didáticas e realizar experimentações com elas, tanto dentro de objetivos de curto prazo, permitindo que os estudantes desenvolvam competências e concepções de uso imediato, quanto na perspectiva de longo prazo de lhes oferecer uma base para os conceitos que serão essenciais anos mais tarde.

Levando-se em conta que para Vergnaud (1990) uma situação didática é, antes de tudo, um instrumento para análise das dificuldades enfrentadas pelos estudantes. A organização de uma situação didática, em um projeto de pesquisa em classe, supõe a consideração simultânea das funções epistemológicas de um conceito, da significação social das áreas de experiência a que ele se refere, do desempenho dos atores da situação didática e dos resultados desse desempenho.

7.4 INTERAÇÕES ENTRE SUJEITOS E CONSTRUÇÃO CONCEITUAL

Todos os debates filmados foram realizados nos espaços físicos das salas de aulas das disciplinas, nos intervalos de aulas. Nos debates dos subgrupos do ensino médio: 1, 2, 3 e 4 ocorreram em presença dos professores das disciplinas. Nos debates dos subgrupos do ensino superior (5 e 6), o professor da disciplina não quis estar presente, alegando que a sua presença poderia interferir no comportamento dos estudantes.

Sabemos que a presença do observador neste tipo de atividade não pode ser totalmente excluída. Procurou-se minimizar a sua influência explicando-se aos estudantes o objetivo da pesquisa e sua colaboração como voluntários, para que ficassem o mais à vontade possível. Entretanto, estávamos conscientes que nenhuma observação científica é totalmente neutra. A presença da câmera de vídeo, do pesquisador e colaboradores é um fator que interfere no registro da observação.

Nos debates a presença física dos professores da disciplina influenciou no comportamento dos estudantes, mesmo que tenha sido explicada a importância de não interferir no curso dos debates (pois estávamos interessados em observar o comportamento dos estudantes em resolver situações problemas sem a ajuda do professor), gestos de aprovação ou desaprovação, um sorriso, um olhar, não deixaram de ocorrer no curso dos debates.

Como escreve Mortimer (2000: 276) “a presença da “voz” do professor, que mesmo na sua ausência dirige a discussão dos alunos, é um exemplo da dialogicidade e multiplicidade de vozes que caracterizam a geração de novos significados”.

Em todos os debates foi freqüente observar a interpenetração entre conhecimentos científicos formais (canônicos, escolares) e informais (extra-escolares, oriundos do conhecimento

do senso comum). Tal constatação ilustra a multiplicidade de formas de conhecimento no âmbito da aprendizagem escolar de conceitos científicos, bem como o esforço dos alunos no sentido de se chegar à unicidade⁹ do discurso científico.

O conteúdo do debate do subgrupo 7 é marcado pela diferença da linguagem comum e o discurso científico

Portanto, aprender ciências é também aprender a falar em um novo gênero discursivo ou como afirma Mortimer:

Aprender ciências envolve a iniciação dos estudantes em uma nova maneira de pensar e explicar o mundo natural, que é fundamentalmente diferente daquelas disponíveis no senso-comum. Aprender ciências envolve um processo de socialização das práticas da comunidade científica e de suas formas particulares de pensar e de ver o mundo, em última análise, um processo de "enculturação". Sem as representações simbólicas próprias da cultura científica, o estudante muitas vezes se mostra incapaz de perceber, nos fenômenos, aquilo que o professor deseja que ele perceba (MORTIMER, 1996).

7.5 ANÁLISE CONCLUSIVA DOS DADOS COLETADOS

É possível constatar-se que o campo conceitual dos estudantes em situações envolvendo processos de biologia evolutiva é distanciado do campo conceitual canônico do tema (evolução humana; origem da vida; especiação; conceito de espécie; extinção; adaptação; mecanismos evolutivos; teorema de Hardy-Weinberg; frequência de alelos; seleção natural; fontes de variação; neodarwinismo; evidências da Evolução; teoria de Darwin; teoria de Lamarck). Nesta perspectiva, as teorias sobre o uso e o desuso, herança dos caracteres adquiridos, bem como o ambientalismo

⁹ Tal "unicidade", conforme muitos epistemólogos discutem (ver, por exemplo, as reflexões de Bruno Latour em Latour, 2000), é de fato um mito que se tenta inculcar nos alunos (o conhecimento científico "puro" de hoje será considerado como "impuro" dentro de cinquenta anos).

lamarckista, tão presentes nas explicações dos estudantes sobre processos evolutivos, não fazem parte do campo conceitual canônico da biologia evolutiva.

Atualmente os conceitos da biologia evolutiva são de complexidade crescente envolvendo conhecimentos da genética e biologia molecular, quase nunca mobilizados pelos estudantes em situações envolvendo processos evolutivos, como demonstram os resultados da presente pesquisa.

Tanto os resultados do questionário quanto a análise dos debates demonstram que a grande maioria dos estudantes acredita que os processos evolutivos podem ser explicados pelas teorias do uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos. Entretanto, a similitude com as idéias de Lamarck não fica só nestas duas teorias: os estudantes também acreditam que as modificações das espécies são um resultado direto das ações do meio ou mesmo de um esforço interno, que se traduz numa “necessidade”, para reagir e adaptar-se às modificações ambientais, também acreditam numa tendência constante dos seres vivos a se tornarem cada vez mais complexos e organizados ou como uma “melhora” da sua adaptação.

Como era de se esperar, as respostas ao questionário envolvendo situações-problema em biologia evolutiva dos alunos de graduação em Biologia possuem um campo conceitual mais amplo e mais próximo ao canônico do que as respostas dos alunos do ensino médio. Entretanto, os esquemas explicativos permanecem os mesmos, o que sugere a persistência e importância desses esquemas.

Por outro lado, os estudantes do ensino médio apresentaram alguns modelos suplementares, tais como a idéia da preformação, a noção de pangênese e a noção de fenocópia. Isto parece indicar que os modelos conceituais dos estudantes do ensino médio são mais alternativos do que os modelos do ensino superior.

Tinha-se como hipótese inicial que o conteúdo das respostas das situações-problema do Bacharelado tivesse um conteúdo cientificamente mais próximo da conceituação formal do que as

respostas da Licenciatura Esta hipótese, entretanto, não se confirmou. Não surgiram diferenças no conteúdo técnico-científico entre as respostas dos alunos do Bacharelado e da Licenciatura.

A hipótese inicial da diferença de domínio de conteúdo entre estudantes do ensino médio público e privado não foi confirmada pelos resultados do questionário. No debate da escola particular não houve diferença de conteúdo entre o 1^o e o 2^o ano. Mas no debate da escola pública a hipótese inicial, de que os alunos do 2^o ano demonstrariam um domínio de conteúdo mais próximo dos conceitos formais, foi confirmada.

8 CONCLUSÕES

O presente trabalho de tese teve como objetivo central estudar a organização da conceitualização de estudantes dos níveis médio e superior acerca do campo conceitual da Evolução, em Biologia.

Os dados obtidos permitiram verificar que o campo conceitual dos estudantes diante de situações-problema em biologia evolutiva é distanciado do campo conceitual canônico do tema. A grande maioria dos estudantes do ensino médio e superior pesquisados acredita que os processos evolutivos podem ser explicados pelas teorias do uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos; as respostas ao questionário dos alunos de graduação em Biologia se caracterizam por abarcarem um campo conceitual mais amplo e mais próximo ao canônico do que as respostas dos alunos do ensino médio. Entretanto, os esquemas explicativos permanecem os mesmos, ambos fundados sobre as teorias do uso e desuso e herança dos caracteres adquiridos; os modelos conceituais dos estudantes do ensino médio são mais alternativos, isto é, incluem mais esquemas explicativos, do que os modelos do ensino superior. A análise dos dados oriundos dos questionários, por sua vez, não evidenciou diferenças em termos do conteúdo conceitual entre as respostas dos alunos do Bacharelado e da Licenciatura. Finalmente, a análise das interações ocorridas nos debates não evidenciou diferenças de conteúdo entre o 1^o e o 2^o ano no grupo de sujeitos participantes oriundos da escola particular. Não obstante, verificou-se quadro diverso em relação aos alunos da escola pública: para este grupo foi confirmada a hipótese inicial de que os alunos do 2^o ano demonstrariam um domínio de conteúdo mais próximo dos conceitos formais, quando comparados aos colegas de 1^o ano.

Tais dados nos sugerem alguns comentários, à guisa de fechamento e conclusão final do presente trabalho.

Conforme discutido na abertura deste trabalho, o contexto histórico e epistemológico dos programas de Pesquisa de Lamarck e Darwin permite-nos compreender que os dois programas nos seus campos de validade temporal se caracterizaram por áreas teóricas comuns não-descontínuas, de onde emergiram historicamente tradições de pesquisa diferentes. A ruptura teórica se deu entre o lamarckismo clássico e o neodarwinismo, que está muito distante do darwinismo (de Darwin).

As atuais controvérsias da Evolução não incidem mais sobre o lamarckismo e o darwinismo. Se por um lado a Evolução acedeu à condição de paradigma teórico dominante da Biologia, por outro restaram algumas questões relevantes e não esgotadas, como o verdadeiro papel da seleção natural no processo evolutivo, a explicação do surgimento das espécies, o papel das teorias epigenéticas da Evolução, o problema da mudança evolutiva sob uma perspectiva centrada na organização, isto é, na Biologia Evolutiva do Desenvolvimento (Evo-Devo), a sociobiologia e o debate entre o neodarwinismo e o chamado “criacionismo científico”. Isto nos permite concluir que, do ponto de vista lakatosiano, o programa de pesquisa neodarwinista entrou em crise há algumas décadas. Nessa ordem de idéias, embora as teorias do seu núcleo firme não tenham sido ainda questionadas, as teorias e hipóteses do seu cinturão protetor estão sob intenso questionamento empírico e teórico, como o gradualismo contínuo dos processos evolutivos, por exemplo, encontra-se em suspenso diante das evidências paleontológicas levantadas pelos defensores da perspectiva do equilíbrio pontuado.

Por outro lado, constatamos a grande influência da Evolução orgânica em algumas áreas das ciências humanas, particularmente na filosofia, antropologia e psicologia. Mesmo pensadores espiritualistas tais como Bergson e Teilhard de Chardin e até formuladores teóricos da psicologia como Piaget¹⁰ sofreram profunda influência teórica dos pressupostos evolutivos.

No ambiente escolar constatam-se as dificuldades e obstáculos no ensino e na aprendizagem da Evolução. Os materiais didáticos continuam a apresentar uma dicotomia ultrapassada entre o

¹⁰ Para uma discussão acerca das mútuas influências teóricas entre Piaget e a biologia moderna, ver “Piaget e as teorias da evolução orgânica” Almeida e Da Rocha Falcão, 2007 (submetido à Revista Psicologia Reflexão e Crítica).

lamarckismo e o darwinismo, enquanto as atuais controvérsias da biologia evolutiva são pouco referenciadas. Sem dúvida as causas da reprodução e permanência desta dicotomia merecem uma nova pesquisa. Continua-se a acreditar que as concepções espontâneas que os estudantes trazem para a sala de aula reproduzem etapas históricas da Evolução e as suas explicações sobre os fenômenos evolutivos são classificadas de “lamarckistas”.

Os dois instrumentos utilizados no presente trabalho (questionário individual e videografia dos debates em grupos) demonstraram a sua sensibilidade para evidenciar o processo de conceitualização dos sujeitos sobre situações-problema em biologia evolutiva. No questionário este processo foi estudado individualmente e nos debates em contexto de interação social. As respostas dos estudantes ao questionário demonstram a variabilidade com que os sujeitos mobilizam os conceitos no âmbito do campo conceitual da Evolução. Na realidade, as respostas dos estudantes não podem ser classificadas de forma convencional como lamarckistas ou darwinistas, ocorrendo sim uma convivência conceitual e conseqüente flexibilidade de conceitos mobilizados na dependência do contexto das situações-problema com as quais se defrontam. Como escreve Oliveira (1999) os sistema de conceitos parecem ser um conjunto flexível de significados, aberto a uma reestruturação constante com base em situações interpessoais que promovem reflexão.

De acordo com Mortimer (1996 e 2000) a noção de perfil conceitual nos fornece elementos para entender a permanência das idéias prévias entre estudantes que passaram por um processo de ensino de noções científicas. Ao mesmo tempo, muda-se a expectativa em relação ao destino dessas idéias, já que se reconhece que elas podem permanecer e conviver com as idéias científicas, cada qual sendo usada em contextos apropriados.

Entretanto, a análise do questionário e dos debates evidencia a predominância de conceitos mobilizados pelos estudantes relacionados ao uso e desuso, herança dos caracteres adquiridos e do papel do ambiente como responsável direto pela mudança evolutiva, compartilhados tanto pelo campo conceitual lamarckista, como pelo darwinista e que podem se constituir em obstáculos

epistemológicos, na acepção proposta por Bachelard (1996), à compreensão cientificamente aceitável dos processos evolutivos. Já que as teorias sobre o uso e o desuso, herança dos caracteres adquiridos, bem como o ambientalismo lamarckista não fazem parte do campo conceitual canônico da biologia evolutiva.

Quando são comparados os dados oriundos das respostas ao questionário individual e aqueles oriundos dos debates entre estudantes-sujeitos, estes últimos, apresentam um rico conteúdo de processos e estratégias cognitivas dos sujeitos, decorrente da interação social. Evidencia-se aqui a importância da análise dos contextos de interação no âmbito de situações instrucionais, destacando-se a confrontação de gêneros discursivos como a linguagem da ciência e da vida cotidiana. Cabe igualmente ressaltar o interesse do papel representado pelos processos argumentativos como situações propiciadoras de aprendizagem (conforme discutido por Leitão (2000), embora a presente pesquisa não tenha explorado esse aspecto.

Do ponto de vista epistemológico, convém ressaltar a distância entre o processo de construção das teorias científicas pelos cientistas e o processo de conceitualização dos estudantes na tentativa de resolução de situações-problema em ciências. Assim, estes, com a intervenção do professor, precisam ser conduzidos a contextos de problematização em situações didáticas dialógicas que permitam a superação dos obstáculos conceituais. Desta forma, foram identificados conhecimentos contidos em esquemas explicativos nos debates entre os sujeitos que se constituem em verdadeiros precursores de conceitos científicos, desde que explicitados em situações didáticas de dialogicidade. Foi o caso, por exemplo, do que ocorreu no debate do subgrupo 7.

Finalmente, com os dados explorados na presente tese esperamos ter demonstrado que conceitos complexos como aqueles abarcados pela Evolução demandam de quem se interessa pela compreensão aprofundada de sua gênese em contexto escolar esforço em dois sentidos: o mapeamento histórico-epistemológico da gênese e desenvolvimento de tais conceitos (abordagem hermenêutica), e o mapeamento psicológico das etapas de construção conceitual por parte dos

alunos em contexto de aprendizagem formal (abordagem psicopedagógica). Neste esforço de pesquisa, consideramos que a Teoria dos Campos Conceituais oferece instrumental relevante para ambos os contextos de problematização e pesquisa acima referidos. Nesse sentido, algumas possibilidades de pesquisa se constituem em desdobramentos importantes da presente pesquisa, à luz da supracitada teoria:

Uma primeira possibilidade seria o estudo do tratamento didático dado ao tema Evolução nos livros didáticos de Biologia, investigando como se deu a transposição didática dos saberes produzidos pela pesquisa para os livros textos de Biologia ao longo do tempo, numa amostragem dos livros didáticos desde os anos trinta e quarenta do século passado até os dias atuais. A pesquisa poderia responder aos questionamentos: como se deu a construção do campo conceitual canônico da biologia evolutiva no livro didático de Biologia? Em que medida persiste a dicotomia teórica do darwinismo x lamarckismo na apresentação da Evolução no livro didático de Biologia?

Uma segunda possibilidade de pesquisa que poderia se combinar com a primeira acima citada seria a tentativa de aprofundamento acerca de como os professores de Biologia conceitualizam e ensinam Evolução. Nos contatos que tivemos com os professores do ensino médio e superior durante a presente pesquisa, constatamos freqüentemente que o que é levado para a sala de aula não tem relação com a compreensão pessoal do professor acerca dos processos evolutivos. Tal fosso entre convicções do professor e conteúdo programático que se espera que ele ensine chega ao caso do professor não acreditar na Evolução como processo de explicação da origem das espécies, e ainda assim abordar tal perspectiva em sala-de-aula. Então, quais as conseqüências de uma situação paradoxal como essa no processo de ensino e aprendizagem do tema? Como se dá a construção do campo conceitual da Evolução entre os professores? Que conseqüências isso tem para o sequenciamento didático do tema em sala de aula? Estes são algumas dentre várias direções de pesquisa que emergem nesse final-começo de esforço de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.V.; CÂMARA, C.A.G.; SILVA, J.A.A. Situação em montagem de modelo molecular à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. **Resumos da 26ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, maio de 2003.
- ALMEIDA, A.V.; DA ROCHA FALCÃO, T. A estrutura histórico-conceitual dos programas de pesquisa de Darwin e Lamarck e sua transposição para o ambiente escolar. **Ciência & Educação**, v.11, n.1, p.17-32, 2005.
- ALTERS, B.J.; NELSON, C.E. Perspective: teaching evolution in higher education. **Evolution**, v.56, n.10, p.1891–1901, 2002.
- AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R. Breve história das idéias evolucionistas. In AMABIS, J.M.; MARTHO, G.R. **Biologia das populações; genética, evolução e ecologia**. 1ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 1997. cap.12, p.218-238.
- ANDERSON, D.L.; FISHER, K.M.; NORMAN, G.J. Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. **Journal of Research in Science Teaching**, v.39, n.10, p.952–978, 2002.
- ANGELL, J.R. The influence of Darwin on psychology. **Psychological Review**, n.16, p.152-169, 1909.

ASTOLFI, J.P.; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. 4 ed. Campinas: Papyrus, 1995. 132p.

AZKONOBETA, T.G. **Evolución, desarrollo y (auto)organización. Um estudio sobre los principios filosóficos de la evo-devo**. Donostia-San Sebastián: Universidad Del Pais Vasco (tese de doutorado), 2005, 227p.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1990, 316p.

BALDWIN, J.M. Scientific psychology in the nineteenth century. II. 1913, Special line of work. In: _____ . **History of psychology: a sketch and interpretation**. Disponível na internet: V.II. <http://psychclassics.Yorku.ca/Baldwin/history>. Acesso em 12/12/2004.

_____ A new factor in evolution. **American Naturalist**, n.30, p.441-451; 536-553, 1896. Disponível na internet: V.II. <http://psychclassics.Yorku.ca/Baldwin/history>. Acesso em 12/12/2004.

BANET, E.; AYUSO, G.E. Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. **International Journal of Science Education**, v.25, n.3, p.373 – 407, 2003.

BATISTA, C.G. Formação de conceitos em crianças cegas: questões teóricas e implicações educacionais. **Psicologia Teoria e Crítica**, v.21, n.1, , p.7-15. jan. abr. 2005.

BERGSON, H. **A evolução criadora**. São Paulo: Abril Cultural, 1979.453p.

BERTALANFFY, L. **Perspectivas en la teoria general de sistemas**. 2ª ed., Madrid: Alianza Editorial, 1982, 166p.

BISHOP, B.A.; ANDERSON, C.W. Student conceptions of natural selection and its role in evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, v.3, n.27, p.415–427, 1990.

BIZZO, N.M.V. **Ensino de evolução e história do darwinismo**. 1991. 312 f. Tese de Doutorado em Educação – Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____ História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis?. Brasília: **Em Aberto**, ano 11, n.55, jul./set. 1992, p.29-35.

_____ From Down House landlord to brazilian high school students: what has happened to evolutionary knowledge on the way?. **Journal of Research in Science Education**, v.34, n.5, p.537-556, 1994.

_____ **Meninos do Brasil: idéias sobre reprodução, eugenia e cidadania na escola**. 169 f. Tese de Livre Docência apresentada a Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994.

_____ Charles Darwin e o mundo acadêmico – I aproximações baconianas, ontem e hoje. Porto Alegre: **Episteme**, v.2, n.3, p.73-104, 1997.

_____ Falhas no ensino de ciências. **Ciência Hoje**, n.159, p.26-31, 2000.

BLACKWELL, W.H.; POWELL, M.J.; DUKES, G.H. The problem of student acceptance of evolution. **Journal of Biological Education**, v.37, n.2, p.58-67, 2003.

BLANC, M. **Os herdeiros de Darwin**. Lisboa: Teorema, 1991. 239p.

BOWLER, P.J. The changing meaning of evolution. **Journal History of Ideas**, n.36, p.95-114, 1975.

_____ Darwin on man in the origin of species: a reply to Carl Bajema. **Journal of the History of Biology**, v.22, n.3, p.497-500, 1989.

BRAGA, S. A. M. ; MORTIMER, E. F. Os gêneros de discurso do texto de biologia dos livros didáticos de ciências. Bauru: **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 3, n. 3, p. 56-74, 2003.

BREM, S.K.; RANEY, M.; SCHINDEL, J. Perceived consequences of evolution: college students perceive negative personal and social impact in evolutionary theory. **Science Education**, v.165, n.20, p.1-26, 2002

BRITO, E.A; FAVERETTO, J.A. Evolução biológica. In: BRITO, E.A.; FAVERETTO, J.A. **Biologia; uma abordagem evolutiva e ecológica**. 1ª ed. s/l: Editora Moderna, s/d. cap. 8, p.164-195.

BROUSSEAU, G. **Théorie des situations didactiques (didactique des mathématiques 1970-1990)**. Grenoble: La Pensée Sauvage Editions, 1998. 395p.

BRUMBY, M.N. Problems in learning the concept of natural selection. **Journal of Biological Education**, v.5, n.13, p.119-122, 1979.

_____ Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. **Science Education**, v.68, n.4, p.493-503, 1984.

BSCS. Mecanismo da evolução; dois pontos de vista em conflito. In: BSCS. **Biologia; parte I**. Preliminar. São Paulo: Editora Universidade de Brasília, 1965. cap. 3, p.38-53.

BUCKHARDT JR., R.W. Lamarck, evolution, and politics of science. **Journal of the History of Biology**, n.3, p.275-298, 1970.

_____ The inspiration of Lamarck's belief in evolution. **Journal of the History of Biology**, n.5, p.413-418, 1972.

CANGUILHEM, G. **Ideologia e racionalidade nas ciências da vida**. Lisboa: Edições 70, 1977. 126p.

CARNEIRO, M.H.S.; GASTAL, M.L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005

CASÁVOLA, H.M.; CASTORINA, J.A. (1988). Comentários sobre a doutrina biológica piagetiana. In: CASTORINA, J.A. **Psicologia genética: aspectos metodológicos e implicações pedagógicas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1988, p.123-130.

CHAN, K.S. A case study of a physicist's conceptions about the theory of evolution. San Diego, CA: **Annual Meeting of the National Association of Research and Science Teaching**, 1998.

CHARDIN, T. **O fenômeno humano**. São Paulo, Cultrix, 1988. 207p.

CHEVALARD, Y. **La tranposition didactique**. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1985. 155p.

CLEMENT, J.; BROWN, D.E.; ZIETMAN, A. Not all preconceptions are misconceptions: Finding “anchoring conceptions” for grounding instruction on students' intuitions. **International Journal of Science Education**, v.2, n.11, p.554–565, 1989.

CLOUGH, E.E.; DRIVER,R. A study of the consistency in the use of students' conceptual frameworks across different task contexts. **Science Education**, 70, 473–496, 1986.

CLOUGH, E.E.; WOOD-ROBINSON, C. How secondary students interpret instances of biological adaptation, **Journal of Biological Education**, v.3, n.19, p.304–310, 1985.

CONRY, Y. Lamarck, penseur de frontière. **Nuncius**, fasc.2, anno IX, p.559-592, 1994.

CORSI, P. **Celebrer Lamarck**, 1994. Disponível em <http://www.crchst.cnrs.fr/1-corpus/lamarck/>. Acesso em 14/03/2005.

COSMIDES, L.; TOBBY, J. The psychological foundations of culture. In: BARKOW, J.H.; COSMIDES, L.; TOBBY, J. (eds.) **The adapted mind**. New York: Oxford University Press, 1992, 342p.

CUMMINS, C.L.; DEMASTES, S.S.; HAFNER, M.S. Evolution: Biology education's under-researched unifying theme. **Journal of Research in Science Teaching**, v.33, n.31, p.445–448, 1994.

DA ROCHA FALCÃO, J.T. Elementos para uma abordagem psicológica do desenvolvimento de conceitos científicos e matemáticos. In: DIAS, M.G.; SPINILLO, A.G. (orgs.). **Tópicos em psicologia cognitiva**. Recife: Editora Universitária da UFPE, 1996, p.141-167.

DARWIN, C. **Variation of animals and plants under domestication**. London: John Murray, 1868. 2 vols. 902p.

_____ **The origin os species by means of natural selection**. IN: HUTCHINS, R.M.(ed.). Great books of the western world. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952. 1-254p.

_____ **The descent of man**. IN: HUTCHINS, R.M. (ed.) Great books of the western world. Chicago: Encyclopaedia Britannica, 1952. 253-659p.

_____. **Origem das espécies**. Porto: Lello & Irmão, 1961. 506 p.

_____ **A origem do homem e a seleção sexual**. São Paulo: Hemus, 1974. 716 p.

_____. **A expressão das emoções no homem e nos animais**. 2^a ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2000, 345p.

DEADMAN, J.A.; KELLY, P.J. What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught topics? **Journal of Biological Education**, v.12, n.1, p.7-15, 1978.

DEMASTES, S. S.; SETTLAGE, J.; GOOD, R. G. Students' conceptions of natural selection and its role in evolution: cases of replication and comparison. **Journal of Research in Science Teaching**, v.4, n.32, p.535-550, 1995.

DEMASTES, S.S.; GOOD, R.G.; PEEBLES, P. Patterns of conceptual change in evolution. **Journal of Research in Science Teaching**, v.5, n.33, p.407-431, 1996.

DOPAZO, H.J.; PERAZZO, R.P.J. Aprendizaje y evolución: adaptación acelerada por efecto Baldwin. **Ciencia y Investigación**, v.53, n.3, p.3-8, 2001.

_____. Mutual influence of learning and evolution. **Complexity International**, v.9, disponível em: <http://www.csu.edu.au/>. 11p. Acesso em 5/01/2005.

DUARTE, N. **Vigotski e o aprender a aprender: crítica às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana**. 3^a ed. Campinas: Autores Associados, 2004. 296p.

_____. A anatomia do homem é a chave da anatomia do macaco: a dialética em Vigotski e em Marx e a questão do saber objetivo na educação escolar. **Educação e Sociedade**, ano XXI, nº 71, jul. 2000.

_____ A formação do indivíduo, consciência e alienação: o ser humano na psicologia de A.N. Leontiev. Campinas: **Caderno Cedes**, vol. 24, n. 62, p. 44-63, abril 2004.

EDWARDS, D.; MERCER, N. **Common knowledge. the development of understanding in the classroom**. Routledge. London and New York, 1987, 302p.

EICHLER, M.L. O programa adaptacionista em psicologia e a teoria da evolução das espécies. **Ciências & Cognição**, v.7, p.46-67, 2006.

ELDREDGE, N.; GOULD, S.J. Punctuated equilibria: na alternative to phyletic gradualism. In: SCHOPF, T.J.M. (ed.) **Models in paleobiology**. San Francisco: Freeman, Cooper, p.82-115, 1972.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **The Evolution of Physics**. New York: Simon & Schuster, p.31. 1967.

ESCUADERO, C.; MOREIRA, M.A.; CABALLERO, M.C. Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción em clases de física introductoria em secundaria. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.2, n.3, 2003.

ETXEBERRIA, A.; UMEREZ, J. Organismo y organización en la biología teórica ¿vuelta al organicismo 50 años después? In: Ambrogi, A. (ed.) **Medio siglo de doble hélice**, Palma de Mallorca: Edicions Universitat de les Illes Balears, 2006.

FENELON, J-P. **Qu'est-ce que l'analyse des données?** Paris, Lefonen, 1981, 237p.

FERRARI, M.; CHI, T.F. The Nature of Naive Explanations of Natural Selection. **International Journal of Science Education**, v.5, n.4, 1998.

FIRENZE, R. Lamarck vs. Darwin: dueling theories. **Reports of the National Center for Science Education**, v.17, n.4, p.9-11, 1997.

FLAVELL, J. H.. **A psicologia do desenvolvimento de Jean Piaget**. São Paulo: Pioneira, 1975, 225p.

FRACALANZA, H. Ciência e livros didáticos. **Educação e Sociedade**, n.22, p.138-147, 1985.

FUTUYMA, D.J. **Biologia evolutiva**. 2^a ed. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética/CNPq, 1995. 631p.

GILBERT, S.F. The morphogenesis of evolutionary developmental biology. **International Journal of Developmental Biology**, v.47, p.467-477, 2003.

GENÉ, A. Cambio conceptual y metodológico em la enseñanza y aprendizaje de la evolución de los seres vivos; um ejemplo concreto. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.9, n.1, p.22-27, 1991.

GOOD, R.G., TROWBRIDGE, J.E., DEMASTES, S.S., WANDERSEE, J.H., HAFNER, M.S. e CUMMINS, C.L. Toward a research base for evolution education: Report of a national conference. **EDRS Conference Proceedings**, p.53 585, 1992.

GOULD, S.J. Shades of Lamarck. In: _____. **The panda's thumb**. Norton, 1980, p.76-84.

_____. **Darwin e os grandes enigmas da vida**. São Paulo: Martins Fontes, 1987. 274 p.

_____ Defining and revising the structure of evolutionary theory. In: _____ **The structure of evolutionary theory**. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University, 2002, p.1-89.

GRANT, B.S.; OWEN, D.F.; CLARKE, C.A. Parallel rise and fall of melanic peppered moths in America and Britain. **Journal of Heredity**, v.54, n.87, p.351–357, 1996

GRECA, I.M.; MOREIRA, M.A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. Porto Alegre: **Investigações em Ensino de Ciências**, v.7, n.1, 2002.

_____ Do saber fazer ao saber dizer: uma análise do papel da resolução de problemas na aprendizagem de física. **Ensaio – Pesquisa e Educação em Ciências**, v.5, n.1, 2003, p.1-16.

GREENE, E.D., Jr. The logic of university students' understanding of natural selection. **Journal of Research in Science Teaching**, v.24, n.27, p.875–885, 1990.

GRIFFITH, J.A.; BREM, S.K. Teaching evolutionary biology: Pressures, stress, and coping **Journal of Research in Science Teaching**, v.41, n.8, p.791-809, 2004.

HAGMAN, M.; OLANDER, C.; WALLIN, A. Teaching and learning about biological evolution: a preliminary teaching-learning sequence. In PSILLOS; D., KARIOTOGLOU, P.; TSELFES, V.; BISDIKIAN, G.; FASSOULOPOULOS, G.; HATZIKRANIOTIS, E.; KALLERY, M. (Eds.),

Proceedings of the third international conference on science education research in the knowledge based society, v.1, p. 230-232, 2001.

HALLDÉN, O. The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. **International Journal of Science Education**, v.7, n.10, p.541-552, 1988.

HO, M.W. Evolution. In: GREENBERG, G.; HARAWAY, M.M. (eds.) **Comparative psychology, a handbook**. Garland Publishing, p.107-119, 1998.

HOFMANN, J.R.; WEBER, B.H. The fact of evolution: implications for science education **Science & Education**, n.12, p.729–760, 2003.

JAPIASSÚ, H. **As paixões da ciência**. São Paulo: Itatiaia, 1977. 242 p.

JENSEN, M.S.; FINLAY, F.N. Teaching evolution using historical arguments in a conceptual change strategy. **Science Education**, v.79, n.2, p.147-166, 1995.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. Thinking about theories or thinking with theories:

A classroom study with natural selection. **International Journal of Science Education**, v.27, n.14, p.51–61, 1992.

_____. Darwinian and Lamarckian models used by students and their representations. In FISHER, K.M.; KIBBY, M. (Eds.), **Knowledge acquisition, organization and use in biology**. New York: Springer Verlag., 1996, p 65–77

KEIL, F.C. **Concepts, kinds, and cognitive development**. Cambridge, MA, MIT Press, 1989, 432p.

KITCHER, P. **Kant's philosophy of science** (1990). Disponível em:

<http://plato.stanford.edu/entries/kant-science/>

KRASILCHIK, M. A evolução no ensino das ciências no período 1950-1985. In:

_____. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU: Editora Universitária, 1987. cap.1, p.5-25.

KOZULIN, A. O conceito de atividade na psicologia soviética: Vygotsky, seus discípulos, seus críticos. In: DANIELS, H. (org.). **Uma introdução a Vygotsky**. São Paulo: Loyola, 2002, p. 111-137.

LAKATOS, I. **Historia de la ciência y sus reconstrucciones racionales**. Madrid: Editorial Tecnos, 1974. 77p.

_____ **La metodologia de los programas de pesquisa**. Madrid: Alianza, 1987. 332p.

LAMARCK, J.B.M. **Recherches sur l'organisation des corps vivants**, 1800. Disponível em www.peiresc.org/bs03.htm

_____ **Philosophie zoologique**, 1809. Disponível em www.biologybrowser.org/cgi-bin/search/

_____ **Historie naturelle dès animaux sans vertèbres**. 1815. Disponível em www.gallica.bnf.fr/12148/bp6k3922x

_____ **Discours d'ouverture: an VIII (1800); an IX (1801); an XI (1803)**. Disponível em www.gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k828965

LATOUR, B. **Ciência em ação**. São Paulo: Editora da UNESP, 2000, 524p.

LLANCAQUEO A.; CABALLERO M. A.; MOREIRA, M.A. El aprendizaje del concepto de campo en física: una investigación exploratoria a luz de la Teoría de Vergnaud. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Vol. 25, no. 4, Dezembro, 2003.

LAUDAN, L. **La ciência y el relativismo**. Madrid: Editorial Alianza, 1990. 248p.

LAWSON, A.E.; THOMPSON, L.D. Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. **Journal of Research in Science Teaching**, v.25, n.9, p.733-746, 1988.

LEITÃO, S. The potential of argument in knowledge building. **Human Development**, vol. 43, no. 6, 2000, p. 332-360.

_____ Analyzing changes in view during argumentation: a quest for method. **Fórum Qualitative Social Research**, v.2, n.3, 2001, p.1-14.

_____ Argumentação como processo de construção do conhecimento. In: II Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição - Reflexões para o Ensino, Campinas: **Anais do II Encontro Internacional Linguagem, Cultura e Cognição - Reflexões para o Ensino**, 2003.

LEMKE, J.L. **Talking science: language, learnig, and values**. New Jersey: Ablex Publishing Corporation, 1993. 261p.

LEONTIEV, A.N. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Livros Horizonte, 1978. 277p.

LEWONTIN, R. **A tripla hélice: gene, organismos e ambiente**. São Paulo: Companhia das Letras, 2002, 138p.

LIBÂNEO, J.C. A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a Teoria Histórico-cultural da Atividade e a contribuição de Vasili Davydov. **Revista Brasileira de Educação**, nº 27, 2004, p.5-24.

LOMÔNACO, J.F.B; PAULA, F.V.; MELLO, C.B.; ALMEIDA, F.A. Desenvolvimento de conceitos: o paradigma das transformações. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v.17, n.2, p.161-168, mai. Ago. 2001.

LOPES, S.G.B.C. Evolução – evidências e teorias. In: _____. **Bio: genética, evolução e ecologia**. 4^a ed. São Paulo: Saraiva, 1999. cap.14, p.219-240.

LUCAS, A.M. The teaching of “adaptation.” **Journal of Research in Science Teaching**, v.4, n.22, p.261–278, 1971.

MARTINS, L.A.C.P. Lamarck e as quatro leis da variação das espécies. Porto Alegre: **Episteme**, v.2, n.3, p.33-54, 1997.

_____ A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Ensino**, n.5, dez. de 1998.

_____ Herbert Spencer e o neolamarckismo: um estudo de caso. In: MARTINS, R.A.; MARTINS, L.A.C.P.; SILVA, C.C.; FERREIRA, J.M.H. (eds.) **Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 3^o Encontro**. Campinas: AFHIC, 2004, p.281-289.

MATTHEWS, M.R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino da Física**, n.3, v.12, dez.1995, p.164-214.

MATURANA, H.R.; VARELA, F.J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. 3ª ed., São Paulo: Palas Athena, 2003, 283p.

MAYR, E. **Populações, espécies e evolução**. São Paulo: Editora Nacional, 1977. 485p.

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

MEAD, G.H. **On the influence of Darwin's Origin of Species** (manuscrito não publicado, c.1909), 17 p. Disponível em: spartan.ac.broku.ca/~Iward/Mead/mead_biblio.html

Acesso em 02/12/2004.

_____. Emergence and identity. In: MURPHY, A.E. **The Philosophy of the Present**, Open Court, 1932, p.32 - 46. Disponível em: spartan.ac.broku.ca/~Iward/Mead/mead_biblio.html.

Acesso em 07/01/2005;

_____. Organism, community and environment. In: MORRIS, C.W. (ed.) **Mind Self and Society from the Standpoint of a Social Behaviorist** . Chicago: University of Chicago, 1934, p.245-252 . Disponível em: spartan.ac.broku.ca/~Iward/Mead/mead_biblio.html Acesso em 02/12/2004.

MOREIRA, M.A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. Porto Alegre: **Investigações em ensino de ciências**, v.7, n.1, 2002.

_____ Linguagem e aprendizagem significativa. Maragogi: **IV Encontro**

Internacional sobre Aprendizagem Significativa, set. de 2003, p.1-17.

MORTIMER, E.F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?

Porto Alegre: **Investigações em Ensino das Ciências**, v.1, n. 1, 1996.

_____ CHAGAS, A.N.; ALVARENGA, V.T. Linguagem científica versus linguagem comum nas respostas escritas dos vestibulandos. Porto Alegre: **Investigações em Ensino de Ciências**, v.3, n.1, março de 1998.

_____. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000, 383p.

_____ ; SCOTT. P. Analyzing discourse in the science classroom. In Leach, J., MILLAR, R. & OSBORNE, J. (Eds). **Improving Science Education: The contribution of research**. Milton Keynes: Open University Press. 2000, pp.126-142.

_____ ; WERTSCH, J.V. The Architecture and dynamics of intersubjectivity in science classroom. **Mind, Culture, and Activity**, 2003, v.10, n.3, p.230-244.

MURPHY, G.L.; MEDIN, D.L. The role of theories in conceptual coherence. **Psychological Review**, 1985, n.92, p.289-316.

NÉBIAS, C. Formação dos conceitos científicos e práticas pedagógicas. **Interface: Comunicação, Saúde e Educação**, p. 133- 140, fev. 1999.

NEWMAN, D.; GRIFFIN, P.; COLE, M. **The construction zone: working for cognitive change in school**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989, 210p.

NUÑEZ, I.B.; PACHECO, O.G. **La formación de conceptos científicos una perspectiva desde la teoría de actividad**. Natal: EDFRN – Editora da UFRN, 1997.

OLIVEIRA, M.B. A tradição roscheana. In: OLIVEIRA, M.B.; OLIVEIRA, M.K. (orgs.) **Investigações cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999, p.17-33.

OLIVEIRA, M.B. **Da ciência cognitiva à dialética**. São Paulo: Discurso Editorial, 1999.

OLIVEIRA, M.K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento um processo sócio-histórico**. 4ª ed., São Paulo: Editora Scipione, 1997, 111p.

_____. Três questões sobre desenvolvimento conceitual. In: OLIVEIRA, M.B.; OLIVEIRA, M.K. **Investigações Cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999, p.55-64.

PALANGANA, I.C. **Desenvolvimento & aprendizagem em Piaget e Vygotsky (a relevância do social)**. São Paulo: Plexus Editora, 1994, 267p.

PALMERO, M.L.R.; MOREIRA, M.A. Modelos mentales vs esquemas de célula. Porto Alegre:

Investigações em Ensino de Ciências, v.7, n.1, 2002.

_____ **La teoria del aprendizaje significativo**. Disponível em
cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-2909.pdf. Acesso em 22 de março de 2005.

PESA, M.A.; OSTERMANN, F. La ciência como actividad de resolución de problemas: la epistemologia de Larry Laudan y algunos aportes para las investigaciones educativas em ciências. Florianópolis: **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, número especial, p.84-99, 2002.

PIAGET, J.; GARCIA, R. **Les explications causales**. Paris : PUF., 1973, 252p.

PIAGET, J. **A equilibração das estruturas cognitivas: problema central do desenvolvimento**. São Paulo: Zahar, 1976, 234p.

_____. **Comportamento motriz da evolução**. Porto: Res, 1977, 278p.

_____ **Biologia e conhecimento: ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos**. 3ª ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2000, 423p.

_____ **Epistemologia genética**. 2ª ed., São Paulo: Martins Fontes, 2002, 123p.

_____; GARCIA, R. **Psicogênese e história das ciências**. Lisboa: Ciência Nova, 1987, 344p.

PINKER, S. **Como a mente funciona**. São Paulo: Companhia das Letras, 1998, 666p.

_____ **Tabula rasa: a negação contemporânea da natureza humana.** São Paulo: Companhia das Letras, 2004, 684p.

PRETTO, N.L. **A ciência nos livros didáticos.** Salvador/Campinas: UFBA/Unicamp, 1985, 95p.

RENNER, J.W.; BRUMBY, M.; SHEPHERD, D.L. Why are there no dinosaurs in Oklahoma? **Science Teacher**, v.1, n.12, p.22–24, 1981.

ROSCH, E. The Nature of Mental Codes for Color Categories. **Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance** v.1. n.4, 1975: p.303-322.

RUDOLPH, J.L.; STEWART, J. Evolution and the nature of science: on the historical discord and its implications for education. **Journal of Research in Science Teaching**, v.35, n.10, p.1069 – 1089, 1998.

RUMELHARD, G. **La génétique et ses représentations dans l'enseignement.** Berne: Peter Lang, 1986.

SACARRÃO, G.F. O abuso da metáfora em biologia e seus perigos. Lisboa: **Arquivos do Museu Bocage**, Série D, Extensão Cultural e Ensino, II (3), 1986.

_____. **Biologia e sociedade. I - Crítica da razão dogmática.** Lisboa: Publicações Europa-América, 1989.

SANTOS, S.C. ; BIZZO, N.M.V. Como os estudantes entendem a evolução biológica ?.

In: **Coletânea: VI Encontro “Perspectivas do Ensino de Biologia”** São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, 29 a 31 de julho de 1997. p.124-126.

SCHARMANN, L.; HARRIS, W. Teaching evolution: Understanding and applying the nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v.32, n.29, p.375–388, 1992.

SETTLAGE, J. Conceptions of natural selection: A snapshot of the sense-making process. **Journal of Research in Science Teaching**, v.5, v.31, p.449-457, 1994

SETTLAGE, J. Investigating the Inconsistencies in College Student Responses to Natural Selection Test Questions. **Electronical Journal of Science Education**, v.1, n.1, 1996.

SILVEIRA, F.L. A metodologia dos programas de pesquisa: a epistemologia de Imre Lakatos. Florianópolis: **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.13, n.3, p.219-246, dez.1996.

SOARES, J.L. Fixismo e evolucionismo. In: SOARES, J.L. **Biologia no terceiro milênio; seres vivos, evolução e ecologia**. 1^a ed. São Paulo: Editora Scipione, 1999. cap.18, p.259-284.

STEBBINS, G.L. **Processos de evolução orgânica**. São Paulo: Polígono e Editora da Universidade de São Paulo, 1970. 255p.

STERN, L. Effective assessment: probing students' understanding of natural selection. **Journal of Biological Education**, v.39, n.1, p.12-17, 2004

STIPCICH, M.S.; MOREIRA, M.A.; CABALLERO, C. Una interpretación de las opiniones de ingresantes a la universidad sobre la noción de interacción. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.3, n.4, 2004.

SOUSA, C.M.S.G.; FÁVERO, M.H. Análise de uma situação de resolução de problemas de física, em situação de interlocução entre um especialista e um novato, à luz da teoria dos campos conceituais de Vergnaud. Porto Alegre: **Investigações em Ensino de Ciências**, v.7, n.1, 2002.

TABAK, I.; REISER, J. Domain-specific inquiry support: permeating discussions with scientific conceptions. Ithaca, NY: **Symposium From Misconceptions to Constructed Understanding**, 1997.

TAMIR, P.; ZOHAR, A. Anthropomorphism and teleology in reasoning about biological phenomena. **Journal of Biological Education**, v.2, n.75, p.57-67, 1991.

THUILLIER, J. **A teoria da seleção natural**. São Paulo: EDUSP, 1994.

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

TOMASELLO, M. **Origens culturais da aquisição do conhecimento humano**. São Paulo: Martins Fontes, 2003, 342p.

UZUNIAN, A.; BIRNER, E. Evolução biológica: como os seres vivos evoluem. In: _____

Biologia. São Paulo: Editora Harbra, 2001. cap.55, p.710-716.

VALSINER, J.; VAN DER VEER, R. James Mark Baldwin's theoretical heritage. In:

_____ **The social mind: construction of the idea.** Cambridge, MA: Cambridge University Press, 2000, p.138-176.

_____. George Mead's development of the self In:_____ **The**

social mind: construction of the idea., Cambridge, MA: Cambridge University Press, p.234-276.

VAN DER VEER, R.; VALSINER, J. **Vygotsky: uma síntese.** São Paulo: Edições Loyola, 1996, 479p.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In CARPENTER, T., MOSER, J. & ROMBERG, T. **Addition and subtraction. A cognitive perspective.** Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. 1982, p. 39-59.

_____ **Multiplicative structures.** In Lesh, R. and Landau, M. (Eds.) Acquisition of Mathematics Concepts and Processes. New York: Academic Press Inc. 1983, p. 127-174.

_____. La formation des concepts scientifiques: relire Vygotski et débattre avec lui aujourd'hui. Paris: **Colloque Vygotski**, p.1-9, 1987.

_____ Questions vives de la psychologie du développement cognitif. **Coloque d'Aix-em-Provence**, p.1-16, 1987.

_____. Psychologie et didactique: quels enseignements théoriques et méthodologiques pour la recherche en psychologie. In: **La Psychologie scientifique et ses Applications**, Colloque de Clermont-Ferrand, 1987, p.1-18.

_____ Multiplicative structures. In: HIEBERT, H; BEHR, M. **Research agenda in mathematics education: number concepts and operations in middle grades**. Hillsdale: Laurence Erlbaum Ed., 1988, p.141-161.

_____. Psicología cognitiva y del desarrollo y didáctica de las matemáticas. In: HUARTE, F. (coord.) **Temas actuales sobre psicopedagogía y didáctica**. Madrid: Narcea, 1988, p.240-254.

_____ La théorie des champs conceptuels. Grenoble: **Recherches em Didactique des Mathématiques**, v.10, n.23, p.133-170, 1990.

_____ Teoria dos campos conceituais. In NASSER, L. (Ed.) **Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro**. p. 1-26. 1993.

_____. Multiplicative conceptual field: what and why? In GUERSHON, H. and CONFREY, J. (1994). (Eds.) **The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics**. Albany, N.Y.: State University of New York Press. 1994, p. 41-59.

_____. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, 17(2): 167-181. 1998.

_____. Problemas aditivos y multiplicativos. In: CHAMORRO, M.C. (org.) **Dificultades del aprendizaje de las matemáticas**. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2001, p.189-228.

_____. Piaget visite par la didactique. **Intellectica**, v.2, n.33, 2001.

_____ La conceptualisation, clef de voûte des rapports entre pratique et théorie. In: Analyse des pratiques et professionnalité des enseignants, Paris: **Les Actes de la DESCO**, octobre 2002.

VYGOTSKY, L.S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 1991, 168p.

VIGOTSKI, L.S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1999, 194p.

_____. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001, 357p.

VYGOTSKY, L.S. The genesis of higher mental functions. In: WERTSCH, J.V. **The concept of activity in soviet psychology**. New York: M.E.Sharpe Publisher, 1981, p.144-188.

VONÈCHE, J. A origem das idéias de Piaget sobre gênese e desenvolvimento. In: BANKS-LEITE, L. (Org.) **Percursos piagetianos**. São Paulo: Cortez, 1997, p.21-34

VUYK, R. Organic and cognitive regulations. In: _____ **Overview and critique of Piaget's genetic epistemology**. London: Academic Press, 1981, v.1, p.233-264.

_____ Biology and knowledge. In: _____ **Overview and critique of Piaget's genetic epistemology**. London: Academic Press, 1981, v.2, p.475-487.

WADDINGTON, C.H. **Tools for thought**. Frogmore: Paladin, 1977, 250p.

WHITNEY, G. Subversion of science: how psychology lost Darwin. **The Journal for Historical Review**.v.21, n.2, p.20, 2002.

WOODS, C.S.; SCHARMANN, L.C. High school students' perceptions of evolutionary theory.

Electronical Journal of Science Education, v.6, n.2, 2001

ZINCHENKO, V.P. A psicologia histórico-cultural e a teoria psicológica da atividade: retrospectos e prospectos. In: WERTSCH, J.V.; DEL RIO, P.; ÁLVAREZ, A. (orgs.) **Estudos socioculturais da mente**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998. p.41-55.

ANEXOS

Anexo 1: SITUAÇÕES-PROBLEMA EM BIOLOGIA EVOLUTIVA (Questionário individual)

1 – Patos selvagens voam muito bem. Patos domésticos são incapazes de voar. Comparando-se o peso dos ossos das duas aves nota-se que os ossos das pernas do pato doméstico são mais pesados e os das asas são mais leves do que os do pato selvagem.

Atenção: Assinale “1” se a afirmação da ESQUERDA estiver certa, “5” se a afirmação da DIREITA estiver certa e “3” se AMBAS estiverem certas.

Devido ao fato de usarem pouco as asas e muito as pernas, os patos domésticos fortaleceram os ossos das patas e estão enfraquecendo os ossos das asas.

1 2 3 4 5

Os patos domésticos têm ossos mais pesados nas pernas devido variações acidentais que apareceram no passado. O mesmo pode ser dito dos ossos da asa.

Justifique a sua resposta:

2 – Os guepardos conseguem atingir velocidades de até 100 km/h quando estão correndo atrás de presas. Como um biólogo explicaria a evolução dessa habilidade nesse animal, supondo que eles descendam de ancestrais que podiam correr até 30 km/h?

Atenção: Assinale “1” se a afirmação da ESQUERDA estiver certa, “5” se a afirmação da DIREITA estiver certa e “3” se AMBAS estiverem certas.

Com o tempo a maioria dos guepardos foi desenvolvendo os músculos e ossos, o que foi possibilitando alcançar velocidades cada vez maiores. Seus descendentes foram conseguindo elevar essas velocidades.

1 2 3 4 5

Ao longo do tempo apareceram por acaso alguns guepardos que conseguiam correr mais do que os outros. Eles conseguiam caçar melhor, se alimentar melhor e ter mais descendentes dos que os animais mais lentos.

Justifique a sua resposta:

3 – Em algumas cavernas completamente escuras existem riachos onde são encontrados peixes que possuem olhos não-funcionais. São os chamados “bagres-cegos”. Como esses animais podem ter se originado?

4 – Em certas culturas existe o hábito de circuncidar os meninos assim que nascem. A cirurgia consiste em retirar uma pequena porção de pele do pênis. Esse hábito existe há mais de 3000 anos entre os judeus. Alguns médicos relataram o nascimento de bebês judeus sem aquela porção de pele o que praticamente dispensa a circuncisão. Como você explicaria esse fato?

5 – Explique, se possível usando alguns exemplos das questões anteriores, como um ser vivo pode se adaptar ao seu meio ambiente.

Anexo 2: DESCRIÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS DO QUESTIONÁRIO

Codificação e frequência de distribuição dos sujeitos por gênero

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
feminino	1	23	57,5%
masculino	2	17	42,5%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição dos sujeitos por nível de escolarização.

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
1 ^o ano EM	1	10	25%
2 ^o ano EM	2	10	25%
bacharelado	3	10	25%
licenciatura	4	10	25%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição das respostas dos sujeitos à Questão 1 (1 a 5)

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
“lamarckista”	1	18	45%
ambas	3	14	35%
“darwinista”	5	8	20%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição das respostas justificadas dos sujeitos à Questão 1

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
“lamarekista”	1	25	62,5%
“darwinista”	2	7	17,5%
“neodarwinista”	3	3	7,5
ambas	4	3	7,5%
sem justificativa	5	2	5.0%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição da análise das respostas dos sujeitos à Questão 1

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
justificativa satisfatória	1	25	62,5%
justificativa insatisfatória	2	13	32,5%
sem justificativa	3	2	5%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição das respostas dos sujeitos à Questão 2 (1 a 5)

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
“lamarckista”	1	16	40%
ambas	3	12	30%
“darwinista”	4	1	2,5%
“darwinista”	5	11	27,5%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição das respostas justificadas dos sujeitos à Questão 2

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
“lamarckista”	1	16	40%
“darwinista”	2	8	20%
“neodarwinista”	3	5	12,5%
ambas	5	2	5%
sem justificativa	6	9	22,5%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição da análise das respostas dos sujeitos à Questão 2

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
justificativa satisfatória	1	24	60%
justificativa insatisfatória	2	7	17,5%
sem justificativa	3	9	22,5%
total		40	100

Codificação e frequência de distribuição das respostas dos sujeitos à Questão 3

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
“lamarckista”	1	28	70%
“darwinista”	2	5	12,5%
“neodarwinista”	3	1	2,5%
Fora do campo conceitual da biologia evolutiva	4	6	15%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição da análise das respostas dos sujeitos à Questão 3

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
pertinência	1	34	85%
não pertinência	2	6	15%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição das respostas dos sujeitos à Questão 4

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
“lamarckista”	1	23	57,5%
“darwinista”	2	7	17,5%
“neodarwinista”	3	1	2,5%
fenocópia	4	3	7,5%
preformação	5	1	2,5%
fimose	6	3	7,5%
Fora do campo conceitual da biologia evolutiva	7	2	5%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição da análise das respostas dos sujeitos à Questão 4

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
pertinência	1	37	92,5%
não pertinência	2	3	7,5%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição das respostas dos sujeitos à Questão 5

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
“lamarckista”	1	29	72,5%
“darwinista”	2	3	7,5%
“neodarwinista”	3	7	17,5%
Fora do campo conceitual da biologia evolutiva	4	1	2,5%
total		40	100%

Codificação e frequência de distribuição da análise das respostas dos sujeitos à Questão 5

classes	valor	Frequência absoluta	porcentagem
pertinência	1	33	82,5%
não pertinência	2	7	17,5%
total		40	100%

Anexo 4: Contribuição dos sujeitos aos fatores

CTR média = 25

1-----

	! I1 !	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
1!	I1!	146	25	13!	-305	72	6!	-13	0	0!	-310	74	9!
2!	I2!	407	25	9!	-437	214	12!	401	180	15!	107	13	1!
3!	I3!	146	25	13!	-305	72	6!	-13	0	0!	-310	74	9!
4!	I4!	162	25	35!	-482	65	15!	500	70	23!	310	27	9!
5!	I5!	32	25	22!	-238	25	4!	-120	6	1!	-21	0	0!
6!	I6!	238	25	25!	670	176	28!	179	13	3!	353	49	12!
7!	I7!	272	25	16!	-422	107	11!	262	41	6!	457	125	20!
8!	I8!	265	25	28!	806	224	41!	263	24	6!	225	17	5!
9!	I9!	776	25	73!	2391	763	360!	311	13	9!	5	0	0!
10!	I10!	141	25	25!	54	1	0!	-582	131	31!	-156	9	2!
11!	I11!	590	25	8!	-468	259	14!	489	283	22!	201	48	4!
12!	I12!	210	25	14!	-233	39	3!	-5	0	0!	-488	171	23!
13!	I13!	540	25	9!	-473	252	14!	500	281	23!	81	7	1!
14!	I14!	204	25	21!	118	6	1!	641	188	37!	142	9	2!
15!	I15!	210	25	25!	545	117	19!	308	37	9!	-377	56	14!
16!	I16!	429	25	9!	-446	209	13!	447	210	18!	93	9	1!
17!	I17!	262	25	11!	-440	165	12!	337	96	10!	-29	1	0!
18!	I18!	435	25	27!	564	115	20!	927	309	78!	172	11	3!
19!	I19!	371	25	12!	-332	92	7!	573	274	30!	74	5	1!
20!	I20!	438	25	31!	853	227	46!	810	205	60!	-132	5	2!
21!	I21!	155	25	28!	-348	43	8!	-413	60	15!	-386	52	14!
22!	I22!	222	25	13!	-330	83	7!	201	31	4!	377	108	14!
23!	I23!	176	25	13!	-331	84	7!	-114	10	1!	-326	82	10!
24!	I24!	141	25	62!	-620	61	24!	564	50	29!	435	30	18!
25!	I25!	393	25	27!	-119	5	1!	-782	222	56!	-675	165	44!

26!	I26!	278	25	24!	508	104	16!	-599	144	33!	274	30	7!
27!	I27!	205	25	15!	-330	72	7!	-209	29	4!	-396	104	15!
28!	I28!	535	25	34!	158	7	2!	-871	215	69!	1050	313	107!
29!	I29!	593	25	62!	1905	570	228!	19	0	0!	-379	23	14!
30!	I30!	165	25	19!	-192	19	2!	-517	139	24!	109	6	1!
31!	I31!	373	25	9!	-499	279	16!	279	88	7!	75	6	1!
32!	I32!	341	25	22!	-212	20	3!	-493	109	22!	-686	211	46!
33!	I33!	43	25	20!	-280	38	5!	19	0	0!	-98	5	1!
34!	I34!	40	25	18!	-183	18	2!	35	1	0!	200	21	4!
35!	I35!	504	25	28!	-167	10	2!	-756	196	52!	-934	299	85!
36!	I36!	418	25	8!	-493	287	15!	269	85	7!	195	45	4!
37!	I37!	233	25	23!	-388	63	9!	-466	91	20!	-432	78	18!
38!	I38!	850	25	72!	207	6	3!	-1400	263	178!	2079	581	419!
39!	I39!	18	25	19!	-144	11	1!	70	3	0!	-95	5	1!
40!	I40!	307	25	60!	438	31	12!	-1050	177	100!	-781	98	59!

!	!	1000!	1000!	1000!	1000!
---	---	-------	-------	-------	-------

Sumário com as contribuições dos indivíduos aos três eixos mais importantes (1, 2 e 3)

CTR média = 20

1-----

!	J1	!	QLT	POID	INR!	1#F	COR	CTR!	2#F	COR	CTR!	3#F	COR	CTR!
1!	S1	!	180	41	12!	21	1	0!	-34	2	0!	362	178	21!
2!	S2	!	180	30	16!	-28	1	0!	46	2	0!	-490	178	28!
3!	N1	!	48	18	21!	275	25	3!	226	17	3!	130	6	1!
4!	N2	!	308	18	21!	-50	1	0!	958	306	59!	-52	1	0!
5!	N3	!	91	18	21!	48	1	0!	-519	90	17!	16	0	0!

6!N4 ! 175	18	21!	-273	25	3!	-666	148	29!	-94	3	1!
7!Q11 ! 669	32	15!	-394	127	13!	761	473	68!	289	68	10!
8!Q13 ! 448	25	18!	206	23	3!	-355	68	11!	-815	358	64!
9!Q15 ! 517	14	22!	525	69	10!	-1090	297	62!	776	151	33!
10!Q1J1! 607	45	10!	-355	210	14!	486	394	38!	-39	3	0!
11!Q1J2! 509	13	23!	501	53	8!	-960	196	42!	1107	260	59!
12!Q1J3! 337	5	26!	57	0	0!	-1477	177	42!	-1406	160	41!
13!Q1J4! 77	5	26!	-537	23	4!	-546	24	6!	-601	29	8!
14!Q1J5! 623	4	26!	3407	611	104!	315	5	1!	-368	7	2!
15!Q1A1! 245	45	10!	-244	99	7!	90	13	1!	282	132	14!
16!Q1A2! 138	23	19!	-55	1	0!	-221	23	4!	-485	113	21!
17!Q1A3! 623	4	26!	3407	611	104!	315	5	1!	-368	7	2!
18!Q21 ! 546	29	17!	-365	89	10!	740	365	57!	373	93	15!
19!Q23 ! 481	21	19!	770	254	32!	-513	113	20!	-516	114	22!
20!Q24 ! 615	2	27!	328	3	0!	-2667	182	46!	4094	430	116!
21!Q25 ! 119	20	20!	-339	44	6!	-274	29	5!	-351	47	9!
22!Q2J1! 428	29	17!	-650	281	30!	462	142	22!	83	5	1!
23!Q2J2! 49	14	22!	-305	23	3!	-138	5	1!	-288	21	5!
24!Q2J3! 201	9	24!	-302	13	2!	-836	100	23!	-785	88	21!
25!Q2J5! 750	4	26!	289	4	1!	-2163	246	61!	3081	500	131!
26!Q2J6! 703	16	22!	1530	680	95!	247	18	4!	-140	6	1!
27!Q2A1! 560	43	11!	-488	357	26!	162	39	4!	331	164	18!
28!Q2A2! 373	13	23!	-296	19	3!	-872	161	35!	-954	193	44!
29!Q2A3! 703	16	22!	1530	680	95!	247	18	4!	-140	6	1!
30!Q31 ! 548	50	8!	-450	473	25!	-23	1	0!	-178	74	6!
31!Q32 ! 271	9	24!	668	64	10!	-665	63	14!	1005	144	35!
32!Q33 ! 176	2	27!	695	12	2!	-2001	103	26!	-1538	61	16!
33!Q34 ! 546	11	24!	1428	360	55!	994	174	38!	251	11	3!
34!Q3A1! 546	61	4!	-252	360	10!	-175	174	7!	-44	11	0!
35!Q3A2! 546	11	24!	1428	360	55!	994	174	38!	251	11	3!
36!Q41 ! 163	41	12!	-316	136	10!	142	27	3!	16	0	0!

!		!				!	0	01
!	I21	!				!	1	01
!		I30!				!	1	01
!		!	I10	I26		!	0	01
!		!				!	0	01
!		!				!	0	01
!	I25!	!				!	1	01
!		!	I28			!	0	01
!		!				!	0	01
!		!				!	0	01
!		!		I40		!	0	01
!		!				!	0	01
!		!				!	0	01
!		!				!	0	01
!		!				!	0	01
!		!	I38			!	0	01
+		+				+	0	01

NOMBRE DE POINTS SUPERPOSES : 9

I11(I4) I13(I4) I36(I31) I39(I34) I3(I1) I33(I12)
I37(I21) I32(I30) I35(I25)

Anexo 5: INTRODUÇÃO À ANÁLISE MULTIDIMENSIONAL DE DADOS CATEGORIZADOS DE TIPO CLASSIFICAÇÃO ASCENDENTE HIERÁRQUICA (CAH)¹¹

A análise descritiva multidimensional consiste em um ambiente de análise de dados em que as informações são “olhadas” sob diversas perspectivas de forma simultânea, a partir de um certo conjunto de dimensões classificatórias. Tais dimensões possibilitam a construção de uma “árvore” taxonômica que poderia ser exemplificada pelo diagrama abaixo, referente à classificação de animais domésticos de companhia (cf. exemplo proposto originalmente por DA ROCHA FALCÃO, 1996, p.143), ou de um *plano fatorial*, como será mostrado e discutido mais adiante.

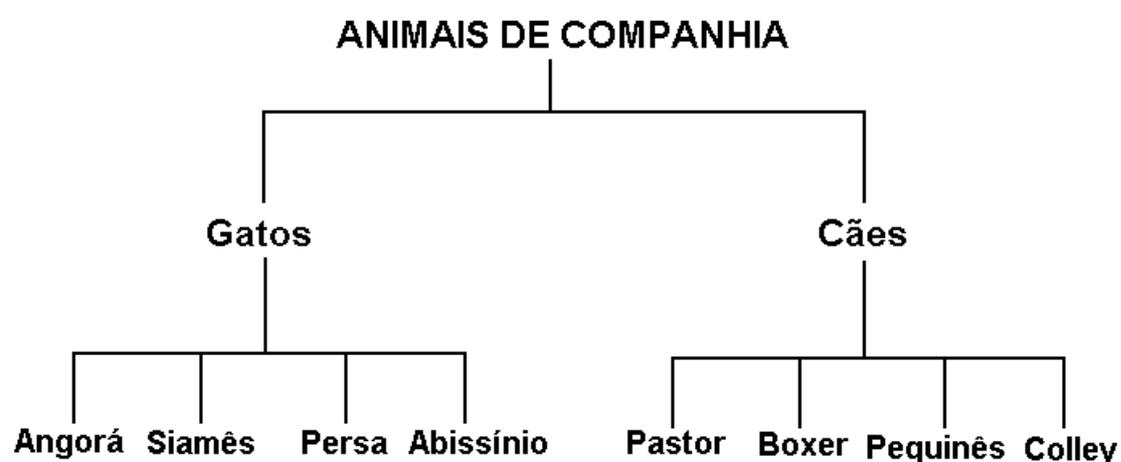


Figura 1

Uma ilustração de árvore de classificação taxonômica hierárquica.

(reproduzido de Da Rocha Falcão, 1996, p. 143)

¹¹ Baseada em Fenelon (1981).

No exemplo acima, parte-se de um “nó” inicial que vai separar animais de estimação em geral em dois grandes grupos, os *gatos* e os *cães*. Tal partição inicial poderia ser feita a partir de um único critério, como por exemplo, família zoológica (Felidae e Canidae).

Consideremos o exemplo proposto por Fenelon (1981, p. 30), referente a uma pesquisa na qual tentou-se estabelecer associações entre **cores** e **temas** (sentimentos/idéias), conforme listas abaixo:

CORES: azul, vermelho, amarelo, verde, lilás, violeta e cinza.

TEMAS: trabalho, perigo, férias, amor, ódio, calma.

Uma estrutura de ordenação dos dados que permitiria a visualização de ligações entre cores e temas seria a tabela cruzada, tal qual ilustrada abaixo:

	Trabalho	Perigo	Férias	Amor	Ódio	Calma
Azul						
Vermelho			35			
Amarelo						
Verde						
Lilás						

Violeta						
Cinza						

Nesta tabela, percebe-se que o tema **férias** foi associado 35 vezes à cor **vermelha**; uma análise unidimensional completa exigiria, ainda, a consideração da distribuição dos demais temas para a cor vermelha (gráfico 1), ou a distribuição das demais cores para o tema Férias (gráfico 2); dito de outra forma, fixa-se uma dimensão e examina-se a distribuição de frequência das instâncias da outra dimensão.

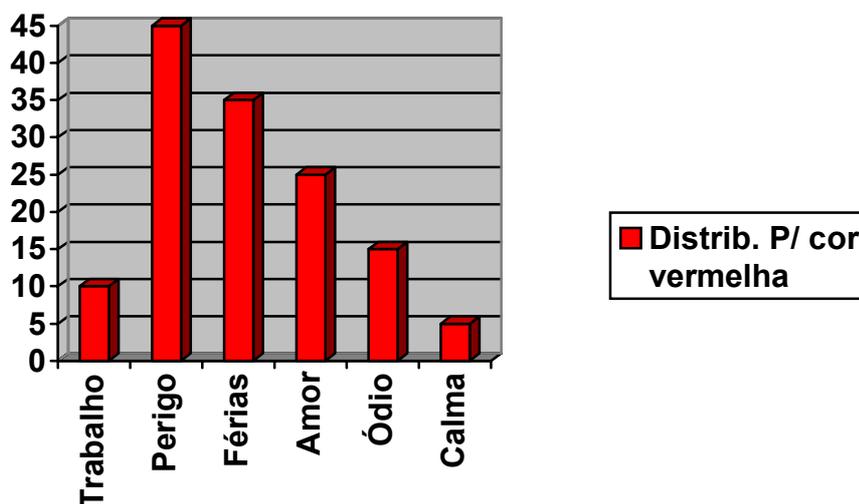


Gráfico 1: distribuição de frequência dos temas para a cor vermelha

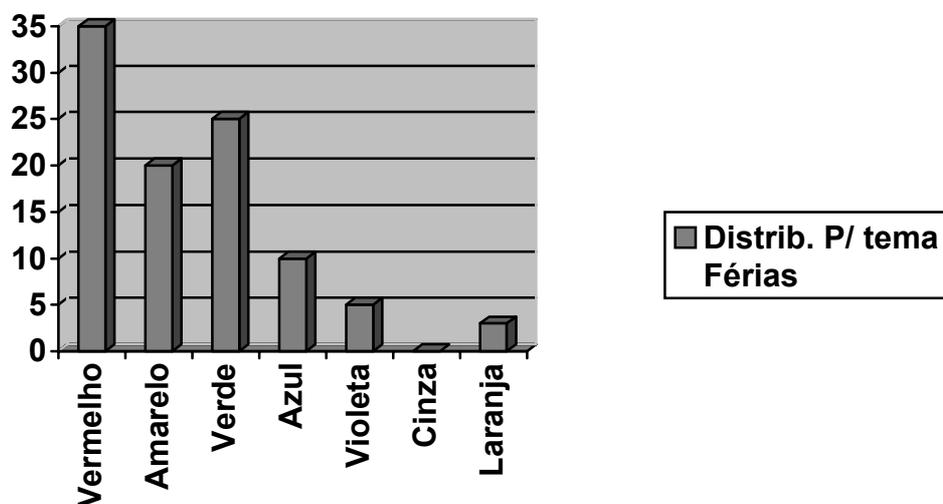


Gráfico 2: distribuição de frequência das cores para o tema “Férias”.

Uma tal análise unidimensional permite constatar uma associação entre Vermelho e Férias, como permitiria igualmente constatar outras associações entre outras cores e outros temas, *mas sempre em termos de uma dimensão de cor com uma dimensão de tema por vez*. Esse é um aspecto essencial a entender para se ter clareza acerca da *limitação estrutural* da análise unidimensional, e do ganho que é representado pela passagem à análise multidimensional. A relação entre Vermelho e Férias poderia ser analisada num contexto completamente diverso, conforme o plano fatorial abaixo:

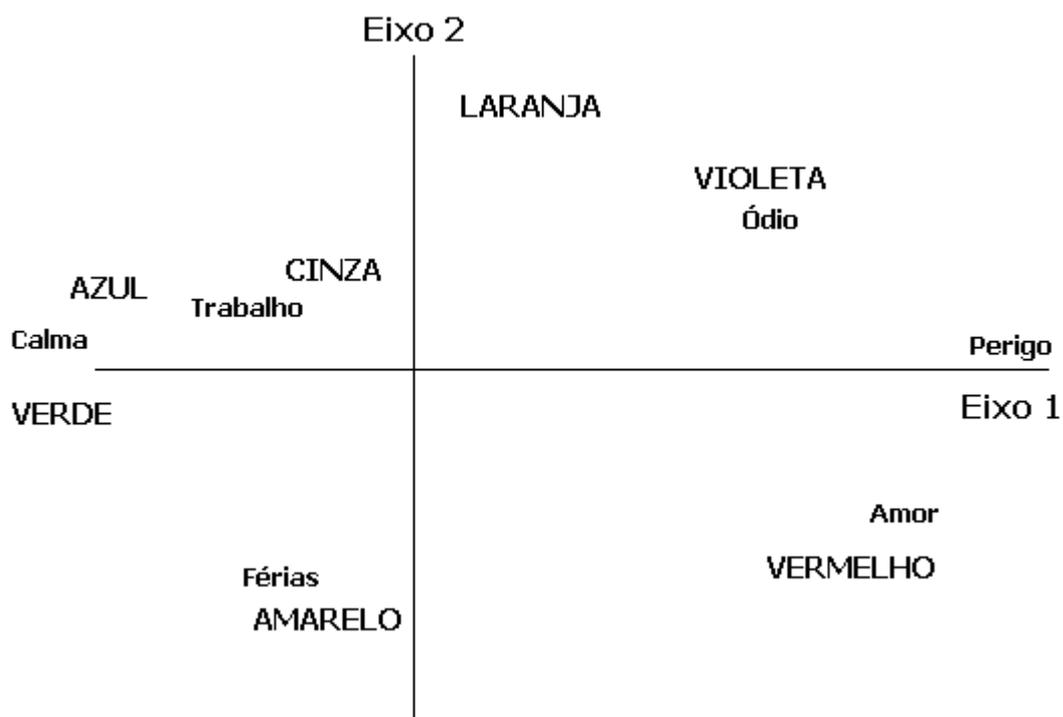


Figura 2: Plano fatorial envolvendo cores e temas.

Vários aspectos merecem comentário acerca das informações contidas no plano fatorial acima:

3.1. O ponto de intersecção dos eixos 1 e 2 é denominado *centro de gravidade* ou *baricentro*, e o algoritmo que permite construir tal ponto, assim como os demais pontos onde se situam as diversas cores e temas é o *cálculo baricêntrico*. Trata-se de um algoritmo recursivo poderoso, conceitualmente simples, mas de execução extremamente complexa quando realizada manualmente, razão pela qual a disseminação desse instrumento de análise seguiu-se à popularização do uso da ferramenta informática. No plano fatorial acima, como em qualquer plano fatorial, o baricentro

representa um ponto de concentração máxima de tipicidade. Nesse sentido, "*o baricentro está para a nuvem multidimensional de informações assim como a média está para uma distribuição unidimensional de frequências*" (BENZÉCRI et al., 1980). Num plano multidimensional representando várias características de uma amostra de brasileiros (sexo, distribuição de renda, respostas a questionários, etc.), o baricentro poderia ser assimilado à idéia corrente de brasileiro típico. Convém salientar que, muito freqüentemente, o baricentro não representa um elemento real da amostra pesquisada, mas tão somente um elemento virtual, uma criatura estatístico-matemática que serve de referência para situar os demais pontos (estes sim, necessariamente reais).

3.2. A distância de cada elemento do plano fatorial (no caso acima, cores e temas) em relação ao baricentro não é de natureza euclidiana, mas expressa a *variância* desse elemento em relação ao baricentro, e, adicionalmente, a contribuição¹² desse elemento à variância global explicada pelo plano fatorial¹³. Quanto maior a distância de um determinado elemento em relação ao baricentro, tanto maior sua contribuição à variância global.

3.3. A localização de cada ponto (cor ou tema) leva em conta todos ou outros elementos na sua construção, e esse aspecto deve ser levado em consideração, pois esse aspecto é a característica central do algoritmo e da filosofia de análise multidimensional de dados. Retomemos, assim, a relação anteriormente comentada entre Vermelho e Férias. Numa análise unidimensional, tinha-se verificado uma associação entre essas variáveis. Agora, num contexto multidimensional, essa associação ganha nuances novas e enriquecedoras. De fato, Vermelho e Férias continuam próximos, mas somente em termos de suas projeções sobre o eixo 2 (eixo vertical); em termos do eixo 1 (principal fator) *essas variáveis de fato se opõem* (surpresa!). Ora, uma tal constatação, visível à

¹² Em muitos programas, a variância é calculada dividindo-se o percentual 100 pelo número de modalidades contribuintes (indivíduos ou categorias de resposta), e depois multiplicando-se o resultado por 10, de forma a eliminar números menores que 1 (este é o caso do aplicativo usado na presente pesquisa).

¹³ O que não esgota a variância total da nuvem de informações, havendo assim um resíduo não abarcado pelo plano fatorial, também chamado *variância não-explicada*.

simples inspeção visual, seria bastante menos acessível no contexto de uma análise unidimensional clássica.

3.4. O eixo 1 representa a reta que consegue resumir a informação da nuvem com um mínimo de distorção. Para ilustrar de forma simples essa idéia de resumo com um mínimo de distorção, veja os dois casos ilustrados abaixo (Figura __):

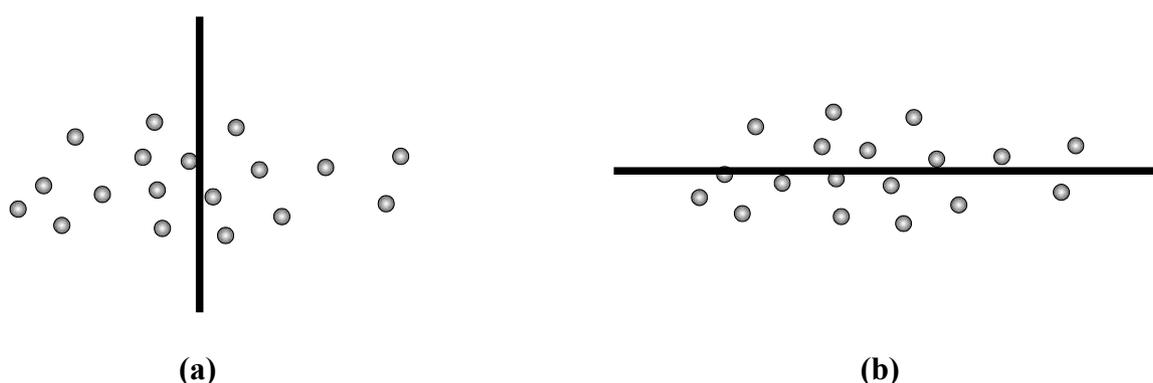


Figura 3: duas formas de se passar um eixo fatorial por uma nuvem de dados, de forma a distorcer o mínimo possível a estrutura desta nuvem (o que é melhor conseguido pela opção (b)).

No primeiro caso, a utilização de um eixo de resumo horizontal distorceria grandemente as informações, pois a comparação do somatório das variâncias de cada ponto em relação ao ponto médio com o somatório das variâncias das projeções de cada ponto sobre o referido eixo de resumo evidenciaria uma diferença importante. Por outro lado, o eixo ilustrado pelo segundo caso distorce bem menos as informações, pois a diferença entre o somatório das variâncias originais e projetadas sobre o eixo é bem menos importante.

No caso da construção do plano fatorial com o auxílio de algoritmo informatizado, cabe ao programa buscar o eixo mais adequado, e em seguida construir o eixo 2, ortogonal ao primeiro¹⁴.

3.5. Uma vez construído o plano fatorial, cabe ao pesquisador buscar uma interpretação para os eixos, em função das modalidades que mais contribuem para ele nas duas extremidades. Esta tarefa guarda pouca relação com algum tipo de *expertise* estatística, relacionando-se muito mais com o *savoir-faire* específico do pesquisador enquanto tal.

¹⁴ A ortogonalidade do segundo eixo em relação ao eixo principal é uma decisão metodológica, mais do que um imperativo de ordem técnica ou matemática. Há algoritmos que repetem para o eixo 2 o mesmo procedimento de busca do melhor eixo, caso em que este eixo não é necessariamente ortogonal ao primeiro. A opção pela ortogonalidade ou não do segundo eixo deve ser orientada pelas propriedades matemáticas que se deseja preservar, em função da análise que se deseja fazer (ver, nesse sentido, o aprofundamento desta discussão em Fenelon, 1981, p.88-138).

Anexo 6: Texto apresentado aos alunos:

Antibióticos falham no tratamento de infecções

Os pesquisadores descobriram quatro variedades de bactérias resistentes aos medicamentos existentes no mundo. Uma delas é responsável pela pneumonia

Rodrigo Caetano

Da equipe do Correio

Nova York — Os humanos costumam pensar que dominam todos os outros seres vivos. E essa idéia é reforçada quase todos os dias com os avanços da tecnologia. Porém, nos últimos anos, um grupo de criaturas de menos de um milionésimo de milímetro vem mostrando que não somos os donos do planeta. São as bactérias, microorganismos que povoam a Terra há 3,5 bilhões de anos. Algumas delas são benéficas e ajudam a flora intestinal como os lactobacilos vivos. Outras causam doenças como pneumonia e tuberculose. Existem 1,5 mil espécies conhecidas de bactérias, mas os cientistas suspeitam que elas passem dos milhões. O que não é suspeita, mas sim uma constatação é que, cada vez mais, esses microorganismos estão resistentes às únicas armas existentes contra elas: os antibióticos.

“Corremos o risco de voltar ao passado das pestes”, diz Hélio Sader, professor de doenças infecciosas da Escola Paulista de Medicina (EPM). “Vai chegar ao ponto de não encontrarmos nenhum antibiótico para usar”, completa. Essa situação é real. Os cientistas já registraram quatro variedades de bactérias que não podem ser vencidas por qualquer medicamento existente no mundo. Uma delas é responsável por um tipo de pneumonia. A outra é uma nova versão do bacilo da tuberculose. E as duas restantes causam infecções hospitalares.

E mais: já existem, pelo menos, 15 bactérias resistentes à vancomicina — o antibiótico mais eficaz. “Aqui no Brasil, há cinco cepas (variações de bactérias) que não respondem mais a esse medicamento”, conta o infectologista Eduardo Medeiros, presidente da Comissão de Controle Hospitalar do Hospital da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp).

Sader lembra de um exemplo ocorrido no Paraná sobre a ineficiência dos antibióticos. Um atleta de 19 anos sofreu múltiplas fraturas durante um acidente de carro e teve infecção em uma delas. Os médicos, depois de tentarem vários tipos de antibióticos, amputaram uma das pernas do rapaz. Mas a bactéria resistiu e o jovem morreu.

Em 1928, quando o cientista escocês Alexander Fleming descobriu a penicilina, ela foi considerada como a promessa de acabar com todos os inimigos invisíveis. Para os cientistas, a tuberculose e as doenças contagiosas desapareceriam. A peste negra, que dizimou a Europa na Idade Média, seria apenas uma lembrança ruim. Mas as bactérias venceram, resistiram. “Para as bactérias, os antibióticos foram uma pequena guerra prolongada”, afirma Steven Brickner, diretor do departamento de pesquisa de bactérias/antibióticos do laboratório Pfizer.

USO DESCONTROLADO

Antigamente, essa preocupação com a resistência não era tão grande. Quando a bactéria apresentava resistência aos antibióticos, cientistas e laboratórios se concentravam em um substituto. No final da década de 70 e início da década de 80, apareceram antibióticos mais potentes. Só que as possibilidades foram se esgotando. E para se chegar a uma fórmula inovadora, não basta boa vontade. O laboratório pode demorar mais de duas décadas e investir cerca de US\$ 300 milhões por ano. “De cada mil drogas que os cientistas pesquisam, apenas uma chega à população”, diz Sader.

Um dos fatores que mais contribuíram para aumentar a resistência das bactérias foi o uso indiscriminado dos antibióticos pela população. As drogas potentes foram usadas erradamente para

tratar infecções banais como dor de garganta. “Quando os antibióticos são usados com parcimônia, eles inibem o crescimento da bactérias. Caso contrário, ela vai ficando acostumada com a medicação e aprende a se defender”, explica Brickner. Para Sader, os médicos têm culpa no uso indiscriminado de antibiótico. Além disso, os antibióticos são vendidos nas farmácias livremente.

Outro erro que ocorre frequentemente é a falta de cuidado de higiene dos médicos e enfermeiras. Uma pesquisa revelou que os médicos norte-americanos lavam as mãos em média seis vezes a cada dez pacientes que atendem. E as enfermeiras, quatro a cada dez. E o grande centro de disseminação de microorganismos resistentes é justamente o hospital, principalmente nas Unidades de Terapia Intensiva (UTI). Nesse ambiente, há pessoas com sistema imunológico enfraquecido e submetidas ao uso de sondas e catéteres, equipamentos usados internamente e por isso focos de bactérias.

Foi assim, pela falta de saneamento nos hospitais, que as superbactérias chegaram ao Brasil em 1996. Segundo uma portaria do governo, todo hospital deveria ter uma Comissão de Controle de Infecções Hospitalares. Mas isso não acontece. “Apenas de 20% a 30% dos hospitais brasileiros possuem comissões atuantes”, critica Medeiros, presidente da Comissão do Hospital da EPM.

Anexo 7

Tabela : Categorização das respostas dos sujeitos (em cinza o padrão “lamackista” de respostas).

Ide	Gen	Niv	Q1	Q1j	Q1a	Q2	Q2j	Q2a	Q3	Q3a	Q4	Q4a	Q5	Q5a
1	2	1	3	1	2	5	2	1	1	1	1	1	1	1
2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	2	1	3	1	2	5	2	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1
5	2	1	1	1	1	3	2	2	1	1	6	1	1	1
6	1	1	5	2	2	1	6	3	4	2	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	6	1	1	1
8	2	1	5	2	2	1	6	3	4	2	1	1	3	2
9	1	1	3	5	3	3	6	3	4	2	7	2	3	2
10	1	1	5	2	2	5	2	2	1	1	2	1	1	1
11	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	2	2	3	1	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1
13	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	2	1	1	1	5	2	1	4	2	1	1	3	2
15	1	2	3	1	2	3	6	3	1	1	4	1	1	1

32	2	4	3	3	2	3	1	2	1	1	1	1	1	1
33	1	4	3	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
34	1	4	1	1	1	5	2	1	2	1	1	1	3	2
35	2	4	3	1	2	3	3	2	1	1	2	1	2	1
36	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37	1	4	3	4	1	5	1	2	1	1	2	1	1	1
38	1	4	5	2	1	4	5	1	2	1	6	2	1	1
39	1	4	1	1	1	5	3	1	1	1	1	1	3	2
40	2	4	5	3	1	3	6	3	3	1	2	1	2	1

