

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
DOUTORADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

A CORRELAÇÃO NO CONTEXTO DO ENSINO DE BIOLOGIA: — Implicações psicopedagógicas e epistemológicas

Tese submetida ao Colegiado da Pós-
Graduação em Educação para a
obtenção do Título de Doutor em Ensino
de Ciências Naturais.

Orientador: Prof. Dr. José Erno Taglieber
Doutorando: Ademir José Rosso

Florianópolis, fevereiro de 1998.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO
CURSO DE DOUTORADO EM EDUCAÇÃO**

**“A CORRELAÇÃO NO CONTEXTO DO ENSINO DE BIOLOGIA: -
Implicações psicopedagógicas e epistemológicas”.**

Tese submetida ao Colegiado do Curso de
Doutorado em Educação do Centro de
Ciências da Educação em cumprimento
parcial para a obtenção do título de Doutor
em Educação.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 18/02/98

Dr. José Erno Taglieber (Orientador)

Dr. Norberto Jacob Etges (Examinador)

Dra. Vera Lícia Vaz Arruda (Examinadora)

Dr. Fernando Becker (Examinador)

Dr. Eduardo Fleury Mortimer (Examinador)

Dra. Edel Ern (Suplente)

Dr. Francisco Antônio Pereira Fialho (Suplente)

Ademir José Rosso
Ademir José Rosso

Florianópolis, Santa Catarina, fevereiro de 1998.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, que me iniciou no mundo das letras, pegando-me pela mão para me ajudar a traçar as primeiras letras.

Ao meu pai, que mesmo não ter sido alfabetizado na escola por ser canhoto, me ensinou a pensar a lógica e a matemática fazendo cálculos em papel de cimento com lápis de carpinteiro.

A Neiva, minha esposa, que além de ser uma companheira com capacidades inigualáveis para o estudo e a pesquisa científica, durante minha doença, entre a vida e a morte na emergência do Hospital, sozinha, durante dias e noites seguidas não saiu do pé da cama.

A Aline, minha filha, e com ela, todas as crianças que estão crescendo, para que encontrem educadores capazes de manter viva a curiosidade, a imaginação e a criatividade.

A José Erno Taglieber, meu orientador e amigo e, com ele, todos os meus grandes e desafiadores professores.

Aos alunos de São Miguel d'Oeste e do curso de Pedagogia da UNIVALI de Tijucas, por terem proporcionado ocasião e permissão para discutir, confrontar, testar e solidificar meu projeto de conhecimento.

A Vera Lícia Vaz Arruda e demais professores e alunos do curso de Biologia da UFSC, participaram como sujeitos da pesquisa e colaboraram na concretização deste trabalho.

*Cabe mencionar (...) é freqüente a
confusão entre "empirismo" e "ciência
empírica"*¹

Rolando García (1997: 49)

¹ Grifos do autor

RESUMO

Esta tese é o resultado de uma investigação sobre a evolução da estrutura operatória formal da correlação, descrevendo e analisando suas manifestações em situações psicopedagógicas no curso de Biologia da UFSC. A pesquisa foi desenvolvida seguindo os princípios teóricos da psicologia e da epistemologia genética, aplicados ao ensino de biologia, à formação do biólogo e ao pensar biológico, dentro de uma demarcação defendida para a especificidade do objeto de estudo da biologia. A orientação teórica seguida é a piagetiana, secundada por contribuições de autores brasileiros, como Freitag (1985), Carraher *et al* (1991) e Rosso (1993), e estrangeiros como Lawson (1995), Tobin (1994), Shayer & Adey (1990) entre outros que se põem numa perspectiva construtivista e/ou interacionista. A coleta e o tratamento das informações deram-se no acompanhamento de uma disciplina escolhida em cada um dos semestres ímpares do curso, utilizando-se, para tanto, instrumentos, como testes, entrevistas, observações e provas dos alunos. Os resultados da investigação enfatizam que: 1) a correlação, como estrutura de rede, tem manifestações raras nas situações de ensino-aprendizagem de biologia; 2) quando desafiados e estimulados, os alunos chegam a expressar formas de raciocínio que contemplam os aspectos mais gerais da correlação; 3) as estratégias de ensino que priorizam a operatividade dos alunos se mostram favoráveis ao seu desenvolvimento; 4) as informações a respeito do crescimento da estrutura da correlação, ao contrário do que prevíamos, mostraram-nos que a interatividade do contexto do ensino com o conhecimento biológico, em si e por si, não é o fator determinante do seu desenvolvimento.

ABSTRACT

This thesis is the result of an investigation about the evolution of the operational structure of formal correlation, and the describing and analysis of its manifestations in psychopedagogical situations in the Biology Course at UFSC. The research was developed following the theoretical principles of psychology and of genetic epistemology, applied to the teaching of biology, to the preparation of the biologist and to the biological thought, within a demarcation defended for the specificity of the object of study of biology. The theoretical orientation followed is the Piagetian, supplemented by contributions of Brazilian authors, like Freitag (1985), Carraher et al (1991) and Rosso (1993), and foreign authors such as Lawson (1995), Tobin (1994), Shayer & Adey (1990), among who follow a construtivist and/ or interactionist perspective. The collecting of the data was conducted during the teaching of a chosen discipline during uneven semesters – 1st, 3rd, 5th, and 7th - of the course. The instruments used were tests, interviews, observations and results of students' exams. The results of the investigation indicate that 1) the correlation, as a structure of network, has rare manifestations in the situations of teaching and learning of biology; 2) when challenged and stimulated, the students reach the condition of expressing forms of reasoning that contemplate the most general aspects of correlation; 3) the teaching strategies that have as a priority the students' operational activities are demonstrated as favorable to their development; 4) the information about the growth of the correlation structure, contrary to what we had expected, demonstrated that the inter-activity of the teaching context with the biological knowledge, in itself and by itself, is not a determinant factor of its development.

Índice Remissivo

APRESENTAÇÃO DA TESE.....	10
CAPÍTULO I.....	15
A BIOLOGIA, SUA INVESTIGAÇÃO, SEU MÉTODO E O SEU ENSINO	15
1.1 A ESPECIFICIDADE DO OBJETO DE ESTUDO DA BIOLOGIA.....	16
1.2 TENDÊNCIAS DA INVESTIGAÇÃO BIOLÓGICA.....	21
1.2.1 A tendência reducionista.....	23
1.2.2 A tendência integradora.....	25
1.2.3 A supremacia da tendência atomista e suas conseqüências para a pesquisa biológica.....	27
1.2.4 Buscando a superação dos antagonismos.....	30
1.3 O CONHECIMENTO BIOLÓGICO E A OBSERVAÇÃO.....	35
1.3.1 O exemplo da física moderna.....	36
1.3.2 Observação e teorização.....	38
1.3.3 A interação entre observador \leftrightarrow observável.....	41
1.4 O ENSINO DE BIOLOGIA: PARA ALÉM DA INDUÇÃO E DA DEDUÇÃO.....	44
1.4.1 As diferentes lógicas de raciocínio presentes na psicogênese.....	46
1.4.2 O problema da lógica associada ao método científico e ao ensino de ciências....	49
1.4.3 O motor da ciência.....	51
1.4.4 O professor de ciências/biologia.....	54
CAPÍTULO II.....	60
O ALUNO DE BIOLOGIA E O PENSAR BIOLÓGICO	60
2.1 DO NOSSO TEMA DE PESQUISA: O PENSAMENTO BIOLÓGICO E A FORMAÇÃO DO BIÓLOGO.....	60
2.1.1 Curricular.....	62
2.1.2 <i>Modus operandi</i>	64
2.1.3 Psicopedagógico.....	68
2.1.4 Epistemológico.....	71
2.2 O ENSINO DE BIOLOGIA E O DESENVOLVIMENTO MENTAL.....	72
2.2.1 Fatores do Desenvolvimento Mental e a Construção do POF.....	73
2.2.1.1 O fator biológico.....	73
2.2.1.2 A experiência com o meio físico.....	75
2.2.1.3 O fator social.....	77
2.2.1.4 A auto-regulação.....	79
2.2.1.5 Os fatores da dinâmica mental.....	80
2.2.2 Ensino e desenvolvimento mental: é possível conciliar?.....	83
2.2.2.1 Estruturação mental e aprendizagem.....	85
2.2.2.2 Motivação, aprendizagem e estruturação mental.....	91
2.2.2.3 A sala de aula e o desenvolvimento mental.....	92
CAPÍTULO III.....	96
O PENSAMENTO OPERATÓRIO FORMAL E A ESTRUTURA DA CORRELAÇÃO.....	96
3.1 O PENSAMENTO OPERATÓRIO FORMAL.....	96
3.1.1 O POF em oposição ao POC.....	99
3.1.2 A característica de grupo do POF.....	102

3.2 AS ESTRUTURAS OPERATÓRIAS FORMAIS	109
3.2.1 <i>A dissociação dos fatores e a exclusão</i>	111
3.2.2 <i>A correlação</i>	114
3.2.2.1 <i>A gênese da estrutura da correlação e a sua interação com as demais estruturas formais</i>	117
3.2.3 <i>A correlação e o pensamento biológico</i>	119
3.2.4 <i>A correlação e o pensamento dialético</i>	121
CAPÍTULO IV	125
DAS INFORMAÇÕES COLETADAS SOBRE A CORRELAÇÃO	125
4.1 DOS PRINCÍPIOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	126
4.2 DOS PARÂMETROS E ELEMENTOS DA ANÁLISE	130
4.3 TESTE ESCRITO E ENTREVISTA	132
4.3.1 <i>Resultados qualitativos fornecidos pelo teste escrito e entrevistas</i>	132
4.3.2 <i>Resultados quantitativos fornecidos pelo teste escrito</i>	136
4.4 PASSAGENS DE AULA E QUESTÕES DE PROVAS POR FASE DO CURSO	139
4.4.1 <i>Dados relativos à primeira fase do curso de Biologia</i>	139
4.4.1.1 <i>Passagem de aula de campo</i>	140
4.4.1.2 <i>Questão de prova</i>	142
4.4.2 <i>Dados relativos à terceira fase do curso de Biologia</i>	148
4.4.2.1 <i>Passagem de aula</i>	149
4.4.2.2 <i>Questão de prova</i>	153
4.4.3 <i>Dados relativos à quinta fase do curso de Biologia</i>	157
4.4.3.1 <i>Passagem de aula</i>	157
4.4.3.2 <i>Questão de prova</i>	159
4.4.4 <i>Dados relativos à sétima fase do curso de Biologia</i>	168
4.4.4.1 <i>Passagem de aula</i>	169
4.4.4.2 <i>Questão de prova</i>	173
CAPÍTULO V	176
CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	176
5.2. IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS	183
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	186
ANEXOS	193
ANEXO I	193
Respostas dadas nas Entrevistas	193
ANEXO II	197
Teste escrito	197
ANEXO III	198
Tabulação dos testes por fase do curso	198
ANEXO IV	202
Passagem de aula de terceira fase do curso	202
ANEXO V	208
Tabulação do resultado da questão de prova na terceira fase do curso	208

Índice das tabelas, gráficos e esquemas

<i>Tabela I : Representação das correntes de interpretação do fenômeno vital.....</i>	<i>18</i>
<i>Tabela II: Comparação entre a construção de conhecimentos e a de estruturas mentais... 87</i>	<i>87</i>
<i>Figura 1: Esquema que representa o encadeamento crescente das estruturas mentais, ressaltando os aspectos da interdependência, da direção e da reestruturação dos níveis do desenvolvimento mental.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabela III: Diferenças entre o raciocínio do operatório formal e o do operatório concreto.....</i>	<i>101</i>
<i>Tabela IV: Tabela lógica para a formulação do conceito de aptidão em função da determinação genética, da seleção natural e fertilidade dos descendentes.....</i>	<i>108</i>
<i>Tabela V: Tabela de dupla entrada que traduz as possibilidades lógicas ligadas à correlação</i>	<i>116</i>
<i>Tabela VI: População que se constituiu na base das informações.</i>	<i>130</i>
<i>Tabela VII : Resultados finais considerando as fases do curso de Biologia e níveis de respostas tipificadas no teste escrito.....</i>	<i>138</i>
<i>Gráfico 1 : Distribuição dos estágios por fase do curso de Biologia.....</i>	<i>138</i>
<i>Tabela VIII: Idades dos alunos informantes e os seus estágios.....</i>	<i>139</i>
<i>Gráfico 2: Idades dos alunos informantes e os seus respectivos estágios.....</i>	<i>139</i>
<i>Gráfico 3: Número de acertos por partes da questão de prova dos alunos da terceira fase do curso de Biologia</i>	<i>155</i>

APRESENTAÇÃO DA TESE

A investigação que relatamos tem como tema de pesquisa a estrutura operatória formal da correlação. Nela procuramos fazer o traçado do uso desta estrutura ao longo do curso de Biologia da UFSC, estabelecendo as possíveis implicações psicopedagógicas e epistemológicas presentes no contexto de formação do biólogo.

O que desencadeou a problematização do tema foi o fato de, durante a investigação que promovemos na nossa dissertação de mestrado, termos encontrado um nível tão baixo da correlação no contexto normal do ensino, quando as informações de natureza psicométrica de Lawson et al. são comparativamente muito mais expressivas. Isso nos levou ao questionamento da metodologia de pesquisa aplicada — se fora correta ou não—; da forma de interpretação dos dados ou, ainda, da forma como foi compreendida a estrutura da correlação. Este problema gerou mais perguntas, as quais se incorporam à nossa investigação, entre elas: Como a estrutura da correlação se manifesta ao longo do curso de Biologia da UFSC nas situações psicopedagógicas? Qual a real contribuição da correlação na formação do biólogo? Possui esta estrutura o peso que o grupo de Genebra e as demais pesquisas lhe atribuem para o pensar biológico? Quais são as filiações possíveis entre o quadro de implicação lógica dos problemas/fenômenos biologicamente multideterminados e o funcionamento da estrutura formal da correlação?

Durante o desenvolvimento do trabalho, se, de um lado, cresciam as nossas dúvidas e problemas, de outro, íamos estabelecendo respostas, *a priori*, que necessitavam ser submetidas ao teste do contexto da sala de aula. Assim, ao cabo da exploração do tema e da sua estruturação como projeto de pesquisa, chegamos às seguintes hipóteses:

- ☑ as características presentes na especificidade do pensar biológico marcado pela diversidade, variabilidade e pelo aspecto relacional da vida possibilitam o desenvolvimento da estrutura operatória formal da correlação e, este, por sua vez, possibilita ao aluno do curso de Biologia um maior avanço nos conhecimentos biológicos, tanto em extensão como em profundidade;
- ☑ o funcionamento da estrutura formal da correlação, por centrar-se em aspectos hipotético-dedutivos, encontra-se na dependência de outras estruturas formais, como a probabilidade e a combinatória;

- ☑ por contemplar, na sua expressão, a síntese de todas as possibilidades, contradições e diversidades, a estrutura operatória formal da correlação possui características que a aproximam da dialética.

Como grande horizonte de pesquisa, pretendíamos fazer uma investigação genética da estrutura operatória formal da correlação, ligando-a à formação do biólogo e ao pensar biológico. A este objetivo geral somamos outros de interesse mais imediato, como os que se seguem:

- ☒ traçar o desenvolvimento da estrutura operatória formal da correlação dos alunos ao longo do curso de Biologia da Universidade Federal de Santa Catarina;
- ☒ estabelecer relações entre o desenvolvimento da estrutura operatória formal da correlação, o pensar biológico e o ensino de biologia;
- ☒ compreender o funcionamento da estrutura operatória formal da correlação no contexto do ensino-aprendizagem de biologia.

Aos poucos e à medida que coletávamos informações e estudávamos o tema, fomos definindo os campos teóricos que se constituem nas interfaces da tese. O nosso tema de pesquisa está relacionado com o campo mais geral da formação do pensamento biológico, como uma resposta estrutural das operações executadas pelos biólogos para dar conta de seu objeto de conhecimento —o ser vivo. É neste sentido que o título do trabalho comporta um subtítulo com duplo significado — *implicações psicopedagógicas e epistemológicas*— visto que a resposta específica para o *conhecer* e o *dar conta* do organismo vivo se nutre de uma *episteme* e *psique* próprias que devem se refletir na formação do biólogo, por sua co-naturalidade própria e diferenciadora dos demais campos científicos. O *dar conta* do organismo vivo não se reduz apenas à construção do conhecimento biológico, mas repercute também, numa diferenciação de estruturas próprias do sujeito do conhecimento. É nessa realidade de dupla face que se estabelecem as implicações epistemológicas e psicológicas para a estruturação e condução das atividades de ensino e aprendizagem do curso de Biologia.

A vida, entendida como uma realidade multideterminada, diversificada e relacional, que, com suas singularidades, comporta fatores intervenientes —tanto variáveis quanto históricos— exige do biólogo um trabalho intelectual diferenciado que inclui a correlação como uma estrutura de raciocínio necessária para que ele

compreenda a organização vital e as suas manifestações. A correlação, em si, apresenta aspectos e possibilidades que podem ultrapassar a faceta estatística ou numérica mais divulgada. Assim, de um lado, do ponto de vista das operações executadas, importa saber *como* os sujeitos chegam a estabelecer essas associações entre variáveis e fatores diversos e *como* essas operações se constroem ao longo da psicogênese. De outro, do ponto de vista da interação com os objetos biológicos, pretendemos explorar em que sentido e situações a correlação pode favorecer o entendimento do fenômeno da vida.

A organização da tese, presente nos seus quatro capítulos centrais e nas considerações finais, apresenta, sucintamente, os seguintes elementos constitutivos: os dois primeiros capítulos dão o contexto da problemática da tese, o terceiro constitui o marco teórico e o quarto apresenta as informações empíricas sobre a correlação.

O capítulo I, na sua primeira parte, propõe-se a discutir a biologia, sua investigação, seu método, buscando ressaltar a especificidade, do objeto de estudo da biologia. Como resposta a esta especificidade encontramos algumas tendências que dominaram a investigação biológica, como: a tendência reducionista, que, a partir do século XIX, apoiada na física e nos seus métodos, dominou em grande parte o panorama da pesquisa biológica; a tendência integradora, que, apoiada nos procedimentos da História Natural, busca uma visão mais global e integrada do organismo vivo; por fim a superação destes antagonismos foi buscada nos elementos e procedimentos patrocinados pela dialética.

Na segunda parte do capítulo I, com base nos elementos de ordem metodológica da biologia, procuramos estabelecer algumas implicações para o seu ensino. A primeira contribuição que retiramos do confronto entre a pesquisa naturalista e a da biologia experimentalista (hipotético-dedutiva) é a discussão direcionada para o conhecimento biológico e a observação. Neste tópico, a partir do exemplo da física moderna, discutimos o par observação/teorização, considerando a interação indissociável entre observador \longleftrightarrow observável na construção do conhecimento biológico. A segunda contribuição trazida provém da discussão indução *versus* dedução, com a qual, primeiramente, propomos um ensino de biologia para *além* da indução e da dedução, para, a seguir, discutirmos as diferentes lógicas de raciocínio presentes na psicogênese, passando ao problema da lógica associada ao método, chegando, por

O capítulo IV contém as informações coletadas sobre a correlação no contexto do ensino de biologia numa disciplina escolhida em cada um dos semestres ímpares do curso de Biologia da UFSC. Antecedendo os dados propriamente ditos, apresentamos os princípios metodológicos da pesquisa e os parâmetros e elementos da análise das informações. Na parte específica das informações coletadas, apresentamos, inicialmente, as análises de cunho qualitativo e quantitativo dos instrumentos utilizados, buscando esboçar uma leitura vertical ou o percurso evolutivo da estrutura da correlação por meio da análise do teste escrito e da entrevista. O outro bloco, mais extenso e de cunho mais analítico, visa esboçar uma leitura horizontal das informações relativas às passagens de aula e questões de provas.

Dadas as características da investigação, que busca estabelecer implicações psicopedagógicas mais do que a fixação ou aperfeiçoamento de uma teoria, escolhemos, para o fechamento da tese; apresentar elementos de natureza conclusiva de forma mais aberta —como considerações finais— não em tom definitivamente conclusivo.

CAPÍTULO I

A BIOLOGIA, SUA INVESTIGAÇÃO, SEU MÉTODO E O SEU ENSINO

Apesar da especificidade do objeto de estudo da biologia ser um dos fios que constitui a tessitura da nossa tese, neste capítulo, procuramos, inicialmente, sublinhar duas das características diferenciadoras do objeto de estudo da biologia, fazendo o contraponto com as demais ciências naturais, especialmente as físicas.

Se as características próprias do objeto de pesquisa determinam, de um lado, da parte do sujeito epistêmico, a assimilação de seus atributos dentro de quadros cognitivos prévios, de outro, poderão resultar numa acomodação das estruturas operatórias para *dar conta* dos seus atributos fatuais. Essa interatividade proporcionada pelo objeto de conhecimento possibilita que sejam plasmadas habilidades cognitivas próprias, forjadas, em parte, pelas demandas cognitivas requeridas pelo ser biológico e pela operatividade do sujeito epistêmico que, por sua vez, constrói o sujeito-biólogo. É o que afirma Piaget: "os fatos mostraram que as estruturas não se aplicam da mesma maneira a conteúdos diferentes e diferentes problemas, isto é, não são sempre susceptíveis de generalização imediata, isto é, há desfazamentos devidos à resistência em função do problema que se lhes põe" (1978: 84; in Inhelder et al.).

Essas características peculiares presentes na estruturação do pensamento biológico e do biólogo possibilitam, e/ou requerem, dentre outras formas próprias, o desenvolvimento da estrutura operatória formal da correlação. Por esse motivo, a formação do biólogo requer um contexto diferenciado de ensino, dentro do qual a compreensão do funcionamento da estrutura operatória formal da correlação no ensino-aprendizagem de biologia corrobora a compreensão das especificidades da vida e da formação do biólogo e para o pensar biológico.

Na parte final do capítulo, explicitaremos outros elementos indiretos sobre o assunto com base na discussão das implicações do nosso tema de pesquisa: o pensamento biológico e a formação do biólogo.

Neste capítulo, além do delineamento da especificidade do fenômeno da vida, apresentamos, também, as tendências da investigação biológica dentro do quadro das necessidades específicas do ser vivo e a observação, como uma habilidade específica, historicamente presente na investigação biológica e na formação do biólogo.

1.1 A especificidade do objeto de estudo da biologia

Dentre as características próprias presentes no objeto de estudos ser vivo, trabalharemos alguns elementos teóricos, capazes de pôr em relevo o que chamaremos de *caráter multideterminado da vida*. Segundo Piaget (1981: 256), “os aspectos específicos (...) são aqueles orientados para a interpretação daquilo (...) que é considerado como especial, a vida em si mesma”. Uma das especificidades apontadas é a da relação do organismo com o meio, sobre a qual assim se manifesta Piaget:

O objeto da biologia é o organismo vivo, e este último - contrariamente a um objeto físico qualquer - é, ele próprio, um sujeito de conhecimento, uma vez que possui uma sensibilidade, uma capacidade de aprendizagem, instintos e inteligência (...) o conhecimento constitui um caso particular das relações entre o organismo e o meio. (...) Estas relações constituem o objeto central da investigação biológica (1981: 255).

A multideterminação do fenômeno vital, presente nas relações entre o organismo e o meio, gera um certo número de obstáculos quando se quer considerar o caráter histórico e evolutivo da vida. Disso resulta que a dissociação dos fatores intervenientes se revela um empreendimento árduo, que dificulta, sobremaneira, a aplicação da regra da igualdade de circunstâncias. Isso tem como consequência que a dedução permanece “tanto mais dificultosa quanto mais pronunciadamente intervém o caráter, parcialmente aleatório, de qualquer desenrolar evolutivo”. Por isso, as classificações biológicas estão muito longe de atingir um grau de quantificação semelhante ao da tabela de Mendeleev em química, assim como a interpretação teórica da evolução está distanciada de uma dedução probabilística análoga à que logrou êxito no caso da termodinâmica (Piaget, 1981: 256).

Dessa forma, as tentativas de conceptualização dos caracteres específicos do conhecimento biológico, visando atingir a organização vital nas suas propriedades fundamentais, parece apresentar ligação entre o vital e o mental. Neste sentido, pode-se dizer que ao biólogo “não seria possível interpretar os fenômenos vitais, sem se

achar influenciado pelas suas próprias idéias acerca do desenvolvimento em geral – inclusive mental" (Piaget, 1981: 256-257).

Nesta ligação entre o mental e o vital, podem acontecer reducionismos tanto do inferior subordinado ao superior, como no vitalismo, quanto do superior ao inferior, como no reducionismo, comentados com mais detalhes na secção seguinte. Por outro lado, a superação do reducionismo e do anti-reducionismo, por meio de uma investigação conduzida – que considere as multiplicidades específicas, as escalas de observação e os níveis correspondentes aos patamares de evolução –, não poderá proceder senão de problema em problema, através de uma dialetização progressiva (Piaget, 1981: 258).

Sobre as possíveis interpretações existentes para que se possa explicar a relação do organismo com o meio, Piaget (1981) aponta seis pontos de vista, apresentando uma dicotomia essencial, que representa as interpretações reveladas da causalidade estrita e da transcausalidade. As interpretações causais são as verificáveis pela medição e pelo cálculo, tanto em sentido amplo como no específico; as transcausais, historicamente já suplantadas, são as que podem ser justificadas ou negadas apenas conceptualmente.

Em conseqüência, dentro de um quadro comparativo, apresentamos os seis pontos de vista construídos historicamente, que visavam possibilitar a variação adaptativa dos organismos vivos. Cada ramo da díade dada pela causalidade e pela transcausalidade comporta três possibilidades interpretativas, dependendo da forma como considera a relação organismo–meio.

Tabela I : Representação das correntes de interpretação do fenômeno vital

Transcausalidade	Criacionismo: A adaptação dos organismos se deve a uma harmonia preestabelecida
	Finalismo: determinado órgão se forma ou se modifica a fim de responder a certas exigências do meio.
	"Emergência": a evolução consistiria na emergência de uma seqüência de totalidades novas, não redutíveis aos seus componentes nem por combinação, nem por construção, e cujas qualidades refletiriam as influências, tanto exógenas como endógenas.
Causalidade estrita	Lamarckismo: as variações adaptativas derivam, apenas, da ação direta do meio, sendo o funcionamento o criador de órgãos.
	Pré-formismo: os genes são predeterminados e imutáveis; as variações procedem unicamente das combinações do genoma, ou das mutações endógenas selecionadas posteriormente pelo meio.
	Interacionismo: a interação entre o organismo e o meio ambiente resulta em regulações internas e das influências do meio que se exercem sob determinadas condições.

Fontes: Piaget (1981, 1990, 1973, 1983b, 1996).

Tendo considerado as matrizes teóricas apresentados por Piaget (1981), que tratam da relação do organismo com o meio e das suas possíveis interpretações, passaremos a trabalhar o conceito de *normalidade* sistematizado por Canguilhem (1977).

A *normalidade* é um conceito que não se expressa nas ciências físicas da mesma forma que nas ciências biológicas. A anomalia orgânica é muito diferente da irregularidade física, por apresentar mecanismos capazes de compensar os desvios, traduzindo-os como uma variação (ou anomalia menor). Assim, uma proteína globular apresenta propriedades bem diferentes de uma falciforme, que, por exemplo, na hemoglobina humana, pode apresentar-se como um tipo de anemia em ambientes normais (não sujeitos à malária); já, em ambientes sujeitos à malária, esses mesmos indivíduos serão adaptados, servindo-lhes como uma estratégia a mais de sobrevivência. Assim, para a biologia, entre o *normal* e o *anormal*, existe uma escala de possibilidades viáveis do ponto de vista biológico, todas elas podendo caracterizar e expressar variações do ser vivo (Canguilhem, 1977: 107-122).

A anomalia orgânica é diferente da anomalia física porque a vida conhece mecanismos que possibilitam a compensação de desvios pelas ações auto-reguladoras do ser vivo, características essas ausentes no mundo físico. A anomalia só pode ser concebida como tal se o organismo vivo for incapaz de interagir e de assimilar o meio, ou se ela inviabilizar o funcionamento do organismo, da sua reprodução. Retornando o exemplo anterior, temos que a alteração de um pequeno número de bases informacionais, do ponto de vista material, pode alterar toda a proteína; para o organismo vivo, porém, isso pode tornar-se uma adaptação para um determinado ambiente. Assim, a regularidade, a constância dos fenômenos e a organização da vida resultam de um concurso cooperativo entre agentes imediatos e mediatos (ou diretos e indiretos) (Canguilhem, 1977: 107-122). É o que afirma ainda o autor:

Existe uma diferença radical entre a física e a biologia. A doença e a morte de seres vivos que produziram a física (e os físicos!), tantas vezes com o risco de suas vidas, não são problemas de física. A doença e a morte dos físicos e biólogos vivos (estes sim) são problemas de biologia (1977: 122).

Para Canguilhem (1977), esse esforço reducionista, fruto da influência das ciências físicas, que trabalham somente com a normalidade, tem o efeito de anular o objeto específico da biologia, por se esvanecer a fronteira entre o vivo e o não vivo: “para o microquímico (...) (essa) diferença (deixa de ser) de ordem química, (e passa a ser) de ordem de operação” (Weiss, 1978: 50; *in* Inhelder et al.). Tal situação é reconhecida por Piaget (1981) ao referir-se ao caráter multifatorial do fenômeno vital, constatando a dificuldade que se tem para estabelecer uma dedução quando inter-vém, de forma pronunciada, um caráter parcialmente aleatório num desenrolar evolutivo. Por esse motivo, as tentativas de universalizar os processos de pesquisa da física e da química para a investigação da biologia, quando não redundam em ineficientes, reduzem os atributos específicos do ser vivo.

As contribuições de Canguilhem (1977) e de Piaget (1981) acenam para a dificuldade de serem estabelecidas leis universalmente válidas para a biologia se não forem considerados os fatores variáveis, como os históricos e os do meio, que interferem direta ou indiretamente na constituição da vida. Isso ocorre mesmo que tomemos um campo mais avançado da pesquisa biológica, como o da bioquímica, por exemplo, no qual, apesar da evolução qualitativa, e também quantitativa, dada

em direção do sentido hipotético-dedutivo e de uma matematização progressiva, tanto no sentido numérico como no da lógica, a investigação biológica mantém-se em diferentes graus, dependendo do campo de investigação, associada a uma base empírica (Lewis, 1984) e indutiva, mas com restrições (Black, 1979; Beckner, 1979) dada a diversidade e a singularidade dos fatores intervenientes.

Essa dependência, pelo menos parcial, da indução impossibilita que o biólogo assumira uma posição do tipo refutacionista ampla, sem resguardar a indução, dentro de um modelo que busca implicações lógicas entre múltiplas variáveis. Assim, para que se possa compreender e explicar fatores ligados aos contextos histórico-evolutivos e teleonômicos, como os da constituição, organização, interações e evolução das comunidades, que "não são levados em conta pelo modelo dedutivo", busca-se apoio num "modelo implicacional mais tolerante do que o dedutivo", isto é, pelo "encadeamento causal" (Beckner, 1979), "contendo referências às probabilidades" (Black, 1979). Em outros termos, abrem-se brechas metodológicas para que induções corroborem a formação do corpo teórico sintetizado em regras ou leis. Dadas estas dificuldades, a regra da igualdade de circunstâncias somente é possível numa aplicação mais ou menos aproximativa. Temos como exemplo de ciências biológicas que se perfilam a este modelo, entre outras, a ecologia, a zoogeografia, a fitogeografia, a etologia e a fisiologia desenvolvimentista.

A explicitação dos fenômenos biológicos mais gerais inclui, assim, uma série de fatores, dos quais se buscam associações, ligações e/ou dependências (*implicações*, no dizer de Beckner, 1979) do(s) fator(es). O relacionamento de fatos num fenômeno deve resultar de um trabalho mental, não simplesmente do fornecimento de dados (*diários, empíricos*) coletados e possíveis na investigação. Para se trabalhar hipóteses com auxílio de dados, tanto qualitativos como quantitativos (probabilísticos), visando construir uma noção ou conclusão, exige-se, muitas vezes, o funcionamento da estrutura da correlação.

Antes de explicitarmos de modo detalhado este trabalho mental diferenciado requerido do biólogo em certas situações, detemo-nos, na secção seguinte, a apresentar as tendências mais gerais encontradas no seio da investigação biológica.

1.2 Tendências da investigação biológica

Com relação aos grandes tipos de conhecimentos científicos, é temerário tentar uma opinião do tipo *bloco monolítico* sobre o que é conhecimento biológico. Por isso, se tomamos a biologia no seu sentido mais amplo, isso não ocorre com o propósito de unificá-la, mas, sim, de apontarmos as trilhas mais comuns que possibilitam a compreensão das formas mais gerais de pensamento encontradas no desenvolvimento das diversas ramificações da biologia.

A biologia não é uma ciência unificada, porque é constituída por uma grande diversidade de objetos, de interesses e de técnicas de investigação; é uma ciência que possui vários significados, e a "moderna" biologia, no dizer de Ralph (1996: 142), se constitui-se num *megatitan*. A multiplicidade de disciplinas encontradas no seio da biologia atesta essa diversidade. Conforme Nowinski:

O domínio da investigação biológica é vasto, e, nos diferentes setores dessa investigação, encontramos diferentes formas de pensamento - desde o pensamento classificativo e o pensamento puramente analítico, até o pensamento dialético (fundado nos princípios de totalidade, de desenvolvimento e de relatividade) (1981: 250).

Numa perspectiva histórica, a noção de espécie, por exemplo, pode ser caracterizada tanto nos aspectos de ordem conceitual (epistemológicos) como nos de ordem metodológica (Magnus, 1996: 521-545). Tomando o conceito de *espécie* anterior ao evolucionismo, esta é concebida como uma realidade estática e subordinada a uma ordem superior, que impõe a sua lógica aos indivíduos, entendidos como uma classe peculiar de objetos (seres vivos) que se assemelham ou se diferenciam pelos seus traços morfológicos (Piaget, 1996: 104). Definitivamente, com o desenvolvimento da idéia evolucionista, a ênfase conceitual é deslocada da pertinência a uma classe para a estrutura das relações constituídas ao longo da história do ser vivo.

Por sua vez, do ponto de vista metodológico, a estruturação do conceito de especiação, até os dias atuais foi marcada por uma "discussão polarizada entre os naturalistas e os experimentalistas" (Magnus, 1996: 522). Os naturalistas explicavam e provavam as suas idéias pelas informações fornecidas pelo evolucionismo, apresentando como provas fortes os casos de isolamento geográficos. Do lado dos experimentalistas, por sua vez, encabeçados por de Vries, há a contestação da idéia

de que as espécies resultam do isolamento geográfico, defendendo eles que o agente principal da evolução são as mutações genéticas. Estas últimas idéias são largamente aceitas por causa da sua ligação com as evidências experimentais. Os darwinistas, de outra parte, rebatem as idéias mutacionistas, argumentando que o método darwiniano de concordância de induções é a chave da boa ciência (Magnus, 1996: 522-523).

A superação da polarização entre mutacionistas e isolacionistas, ou de naturalistas e experimentalistas, no que se refere à conceituação de *espécie*, deu-se pela busca da síntese entre as duas tendências, feita por Dobzanski e Mayr, que combinaram, na teoria da evolução, a prática experimentalista com a naturalista (Magnus, 1996: 536-545). Vê-se, assim, que, ao longo do tempo, o conceito de *espécie* assumiu diferentes significados, conforme a compreensão de diferentes campos de investigação ou de enfoques metodológicos.

Em seguimento, passaremos a enunciar as formas mais comuns de investigação biológica, considerando os seus extremos. Conforme Jacob (1983: 14), na abordagem das ciências biológicas, duas tendências antagônicas, presentes no leque de possibilidades, dominam o processo de investigação: a tendência tomista/cartesiana ou reducionista e a tendência integracionista ou evolucionista.

Entre as duas tendências não há somente uma diferença de método e de objetivo; há também uma diferença de linguagem, de esquemas conceituais e, por conseguinte, das explicações causais de que é passível o mundo vivo: uma trata das causas remotas que trazem à cena a história da Terra e dos seres vivos durante milhões de gerações, trabalhando no sentido de interligar e de integrar elementos que atuaram nesta gênese; a outra tendência trata das causas imediatas que dizem respeito aos elementos constituintes do organismo, seu funcionamento, as reações ao que o cerca, trabalhando para dissecar os seus elementos constituintes. Muitas das controvérsias e mal-entendidos, especialmente ao que se refere à finalidade dos seres vivos, devem-se à confusão entre essas duas tendências, que, apesar do *antagonismo metodológico*, trabalham procurando instaurar uma ordem no mundo vivo.

A exacerbação dessas matrizes metodológicas, na medida em que leva a perder-se de vista a complementaridade do par dialético dado pela análise-síntese, resulta nas tendências reducionista e anti-reducionista, que nada possuem de

complementares. Na primeira, a análise é levada às suas últimas conseqüências, acabando por reduzir a biologia (o fenômeno da vida) à físico-química. Assim, a biologia, na busca de um nível de integração cada vez mais elementar (baixo), despreza o fenômeno da vida dos seus atributos específicos, aproximando-se das ciências físicas. Na segunda, temos a supremacia da síntese, pela qual se trata de nivelar os fenômenos de nível inferior aos de nível superior. Na dogmatização do anti-reducionismo, encontramos as tendências ditas hoje "holísticas"¹, que se aproximam do finalismo e do vitalismo, procurando acrescentar predicados sempre superiores aos existentes no nível e/ou fenômeno considerado. Em oposição, há a exacerbação da corrente analítica, que, na luta contra a antropomorfização da biologia, acaba por reduzi-la à físico-química.

1.2.1 A tendência reducionista

Para a tendência reducionista, o organismo é um todo, que deve, porém, ser explicado apenas pelas propriedades das partes; daí o seu interesse pelo órgão, pelos tecidos, pela célula e pelas moléculas. Sua prática consiste em descobrir as bases teóricas nas partes *mínimas*, sendo, neste sentido, atomista. A biologia tomista/cartesiana é assim chamada porque pretende dar conta das funções a partir das estruturas elementares.

Por isso, o biólogo tomista trata de isolar os elementos constituintes de um ser vivo e de buscar condições que lhe permitam estudá-los em um tubo de ensaio; a sua esperança está em decompor ao máximo possível a complexidade, o que lhe possibilitaria analisar os elementos com o ideal de pureza e certeza representado pelas experiências da física e da química; a sua meta é descrever o organismo em termos de molécula e de interações moleculares.

Para o reducionismo, *analisar quer dizer decompor*, por conseqüência, o que é decomposto acaba eliminando níveis de integração mais complexos. No confronto entre duas ciências, não são decompostas e eliminadas as leis próprias da ciência natural mais especializada, mas, sim, os limites que a separam da ciência vizinha mais geral. Assim como a físico-química conseguiu levantar leis naturais de seu raio de

¹ O sentido da ironia advém da crítica que fazemos às aproximações místicas do fenômeno biológico.

pesquisa até chegar às leis gerais da física, a bioquímica conseguiu explicar muitos dos fenômenos biológicos, como o da reprodução, por exemplo, pela ação conjunta dos hormônios reprodutivos. Com esse procedimento, ocorreu a aproximação do fenômeno reprodutivo da química, o que fez recuar os limites entre a biologia e a química em direção à química.

O princípio da pesquisa analítica é o de tentar levar os fenômenos e as propriedades de um ramo científico de uma camada mais ampla de categorias a um ramo vizinho e mais restrito, visando explicá-los por meio das estruturas mais específicas (Weisz, 1978: 47-49; Lorenz, 1974: 122-123). Em suma, o atomismo metodológico consiste, essencialmente, na prática de pesquisa que busca os elementos ou os fatores últimos, independentes tanto das relações mútuas como em relação à totalidade do processo histórico que é necessário explicar.

De um lado, o erro do método reducionista consiste em deixar de lado atributos organizacionais ou funcionais, não explicando as razões do recorte feito ou não retornando, no momento da síntese, às estruturas mais complexas nas quais se encaixam os sistemas subordinados. E somente a partir destas propriedades é que podem tornar-se compreensíveis as propriedades dos elementos da organização em sua totalidade. De outro modo, o método acerta, como bem exemplifica Canguilhem ao comentar a atuação de Mendel em um campo eivado de ideologias e interesses das mais diversas naturezas. Afirma Canguilhem:

Mendel não manifestava qualquer interesse pela estrutura, pela fecundação ou pelo desenvolvimento. (...) A hibridação é um meio de decompor, é um instrumento de análise, de dissociação de caracteres na condição de operar com grande número de casos. (...) Não se interessa pela sexualidade, nem pela questão do inato e do adquirido, da pré-formação ou da epigênese, (mas) se interessa em verificar, através do cálculo das combinações as conseqüências de sua hipótese (1977: 37-38).

Ainda, mais adiante, ao comparar Mendel com Darwin, diz: "foi o primeiro a retirar radicalmente os fenômenos da hereditariedade à competência dos embriologistas, para fazer destes fenômenos um objeto de estudo que se bastava a si próprio, (...) formulando (...) as regras de combinação de caracteres" (Canguilhem, 1977: 97). Dessa forma, segundo Canguilhem, Mendel insere no conjunto da problemática uma cunha analítica com a qual esgota exhaustivamente os elementos fornecidos por seus experimentos, organizando-os em quadros matemáticos.

Certamente, o atomismo não nega os fenômenos de integração e de emergência de propriedades novas e, sem dúvida, o todo pode ter propriedades que ultrapassam os seus elementos constituintes. Estas propriedades, porém, resultam e são possíveis graças à estrutura e à articulação desses componentes que, ao serem integrados, tornam possíveis novas propriedades mais gerais do fenômeno vivo em questão.

1.2.2 A tendência integradora

A urgência e a necessidade de discussão da questão ambiental vêm reforçando a tendência a uma compreensão mais ampla e integral do ser vivo. Conseqüentemente, a busca da integração dos conhecimentos biológicos é uma tendência metodológica crescente dentro da investigação da biologia moderna, que busca a articulação entre a análise e a síntese dentro de uma nova concepção – a concepção de totalidade. Os interesses passam, assim, a centrar-se nas coletividades, nos comportamentos, nas relações que os organismos mantêm entre si e com o meio; seu objetivo é especificar as forças e os caminhos que conduziram os sistemas vivos à diversidade da fauna e da flora atuais e à interdependência, enquanto vivos e enquanto em relação com o ambiente.

Para o biólogo que busca a integração dos sistemas vivos, o órgão e a sua função só têm interesse quando considerados no interior de um todo, constituído não somente pelo organismo, mas pela espécie. O biólogo integracionista se recusa a considerar que *todas* as propriedades de um ser vivo, seu comportamento, seus desempenhos, possam ser explicados por suas estruturas moleculares; para ele, a biologia não pode reduzir-se às leis naturais da física ou da química. Isso porque a integração em todos os níveis confere aos sistemas propriedades que seus elementos isolados não têm no nível inferior, ou seja, as partes, o órgão, a molécula, só são entendidos com base no conjunto de relações em que se inserem. O todo não é, apenas, a soma das partes; contém em si as propriedades dos níveis inferiores; dessa forma a sua negação prejudica o entendimento da gênese da propriedade ou da estrutura em questão.

Faz-se necessário considerar que todas as ciências da natureza, inclusive a física, começam pela descrição, passando, posteriormente, à classificação dos fenômenos

descritos e, enfim, à abstração das leis predominantes. A experimentação serve como uma forma de transformação para abstrair e verificar a partir dessas transformações leis naturais, visando confirmá-las ou negá-las, sendo, portanto, a última etapa do processo. Esses procedimentos, aos quais Lorenz (1974:121-129) denomina de *descritivo, sistemático e monográfico formal*, passam, genericamente, por diferentes etapas e devem ser observados em todas as ciências naturais, independentemente de serem biológicas ou não.

No seu desenvolvimento como ciência, a física chegou há muito tempo ao estágio experimental e monográfico, atingindo um grau tão adiantado de abstração que o objeto só pode ser definido depois de resultados conclusivos de experiências. Tais métodos, pensam muitos, deveriam ser utilizados nos ramos da pesquisa biológica, na qual a observação e a descrição seriam indicadas apenas como momentos transitórios. No entanto, para a biologia, que trata de investigar sistemas orgânicos muito mais complexos e integrados que os fenômenos puramente físicos, esses últimos passos se tornam necessários, devendo ser rigorosamente observados. Como todas as leis da biologia decorrem das funções e das estruturas que constituem o organismo, é completamente inútil tentar abstrair as leis que governam seu comportamento sem começar pelo seu estudo descritivo, através do qual se poderá avançar na direção de uma compreensão mais complexa e integrada do ser vivo.

O ponto fraco da exacerbação da tendência integradora na investigação está na presença de sistematizações prematuras e na carência de representações relacionais, as quais, no intuito de explicar certos resultados, extrapolam, não esgotando os meios de análise disponíveis num determinado momento histórico. Com isso, favorecem-se as representações ontológicas, nas quais os dados são encaixados numa causa primeira ou final, tais como forças ontológicas ou vitalistas (Piaget, 1981: 255-281; Weisz, 1971: 13-15). Neste procedimento de querer resgatar à força a visão de totalidade, acaba-se por atribuir propriedades superiores às permitidas e compreendidas nos fenômenos vivos.

Embora exista essa necessidade básica de integração para o desenvolvimento da pesquisa biológica, é fácil entender por quê, na biologia moderna, há uma pressão muito grande no sentido de se imitar a física: é que o modelo de investigação físico-químico fornece um método efetivo de pesquisa (Lorenz: 1974: 121-123). Esta necessi-

dade de "imitação de qualquer modelo de ciência já constituído", segundo Canguilhem (1977: 36), trata-se de ideologia e, como tal, "é movida por uma necessidade inconsciente de acesso direto à totalidade" (olhando-a enviesado) "do lado de uma ciência já instituída, cujo prestígio reconhece e cujo estilo procura imitar" (41).

Os conhecimentos de bioquímica sobre a reprodução, retomando um exemplo anterior, não permitem que se forme um novo ser, mas permitem interferências e modificações eficientes no curso reprodutivo das espécies, conforme os interesses (muitas vezes, questionáveis) do homem. E isso tem tudo a ver com os modelos dominantes de desenvolvimento tecnológico e econômico (Kneller, 1980: 205-224; Piaget & Garcia, 1987: 227-244), os quais a tendência integradora crítica e começa a minar, questionando a supremacia da visão antropocêntrica sobre as demais espécies; defendendo a tese de que a vida somente é possível graças à interdependência e às trocas com as diversas espécies vivas e que a visão do mundo vivo, com base em um enfoque antropocêntrico, é prejudicial, inclusive, ao próprio homem enquanto espécie, não apenas ao ambiente (Boff, 1995: 110-114).

1.2.3 A supremacia da tendência atomista e suas conseqüências para a pesquisa biológica

A afirmação de que os processos vitais são fenômenos físico-químicos é absolutamente correta.(...) A afirmação de que "os processos vitais, no fundo, não são nada além de fenômenos físico-químicos" é absolutamente errada. Pois é justamente em função daquilo que é essencial aos processos vitais e exclusivamente característico para eles que podemos distingui-los de outros processos físico-químicos (Lorenz, 1986:).

Os cientistas, por serem filhos e frutos de sua época, não são imunes ao problema da dominação cultural, expressa nas diferentes formas de desenvolvimento e, muitas vezes, de modismos, que acarretam conseqüências claras sobre as ciências naturais (Kneller, 1980: 205-224). A biologia, por ser uma ciência que, na escala de valores da opinião pública, ocupa um nível *inferior* de certeza, tem pela frente uma tarefa extraordinariamente difícil, que é a de opor toda a resistência de que for capaz ao poderio dos reducionismos ontológicos (Lorenz, 1974, 1986). Tais reducionismos, atuando do ponto de vista epistemológico, retiram e/ou deixam de lado atributos do objeto de investigação; por conseqüência, desaparecem as diferenças entre sistemas vivos mais simples e sistemas vivos complexos, enfraquecendo-se o caráter específico

dos fenômenos estudados. Sobre isso, pergunta Kneller (1980: 239): "se toda a biologia pode ser explicada em termos físico-químicos, existirá qualquer diferença fundamental entre vida humana ou qualquer forma de vida e a matéria inorgânica?"

Se, de um lado, segundo Bastos (1992: 64), o reducionismo do século XIX representou "uma visão repleta de exageros e distorções (de outro), foi extremamente importante para o desenvolvimento da biologia, pois alertou os naturalistas para o fato de que as propriedades macroscópicas dos organismos estavam relacionadas a uma realidade microscópica que necessitava ser estudada". Exemplificando: para o biólogo molecular que pesquisa o DNA, tanto o *Homo sapiens* como uma *Escherichia coli* possuem valores idênticos. Isso não quer dizer que, em determinadas situações, a redução não seja, apenas, possível, como até necessária para que se domine e compreenda melhor um fenômeno. Saliente-se: *apenas* como um momento da produção científica.

Entre os biólogos, essa deformação pode ser expressa pela primazia concedida à física clássica e aos seus métodos de investigação. A física clássica constitui a base da organização do *sistema de gavetas* e sem contradição, buscado pela tendência atomista das ciências biológicas. Assim, cada análise bem-sucedida, em qualquer nível integrado dos sistemas vivos, mesmo no mais alto, é um passo na direção da física, buscando a sua compreensão e integração no nível elementar (Lorenz, 1974: 122-125; Lorenz, 1986:).

Ampliando um pouco mais a discussão, corroboram, ainda, a deformação atomista os conceitos de *exatidão* e *certeza* da física, forjados junto ao público e que não coincidem em nada com os padrões da física moderna. Essa predominância da física nas ciências naturais não se fundamenta nos princípios da física quântica, mas, sim, em fatores outros, como os de ordem comercial, de dominação cultural e do senso comum. O julgamento das ciências pela opinião pública contemporânea, com base em padrões da física clássica, tende a considerar menos válidas as ciências cujo campo de pesquisa é mais complexo, interdependente do contexto e dependente de múltiplas variáveis não matematizáveis nos quadros newtonianos/cartesianos. Para essas situações, a solução do problema "aponta para (o) deslocamento do critério de verdade da correspondência para a coerência relativamente ao sistema de relações; (...) das proposições aos sistemas de proposições" (Machado, 1995: 273),

A pretensa exatidão que criticamos, buscada no âmbito da pesquisa biológica, não tem nada a ver com o nível de integração e de complexidade de seu objeto específico; tem, sim, tudo a ver com processos de simplificação, parcelização ou atomização de um todo em elementos ou partes; ainda mais: de partes *puras*, que se constituiriam de uma *substância* única, compacta. Só assim esta *substância* poderia, então, ser quantificada, classificada e enumerada. Essa visão é, de um lado, metafísica, por considerar tais unidades de base indissociáveis, compactas, *substâncias*, etc. e, de outro, de senso comum, por apoiar-se em princípios matemáticos simples, não relacionais. A exatidão de uma investigação depende exclusivamente da autocrítica do pesquisador, da pureza de seus métodos e/ou da forma como consegue transitar entre eles; importa, acima de tudo, manter, considerar e compreender a complexidade relacional e contextual que dá sentido e coerência ao fenômeno da vida. Para Lorenz:

A designação (...) de "ciências exatas" para a física e a química, visa denegrir todas as outras ciências. Fórmulas conhecidas como: "Toda a pesquisa de um naturalista contém tanta ciência quanto matemática", ou "A ciência consiste em medir o que é mensurável e em tornar mensurável aquilo que não o é", são, do ponto de vista teórico e humano, as maiores besteiras jamais ditas por pessoas que deveriam saber mais das coisas (1974: 122).

Se, fora da ciência, o critério determinante de *maior validade* é o da exatidão, dentro da própria ciência, os critérios priorizados, embora em sentido um pouco diferente, se aproximam do estereótipo. Mas temos que considerar que a utilização de métodos de investigação parecidos com os da física clássica, sem ser levada em conta a eficiência que eles possam ter na investigação biológica, constitui-se num erro tão grosseiro quanto o do julgamento expresso pelo público leigo sobre a exatidão ou não de uma ciência.

Todas as ciências da natureza, à semelhança da física, começam pela descrição, passando, depois, à classificação dos fenômenos descritos para que possam embasar o estabelecimento das leis. A experimentação, assim, entra no contexto da verificação dessas leis. Retomando o que comentamos sobre o desenvolvimento do conhecimento científico, com a inversão de perspectiva do caminho de chegada a leis gerais, como se dá na física, convém enfatizar que isso não implica, de forma alguma, que os métodos de investigação dessa ciência devam ser estendidos aos demais campos da pesquisa científica. E ainda mais: não indica

que as atividades de pesquisa, como a observação e a descrição, sejam mais sujeitas a erros e não favoreçam o avanço do conhecimento científico.

Assim, mesmo que a biologia, no seu desenvolvimento, tenha se originado de uma investigação de origem *naturalística* e se utilize da descrição e da observação com maior frequência que a física, desde os seus primórdios, é possível encontrar muitos casos de *descobertas* e leis biológicas que antecederam a comprovação experimental (Lewis, 1984).

1.2.4 Buscando a superação dos antagonismos

Os autores em que fundamentamos a nossa discussão ressaltam a necessidade de superação dos antagonismos metodológicos anteriormente discutidos. Desse modo, mesmo que as alternativas apresentadas por eles sejam influenciadas pelos campos de investigação em que se apóiam, apontam para uma compreensão da biologia que ultrapassa as atitudes simplificadoras veiculados nos antagonismos metodológicos.

As duas tendências antagonônicas manifestam-se como "uma simples questão de pontos de vistas", vendo as coisas do topo, globalmente, ou pela sua base, nos mais pequenos detalhes, mas, no fundo, "não possuem nenhuma diferença entre elas" (Weiss, 1978: 50; *in* Inhelder et al.). Desse modo, a superação não se dará, apenas, pelo conhecimento da contradição metodológica, mantendo-se fora delas, examinando-as à distância ou opondo-as (Pinto, 1979: 208-215); dar-se-á, sim, por uma atitude do biólogo pela qual ele seja capaz de pensar por contradição, instalando-se no âmago das contradições objetivas e, não, pondo-se do lado de fora das mesmas.

Jacob, como biólogo molecular que é, compreende as limitações da biologia molecular, quando ela se encerra sobre si mesma, e atenta para uma nova articulação, que seria dada pela hereditariedade, a qual, segundo ele, constitui a ordem da ordem biológica. O autor consegue apontar na direção de uma dialética ao afirmar:

Se as espécies são estáveis, é porque o programa é rigorosamente recopiado, signo por signo, de geração em geração. Se elas variam, é porque de tempos em tempos o programa se modifica. Por um lado trata-se de analisar a estrutura do programa, sua lógica, sua execução. Por outro, o que importa é pesquisar a história dos programas, seus desvios, as leis que regem suas mudanças através das gerações em função dos sistemas ecológicos. Mas em

todos os casos é a finalidade da reprodução que justifica tanto a estrutura dos sistemas vivos da atualidade quanto sua história (Jacob, 1983: 15).

O autor compreende a necessidade de uma dialética que parta do campo de investigação da hereditariedade. Entretanto, com essa concepção, ele tende para uma dialética que fica dentro do seu campo de compreensão, não avançando na direção das outras ciências biológicas e da biologia como um todo. Não seria, contudo, um novo reducionismo atribuir à genética o papel de integradora da biologia?

Piaget, que, na sua juventude, atuou como zoólogo, também se insurge contra a polarização das tendências presentes nos antagonismos metodológicos. Segundo ele, a superação dos antagonismos se daria por uma "biologia positiva" (1981: 258), que, pela superação das duas simplificações – reducionista e anti-reducionista –, conduziria a uma dialetização progressiva do conhecimento biológico. Para caminhar nessa direção, considera necessário distinguir "no conhecimento biológico (...) os aspectos (...) comuns a outras formas de conhecimento características de todas as ciências (...) com os aspectos específicos, ou seja, aspectos orientados na interpretação daquilo que (...) é considerado como especial da vida em si mesma" (Piaget, 1981: 256).

Para os conhecimentos biológicos com características comuns a outras ciências, o método de investigação é o mesmo das ciências mais avançadas, contemplando tanto a indução das leis quanto a coordenação entre dedução e experiência (Piaget, 1981: 256); porém, nunca deduzindo o menos geral do mais geral, menos ainda pelo isolamento do objeto, procedimento que corta os elos de suas relações com o todo, sobretudo quando entre os fenômenos existe uma variação qualitativa. Todo o objeto particular é, na verdade, um processo particular dentro de um processo mais geral. Assim, a indução de leis que regulam os comportamentos diretamente percebidos das coisas possibilita a descoberta de regularidades de funcionamento apenas no plano mais aparente, nunca o conhecimento das interconexões mais profundas dos fenômenos. O processo de conhecimento caminha das leis particulares para as leis gerais da realidade, contidas nas suas manifestações particulares (Pinto, 1979: 463-475).

Para fenômenos históricos ou evolutivos da vida, entretanto, a dissociação dos fatores se revela um difícil empreendimento, pois a regra da igualdade de condições

só é, aproximadamente, aplicável. Quanto mais pronunciadamente intervém um carácter aleatório de um fato evolutivo, tanto mais difícil se torna a dedução desse carácter. Assim, o trabalho da biologia consiste em penetrar cada vez mais na razão dos fatos observados e em integrá-los em leis cada vez mais gerais, que vigoram em outros setores limitados do real (Piaget, 1981: 256- 257).

Isso indica que, para a compreensão dos caracteres especificamente biológicos, exigem-se do biólogo comparações, não somente as ligadas às multiplicidades específicas ou às escalas de observação, mas, também, as ligadas aos níveis correspondentes e aos patamares de evolução. Noutros termos, não se poderá proceder senão gradualmente, de problema em problema, para que se possa compreender a organização vital, de um lado, como a integração crescente das regulações internas e, de outro, das influências do meio exercidas em certas condições (Piaget, 1981: 259).

Para mostrar uma obra do ponto de vista dialético, apresentamos um apanhado dos elementos teóricos presentes nas discussões efetuadas por Novinski (1981: 232-237) na análise que faz da teoria de Darwin. Da singularidade com que a teoria de Darwin faz a reconstituição histórica do desenvolvimento das espécies, podemos retirar alguns elementos metodológicos como próprios da dialética.

a) *A singularidade e a via indireta da teoria abstrata para a reconstituição do processo histórico e para a designação de espécies concretas.*

Com relação ao processo histórico, afirma Novinski:

A teoria da seleção apresenta um modelo abstrato, dotado de estrutura dinâmica, apoiado em invariantes que determinam o mecanismo de transformações. O modelo assim concebido é susceptível de ser imposto ao processo que se desenrola num fragmento qualquer (...) da história concreta da vida sobre a Terra (...), servi(ndo) para a explicação do processo que tenha lugar numa (...) época qualquer, sejam quais forem as coordenadas de tempo e do lugar (1981: 231).

De posse deste princípio, que *transcende a história*, Darwin deduz o seu "regresso à história concreta da vida, (...) traça(ndo) as vias da sua reconstituição", possibilitando, assim, "chegar aos fatos e às formas concretas" (232). Darwin ascendeu ao princípio teórico da seleção pela generalização dos fatos, que fornece as diretivas ao sistema de classificação.

A noção de *espécie* é "definida em relação com o sistema de ligações dinâmicas", do qual se encaminha o processo de variação, veccionado pelo mecanismo de seleção. Dessa forma, "os indivíduos concretos, variedades, espécies (...) são formados no decurso histórico da vida", apresentando, então, "um duplo significado: de uma classe de indivíduos ou de populações e de um *elo*² da cadeia de relações históricas" (Novinski, 1981: 233).

b) A especificidade da relação entre a função significativa e a formação designativa das noções teóricas desse sistema.

A noção de *espécie*, na obra de Darwin, possui, de um lado, uma função significativa, dada pela sua compreensão ou caráter intensivo, relativo às teses da teoria da seleção natural; de outro, uma função designativa, que lhe dá a extensão, possibilitando os encaixes dados pelas semelhanças e pelas diferenças, forjadas no desenrolar histórico da vida. A articulação entre o significativo e o designativo possibilita a construção "de uma genealogia comum dos seres vivos" e aos seus "grupos subordinados, forma(ndo) um sistema hierárquico" (Novinski, 1981: 230).

c) O caráter da teoria da seleção enquanto metateoria do sistema de classificação.

A teoria da seleção apresenta um modelo abstrato, dotado de estrutura dinâmica, apoiado em invariantes que determinam o mecanismo das transformações, estabelecendo as diretrizes do procedimento taxionômico, tendo em consideração o reconhecimento do objetivo cognitivo definido - a restituição da genealogia (Novinski, 1981: 231).

d) A necessidade de aplicação de esquemas operatórios do tipo "classe-relação".

Para Darwin, "o processo contínuo de diferenciação das formas faz surgir (...) formas relativamente invariáveis, e estas formas estabilizadas isolam-se" (235). Assim, não é possível, no dizer de Novinski:

reparar unicamente na continuidade das transformações e deixar de lado a descontinuidade das formas (...) ou sublinhar inversamente e abstrair da continuidade. A compreensão da continuidade-descontinuidade do desenvolvimento histórico da vida tornar-se-á impossível sem a fusão da classificação e da (relação), e sem a aplicação dos esquemas operatórios do tipo classe-relação (1981: 235).

²Grifo de Novinski

Esses quatro elementos do escopo teórico-metodológico da teoria darwiniana podem ser complementados por outros três elementos metodológicos mais gerais (Novinski, 1981: 236-237). São eles:

- 1) com o método da generalização, Darwin parte dos fatos para chegar à teoria geral. Discorrendo com base em premissas admitidas hipoteticamente, constrói a teoria da seleção, enquanto estrutura dinâmica determinada, e, entre outros procedimentos metodológicos, utiliza-se da análise de fatores, da experimentação mental, da indução eliminadora;
- 2) com o uso de postulados teoricamente admitidos, vai construindo noções no seio da teoria, chegando, assim, a definir *espécie* como um sistema de ligações dinâmicas para o qual se encaminha o processo de variação;
- 3) com a concretização das teses e das noções teóricas, busca chegar aos fatos e às formas concretas. Aqui, Darwin faz uma verdadeira reversão metodológica, deduzindo da teoria da seleção a explicação causal para a formação da diversidade de espécies no processo histórico da vida.

Se analisarmos a teoria darwiniana, atentando para os elementos exclusivamente de ordem metodológica, podemos destacar duas atitudes principais. A primeira delas se orienta pelo princípio do atomismo, no entanto, quando se fez necessário reconstruir a genealogia histórica, Darwin introduziu na sua obra o princípio de totalidade. Dessa forma, a evolução da vida na Terra é reconstituída através dos seus componentes particulares, ao mesmo tempo que, para definir esses elementos, exige-se que sejam referidos ao sistema total de relações genéticas. A segunda tendência é dada pela articulação entre a dedução e a indução, isto é, a reconstituição do processo histórico da vida dá-se pela dedução da teoria da evolução. Quando, porém, se trata de analisar formas vivas, concretas, Darwin usa a indução. Apesar dos elementos fortemente dialéticos trabalhados por Darwin, ele pára na ante-sala da dialética, por buscar leis universais e supra-históricas e por dar aos mecanismos invariantes da evolução um caráter absoluto, independente do desenrolar dos fatos históricos.

Tendo-se descrito os extremos das tendências da investigação biológica, visando à superação dos seus antagonismos pela tendência dialética, na próxima secção, destacar-se-ão alguns elementos relativos à observação, elencando-se alguns indicativos para o ensino de biologia e para a formação do biólogo.

Dentro das tendências mais gerais presentes na investigação biológica que denunciam as pistas preferenciais percorridas pelos investigadores, passaremos a discutir um elemento metodológico particular da biologia — a observação. Nessa análise, procuraremos sublinhar o carácter indissociável que a observação possui em relação à reflexão, à interpretação ou à teoria.

1.3 O conhecimento biológico e a observação

(...) quando eu olho para uma célula, entro (nela) e olho ao redor, (...) observando cada vez mais, coisas que a maioria das pessoas não pode ver porque não prestam atenção em cada uma das partes (Bárbara MacClintock)³.

Nesta seção, procuramos pontuar uma relação epistemologicamente, possível entre o conhecimento biológico e a observação, trazendo para a análise elementos tanto do contexto da criação e invenção como do contexto da justificação. Destacaremos algumas implicações para o ensino de biologia e para a formação do biólogo, partindo daquilo que se entende como *observação* no contexto geral atual da ciência e da biologia.

Tomando Bárbara MacClintock como uma pesquisadora típica da moderna biologia, com base na epígrafe de sua autoria, podemos perguntar: 1) Que elementos metodológicos estão implícitos ou teoricamente “precipitados” no seu olhar? 2) Esse “entrar na célula” trata-se de um olhar psicológico ou epistemológico? 3) O que é um olhar treinado para *ver* as coisas da biologia? 4) Em que condições esse olhar pode fazer parte dos elementos didático-pedagógicos do curso de Biologia? 5) Por que professor e aluno, diante de um mesmo material biológico, nem sempre observam a mesma coisa? Tal fato se deve exclusivamente ao *olho treinado* do professor?

Inicialmente, procuramos responder às perguntas de forma indireta, por meio de um exemplo da física; aprofundamos, a seguir, o par observação/teorização e, finalmente, na parte da discussão do tema, fazemos uma retomada, considerando a especificidade das perguntas e apresentando aspectos relativos à interação

³Resposta de MacClintock à pergunta de Marcus Rhoades, sobre como ela conseguiu tanta coisa apenas com o seu microscópio ótico. Extraído de McGAYNE, S. B. *Mulheres que ganharam o Prêmio Nobel de Ciências*. São Paulo: Marco Zero, 1994. p. 165

observador \longleftrightarrow observável. Começaremos, inicialmente, pontuando elementos buscados, em um campo científico mais *consagrado* pelo grande público - a física moderna.

1.3.1 O exemplo da física moderna

A passagem da física clássica para a teoria da mecânica quântica não aconteceu pelo acúmulo de observações e experimentos rigorosamente controlados, mas, sim, por uma nova forma de pensar a natureza. A profunda ruptura da física clássica, cuja visão dominante do universo era determinista e newtoniana, pela teoria da mecânica quântica não se deu somente pelos elementos materiais presentes nos seus enunciados, mas, principalmente, pelos princípios metodológicos que conduziram à teorização da mecânica quântica.

No dizer de Brockman (1989: 228-235), a ruptura se deu pela presença de três princípios metodológicos: o primeiro foi o estabelecimento do princípio da incerteza, ou seja, de que é impossível conhecerem-se, simultaneamente, certos pares de propriedades de uma partícula; o segundo é o de que não faz sentido a descrição de um fenômeno se não se leva em consideração seu observador, pois "observadores diferentes costumam descrever de maneiras diferentes o mesmo fenômeno" (Hazen e Trefil, 1995: 243), e o terceiro princípio, o da não-localidade, diz que é impossível determinar-se a localização exata de um determinado objeto.

Nesta seção, não serão trabalhados o primeiro e o último princípios; apenas o segundo, que é mais instrutivo para os nossos propósitos, por romper com a crença de que a realidade é objetiva, podendo, por isso, ser vista sem paixões e independentemente do observador. A posição tomada pela teoria quântica é a de que o observador e o objeto observado estão, de algum modo, fundamental e inextricavelmente ligados um ao outro. Isso também pode ser dito de outra forma: o conhecimento de um fenômeno e os elementos provenientes de uma observação não derivam, exclusivamente, dos dados fornecidos pelo observável, mas contêm, de alguma forma, as contribuições do cérebro do observador ou seja, a realidade percebida de forma fragmentada precisa ser enriquecida e complementada pela atividade intelectual do sujeito-observador.

Conhecimentos dessa natureza não provêm, exclusivamente, dos dados fornecidos pelos observáveis ou, tampouco, da atividade intelectual do pesquisador; tornam-se possíveis graças à correspondência existente entre os observáveis e as operações do sujeito. No entanto, conhecimentos dependentes das operações do sujeito e/ou apoiados em sistemas teóricos exigem fidelidade aos dados fornecidos pelo observável, para que a atividade do observador corresponda e seja capaz de explicar efetivamente o fenômeno. Com isso, não são gerados novos fenômenos, apenas novas interpretações e o conhecimento de novas facetas do problema. O conhecimento acumulado em determinado fenômeno, por mais profundo que seja, não será capaz de gerar novos fenômenos. Piaget enfatiza a necessidade de as teorias/interpretações corresponderem aos fenômenos e, comparando os conhecimentos dessa natureza com os conhecimentos lógico-matemáticos, com uma certa ironia, declara:

Os conteúdos das generalizações indutivas não são fornecidos somente para os observáveis relacionados aos objetos: o signatário dessas linhas consagrou muitos anos ao estudo dos moluscos, mas as generalizações por ele feitas (...) não conduziram a produção do menor escargot, entretanto os seus colegas matemáticos possuem a oportunidade de criar formas e conteúdos sem saírem da mesa de trabalho (Piaget, 1978: 220),

Nesse sentido, o conhecimento biológico não pode, de forma alguma, constituir-se de forma válida apoiado-se, apenas, nas operações intelectuais do sujeito, desgarrado do real, como algo inteiramente alheio ao que ocorre. Na comemoração do seu octogésimo aniversário, ao responder a uma pergunta/provocação feita por Apostel⁴, sobre se a causalidade não seria uma atribuição de operações lógicas do sujeito aos objetos materiais, Piaget responde:

Concebo matemáticos idealistas que pensam que os seres matemáticos não têm relação com o real. Concebo, um pouco menos, mas enfim acontece, físicos idealistas que constroem modelos, que dizem não saber se correspondem ou não ao real. Mas não concebo biólogos idealistas porque para fazer biologia exige que mergulhemos no real, o nosso próprio organismo. (Piaget, in Inhelder et al, 1978: 74)

⁴ INHELDER, B. GARCIA, R. VONÈCHE, J. (Org.). Epistemologia genética e equilíbrio. Lisboa: Horizonte, 1978.

1.3.2 Observação e teorização

O contexto da observação/teorização da biologia atual, com sua multiplicidade de estilos e de ramificações, é muito diversificado frente ao modelo observacional da antiga *história natural*, em que a biologia era predominantemente descritiva e classificatória; em termos metodológicos, era empírico-indutiva. A observação desempenhava um papel capital, aliás, como o é ainda para as ciências biológicas taxionômicas, anatomo-morfológicas e históricas. Para a história natural, a teorização era tida como um passo *a posteriori* e como derivada, atuando na sistematização dos dados coletados anteriormente, na fase de observação. Enfim, a teoria e a interpretação eram concebidas de forma dissociada da observação, como conseqüências diretas dela. Hoje, cada vez mais, encontramos na biologia, como na física, fenômenos concebidos teoricamente antes mesmo da obtenção de dados empíricos (observacionais) comprobatórios, situação que será comentada mais detalhadamente quando for abordada a relação existente entre dedução e indução no contexto das ciências biológicas.

Em continuação, aprofundamos a nossa discussão, recorrendo à metáfora de um peixe no aquário usada por Bohm (Brokman, 1989: 228-239). A observação simultânea do peixe por duas câmaras serve para exemplificar como uma ordem que parece ausente, pode estar implícita e aparecer sob condições adequadas. Toma-se como argumento que a ordem implícita encontra-se no "domínio em que as coisas-acontecimentos estão englobadas numa totalidade ou unidade subjacente ao mundo explícito de coisas e acontecimentos separados" (Brokman, 1989: 231), isto é, das coisas que, muitas vezes, apesar de não serem percebidas diretamente pelo observador, são as que lhe conferem significado. O que determina o significado de uma observação é o apreendido sobre o fenômeno, o todo; assim, em princípio, quem apreende a totalidade, ainda que implicitamente, está mais apto a observar do que quem pouco apreendeu. Não se trata da quantidade de elementos observados e conhecidos, mas da qualidade das ligações estabelecidas entre os elementos observados.

Se a realidade tangível está englobada em algum tipo de ordem implícita diferente da presente nos elementos materiais captados (explicitados) pelo observador,

ao contrário da percepção no seu estado puro, as propriedades daquilo que chamamos de *espaço vazio* são, de fato, a plenitude daquilo que se constitui na base para a existência de tudo, inclusive de nós mesmos. Assim, as células de Hooke, inicialmente percebidas como espaços vazios, eram bem diferentes das células observadas hoje, uma vez que muita coisa foi *acrescentada/construída* nesses espaços vazios descritos por ele há mais de trezentos anos. Quem preencheu tais vazios foi a atividade intelectual-mental de vários sujeitos observadores/teorizadores, que, como pesquisadores, ao longo de mais de três séculos, empreenderam uma atividade que deu unidade (cimentou) a essa realidade, percebida inicialmente de forma fragmentada (vazia). As coisas que se mostram a nossos sentidos são formas derivadas, e seu verdadeiro significado só pode ser visto quando consideramos a plenitude em que elas são geradas e sustentadas.

Quando um aluno entra pela primeira vez num laboratório de biologia e observa ao microscópio uma lâmina da epiderme de cebola em água, o que ele vê não é outra coisa senão vazios. Comprovar isso não é tão difícil assim, basta ver como os primeiros desenhos presentes nos relatórios dos alunos são bastante parecidos com os de Robert Hooke. O professor, por sua vez, vê os vazios de outra forma, acrescentando-lhes um conteúdo. De onde vem esse conteúdo? Resulta do estudo do professor e das suas observações ao microscópio, que possibilitam todo um significado particular, plasmado ao longo de sua formação e exercício profissional. O professor aprendeu muito sobre célula, por isso, vê o que o aluno ainda não é capaz de ver.

Certamente, o microscópio de Hooke é uma pálida representação dos microscópios óticos de nossas universidades, e isso sem falarmos do microscópio eletrônico. Quando um universitário está diante de um microscópio pela primeira vez, ele pelo menos, já imaginou inúmeras vezes o que seria uma célula, observou gravuras nos livros, decorou conceitos e classificações celulares, ou seja, o ponto inicial do aluno está muito além do ponto de partida de Hooke. É por esse motivo que o aluno, em pouco tempo, observará mais coisas, ocupará melhor o *espaço vazio* da célula. Hoje existe toda uma teoria celular que, no tempo de Hooke, era inexistente. E não só teoria: existe também muita técnica de preparação, usada para fazer a *célula falar*, mostrar-se ao estudante. Bárbara chegou a *descoberta* dos transposons porque

preparou a célula e o DNA para que *revelasse* tal mensagem; não se contentou apenas em observá-la somente em situações normais.

Passamos, agora, de uma realidade em que se buscam elementos cada vez mais específicos para outra em que se procuram os elementos mais gerais e invariantes, considerando o caso da fixação dos princípios evolutivos.

Darwin não se contentou com a fixação das formas de vida atuais e das que teriam existido no passado, encontradas nos fósseis; por isso, buscou explorar o espaço desconhecido entre elas, ligando-as, unindo-as dentro de uma lógica. A sua ação, ou a sua criação mental (teoria), proporcionou a compreensão de que, entre as espécies passadas e presentes, não existe, apenas, o vazio: existe um processo contínuo de transformações que perpassa o tempo. Essas transformações não se encontram prontas nos dados disponíveis; são, isto sim, construídas pela atividade intelectual do pesquisador, que adentra o escuro e lança luzes capazes de dinamizar e compreender tal realidade.

Sobre essa trajetória investigativa presente nos avanços das explicações científicas, Pinto afirma:

(...) a representação dos fenômenos vai obrigatoriamente se deslocando da superfície sensível aos fatos e da captação imediata das coisas, de que resultam as modalidades elementares da racionalização, para as camadas mais profundas de estrutura dos fenômenos (...). A idéia de um fenômeno cada vez mais exige ser relacionada com o processo total da realidade, de que emerge o fato estudado, e assim se tornam constantemente mais visíveis e significativas as relações internas das coisas com o processo geral que as produz e explica (1979: 200).

Disso tudo, por ora, podemos concluir que, para a compreensão das coisas-acontecimentos de ordem implícita, via observação, precisamos considerar: 1) que a pesquisa caminha da superfície para a profundidade, penetrando cada vez mais na razão dos fatos observados, integrando-os em leis cada vez mais específicas ou mais gerais; 2) que elas fazem parte de uma totalidade ou globalidade que inclui a base de maior multidimensionalidade da ordem implícita e 3) a atividade intelectual do pesquisador que, no esforço de compreensão e aproximação dos elementos que *resistem* a se mostrar escancaradamente, inventa sistemas conceituais, que funcionam ou não para a dedução das suas conseqüências frente às evidências observacionais.

1.3.3 A interação entre observador ↔ observável

Retornemos, agora, às perguntas que levantamos sobre o olhar de Bárbara McClintock. Na sua resposta, "quando eu olho para uma célula, entro (nela) e olho ao redor, (...) observando cada vez mais, coisas que a maioria das pessoas não pode ver porque não prestam atenção em cada uma das partes", chama a atenção pelo sentido da experiência do observador, ressaltando a concentração, o interesse, a intensidade do pensamento e a necessidade de se fazer uma série de operações para chegar a esta *intimidade*. Trata-se de um depoimento que retrata a profundidade do olhar que interage com seu objeto de conhecimento, de quem vê o objeto na perspectiva do objeto, saindo de si e *entrando* nele, na *intimidade* de seus atributos.

A resposta transcrita, ao enfatizar os aspectos afetivos e emocionais da interação, ressalta como isso repercute na psique do observador, ou seja, situa-se no plano psicológico. Trata-se de um olhar descrito em termos psicológicos, mas, subjacente a ele, enquanto resultado da interação com o objeto de conhecimento, apreendendo atributos e propriedades, está presente o epistemológico, que nutre e dá significado ao psicológico. Como a própria Bárbara afirma noutra parte da obra (166), "provém da intensa concentração no material de estudo".

Em relação a essa situação, e referindo-se especificamente ao dinamismo inerente a um sujeito que procura inventar soluções para um problema (ou lacuna) proveniente de perturbações internas ou externas, Piaget (em Inhelder et al., 1978: 49) afirma: "neste momento, os esforços (...) são devidos a uma interação indissociável entre o (observável) e o sujeito (...), que tenta 'ativamente' reequilibrar-se".

Esse olhar (ou interação cognitiva) não é feito somente das sensações do olho; envolve também o pensamento e é da maior importância didático-pedagógica, pois é capaz de dinamizar as energias psíquicas do indivíduo, colocando-as a serviço da aprendizagem. Para formar biólogos com essa capacidade de *olhar* para as coisas vivas, não bastam os manuais de laboratório; é necessária a habilidade do professor, que deve gerar perturbações que possibilitem ao aluno *entrar* no ser vivo, interagindo profundamente com ele. Esse é o espírito da observação!

Finalizando nossa discussão sobre a observação, apresentamos dois exemplos do livro de MacGrayne (1994), que ilustram a necessidade da indissociabilidade entre a

observação e a interpretação. O primeiro caso trata de um insucesso na interpretação dos dados fornecidos pela experiência, e o segundo, de uma interpretação exitosa e coerente de um problema, no qual os dados experimentais coletados e apresentados *fugiam* aos padrões comuns estabelecidos pelos pares para a observação.

Os Joliot-Curie puseram uma fonte de polônio emissora de partículas alfa próxima a um pedaço de berílio, que emitiu raios poderosos capazes de penetrar no chumbo. Ao colocarem diferentes elementos na trajetória dos raios e bombardearem a parafina, que é uma fonte rica em prótons, desprenderam-se prótons de alta energia à velocidade de um décimo da velocidade da luz. O casal chegou, assim, à conclusão de que se tratava de raios gama. Entretanto, Rutherford ao ler os resultados publicados, argumentou que os raios gama não têm massa, não podendo, por isso, fazer com que partículas pesadas como os prótons se movimentem tão rapidamente. Chadwick, ao repetir o experimento no laboratório de Rutherford, concluiu que se tratava de nêutrons, descoberta que lhe valeu o Prêmio Nobel. Assim, apesar dos Joliot-Curie (Irène Curie e seu esposo Frédéric Joliot) terem produzido a prova experimental da existência dos nêutrons, não chegaram a entender os próprios dados (MacGrayne, 1994: 142-143).

O segundo caso está relacionado com a descoberta dos *transposons*. Bárbara MacClintock, após semear milho obtido por autofecundação, observou, a partir da germinação, que um dos pés de milho apresentava folhas com manchas albinas de tamanho semelhante lado a lado e que uma continham muitos riscos finos e verdes, enquanto seu par continha apenas alguns riscos. Pelas manchas complementares dispostas lado a lado, a pesquisadora concluiu que algum incidente estranho afetava as células da planta à medida que elas se dividiam. Deduziu que, se as células possuem a mesma informação genética, com o dano, uma célula ganhara algo que a outra perdera. Comparando os cromossomos das duas regiões das plantas e de suas matrizes ao microscópio, Bárbara deduziu que partes dos cromossomos tinham trocado de posição. Depois de seis anos de pesquisa diligente, ela conseguiu provar que um gene não precisa ter uma posição fixa no cromossomo; ele pode movimentar-se em todas as direções, ligando-se e desligando-se várias vezes durante o desenvolvimento da célula.

A resposta à pergunta sobre como os genes eram controlados não foi, entretanto, acolhida prontamente pelos biólogos moleculares, cuja preocupação se orientava em outra direção, ou seja, eles trabalhavam para determinar a estrutura química dos genes. Enquanto ela trabalhava avaliando as características colhidas da morfologia das plantas e dos seus cromossomos, os biólogos moleculares aplicavam os princípios da física aos problemas biológicos. Desse modo, os químicos e físicos que, na época, procuravam as evidências físicas da hereditariedade menosprezavam os trabalhos anteriores feitos por cristalógrafos, bacteriologistas, bioquímicos, geneticistas. Assim, passaram-se mais de vinte anos para que os resultados de Bárbara MacClintock fossem aceitos, pois não se tratava de algo material, físico, procurado pelos biólogos de "vanguarda". Tratava-se de um sistema funcional, fluido, em movimento, que se transformava e se regulava intrincadamente, descrito com base em dados anatomo-morfológicos, não materiais, físico-químicos (MacGrayne, 1994: 173-179).

Sintetizando, o casal Joliot-Curie, mesmo tendo executado e descrito corretamente o experimento, não conseguiu explicar os resultados de forma convincente; já MacClintock, apesar de ter observado e interpretado os resultados, não teve as suas conclusões aceitas prontamente. Os registros materiais das observações efetuadas por Bárbara McClintock estavam mais para o modelo da história natural do que para os da biologia molecular e da física moderna; os resultados obtidos por ela conduziram-na à construção da teoria dos *transposons*, que, no entanto, demorou mais de vinte anos para ser compreendida pelos biólogos moleculares. No fundo, a resistência não estava na metodologia de pesquisa adotada, mas, sobretudo, nas propostas teóricas, que rompiam com o modelo dos genes como material fixo, não dinâmico, apontando para um modelo muito mais funcional do que material.

Retomando a questão da observação, podemos afirmar que, assim como não existe um modelo padrão capaz de explicar as novidades teóricas, também não existe um modelo observacional ideal capaz de fabricar *novidades* científicas. O ideal é que observação e interpretação estejam imbricadas, unidas, andem lado a lado. Sozinha, a observação não é suficiente; ela sugere, mas não dá a resposta, dá apenas a descrição do fenômeno e as suas manifestações (Alves, 1984: 29). Assim, o problema não é da técnica da observação em si, mas da atividade intelectual do observador, que faz perguntas, apostas, e interpreta informações fornecidas pelo observável, buscando

respostas para suas perguntas, criando o novo. Foi o que disse McClintock ao receber o Prêmio Nobel, aos 83 anos de idade: "(...) solicitando ao pé de milho (objeto) que resolvesse problemas específicos e observando suas respostas" (MacGrayne, 1994: 182).

Concluindo, o pé de milho *resolveu os problemas* de Bárbara porque ele continha (ou foram preparados) elementos (propriedades) análogos aos que estavam presentes nas operações efetuadas por ela. Isso podia não ter acontecido se ela não lhe tivesse atribuído as propriedades adequadas, capazes de o *fazer falar* (Piaget, 1978: 73; *in* Inhelder et al.). Dizendo de outra forma, "é necessário bem mais que 'pé de milho' ou objetos para registrar informações, é preciso que o sujeito assente os seus esquemas (cognitivos) sobre os objetos para lhes conferir significações" (Piaget, 1978: 68; *in* Inhelder et al.).

Após discutirmos o papel da observação no âmbito da pesquisa biológica e algumas das suas interações com o ensino e a formação do biólogo, aprofundaremos, na próxima secção, a questão metodológica, ultrapassando a polaridade indução-dedução e chamando atenção para o motor da ciência, de onde tiramos mais alguns princípios de atuação docente, sempre considerando os princípios da teoria genética.

1.4 O ensino de biologia: para além da indução e da dedução

Nesta secção, poderíamos centrar o foco da discussão sobre as formas lógicas historicamente debatidas que visavam a explicitar a investigação científica, mostrando quão falha e pretensiosa é a idéia da indução ou quão lógica e coerente é a dedução. Preferimos, porém, labutar noutra direção, centrando nossa atenção mais no motor da ciência do que nas pistas percorridas por ela. Por isso, atacaremos, primeiramente, a pertinência ou não da unificação metodológica, só depois avançando a discussão na direção do nosso propósito – o motor da ciência – para retirar daí alguns princípios para a atuação dos professores frente ao ensino de ciências.

Começamos apontando o paradoxo em que poderíamos incorrer se buscássemos a prescrição dos elementos da lógica científica ao contexto pedagógico ou vice-versa. Por isso, a análise do conhecimento científico sob este foco cai na polaridade indução \longleftrightarrow dedução, impossibilitando o intercâmbio entre o lógico e o pedagógico. Vamos a ele.

O método didático que segue a lógica dedutiva, partindo de uma idéia/princípio universalmente aceita para chegar aos casos particulares deduzidos do princípio, é tido como dogmático/tradicional e contrário aos princípios básicos da pedagogia atual. Na ótica da dedução, as singularidades são apresentadas como casos particulares, ilustrações ou confirmações do dogma científico.

Outro método didático é o que se propõe a fazer um caminho inverso. Fundado na maiêutica socrática, pode também ser chamado de método ativo, dialógico, histórico-crítico, etc. e fundamenta-se na prática do professor, que atua propondo questões e conduzindo o aluno à descoberta/construção dos princípios teóricos. Parte-se, assim, das singularidades para se chegar ao(s) princípio(s). Esta prática é tida como pedagogicamente correta porque corresponde à evolução da lógica e das formas de raciocínio mais empregadas pelos alunos (operatória concreta e indutiva), contrariando o que é tido como epistemologicamente (logicamente) correto (lógica dedutiva) enquanto validade de conhecimento.

Esse paradoxo poderia ser formulado da seguinte maneira: como favorecer um processo de ensino pedagogicamente correto, que promova a construção do conhecimento, considerando os princípios epistemológicos (lógicos da dedução)? Ou, formulando o paradoxo de um modo mais orgânico: como integrar de forma relacional, dinâmica e harmônica os elementos advindos dos campos de investigação psicológica, epistemológica e da lógica no ensino de biologia?

A discussão entre o que é epistemologicamente (melhor dizendo, logicamente) correto e o que é pedagogicamente correto não se traduz em resultados concretos quando se tem em mente a necessidade de se compreender melhor o funcionamento *da cabeça* do aprendiz que constrói noções e significados. A discussão das opções lógicas diz respeito, apenas, às possíveis (e diversas) direções seguidas na justificação e na validação dos conceitos, não expondo, de modo algum, as raízes do processo de criação e, menos ainda, a forma como o sujeito se estrutura na construção dos conceitos. E é isso o que realmente interessa levantar para a formação científica, para a formação do biólogo.

Posto o paradoxo, apresentam-se as diferentes lógicas de raciocínio presentes nos estágios piagetianos, passando-se, posteriormente, à discussão sobre a inconsistência da escolha exclusiva de apenas *um* método de ensino. Por fim, fixar-nos-emos

nas idéias que consideramos nucleares para os nossos propósitos psicopedagógicos e epistemológicos: o motor da ciência e uma provável atuação dos professores frente aos elementos fundantes da ciência.

1.4.1 As diferentes lógicas de raciocínio presentes na psicogênese ^{5 6}

A epistemologia estuda o conhecimento enquanto relação entre sujeito e o objeto, e (...) a lógica (estuda) a análise formal do conhecimento, (...) trata(ndo) apenas da validade interna dos sistemas de proposições (Piaget, 1976 ; 4-5).

A lógica é a axiomática das estruturas operatórias, da qual a psicologia (...) do pensamento estuda o funcionamento real (Piaget, 1976: 14).

Para o termo *psicogênese*, adotamos a definição dada por Piaget & Garcia, enunciando os dois⁷ problemas ou campos que fazem parte da investigação psicogenética:

1) A psicogênese dos conhecimentos ou estudo da formação e natureza dos instrumentos cognitivos enquanto submetidos às normas que o sujeito dá ou aceita nas suas atividades endógenas ou enquanto relacionados com o objeto.

2) A psicogênese dos processos fatuais enquanto independentes de qualquer característica normativa (...) do verdadeiro e do falso, tendo por objeto apenas o funcionamento psicofisiológico dos comportamentos (1987: 20).

A epistemologia genética de Piaget concentra-se especificamente na análise do conhecimento lógico-matemático e do conhecimento científico, não em todas as formas de conhecimentos possíveis. Para captar melhor essas formas de pensamento e da inteligência operatória, utilizaram-se modelos lógicos, os quais são relativamente libertos de conteúdo, possibilitando, assim, uma compreensão mais extensiva dos fatos psicológicos ou mentais. Porém, existem diferenças entre a lógica operatória utilizada por Piaget e a lógica axiomática utilizada pelos filósofos e lógicos; em alguns pontos, eles podem até coincidir, mas, em essência, possuem objetivos bem distintos (Lourenço, 1994: 149-169). Frente ao objeto da lógica, o objetivo de Piaget não era traçar o desenvolvimento da lógica, mas, sim, determinar a lógica do desenvol-

⁵ Podemos encontrar uma excelente análise da história das relações entre lógica, linguagem e pensamento e a situação de Piaget dentro desta perspectiva histórica em Chiarottino 1984.

⁶ Sobre as relações existentes entre lógica operatória, epistemologia e psicologia, ver a parte introdutória do livro *Ensaio de lógica operatória* (1976).

⁷ Psicologia e epistemologia.

vimento, ou seja, a lógica de Piaget diz respeito *à forma de pensar*⁸, não aos conteúdos dos pensamentos (Chiarottino, 1994: 71). Mesmo assim, o seu modelo de desenvolvimento possibilita que entendamos o desenvolvimento da lógica.

Os estudos sobre a formação das operações na criança são conduzidos sob o ponto de vista de que "a lógica é o espelho do pensamento, não o seu inverso" (Piaget, 1983b: 36)⁹ e de que o indivíduo, ao longo de seu desenvolvimento mental, apresenta diferentes padrões de estruturação lógica. Os padrões lógicos evoluem, partindo da lógica das ações presentes nas coordenações inteligentes a partir do período pré-verbal, prolongando-se numa lógica secundária desenvolvida a partir da linguagem manifesta como lógica transdutiva e, finalmente, passando pela lógica indutiva para chegar à lógica dedutiva. A elaboração dos padrões lógicos de raciocínio é um percurso que começa no nascimento do indivíduo e que se prolonga pela vida, atingindo o ponto mais elevado de equilíbrio a partir da adolescência.

Do nascimento até a aquisição da linguagem propriamente dita, a lógica manifestada pela criança é um prolongamento dos esquemas hereditários centrados nos estímulos sensoriais e nos movimentos. O objetivo dessa lógica é a coordenação do esquematismo das ações sensório-motoras "que se aplicam a uma série de objetos novos e análogos entre si e de novas situações igualmente análogas" (Piaget: 1983a: 28). A coordenação dos esquematismos e a diferenciação dos esquemas em subesquemas visa, entre outras coisas, à construção da permanência do objeto e à organização das ações.

Com a aquisição da linguagem, a criança apresenta um padrão de raciocínio fruto de uma laboriosa elaboração, classificado de *pré-lógico* (pré-operatório = por não possuir, ainda, reversibilidade e coordenação de encaixes lógicos). A atenção da criança está centrada mais no conteúdo do que na forma, ainda que ela não distinga convenientemente o que corresponde ao objeto e o que pertence ao sujeito, o que revela uma confusão íntima entre o mundo psíquico e sua necessidade lógica. A regra da dedução espontânea das crianças neste período (até aproximadamente

⁸Grifo nosso. Esta forma de pensar diz respeito aos "instrumentos que o sujeito se serve para resolver problemas, donde derivam e como são elaborados" (Piaget & Garcia, 1987: 25).

⁹A parte inicial dessa obra discute as relações entre inteligência e lógica, as diferentes metodologias de investigação entre uma e outra e como a logística influiu no seu modelo de investigação da inteligência.

sete-oito anos) é a da transdução, ou seja, a lógica é mais intuitiva do que explicativa, indo do particular ao particular, saltando das premissas às conclusões. Assim, "um objeto dado é assimilado a outros por uma espécie de participação direta. (Essa) assimilação conceitual de objetos entre si consistiria simplesmente em considerá-los equivalentes enquanto co-inclusos na classe que formam, e a classe mais geral serviria de esquema operatório de assimilação" (Chiarottino, 1994: 55).

A lógica egocêntrica falseia a perspectiva das relações lógicas apoiadas em classes e relações, pois a criança parte da suposição de que os demais a entendem e estão de acordo com suas idéias; de que as coisas giram ao seu redor com o único propósito de a servirem e de se assemelharem a ela. A verdade e a lógica se confundem com o desejo; a pré-causalidade confunde o motivo com a causa e, na esfera lógica, o sincretismo confunde a justificação subjetiva com a verificação.

Quando o pensamento se torna capaz de admitir a possibilidade de efetuar a operação contrária, ou volta ao início da operação, marca o surgimento da lógica. As relações entre as classes, no entanto, somente podem ser compreendidas quando apresentam evidência concreta, isto é, quando estão presentes no campo perceptivo, incidindo sobre os objetos, não sobre proposições. É a lógica indutiva; o pensamento da criança é operatório, porque sujeito a transformações reversíveis, porém, concreto por necessitar de representações e por não dissociar completamente ainda a forma e o conteúdo. A organização das condutas operatórias concretas do ponto de vista da lógica constitui o grupamento.

Com a idade, de aproximadamente, 11 ou 12 anos, a operatividade marca a possibilidade de a criança agir, consistente e logicamente, em função das implicações de suas idéias, não somente com base em relações reais, mas, também, a partir das relações possíveis, que ultrapassam o real. O sujeito torna-se capaz de "ultrapassar o real para se projetar no mundo possível, do desconhecido, do ainda não vivido" (Chiarottino, 1994: 44). Enquanto forma operativa que possibilita a resolução de problemas do mundo físico e lógico-matemáticos, a organização das ações mentais do estágio formal pode ser descrita em termos de agrupamentos de relações que podem realizar as relações possíveis, de modo a prever as situações necessárias, a fim de provar uma hipótese sem que haja a necessidade de

equivalência perceptiva, ou seja, sob uma forma abstrata e formal. É a lógica hipotético-dedutiva.

Dos alunos no curso superior, em princípio, esperar-se-ia que atingissem tal organização lógica e desenvolvimento do pensar. Entretanto, várias e diferentes pesquisas (Dettlof, 1987; Lawson & Wollman, 1976, Ehiendro, 1979; Kuhn, 1979, Carretero, 1982; Shayer & Adey, 1990; do Brasil: Andreatta, 1970; Camargo, 1990; Carragher et al., 1991) mostram não ser este um procedimento universal entre esses alunos. Disso advêm várias implicações para a condução do processo ensino-aprendizagem, que se encontram presentes nas discussões de natureza psicopedagógica que exploramos ao longo da presente tese.

1.4.2 O problema da lógica associada ao método científico e ao ensino de ciências

A variedade de opiniões é necessária para o conhecimento objetivo. (...) Um método que estimule a variedade é o único método compatível com a concepção humanitarista (Feyerabend, 1977: 57).

Partindo do objetivo em foco, de discutir e atacar a pertinência de se formular, sobrepor e/ou unificar *o método* (artigo definido e singular) para a biologia e para o ensino de biologia, destacamos que, assim como não existe um método unitário para a criação científica, é em vão labutar à sua procura para o ensino da biologia, pois deve-se considerar as diferentes formas lógicas, a diversidade cultural e de problemas presentes no pensar dos alunos, as quais interferem nas suas possibilidades assimilativas.

É inegável que a difusão de *um método* para a investigação, aliada a outros fatores históricos, repercutiu positivamente na progressão do conhecimento científico. Contudo, concebê-la como condição suficiente, não como uma condição necessária, desligada dos demais fatores que atuam na progressão da ciência, é tão errado quanto indicar as pretensões da indução como a única via do conhecimento científico. Se a redução do fenômeno da progressão do conhecimento científico a uma questão metodológica já se constitui, em si, um erro, o que não se dirá de reduzir ainda mais essa supremacia do metodológico, destacando dele uma única forma de pensar e de justificar a ciência? Ou de apontarmos uma única lógica para orientar a aquisição das noções científicas?

De forma alguma, a circunscrição da atividade científica dentro de uma forma de verificar a validade do conhecimento possibilita o desabrochar do espírito inventivo e criativo que caracteriza as diferentes formas e graus de relações/interações entre o sujeito e o objeto de conhecimento/problemas presentes no desenvolvimento da ciência. O fato de pensar o espaço-ciência numa dimensão plural de metodologias ultrapassa a idéia do conhecimento acabado, fechado dentro de uma lógica filosoficamente correta, e dá-lhe o sentido de maleabilidade, de abertura, de precariedades, de improvisações e de aproximações, de um processo de construção não, apenas, de justificação. Neste sentido, torna-se possível a aproximação da produção científica com a formação científica. É partindo das raízes da ciência que se poderá buscar elementos que possibilitem o estabelecimento de isomorfismos com o ensino de ciências; somente neste nível, torna-se possível estabelecermos pontos de contatos sem incorrerem no paradoxo denunciado.

Segundo Giordan (1978), é "dogmático todo o método de ensino no qual o saber proposto não pode ser contestado", não importando se a sua abordagem segue uma lógica dedutiva ou indutiva. Prosseguindo com sua argumentação e citando Sartre, o autor arremata: "aprender é contestar!" E, em tom conclusivo, afirma:

O problema é portanto, o de introduzir a contestação no ensino de ciências, de permitir uma experimentação falseabilizante, porque a falseabilidade é o modo de contestação científica. (...) É dogmática uma teoria que inventa hipóteses não falseáveis para evitar de ser controversa. É dogmático todo o ensino que se opõem à refutação. Assim compreendido, (...) engloba também os métodos ativos (...) (quando) eles se impõem como o saber (Giordan, 1978: 98).

Feyerabend (1977: 464) corrobora nossa análise, também indo além da difusão do conhecimento científico pelo seu ensino e localizando o problema no próprio fazer científico, não apenas na sua difusão. Afirma que "uma ciência que insiste em ser a detentora de único método correto e dos resultados aceitáveis é ideologia e deve ser separada (...) dos processos de educação".

Se o problema, porém, não é de ordem lógica, de justificação, nem de ordem metodológica, como retirar da progressão científica elementos de ordem psicopedagógica? A resposta a esta pergunta deve ser buscada nas raízes da própria ciência, nos fatores primordiais que a tomaram ciência. Apresentamos, pois, alguns elementos do motor da ciência, com suas possíveis implicações pedagógicas.

1.4.3 O motor da ciência

Para mostrar que o motor da ciência não está no método nem na sua justificação, começamos expondo, primeiramente, os argumentos de um autor da filosofia da ciência não muito ortodoxo nos meios acadêmicos e, num segundo momento, apresentamos algumas idéias de Piaget.

Feyerabend (1977: 457), ao comentar o "conto de fadas" da ciência, afirma que "os cientistas não resolvem os problemas por possuírem uma varinha de condão (método), mas porque estudaram o problema por longo tempo e conhecem bem a situação e porque não são tolos" (ironiza o autor, *nem todos*, talvez incluindo entre os tolos os crentes fanáticos do método). Assim, a questão epistemológica, ou da passagem de um conhecimento menor para um conhecimento mais estruturado e coerente, passa, indubitavelmente, pelo conhecimento do problema e pela dedicação do sujeito no sentido de respondê-lo não apenas pelo método. É a interação (ação entre sujeito e objeto de conhecimento) que possibilita a solução do problema, que faz avançar o conhecimento, não o método.

O avanço do conhecimento ultrapassa a questão metodológica. Esta é a grande ironia: o avanço dá-se não pela certeza e infalibilidade do método, mas pela ação mental do sujeito que conhece e que, por vezes, percorre caminhos nada ortodoxos; o avanço deve-se a coisas que não se adequam, a coisas que não funcionam, que resistem aos esquemas cognitivos e às apostas do sujeito. A formulação de um método pode receber tantas contraprovas quantas forem necessárias para que se prove que está errado, ou seja, a cada explicação dada de como a ciência avança, pode-se dar grande quantidade de contra-exemplos. Se a caminhada do desconhecido para o conhecido segue por trilhas preferenciais, isso não possibilita, de forma alguma, a afirmação de que *todo* o conhecimento deva passar, obrigatoriamente, por essas trilhas.

Segundo Alves (1984), o motor da ciência está na problematização: "o que não é problematizado não é pensado" e "quem não é capaz de perceber e formular problemas com clareza não pode fazer ciência". Fundamentando-se neste princípio, o autor questiona o ensino da ciência:

Não é curioso que os nossos processos de ensino de ciência se concentrem mais na capacidade do aluno para responder? Você já viu alguma prova ou exame em que o professor pedisse que o aluno formulasse o problema? O que se testa nos vestibulares, e o que os cursinhos ensinam, não é simplesmente a capacidade para dar respostas? Frequentemente, fracassamos no ensino da ciência porque apresentamos soluções perfeitas para problemas que nunca chegaram a ser formulados e compreendidos pelo aluno (Alves, 1984: 23).

Disso decorre que a formação de um aluno capaz de viver verdadeiramente a atividade científica não se resume a “saber soluções e respostas já dadas. Estas podem muito bem ser encontradas em livros e receituários. Ser bom em ciência (...) é ser capaz de inventar soluções”. E o autor continua argumentando: “pessoas que sabem as soluções já dadas são mendigos permanentes. Pessoas que aprendem a inventar soluções novas são aquelas que abrem portas até então fechadas e descobrem novas trilhas. A questão não é saber uma solução já dada, mas ser capaz de aprender maneiras (...) soluções novas para problemas novos” (Alves, 1984: 19).

Em termos educacionais, pode-se extrair *como princípio* que o conhecimento não pode ser trabalhado como algo acabado e prisioneiro de uma lógica ou de um receituário que possibilite acessá-lo. Ante os conhecimentos estabelecidos, a ciência e o seu ensino precisam ser, durante todo o tempo, questionadores, pois não existem verdades prontas e acabadas. Por isso, vale a pena perguntar: qual é o motivo de, no ensino, não se discutirem nem se apresentarem também as dúvidas e as controvérsias da ciência? Não seria a crença na infalibilidade do método e do conhecimento científico? Assim, é indiferente se, na caminhada da construção de um conceito, o aluno aplica uma lógica indutiva ou dedutiva, ou se um método é mais racional que outro; o importante é que ele consiga criar, negar, aproximar, transformar, modificar, não apenas reproduzir e confirmar o dado pronto e acabado.

Os elementos radicados no motor da ciência, quando direcionados para o contexto psicopedagógico, oportunizam o aprofundamento da discussão dos elementos de ordem afetiva presentes na interação cognitiva, tidos na teoria piagetiana como mobilizadores das energias psíquicas, que possibilitam o interesse e a motivação como intrínsecos ao ato da construção do conhecimento. Assim, o cognitivo é reforçado e alimentado pelo afetivo, manifestando-se no prazer que pode representar a aprendizagem fundamentada nos elementos retirados do “motor da ciência” e da interação cognitiva possibilitada na construção do conhecimento.

Se muitos pesquisadores educacionais e educadores, quando se referem ao contexto geral do ensino e à forma como ocorre a aprendizagem escolar, caracterizam a situação como um *desprazer*, podemos dizer que esse desprazer está radicado também em processos que não favorecem a construção do conhecimento, não apenas nos mecanismos disciplinadores e de controle do ambiente escolar. Para contribuir com a nossa reflexão, trazemos a idéia de Snyders (apud Gadotti, 1993: 306), que afirma: “a caminhada em direção à verdade, à compreensão do real, dá mais satisfação, abre mais esperança que permanecer na ignorância, no aproximativo, no indeciso”.

Começemos por definir o prazer intelectual com base na interatividade do processo de construção do conhecimento. *Interagir* com os objetos de conhecimento significa bem mais do que manipulá-los: é envolvimento pessoal, interesse; significa experimentar o objeto ou o desafio de respondê-lo e/ou dominá-lo como algo ligado à vida do sujeito. É esta relação com o objeto de conhecimento que desafia o pensamento do sujeito e que mobiliza também as suas energias psíquicas. *Interagir* significa acomodar as estruturas mentais para a compreensão da singularidade e das interconexões abertas pelo objeto de conhecimento. Numa palavra, a interação promove o funcionamento da inteligência e a mobilização das energias psíquicas, alcançando, simultaneamente, dois objetivos – conhecimento e realização pessoal.

Vejamos o que afirma Piaget sobre o assunto:

A atividade cognitiva procede de uma tendência à satisfação de uma necessidade que se traduz em “interesse”. De um lado, o interesse é uma relação entre as necessidades do sujeito e as características do objeto; do outro lado, é um dinamizador que libera as energias do sujeito e anima a ação em direção do objeto. Na construção do conhecimento o interesse é o aspecto motivacional de todo o esquema de assimilação. Para este esquema de assimilação um objeto é interessante na medida em que pode alimentá-lo (1976: 78-79).

Existe algum processo de ensino, centrado apenas no professor, capaz de substituir a vitalidade e a riqueza presentes no processo interativo da construção do conhecimento? Ao que tudo indica, não é possível que tal fato ocorra se não for estabelecido um paralelo com as necessidades, lacunas e interesses do aluno. Isso pode ser atingido, dentre outras formas, por problemas significativos que o aluno deseja resolver ou por situações que possibilitem a utilização do seu dinamismo mental. Nesse sentido, a motivação só pode representar alguma coisa se

corresponder às necessidades internas do aluno, não, apenas, a algo externo, *armado* pelo professor.

O trabalho com os alunos feito dessa forma não tem nada do tédio que caracteriza o acúmulo de idéias inertes, que leva apenas à repetição; ao contrário, a aprendizagem significativa pode representar a possibilidade de o professor atuar em situações concretas ou de ajudar o aluno a compreender o universo e a formar uma filosofia de vida. Nessas duas situações, os educandos desenvolvem intensa satisfação intelectual e o desejo de aprender mais e melhor.

Como professores, podemos optar entre entrar no mundo do aluno, buscando compreender melhor os elementos/situações que podem corresponder às suas necessidades/interesses, ou usar do corriqueiro *convencimento* de que ele *precisa* aprender isto e aquilo, ou pressioná-lo por meio de avaliações e outros tipos de coações. Existe, entretanto, uma diferença fundamental entre o aprender com prazer, aprendendo para a vida, e o aprender que tem como objetivo a próxima prova ou, simplesmente, satisfazer as *necessidades* de um programa.

A seguir, procuraremos explicitar a nossa compreensão sobre o papel do professor, buscando responder às perguntas: Qual é o papel do professor no construtivismo e que tipo de professor é indispensável no contexto da construção do conhecimento?

1.4.4 O professor de ciências/biologia

Os estudos da teoria genética (psicologia e epistemologia) mostraram que o aluno é intelectualmente ativo, evidenciando, por conseqüência, que não faz mais sentido o professor continuar ocupando o lugar central no ensino, relegando ao aluno o lugar de mero espectador. Este é um princípio básico com o qual concordamos inteiramente; precisamos, no entanto, definir melhor qual é o papel do professor neste contexto.

Para explicar melhor o nosso posicionamento, fazemos, inicialmente, uma comparação com imagens do mundo do cinema. Em primeiro lugar, não se trata, apenas, da inversão dos papéis, colocando-se o aluno no centro, como ator principal, e o professor na platéia, como assistente. Assim entendida a relação, a simples

inversão de papéis continuaria mantendo um dos pólos da relação pedagógica (professor-aluno) passivo, ou seja, do autoritarismo do professor passa-se ao do aluno, mantendo-se a lógica de que deve existir um pólo coercivo ou dominante na relação. De que forma, então, possibilitar-se-ia, simultaneamente, a descentração das atribuições docentes e a colocação do aluno no centro do processo ensino-aprendizagem?

Essa pergunta não estaria respondida se, simplesmente, déssemos ao aluno o *status* de ator; precisaríamos considerar, também, as ações do professor. Retomando a nossa comparação e olhando para o aluno/ator, podemos dizer mais: todo o ator ou atriz, quando é convidado a representar um determinado personagem, discute as possibilidades de sua atuação, aceitando, negociando ou, até, não aceitando o papel e o roteiro da estória. No caso do aluno, com certeza, quase não há espaço para a liberdade na medida em que ele é submetido ao processo dogmático de ensino, que, intrinsecamente, não favorece a discussão e a interação (ação entre os pares); de outro modo, a simples inversão *de mando* deixa o professor de mãos amarradas.

Mas qual seria o papel reservado ao professor nessa comparação? O de assistente na platéia, que vê tudo, mas que não pode interferir em nada? O de figurante, que, sem destaque algum, compõe a paisagem humana do filme? O de roteirista, aquele que programa o desenrolar de todas as ações? Ou o de diretor, aquele que fica dirigindo os passos e as ações dos artistas durante a execução do roteiro? Ou o de contracenante, aquele que faz a provocação (*pro=* para frente + *vocare=* chamar, desafiar), o desafio, para que o ator principal mostre todo o seu brilho, todo o seu potencial artístico?

Antes de discutirmos especificamente alguns elementos de origem psicogenética sobre a atuação docente, tentaremos concluir a metáfora respondendo às questões provocativas pela metáfora proposta, colocando o conhecimento no centro do cenário, como objeto a ser apreendido entre os que ensinam e aprendem, não é possível, mesmo que sejam manifestadas certas simpatias, instituir um papel fixo ao professor e ao aluno. A aprendizagem, como ato comum do professor e do aluno, contempla uma contínua alteridade dos papéis, configurando-se, simultaneamente, como cooperação e conflito (Aquino, 1996: 38-46).

A abordagem psicogenética de aprendizagem aponta para o pressuposto fundamental de que o sujeito/aluno é o centro do seu próprio percurso na construção do conhecimento. No entanto, a compreensão do seu papel nesse processo não significa, de forma alguma, que se neguem as interações com os colegas e o professor. Não se trata de um centro pensante fechado em si mesmo, isolado do mundo ou que prescindir da interação com outros seres humanos; trata-se de um centro ativo, que interage e constrói porque interage, não porque suprime. Desta forma, se existe um centro, este é a interatividade, não apenas com os objetos de conhecimento, mas dentro das multidimensões e relações que ela comporta.

Pode-se, assim, marcar, na prática, que o aluno é um sujeito ativo e que cresce em autonomia, tendo-se como necessárias, pelo menos, duas premissas básicas: a primeira, que é possível o aluno construir os seus próprios conceitos *com e de acordo* com os mecanismos e a lógica presentes na sua estruturação mental; a segunda, que as suas manifestações e interesses possuem um valor fundamental como abertura para outros tipos de conhecimentos.

Assumir um posicionamento construtivista é apostar que existem no aluno reais positivities a serem conhecidas e exploradas, encaminhando-se o processo de ensino-aprendizagem com base nessas positivities, não apenas enfocando a sua ação em aspectos negativos e nas eventuais defasagens. Agir nessa direção é fazer um ato de fé no aluno porque se olham a possibilidade e a direção do seu desenvolvimento, do que poderá alcançar. Por isso, torna-se de suma importância o conhecimento do universo de imersão biopsíquicosociocultural da aluno, pois é daí que se podem retirar problemas verdadeiros e significativos, capazes de provocar desequilibrções, bem como compreender a origem de muitas dificuldades enfrentadas por ele.

A ação do professor, nessa perspectiva, consiste numa ação qualificada e descentrada, fundamentada na compreensão dos mecanismos de construção do conhecimento. Nessa ação, cabe ao professor compreender o movimento interno do ato de aprender para que possa *fazer fluir* espontaneamente o ímpeto, a energia e a vontade natural de aprender do aluno, dirigindo-os à aprendizagem de uma determinada noção. Assim, para que o professor propicie aprendizagem, é condição básica que ele se descentre interagindo com o aluno e o seu mundo para

desequilibrá-lo, polarizando a sua atenção e interesse, fazendo-o reagir e responder ao objeto em estudo, enfim, contracenando com o aluno.

Um outro ponto da atuação do professor que podemos destacar é o de que ele deve garantir aos alunos, durante as aulas, o uso dos seus esquemas mentais, ressaltando muito mais os aspectos operativos, a reflexão e a análise do que os processos figurativos da memória. Trata-se de um buscar "a convergência (...) entre as operações usadas espontaneamente pelo (aluno) e as noções que a ele tenta inculcar pela abstração", procurando "falar a ele na sua linguagem antes de impor uma outra já pronta e por demais abstrata, (...) levando a reinventar aquilo que é capaz" (Piaget, 1994: 16-17). Nesse modo de atuação, a ênfase aos trabalhos de elaboração pessoal e à compreensão dos alunos exige que o conhecimento do professor "não se limite ao conhecimento de sua ciência, mas que seja muito bem informado a respeito das peculiaridades do desenvolvimento da inteligência" (Piaget, 1994: 15), deslocando a memorização e o condicionamento para um plano secundário.

O professor deverá atuar sempre de forma indireta, propondo questões e problemas desafiadores-desequilibradores a serem refletidos e resolvidos pelos alunos. O uso de contraprovas possibilitará o desafio e a alimentação dos esquemas cognitivos frente às respostas apressadas do aluno, e a ação do professor não será outra, senão, a de armar situações iniciais capazes de suscitar problemas úteis e contra-exemplos que levem à reflexão e à desestabilização de certezas (cf Piaget, 1994: 15). O aluno será desequilibrado ao perceber que os instrumentos cognitivos e os processos de raciocínio a que está acostumado não conseguem dar conta de novas alternativas/problemas. No entanto, esse tipo de ação, ao contrário do que parece, requer do professor um amplo domínio dos conteúdos, principalmente dos pontos de passagens necessários que fundamentam uma nova lógica conceitual.

Não basta ao professor ensinar o correto; é necessário que o aluno esteja preparado para aprender o *certo*. Por isso, o conhecimento, por parte do professor, das estruturas mentais de seus alunos, tanto das já construídas quanto das em construção, facilita a compreensão dos modelos lógicos utilizados. O insucesso ou o erro podem estar na dependência de uma estrutura mental ainda não construída ou de um modelo de representação social muito arraigado. São necessárias, então, situações que provoquem desafios adequados em momentos críticos, favorecendo a

assimilação/acomodação, pois um desafio para além das capacidades cognitivas do aluno provavelmente não resultará em desequilíbrio, mas tão somente em frustração.

Um outro ponto que devemos ressaltar é o papel da atividade e da experiência. Precisamos, no entanto, estar atentos para o fato de que nem toda a ação, nem toda a manipulação (de material concreto), ou *experiência*, levam à construção do conhecimento. O aluno é ativo quando pensa, não quando manipula objetos ou situações familiares. Assim, do ponto de vista da construção do conhecimento, uma experiência é produtiva quando possibilita ao aluno, não apenas retirar elementos da experiência, mas ir *além* do percebido e do dado.

Ao contrário do que estamos propondo, o modelo de ensino transmissão-repetição-cópia é adequado ao padrão fabril da esteira de montagem – nele, os operários fazem tarefas repetitivas e rotineiras, num tempo mecânico e num espaço limitado e controlado – que promove a formação de indivíduos treinados para executarem tarefas mecânicas e rotineiras, não para agirem com autonomia e consciência.

O modelo de ensino caracterizado pela ação do professor como depositário de conhecimentos e controlador do espaço e do tempo já é mais que dispensável. A nova visão possibilitada pela teoria genética enfatiza a pesquisa e a atividade do aluno, exigindo que toda a verdade seja construída pelo aluno, não apenas transmitida a ele. Apesar da radicalidade e da oposição dessa visão, não faz sentido o receio de que seja anulado o papel do professor e de que ele seja posto de lado, como numa poltrona, de onde assistiria passivamente o que o aluno faz. Contrariando o que se pensa, Piaget afirma:

O educador continua indispensável, a título de animador, para criar as situações e armar os dispositivos iniciais capazes de suscitar problemas úteis (ao aluno), e para organizar, em seguida, contra-exemplos que levem à reflexão e obriguem ao controle das soluções demasiado apressadas: o que se deseja é que o professor deixe de ser apenas um conferencista e que estimule a pesquisa e o esforço, ao invés de se contentar com a transmissão de soluções já prontas (1994: 15).

Por isso, a moderna pedagogia, as tecnologias educacionais e os experimentos, ao proporem a mudança do eixo do processo ensino-aprendizagem, podem até prometer “fazer milagres” na sala de aula, mas o professor que atua com qualificação técnico-científica, com paixão, com garra, no uso do espaço da sala de aula,

estimulando o pensamento investigativo e criativo, continuará sendo indispensável. Por maior que seja o avanço dos meios postos a serviço da aprendizagem, o aluno continuará precisando do contato humano com professores e outros alunos, como condição para que possa aprender e confrontar saberes.

Frente às novas tendências do ensino, o “desafio consiste em superar o modelo atual, incorporando-se a ele os fantásticos recursos que a moderna tecnologia põe à disposição dos educadores” (Balzan, 1994: 19-34). Trata-se, em outras palavras, de assumirmos o espaço da sala de aula de modo mais coerente com o momento atual, incorporando os recursos oferecidos pelas novas tecnologias e ciências sociais, que possibilitam formas mais amplas e atuais de informações.

Mesmo nessa nova situação – a da inversão do centro das ações educativas – o paradigma de atuação do professor deverá ser pautado conforme os elementos levantados como indispensáveis na prática docente, tendo como diretriz o motor da ciência, que é o motor da construção do conhecimento presente na atividade do aluno.

CAPÍTULO II

O ALUNO DE BIOLOGIA E O PENSAR BIOLÓGICO

2.1 O pensamento biológico e os eixos da formação do biólogo

Para discutir a formação do biólogo, podemos levantar uma primeira questão: o que é *formar* um biólogo? Ou, de forma mais reduzida, o que é *formar*? Sem dúvida, a formação de um profissional supõe conhecimento, e conhecimento atualizado, abrangente e profundo da sua área de atuação. Mas supõe muito mais que o domínio restrito do conhecimento: supõe uma forma de pensar, um modo de operar e de tratar a realidade biológica, partindo do *status* do conhecimento biológico.

No domínio do saber, a formação universitária deveria plasmar profissionais com alto nível de conhecimento e fazedores de ciência, isto é, que não se contentam em reproduzir o sabido, mas que também fazem avançar o saber (Luckesi *et al*/1989: 41-42). Formar um biólogo é muito mais que formar um reprodutor/consumidor dos conhecimentos biológicos divulgados em livros e periódicos de biologia: é formar um produtor, um construtor de conhecimentos biológicos; é formar um indivíduo que tenha capacidade de utilizar esse conhecimento, refazendo-o e recriando-o em novas situações biológicas, próprias do campo biológico, como também que seja capaz do confronto com os domínios conexos da ciência.

A formação de um profissional não se esgota na aquisição de um *quantum* de conhecimentos estabelecidos como necessários ou na possibilidade da construção de novos saberes. Precisa avançar em direção a habilidades científicas, como curiosidade, imaginação, associação de idéias, objetividade, autocrítica, análise, precisão, etc.; precisa avançar também em direção a valores, como o respeito pela vida, pelas diferenças, preservação das comunidades naturais, etc., enfim, por uma ética das coisas vivas. O desenvolvimento de habilidades e de valores/attitudes possibilita não apenas o conhecimento das coisas da vida, mas, também, a utilização e a disponibilização desses conhecimentos a serviço da vida e da comunidade humana.

A formação do biólogo e do pensar biológico é a finalidade última de nossa tese, no entanto tal questão não receberá um tratamento direto, pois constitui uma preocupação especificamente de natureza filosófica. Como se trabalha com elementos do domínio psicopedagógico e epistemológico, esta preocupação será tratada com base em categorias conexas que interagem, subsidiam, mediatizam e corroboram a formação biológica.

A discussão que levantaremos nesta secção, sobre a formação do biólogo como um profissional que lida com os seres vivos e suas manifestações, passará pelos seguintes eixos: o epistemológico, o psicopedagógico, o *modus operandi*, o curricular, o temporal e o político.

Entendemos como *epistemológica* a discussão da maneira como o conhecimento biológico é construído pelo sujeito, visando atingir o real, portanto, compreendendo como os sujeitos se relacionam com o real (ou artefatos) na constituição de um objeto de conhecimento, de uma noção. O *psicopedagógico* é entendido como o conjunto das atividades de ensino que consideram as interações professor-aluno-conhecimento, fundamentadas nos mecanismos intelectuais utilizados pelos indivíduos ao se organizarem para compreender, explicar e interpretar os conhecimentos biológicos, bem como das *etapas* que seguem até atingirem o equilíbrio funcional/operacional do saber. O *modus operandi* é entendido como a forma própria de o biólogo pensar, agir e operar com as coisas da vida, assumidos como portadores de certas especificidades, diferentes das demais áreas do conhecimento científico. O eixo *curricular* é tomado como sendo o conjunto de todas as atividades que, explícita ou implicitamente, vinculem valores atitudes e habilidades, não apenas os conteúdos relacionados nos programas. Levantamos o eixo temporal fundamentando-nos na idéia de que o conhecimento biológico, em diferentes momentos históricos, possui questões específicas e diferenciadas historicamente, e, por fim, o eixo político, como sendo a vontade que determina as escolhas assumidas para a formação biológica, privilegiando determinadas direções/elementos, e não outras.

O certo é que os eixos que interagem com a formação do biólogo podem ir mais além dos que listamos, mas sempre, e independentemente de qualquer situação, precisaremos pensar esta formação como sendo de natureza multifacetária, de elementos que constituem uma verdadeira rede de relações. O fato de serem

ênfatisados e separados os elementos para a sua análise não significa a exclusão e/ou desconhecimento dos demais eixos. O tratamento e a categorização dos eixos seguirão uma explicitação mais de natureza extensiva, a fim de que cheguemos à delimitação do tema dentro da especificidade que estamos propondo para a análise.

Na discussão, destacaremos explicitamente os elementos de natureza curricular, *modus operandi* de raciocínio, psicopedagógicos e epistemológicos; os demais aspectos listados e não destacados no texto estarão implícitos, subjacentes e imbricados ao longo da discussão.

2.1.1 Curricular

A discussão dos aspectos curriculares passa por duas concepções que se contrapõem: a que compreende o currículo como um produto e a que o compreende como um processo. A primeira delas concebe o ensino como transmissão de conteúdos e atende mais aos aspectos organizacionais e técnicos, visando formar um indivíduo dentro de quadros predeterminados; a segunda concepção curricular traz para dentro da discussão elementos da situação contextual, mostrando-se aberta ao momento histórico, ao domínio afetivo-cognitivo da situação político/social, etc., ou seja, não se restringe a um planejamento *a priori*, não tendo como objetivo preparar um profissional para uma finalidade preestabelecida.

No momento atual, que conhecimentos biológicos, que habilidades e que valores são necessários para que se forme um biólogo? Por vários motivos, não é mais possível uma formação que se limite a um conjunto de saberes definidos. Em primeiro lugar, devemos destacar o crescimento exponencial dos conhecimentos, que serão multiplicados por cem a cada vinte anos. Que organização curricular dará conta dessa situação? Em segundo lugar, não é possível prever os conhecimentos que serão necessários daqui a dez ou vinte anos. E, finalmente, devemos considerar que a universidade e a escola não são mais os únicos centros de aprendizagem; os meios de comunicação de massa, como a informática e a telemática, revolucionaram e revolucionarão ainda mais os modos de informação (Giordan e Vecchi, 1996: 10). Essa situação força-nos a pensar sobre os outros elementos que fazem parte do currículo, afastando-se da ênfase atual, quase que exclusivamente informativa, e passando a

considerar com mais presteza a situação formativa. As discussões em torno do formativo somente são possíveis dentro de uma perspectiva curricular crítica, que contemple, simultaneamente todos os elementos curriculares, não somente os seus programas.

A superabundância e a rápida renovação dos conhecimentos impõem a necessidade de se fazerem escolhas não apenas de conteúdos, mas, também, de habilidades, de valores e de atitudes. Isso significa que o modelo curricular que multiplica disciplinas e carga horária não conseguirá mais dar conta da situação. A escolha deve centrar-se em conceitos nucleares que possibilitem a abordagem de ângulos e áreas diferentes da realidade biológica; que possibilitem a organização e a assimilação dos conhecimentos atuais; mais que isso, precisa levar em consideração o biólogo, contando com os seus processos de raciocínios, não apenas com a manutenção do conhecimento biológico. A situação didático-pedagógica deve possibilitar que esses conhecimentos sejam funcionais, operatórios, isto é, que sejam suscetíveis a serem transformados, mantendo o seu significado independentemente da sua forma de apresentação; e mais, que possam servir para engendrar novos significados. Faz-se necessária uma advertência: a operatividade de um saber está nos processos de raciocínio subjacentes empregados pelo aprendiz, não na natureza dos conceitos em si (Piaget, 1964: 186).

A idéia de conhecimento estocado, pronto a ser transferido, forma indivíduos anacrônicos e superados num curto espaço de tempo. A ação formativa precisa ser lúcida o suficiente para diferenciar os conhecimentos nucleares e operativos dos memorativos/figurativos. A evolução histórica exige indivíduos atualizados, criativos, autônomos e em permanente aprendizagem; por conseqüência, somente uma ação formativa e emancipatória, que pensa o conhecimento em novas bases e que vê o biólogo como um indivíduo historicamente localizado, dará conta da tarefa.

2.1.2 *Modus operandi*

Para tratarmos da forma específica de atuação do biólogo, utilizaremos a expressão *modus operandi*¹⁰, que significa uma forma específica de construir e de operar com o conhecimento biológico. Esse *modus operandi* não se restringe, apenas, a dominar disciplinas e programas da grade curricular, mas avança na direção do *como* esse currículo é implementado, determinando as habilidades e as atitudes específicas que diferenciam o biólogo.

Para alguém ser um biólogo, a condição básica, necessária, mas não exclusiva, é que conheça a biologia. Porém, mais do que possuir o conhecimento biológico em si, o biólogo precisa dominar a lógica da construção desse conhecimento. É na direção desta lógica da construção do conhecimento biológico que orientaremos a nossa explicação, começando pela pergunta: qual é a lógica que constitui o conhecimento biológico? Seguem-se de outras: Como pensa um biólogo? Qual é o *modus operandi* do biólogo ante os dados biológicos? O certo é que, como explicitamos no item 1.2, não existe uma forma única de pensar que abrigue no seu interior todas as biologias atuais.

Para indicar elementos do *modus operandi* do biólogo, começamos por analisar duas formas historicamente consagradas de ele operar e interagir com o ser vivo para, com base nessa interação, construir conhecimentos biológicos. Genericamente, tais formas podem ser caracterizadas como descritiva e hipotético-dedutiva e retratam a origem e a evolução da biologia – da história natural à biologia moderna. O seu percurso histórico poderia ser definido como indo da biologia descritiva à biologia hipotético-dedutiva, experimental. Na ótica da história natural, os parâmetros de estudo dos organismos e do ambiente se dão, sobretudo, pela via descritiva, observacional ou empírica, ao passo que a moderna biologia pauta-se por uma lógica diferente, pela experimentação, pelo ensaio, pela teorização – é a lógica hipotético-dedutiva (HD).

¹⁰ Tomamos a expressão de Bourdieu no seu sentido positivo "como disposição estável para se operar numa determinada direção (...) com uma certa conaturalidade entre sujeito e objeto no sentido de que o hábito se torna uma segunda dimensão (...) assegurando a realização da ação considerada" (Ortiz, 1978: 14-15).

Contrapomos a forma presente que domina o pensar e a construção dos conhecimentos biológicos à forma dominante nos primórdios da biologia. A origem do curso de Biologia e a profissão do biólogo são bastante recentes, tão recentes que se encontram em nosso meio muitos professores formados em História Natural. Em alguns momentos, é muito ilustrativo, e até produtivo, o convívio entre as duas formas de se fazer biologia (os dois *modus operandi*), pois se, de um lado, não podemos mais imaginar a moderna biologia de forma eminentemente descritiva, de outro, podemos avançar no sentido de pensar a biologia em padrões diferentes dos da moderna biologia, resgatando a visão de globalidade do organismo vivo. O fato de a biologia descritiva ser, historicamente, mais antiga não significa que seja menos válida e incapaz de favorecer a construção de conhecimentos biológicos.

Originalmente, a biologia foi marcada pelos conhecimentos taxionômicos, morfológicos, os quais, pode-se dizer, eram estudos de natureza descritiva que tinham por objetivo a descrição do organismo, de suas formas e do ambiente onde ele se encontrava. Apesar de ela ter sido predominantemente descritiva, encontram-se na sua origem muitos estudos teóricos e hipotéticos, como, por exemplo, o modelo de circulação proposto por Harvey em 1620, sobre o qual o biólogo estabeleceu postulados na sua teoria circulatória. A partir de 1800, quando começaram a se desenvolver os conhecimentos em outras áreas científicas, como a química, a biologia passou a produzir conhecimentos mais teóricos, como os de fisiologia e bioquímica. Exemplificando: as teorias de Mendel e a da evolução tratam de conhecimentos cuja forma de conhecer não se deu com base na descrição, mas na teorização dentro de uma lógica HD; a teoria mendeliana, dentro da lógica probabilística da matemática, e a teoria evolutiva, dentro dos padrões descritivos históricos, mas conduzidos por hipóteses teóricas originadas de outros campos do conhecimento que não os das ciências naturais.

No laboratório ou nas práticas ligadas ao ensino, podemos nos perguntar: qual é o tratamento dado ao conhecimento biológico? É o da observação e da coleta de dados ou da teorização e formulação de hipóteses? Se quisermos avançar em direção a uma reformulação de qualquer eixo que interfere na formação do biólogo, temos que passar a contemplar o seu *modus operandi*.

Sabe-se, pela prática, que muitos dos conhecimentos biológicos de natureza teórica (HD) só se tornaram possíveis com o auxílio da biologia descritiva, ou seja, não se pode afirmar, de maneira alguma, que a biologia descritiva é coisa do passado. O que não se pode, entretanto, é ficar preso estritamente à forma, dissociada da função, ou vice-versa. Mesmo assim, como será possível desenvolver um conhecimento de ecologia ou de botânica taxionômica sem o apoio da descrição? Deve ficar claro que não se trata da defesa da descrição pela descrição, o que o direcionamento das publicações biológicas já se encarregou de demonstrar; é preciso, sim, pesar melhor o papel da descrição e da lógica hipotético-dedutiva na construção dos conhecimentos biológicos e na formação dos biólogos.

Como é, no entanto, a formação biológica do aluno nos níveis de ensino que antecedem o seu ingresso no curso de Biologia? Nos livros-texto, a tendência é de apresentação da biologia como descritiva – até mesmo a teoria de Darwin é apresentada como sendo descritiva –, pois não existem neles hipóteses, nem problemas e discussões. Mesmo para conhecimentos de origem teórica, a tendência do ensino e do texto é de que se mantenham dentro do padrão descritivo porque, embora mais sofisticados, continuam descritivos e, o que é pior, de forma reducionista, atomista.

Como exemplo, tomamos o texto da mitocôndria encontrado nos livros. A primeira notícia de uma estrutura celular produtora de energia no interior da célula foi enunciada por Altman em 1894 (De Robertis & De Robertis, 1993: 126), adiantando-se a tudo o que se conhecia sobre o funcionamento e estrutura celular. Somente a partir de 1950, com o advento do Microscópio eletrônico pode-se conhecer melhor e oferecer novas evidências (Ham, 1977: 92-93). Mas como é que o texto apresenta a mitocôndria? Primeiro, apresenta a célula com a mitocôndria no seu interior; depois, isola a mitocôndria da célula e a amplia, apresentando aquela estrutura cortada na forma de um chinelo, com a membrana externa e a interna; por fim, amplia mais o desenho, detalhando as partículas elementares onde acontecem as etapas finais da respiração celular - a cadeia de transporte de elétrons. Isso quer dizer que os conhecimentos provenientes da teorização e discussão de hipóteses que passam pela física, pela química e pela bioquímica, no texto, vêm apresentados como uma descrição que os vai detalhando em níveis cada vez mais elementares até chegar à

molécula. Quando chega à molécula, o texto afirma: é nestas moléculas que acontece a etapa decisiva da respiração celular. No final dessa apresentação, podemos perguntar: qual é a relação da mitocôndria com a célula viva em funcionamento? Qual a relação da mitocôndria com o organismo como um todo, funcionando? Pelo que o texto apresenta, não existe! Na verdade, o fenômeno vai se reduzindo a níveis mais inferiores (e sofisticados) de organização, mas sempre é conduzido pela descrição, ou seja, apesar do refinamento e do detalhamento do texto, a forma da sua apresentação está presa, ainda, à da história natural, não à da lógica (*modus operandi*) da biologia moderna (HD).

Tomando outro exemplo, a mitose também vem apresentada nos textos de forma descritiva. Hoje sabemos, com o auxílio da genética, que os estudos do DNA confirmam as descrições. Mas quando não existiam estes conhecimentos, como se chegou à noção da mitose? Era um conhecimento teórico (HD) mesmo, ou seja, não foi por terem sido descritas centenas ou milhares de lâminas que se chegou à teoria da mitose. Existe uma forma pela qual se deu o avanço dos conhecimentos biológicos atuais (HD), mas a sua apresentação se dá, ainda, pela lógica da história natural. É comum ouvir dos professores de biologia que a habilidade mais importante do biólogo é a observação; há, até, os que sugerem que os alunos tenham no curso uma disciplina de desenho para que aprendam a *observar melhor*. Esta ênfase na observação dá-se em função da problematização, da formulação de hipóteses ou da idéia de descrição?

Na pesquisa, o que conhecemos hoje? A biologia molecular, a imunologia, a genética, a fisiologia, a bioquímica e a biotecnologia, entre tantas ciências da biologia moderna, são disciplinas que exigem um procedimento HD para a compreensão de seus postulados; nelas os dados teóricos, muitas vezes, antecipam os dados da prática (observados). Uma referência de Lewis (1984), na qual baseamos esta discussão, resgata um artigo em que MacArthur (1957) analisa os resultados de pesquisa na área de ecologia, chegando à constatação de que, entre 1950 e 1956, apenas 5% dos artigos de ecologia apresentavam teorias, ou assumiam teorias e hipóteses, ou seja, a ecologia era predominantemente descritiva. Nos dias atuais, afirma Lewis, mesmo nas disciplinas com conhecimento de matriz descritiva, aproximadamente 50% dos *papers* apresentados são de natureza teórica. Pode-se, então, afirmar que, mesmo as

disciplinas que possuem uma matriz predominantemente descritiva, no nível de publicação, apresentam-se hoje como teóricas.

Em livro publicado recentemente, Lawson afirma que os procedimentos HD são os que possibilitam níveis mais elaborados de raciocínio e uma compreensão mais profunda dos fenômenos biológicos (1995: 60-62). As disciplinas biológicas, independentemente de possuírem conteúdos mais ou menos descritivos, podem ser trabalhadas de forma descritiva ou HD, dependendo da forma como o professor de biologia compreende e interfere no processo de construção do conhecimento biológico e no ensino de biologia. É necessário que se compreendam os mecanismos cognitivos subjacentes à formação dos conceitos para que não se incorra no erro de transformar *toda* a informação biológica em descrição biológica.

2.1.3 Psicopedagógico

O eixo psicopedagógico apresenta-se coeso com o epistemológico, constituindo-se numa das facetas principais da discussão do nosso objeto de tese. Esse eixo recebe, neste espaço, um tratamento mais genérico, visando apresentar os contornos do seu desenvolvimento.

Assumimos, do ponto de vista psicopedagógico, que a formação do biólogo não se resume a um caso de organização das condições materiais do curso de Biologia, como o planejamento curricular, a elaboração de materiais instrucionais, a fixação de normas de avaliação e progressão ao longo do curso, as alterações da carga horária, de dias letivos, do elenco de disciplinas ou a inclusão de mais ou menos tópicos, ou de mais ou menos habilidades a serem desenvolvidas. Todos esses requisitos são tidos como condições necessárias, porém não suficientes e exclusivas para que se forme um biólogo.

Se tomamos a formação do biólogo com base no universo dos conhecimentos biológicos, a questão *o que ensinar* precisa passar por um processo de revisão séria ante as mutações que estão ocorrendo por causa das transformações globais pelas quais passa a sociedade. Os planos de ensino necessitam superar a visão fragmentada das disciplinas e programas, buscando a correlação e a adequação dos conteúdos, dos objetivos; mais que isso, objetivos, programas e ensino precisam gravitar em torno de um objetivo comum - a formação do biólogo.

A questão do *como* ensinar necessitará superar, em definitivo, "a simples transmissão passiva de uma pessoa 'que sabe' para um aluno que ignora" (Giordan e Vecchi, 1996: 11). O modelo de ensino que acredita que descrever ou dizer como são as coisas é a melhor forma de se ensinar (Frotta-Pessoa, 1984: 58) está ligado a idéia de conhecimento como cópia (Piaget, 1996:13); não se apóia nos processos ativos da construção do conhecimento, nem conta com a participação do aluno na "metabolização" (Frotta-Pessoa, 1984: 58) ou assimilação da informação. É via construção de conhecimentos que o biólogo se autoconstruirá pela integração de "conhecimentos a estruturas prévias, que podem permanecer invariáveis (...) ou serem modificadas por esta integração" (Piaget, 1996: 13), pois é a assimilação que confere significação e utilização do conhecimento; não pela reprodução e memorização das informações. Dito isso, de outra forma, o *como* ensinar supõe uma metodologia de ensino ativa, que mobilize as estruturas cognitivas dos alunos, possibilitando a assimilação do conhecimento em níveis cada vez mais profundos e extensos, em oposição às metodologias de ensino que primam pela reprodução dos conhecimentos e pela imposição das formas de pensar dos professores.

A definição da prática educativo-pedagógica poderá garantir a eficácia formativa quando ultrapassar o objetivo de, apenas, informar, passando a considerar, entre outros elementos, a forma como o aluno organiza seus esquemas cognitivos na assimilação dos conhecimentos, ou, no dizer de Piaget & Garcia (1987: 21), "aquilo que 'faz' o sujeito (...) para adquirir e utilizar um conhecimento (...) ou assegurar-lhe o fundamento". Se, mais do que o armazenamento de informações biológicas que estão disponíveis também em diversos meios acadêmicos, pretendemos desenvolver habilidades e atitudes de investigação biológica, necessitamos formular as questões do *como* ensinar, de para *quem* estamos ensinando e de *quais* são as condições cognitivas do aprendiz.

O desenvolvimento de um programa visando à formação do biólogo não pode desconhecer a variável das condições cognitivas dos alunos que chegam ao curso, isto é, o *para quem* se ensina. Há que se considerar as formas possíveis de organização cognitiva e as possibilidades de passagem para formas mais estruturadas de raciocínio, isto é, diferentes formas de pensar significam diferentes formas de entendimento, diferentes formas de assimilação.

As pesquisas que avaliam as condições operatório-cognitivas dos alunos que chegam aos cursos superiores indicam que uma parcela considerável deles não completou a construção de suas estruturas cognitivas ou, na melhor das hipóteses, não as utiliza integralmente. Isso indica que essa parcela de alunos possui procedimentos de raciocínios concretos e que, para que possam construir noções com características formais, necessitam de um tratamento diferenciado. Desse modo, a simples exposição de uma determinada noção não lhes garante o entendimento e a assimilação do conhecimento.

Essa é uma situação que, do ponto de vista psicopedagógico, não pode ser ignorada. Se considerarmos, de um lado, a evolução dos procedimentos da investigação biológica e, do outro, as condições cognitivas, propomos que, à medida que progredem os graus de ensino, devem aumentar os conhecimentos (e a apresentação da biologia) HD e diminuir o ensino descritivo da biologia, mesmo para as disciplinas de matriz descritiva. Por que isso? Por ser mais estimulante e mais fácil a aprendizagem da biologia nos quadros HD e porque a biologia descritiva atenderia, inicialmente, à questão das possibilidades cognitivas da criança, chegando-se, no terceiro grau, a uma forma de ensino próxima daquela desenvolvida na atualidade para os conhecimentos biológicos com o predomínio da biologia teórica (HD).

Continuar a submeter alunos com deficiências operatórias aos processos tradicionais de ensino, que desconsideram sistematicamente as suas estruturas mentais presentes, equivale a permitir e perpetrar as distorções presentes no ensino e na formação biológica. Sem dúvida, é possível promover e ampliar o desenvolvimento mental a partir do que os alunos estruturam na caminhada escolar, pois, segundo Piaget & Garcia (1987: 241-244), existe, de fato, uma continuidade funcional nos processos de raciocínio, mesmo que, materialmente, não sejam a expressão de uma realidade conceitual. O desafio levantado é de que se deve privilegiar a atividade intelectual do aluno, seja em que grau de ensino for.

Nas atividades acadêmicas, o padrão mental desejável é o formal, pois o POF ultrapassa os limites espacial-temporais próximos, liberando o indivíduo do egocentrismo perceptivo e motor; investigar, atuar em problemas passam, assim, a ser o requisito básico, o *moto-gerador* de hipóteses para especulações e construções teóricas; as necessidades deixam de ser coisas dadas, acabadas, e os conhecimentos deixam de ser conceitos

reproduzidos passivamente. O desenvolvimento do nível lógico de conhecimentos possibilita uma compreensão mais profunda e extensiva da realidade viva.

2.1.4 Epistemológico

Este eixo, juntamente com os aspectos psicopedagógicos, constitui o direcionamento principal da nossa tese. Neste tópico, discutiremos a sua ligação mais estreita com os objetivos propostos para esta secção.

Do ponto de vista epistemológico, podemos dizer que a formação de um biólogo não é somente um caso de imersão dos indivíduos na diversidade de objetos, procedimentos e leis biológicas, nem da organização dos elementos do meio educacional; deve, isto sim, contemplar e compreender, nesta diversidade, a estruturação e o funcionamento do sujeito da formação. Sem descurar do objeto biológico e da sua compreensão, trata-se de olhar para o aluno do curso de *Biologia da sua cabeça para dentro*, compreendendo como ele vai crescendo como biólogo ao longo do curso. Esse é o recorte que fazemos para a análise da formação do biólogo, o nosso objeto de pesquisa.

Não é possível pensar a construção/formação de um biólogo centrando ações/esforços exclusivamente em produtos derivados da experiência adquirida e imputadas pelo meio exterior, ignorando a sua estruturação mental, os seus processos de raciocínio, ou seja, um pensar biológico.

O empirismo é o modelo que melhor caracteriza a crença ingênua e simplista da causalidade direta, que liga diretamente o estímulo e a resposta, a situação externa ao sujeito, com os resultados por ele alcançados; é crença por esperar que objetos/situações sejam capazes de provocar mudanças, independentemente da organização e da estruturação do indivíduo, pois a sensibilidade a um estímulo advém das possibilidades da atividade assimiladora do sujeito que se manifesta numa dada resposta. Constitui nosso objetivo chamar a atenção não aos elementos do meio, nem às respostas específicas dadas, mas ao indivíduo que opera e transforma situações do contexto biológico, não apenas incorporando passivamente os elementos do meio. Conhecer um objeto implica conferir-lhe significado e incorporá-lo aos esquemas de ação do sujeito.

É possível formar um biólogo desconectado da ação transformadora e reconstrutora do principal sujeito dessa formação? Pensa-se em tudo, menos em um *pequeno* detalhe: de que se deve levar em consideração as reais condições em que o aluno chega ao curso. Não se deve somente constatar o nível de seus conhecimentos, mas, principalmente, considerar a estruturação mental do aluno como um sujeito que aprende e se faz biólogo, que é sujeito, não uma peça anatômica que deve ser mergulhada e conservada no formol da cultura biológica depositada nas prateleiras das bibliotecas.

Na nossa ótica, é necessário compreender como o aluno evolui ao longo do curso, como ele se estrutura nos processos de raciocínios fundamentais ao entendimento da especificidade da vida e do fenômeno biológico. É com o interacionismo construtivista que podemos responder melhor a esse problema. Pessoalmente, tomamos como referencial básico e direcionador da nossa pesquisa a Epistemologia Genética, por ser ela "a via de pesquisa de onde derivaram as demais formas de construtivismo" presentes no universo escolar e que orientam as pesquisas do ensino de ciências (Cobern, 1994: 51-52).

2.2 O ensino de biologia e o desenvolvimento mental

Pensar o ensino de biologia paralelamente a uma perspectiva de desenvolvimento mental não é uma das tarefas mais fáceis. Tal fato se deve, sobretudo, às dificuldades de ordem teórica presentes na explicação do desenvolvimento do raciocínio do sujeito chamado *adulto* no ensino de terceiro grau. Neste nível de ensino, por ser considerado uma atividade dirigida para indivíduos mentalmente maduros, como regra geral, não há a preocupação com o *como* os alunos pensam e se estruturam para dar conta do conhecimento (Salgado *apud* Candau, 1985: 12).

Para desenvolver esta secção do capítulo, primeiro, discutimos os fatores do desenvolvimento mental apontados pela perspectiva piagetiana, focalizando, depois, o ensino e o desenvolvimento mental. Na primeira parte da secção, apresentamos os fatores do desenvolvimento mental e as suas formas de atuação na psicogênese; na segunda, discutimos a possibilidade de conciliação entre o ensino e o desenvolvimento mental.

2.2.1 Fatores do Desenvolvimento Mental e a Construção do POF

Focalizar a ontogênese mental do sujeito, tomando-a a partir dos estágios, significa seguir a trajetória dos elementos sinalizadores que expressam recortes de determinados momentos da evolução mental. Mais que compreender e identificar as estruturas mentais presentes no estágio e as operações intelectuais utilizadas pelo sujeito, como marcas que indicam até aonde o indivíduo chegou, é compreender os caminhos intermediários e os fatores que conduzem a esses pontos de chegada.

A ampliação e a decodificação dos elementos que atuam na constituição desses marcos da evolução mental constituem o fulcro do esforço que empreenderemos, buscando responder às seguintes perguntas: Quais são os principais fatores que atuam na ontogênese mental e como atuam? Como estes fatores se inter-relacionam e se completam? Existem momentos em que o indivíduo é mais suscetível a um ou a outro fator?

No processo inerente à construção do POF ou outro estágio, existem quatro grandes fatores gerais que interferem na evolução mental: são os biológicos ou da maturação, os da experiência com os elementos do ambiente físico, os socioculturais e os cibernéticos, dados pela equilibração e auto-regulação. Esses fatores gerais, em essência, por si sós, não conseguem explicar o desenvolvimento mental, pois necessitam se assentar sobre a dinâmica e a energética da própria inteligência; são, assim, enriquecidos pela afetividade e pela motivação, fornecendo a chave de todo o desenvolvimento intelectual (Piaget & Inhelder, 1989: 133).

A ação dos fatores gerais, presentes na construção das estruturas mentais, se dá de forma interdependente e coesa, com ações que podem ser separadas e diferenciadas para efeito de estudos, mas que se tornam insuficientes se forem tomadas de maneira isolada na explicação do desenvolvimento das estruturas mentais e do POF.

2.2.1.1 O fator biológico

Se, de um lado, a interferência do fator biológico parece um pouco mais clara quando analisada do ponto de vista negativo – pela falta ou lesão de aparelhos nervosos, por provocar a ausência de um comportamento mental –, do outro, do

ponto de vista positivo, limita-se a apontar a realização de possibilidades que poderão ou não ser concretizadas (Piaget & Inhelder, 1983: 17). Mesmo em caso de lesões drásticas, no entanto, o cérebro continua apresentando mecanismos adaptativos (Sacks, 1995).

O crescimento orgânico, especialmente a maturação do complexo formado pelo sistema nervoso e pelos sistemas endócrinos, constitui o primeiro fator responsável pela estruturação em nível formal. A utilização de padrões diferenciados de raciocínio supõe “a vinculação de coordenações independentes do meio e que atingem progressivamente a maturação” (Piaget & Inhelder, 1983: 16). Sabe-se hoje, por exemplo, que as mudanças que se iniciam na puberdade podem afetar certos aspectos do funcionamento e da organização cerebral (Bee & Mitchell, 1984: 493) e que, em nível de diferenciação citológica, nesse período, os neurônios aumentam a mielinização na região cortical frontal. Assim, estabelece-se uma certa dependência da diferenciação nervosa, como base material para o aparecimento das estruturas do POF.

O fato de todos adultos passarem pela puberdade, mas de nem todos atingirem o pleno estágio das operações formais, sugere que as ligações entre a maturação biológica e a mudança cognitiva são muito complexas (Bee & Mitchell, 1984: 493). Essa maturação abre um leque de novas possibilidades e é a condição necessária ao aparecimento de novas estruturas, que, por si sós, não se realizam se não ocorrer um mínimo de experiência. Aqui precisamos considerar que a maturação do sistema nervoso (em seu sentido biológico estrito, não no sentido de desenvolvimento intelectual) não garante que o indivíduo pense formalmente, pois somente após “um dado nível de desenvolvimento físico do sistema nervoso deve ser atingido para que as operações formais possam ocorrer” (Bee & Mitchell, 1984: 277). Dessa forma, seria um contra-senso esperar que um indivíduo sem o devido aparato neuronal necessário presente, de forma real e verdadeira, o conjunto das operações formais.

Uma das críticas mais constantes feitas aos estudos da teoria piagetiana é a fixação de idades aproximadas para os estágios do desenvolvimento mental, principalmente ao estágio das operações formais. Segundo Lourenço (1994: 49-59), é errônea a interpretação da teoria de Piaget como uma cronologia-de-aquisição ao invés de uma seqüência-de-transformações. Tal erro se deve ao fato de Piaget ter sido

considerado por muitos como um psicólogo diferencial de idades, não um psicólogo desenvolvimentista, que tinha como preocupação básica compreender como os processos cognitivos emergem, evoluem e atingem a sua maturidade. Podemos dizer com Piaget (1989: 131) que a "(...) maturação orgânica constitui (...) fator necessário (...) que desempenha (...) papel indispensável na ordem invariante de sucessão de estádios, não explica todo o desenvolvimento e não representa senão um fator entre outros".

Quanto à ligação das estruturas mentais com a estrutura orgânica e a sua base hereditária, Piaget defende que "na construção das estruturas mentais não há programação inata (...) (mas) que há, no genoma, um conjunto de possibilidades próprias à nossa espécie (...) que se atualizam ou não em função da solicitação do meio" (Chiarottino, 1994: 35), ou seja, as estruturas mentais não são inatas, no sentido de geneticamente programadas; apenas a capacidade de construí-las é que é inata.

A aplicação de uma perspectiva maturacionista e excludente, que objetiva explicar os estágios do desenvolvimento mental e a sua ligação direta com a organização do ensino, é duramente criticada por Piaget:

Suponhamos que a evolução do pensamento individual seja comparável a uma embriologia regulada hereditariamente; (...): o professor perderia seu tempo em querer apressar o desenvolvimento de seus alunos, o problema seria simplesmente o de encontrar os conhecimentos correspondentes a cada estágio e apresentá-lo de maneira assimilável para a estrutura mental do nível considerado (Piaget, 1985: 170).

Exagerar a importância da maturação biológica, independente do meio exterior, significa buscar uma solução simplista para o desenvolvimento mental e para a educação; significa dizer que todo o esforço da escola é inócuo, bastando, neste sentido, traçar a embriologia dos conhecimentos e ligá-la ao desenvolvimento nervoso.

2.2.1.2 A experiência com o meio físico

"O exercício da experiência adquirida em função do meio físico, é diferente das interações sociais, a ação efetua-se sobre objetos para abstrair propriedades" (Piaget & Inhelder, 1989: 131). Esta experiência nada tem do simples registro de dados; constitui, isto sim, uma estruturação ativa porque é uma assimilação do meio físico em quadros lógico-matemáticos. Conforme Chiarottino (1994: 37-38), "há (...) para Piaget, duas espécies de experiências, sempre unidas no comportamento da criança, mas

facilmente dissociáveis pelo epistemólogo: a experiência física e a experiência lógico-matemática".

Segundo Piaget & Inhelder:

(1) A experiência física, (...) consiste em agir sobre os objetos para deles abstrair propriedades; (2) a experiência lógico-matemática, (...) consiste em agir sobre os objetos, mas para deles conhecer o resultado da coordenação das ações. Nesse último caso o conhecimento é abstraído da ação e (não) dos objetos, de tal sorte que a experiência constitui simplesmente a fase prática e quase motora do que será a dedução operatória ulterior: o que já não tem relação alguma com a experiência no sentido de ação do mundo exterior, porque se trata, ao contrário, de ação construtora exercida pelo sujeito sobre os objetos (Piaget & Inhelder, 1989: 131).

A experiência do tipo (1) é necessária até para a formação das estruturas lógico-matemáticas que visam ao conhecimento do resultado das coordenações das ações, pois, mesmo a "experiência física nada tem de simples registro de dados, mas constitui uma estrutura ativa, porque é sempre uma assimilação em quadros lógico-matemáticos" (Piaget & Inhelder, 1989: 131). Com isso, o conhecimento lógico-matemático é abstraído da ação, não dos objetos; o conhecimento lógico-matemático, como as estruturas mentais, deve-se à coordenação das ações do sujeito e não somente às pressões do objeto ou do meio físico. Em suma, a experiência física é dada pela ação exercida pelo sujeito sobre os objetos com vistas a abstrair propriedades, e pode estender-se para um patamar mais elevado pela coordenação dessas ações e não somente pelas pressões do objeto físico sobre o sujeito.

A experiência com o meio físico pode promover o desenvolvimento de estruturas cognitivas, como as formais, por exemplo, não apenas pela quantidade de estímulos proporcionados pelas experiências, ou objetos manipulados, ou de suas propriedades físicas, mas, principalmente, pelo que o sujeito for capaz de retirar da sua ação sobre eles. Disso se deduz que o ensino poderá favorecer o desenvolvimento mental, possibilitando aos alunos acrescerem relações, significados e propriedades à experiência física; em termos piagetianos tornando-os capazes de abstrair e de ultrapassarem sua experiência.

2.2.1.3 O fator social

O intercâmbio intelectual entre indivíduos é (...) comparável a uma imensa partida de xadrez que se jogasse sem parar e de tal modo que cada peça jogada num ponto acarretasse uma série de jogadas equivalentes por parte do adversário: as leis do grupamento não são outra coisa senão as diversas regras que asseguram a reciprocidade dos jogadores e a coerência de seu jogo (Piaget, 1983b: 166).

Explicitar a contribuição do fator social na psicogênese significa referir-se a um dos elementos mais criticados e reclamados da teoria piagetiana. Pela voz de muitos *críticos*, é dito que Piaget simplesmente minimizou os fatores sociais, não lhes dando a merecida atenção; que o seu sujeito epistêmico é ideal, sem contexto, e que o ator descreve o seu sujeito interagindo apenas com objetos e não com outros sujeitos (Lourenço, 1994: 83-93). Se, de um lado, essa característica é tida por muitos como *negativa*, por não possibilitar a resposta aos *problemas concretos* de todas as formas particulares de conhecimento, de outro, possibilita o entendimento do funcionamento das estruturas mentais, o entendimento da evolução mental, e explica a construção dos novos conhecimentos. Tal posição teórica de Piaget pode se constituir num problema do ponto de vista das aquisições individuais, mas não do ponto de vista do traçado gênico das estruturas mentais e do que elas comportam de universal da espécie humana.

Esse fator compreende tanto as interações como as transmissões sociais preocupadas com a interação dos educandos no meio social. A socialização constitui uma estruturação para a qual o indivíduo tanto contribui como dela recebe, existindo a solidariedade e o isomorfismo entre as operações e a cooperação.

Esse fator se baseia no local e no meio cultural onde nasce a criança, sendo, como tal, influenciado por crenças, tabus, história e linguagem. O meio acaba privilegiando, acelerando e retardando determinadas estruturas de pensamento em detrimento de outras (Freitag, 1985), que devem ser estimuladas e desenvolvidas no seio da escola¹¹.

Este terceiro fator, também fundamental, mas insuficiente por si só, inclui, ainda, a transmissão lingüística, os intercâmbios sociais e as regras impostas ao pensamento (Piaget, 1983: 157), que são mediadas pelas instituições sociais das quais a educação

¹¹ Aqui se pode estabelecer um recorte colocando a correlação como uma estrutura marginal do ensino de 1º e 2º graus, calcada numa epistemologia escolar que nega os conflitos e os desencontros, fazendo o contraponto com a forma própria de pensamento biológico, que em muito depende da correlação.

escolar é uma forte representante. Podemos criticar com Piaget o desenvolvimento intelectual concebido, apenas, em função da experiência do meio físico e social: "Se o desenvolvimento da razão dependesse unicamente da experiência individual e das influências do meio físico e social, a escola poderia muito bem, (...) acelerar a evolução a ponto de queimar etapas e de identificar o mais rapidamente possível a criança ao adulto" (Piaget, 1985: 170-172).

Assim, a plasticidade indefinida das estruturas mentais pela pressão do meio social atenderia mais ao ponto de vista behaviorista do que ao construtivista dialético. O meio assim concebido seria uma espécie de *deus*, que dirigiria o conjunto das ações e o desenrolar da história humana, bastando, para tanto, estudar as formas de reação do sujeito ao meio. Nesta visão, o fator social deixaria de ter um papel desequilibrador e passaria a assumir um papel regulador e diretor da ontogênese das estruturas mentais (Piaget, 1989: 135).

A posição de Piaget (1989: 119-120) sobre a ação do fator social na constituição das estruturas lógicas assenta-se no que o "indivíduo nunca age só, mas é socializado em graus diversos". Sua ação é inerente ao princípio da contradição, pois "é sobretudo frente aos outros que somos obrigados a não nos contradizermos": (...) "o intercâmbio constante de pensamentos com os outros nos permite descentrar-nos, possibilitando-nos coordenar interiormente as relações que difundem pontos de vista distintos" (Piaget, 1983b: 165). Mas nem todos os contatos sociais conduzem a tal desenvolvimento, pois não basta uma imposição do grupo social nem a simples autoridade do uso e do consentimento comum. "A forma de interação coletiva que intervém na constituição das estruturas lógicas é essencialmente a coordenação das ações interindividuais no trabalho em comum e na troca verbal", por outro lado, são as coordenações intra-individuais das ações que possibilitam a superação das lutas e contradições.

A complementação da discussão desse fator, associando-o ao ensino escolar, será feita em uma secção posterior, em que dissertaremos mais especificamente sobre a relação entre o ensino e o desenvolvimento mental.

2.2.1.4 A auto-regulação

Toda a formação da personalidade é dominada pela procura de certa coerência e de uma organização de valores que exclui os despedaçamentos interiores (Piaget & Inhelder, 1989: 133).

Mais do que sobrepor um fator aos demais, é preciso compreendê-los dialeticamente, como constitutivos e fundantes da inteligência, pois os fatores não agem isoladamente ou de forma serial. O isolamento dos fatores consiste num trabalho do teórico, que busca a compreensão da ontogênese mental, não do funcionamento mental. Os “três fatores desarmônicos (entre si) não fazem uma evolução dirigida, e de direção tão simples e regular quanto à de nossas três grandes estruturas sucessivas” (Piaget & Inhelder, 1989: 132). Tais fatores precisam ser interligados, compensados por um elemento organizador e estruturador do desenvolvimento cognitivo – a *equilibração* –, que “possibilita cada um dos fatores precedentes est(eja) subordinado (...) às leis de equilíbrio e que sua própria interação inclui um aspecto de *equilibração*” (Piaget, 1989: 120).

A *equilibração* tem suas raízes no biológico, nasce no biológico, mas não é somente biológica; depende das experiências do meio físico e social para expressar-se, constituir-se, assimilar e manter uma independência crescente do meio e do biológico.

Este quarto fator é o mais importante por atuar na forma de auto-regulação interna pela qual o indivíduo equilibra os fatores da experiência, da maturação orgânica e da transmissão social; é resultado da construção individual do sujeito, que ninguém poderá realizar em seu lugar, atuando como um fator capaz de garantir a unidade funcional da atividade mental, evitando o seu esfacelamento. A *equilibração* constitui o fator capaz de interligar e de regular o conjunto dos demais fatores. Assim, é insuficiente a transmissão social se não estiver acompanhada de uma assimilação ativa do indivíduo com seus instrumentos operatórios adequados. O indivíduo, enquanto organismo biológico ou ser social, é afetado por realidades frente às quais o seu poder de decisão ou escolha é muito limitado. É a auto-regulação que o faz indivíduo, a partir da forma como integra e coordena essas realidades situacionais.

A auto-regulação atua sobre as *desequilibrações* ocorridas quando os processos de raciocínios que o indivíduo está acostumado a executar, ou os conhecimentos disponíveis, não conseguem resolver os problemas, resultando num *desequilíbrio* que

predispõe à auto-regulação. As desequilibrações podem ser mediadas, entre outras formas, pelo despertar da curiosidade, pelo imprevisto, pela integração de variáveis impensadas até o momento e pelas contraprovas apresentadas pelos professores aos julgamentos imediatos e apressados dos alunos.

Como condição material necessária para que ocorram as desequilibrações, o indivíduo deve estar mentalmente apto a receber a nova situação como conflitante ou problema, ou seja, possuir estruturas mentais que tornam o estímulo assimilável pelo organismo (Piaget, 1976). Em suma, os desequilíbrios obrigam o sujeito a superar-se na busca de um novo equilíbrio, conseguido com o auxílio das auto-regulações.

A exposição a respeito dos fatores gerais que contribuem para a construção das estruturas mentais diz respeito às condições do indivíduo que integra e reestrutura desequilibrações fornecidas pelo meio externo necessita ser complementada pelos fatores que fornecem a energética e as razões do desenvolvimento.

2.2.1.5 Os fatores da dinâmica mental

Se a adaptação (...) se revela produtora de conhecimento, se utiliza as estruturas da atividade, ela não o faz somente para obter conhecimentos¹². Faz isso também para obter prazer, fruição, mudar de hábitos, distrair-se, satisfazer suas necessidades, exercitar o corpo etc. (Dolle, 1993: 98).

Os quatro fatores principais do desenvolvimento mental são complementados por fatores que “fornecem a chave do desenvolvimento mental, pois expressam as necessidades de crescer, afirmar-se, amar e ser valorizado que constituem os motores da própria inteligência, tanto quanto das condutas em sua totalidade e em sua crescente complexidade” (Piaget & Inhelder, 1989: 133).

A compreensão que Piaget tem sobre a afetividade ultrapassa as interpretações que se posicionam entre o gostar e o não-gostar ou as mais próximas à emotividade e à espontaneidade. Segundo ele, a “afetividade constitui a energética das condutas, cujo aspecto cognitivo se refere apenas às estruturas (...), inexistindo conduta, por mais intelectual que seja, que não comporte fatores afetivos” (uma energética), da mesma forma que “os estados afetivos sem a intervenção de percepções ou compreensão, que constituem a sua estrutura cognitiva” resultam sem significado. Assim, “os aspectos

¹² Grifos do autor.

cognitivo e afetivo são, ao mesmo tempo, inseparáveis e irreduzíveis” (Piaget & Inhelder, 1989: 133).

A afetividade, como qualquer fonte de energia, permanece potencial até que não lhe seja fornecida uma forma de expressão que lhe confira um poder transformador, que, no caso, é possibilitado pelas estruturas mentais. Corroborando a nossa metáfora, isso é dito de outra forma por Piaget (1989: 69-70): “a afetividade constitui a mola das ações das quais resulta, a cada nova etapa, esta ascensão progressiva, pois é a afetividade que atribui valor às atividades e lhes regula a energia”. E complementa: “a afetividade não é nada sem a inteligência, que lhe fornece meios e esclarece fins”.

Referindo-se ao funcionamento das estruturas operatórias no contraponto com a afetividade, diz Piaget:

O mecanismo operatório comporta infalivelmente uma distância que precisa distinguir a estrutura das transformações como tais e o que as torna possíveis na sua desejabilidade, interesse, rapidez, etc., e este segundo aspecto leva-nos a uma energética. (...) A vida afetiva traduzirá as regulações da conduta. (...), coordenando os ganhos e as perdas de energia (1973: 82).

Ainda: “a afetividade faz funcionar as estruturas, acelerando ou retardando a sua formação, mas sem por isso as modificar”, pois a estrutura possui características de totalidade e fechamento, e é no caráter integrado com as estruturas que a afetividade determina a sua expressão dinamogênica. O seu caráter

modificado pela ausência sistemática de investimento energético caracteriza o esquizofrênico, o que não se preocupa com o real, confinando-o num mundo esquemático e patologicamente formal, enquanto os superinvestimentos do paranoico conduzem-nos a pensamentos desconexos por carecer do substrato estrutural. Tais anomalias ou desequilíbrios entre o cognitivo e o afetivo representam o rompimento em favor da estrutura ou do seu funcionamento (Piaget, 1973: 83).

Como fica a aprendizagem diante desse quadro geral dos elementos da dinâmica mental se “afetividade e inteligência ‘se desenvolvem solidariamente’ não ‘uma pela outra’, mas ‘em função da organização progressiva das condutas’” (Dolle, 1993: 104)? Esta irreduzibilidade e a inseparabilidade entre o afetivo e o cognitivo possibilitam-nos inferir que não basta pensar a aprendizagem, apenas, do ponto de vista energético, enfocando os elementos de ordem afetiva e motivacional mas considerando, na mesma proporção, os aspectos relativos à estruturação mental. Da mesma forma, a organização da aprendizagem com enfoque somente nos aspectos estru-

turais, descurando os aspectos energéticos, redundante nula, pois numa situação em que “o aluno que não percebe o sentido dos estudos que lhe são impostos (...) não consegue encontrar interesse nisso” (Dolle, 1993: 119). À semelhança desta distorção apontada por Jean-Marie Dolle, outras podem estar radicadas na dissociação prática desses fatores.

Após dissertarmos sobre a afetividade e a sua ligação com as estruturas mentais, passaremos a focar outro elemento complementar – a motivação.

No dizer de Kesselring (1993: 208), Piaget, por não ser um pedagogo prático, “pouco disse acerca do que um adulto deverá fazer para entusiasmar crianças por determinada causa”, mas, mesmo assim, “deu algumas indicações de forma indireta e com elevado nível teórico”. Tal situação se deve aos pressupostos da teoria piagetiana, que é, segundo Aebli (apud Kesselring, 1993: 208), “uma psicologia que considera o homem totalmente como ser ativo, em princípio não atribui a necessária importância à motivação”. A esse respeito, Ferreiro & Teberosky (1991), refletindo sobre o sujeito epistêmico da teoria piagetiana, afirmam:

O sujeito que conhecemos através da teoria de Piaget é um sujeito que procura ativamente compreender o mundo que o rodeia, e trata de resolver as interrogações que este mundo provoca. Não é um sujeito que espera que alguém que possui um conhecimento o transmita a ele, por um ato de benevolência. É um sujeito que aprende basicamente através de suas próprias ações sobre os objetos do mundo e que constrói suas próprias categorias de pensamento ao mesmo tempo que organiza o seu mundo (1991: 26).

Da sua teoria, são apontados por Kesselring (1993: 208-209) como estreitamente relacionadas com a motivação as seguintes categorias teóricas: 1) a equilíbrio das estruturas cognitivas; 2) a abstração reflexionante; 3) a tomada da consciência; 4) a contradição; 5) as experiências de contrastes.

Pessoalmente, também estamos empenhados e, já há algum tempo, refletimos indiretamente sobre a questão da motivação, com base na interatividade do sujeito com o objeto de conhecimento. Concebemos que um pensamento ativo

é aquele em que o sujeito não é indiferente ao objeto (de conhecimento), mas se importa (é 'portado' para o 'in', 'coração' do objeto), se interessa e é afetado pelo objeto. (...) Quanto mais íntima esta relação tanto mais frutífero será o pensamento. Ao pensar mais produtivamente, o pensador é motivado pelo objeto (é o motivo da ação; é mover-se para); é afetado [é pro(para frente) vocado (chamado, desafiado)] pelo objeto e a ele reage; ele se importa com o objeto e a ele responde (Rosso & Taglieber, 1992: 39-40).

O desequilíbrio constitui o fator que mobiliza, durante a aprendizagem, as estruturas cognitivas e as energias psíquicas e que se constitui na verdadeira fonte de motivação e dinamismo da aprendizagem, ligando a afetividade e a motivação com a energética promotora do desenvolvimento mental. Podemos encontrar outros elementos noutras secções ao longo desta tese, em especial, na secção 1.3.3 – no motor da ciência–, na 1.3.4 – o professor de ciência/biologia – e na secção 2.2.2.2 – motivação, aprendizagem e estruturação mental –, que fazem a ligação desses fatores com as situações didático-pedagógicas.

2.2.2 Ensino e desenvolvimento mental: é possível conciliar?

A preocupação em demarcar, diferenciar e compreender os processos presentes no ensino e no desenvolvimento mental, com seus contornos, não é recente e tem mostrado que a indefinição e/ou o desconhecimento desses campos tem gerado resultados nem sempre frutíferos e proporcionais aos esforços empreendidos na aplicação da teoria piagetiana em situações de ensino (Castello Branco, 1991; Coll, 1992; Lemer, 1996; Montoya, 1996). Inhelder et al. chamam a atenção para o fato de que

Piaget e seus colaboradores acentuaram sempre a atividade do sujeito na gênese dos conhecimentos, sem estudar por ela própria a parte dos fatores do meio na formação das estruturas cognitivas. Pouca atenção foi dada até agora, tanto na psicologia quanto em epistemologia genéticas às questões de aprendizagem em seu sentido estrito (1977: 13).

Mais recentemente, essa questão tem sido objeto de exame entre nós por Castello Branco (1991), Macedo (1987 e 1993), Becker (1993), Fraga (1990), Moro (1991), Montoya (1996) entre outros. Franco et al. (1992) sugerem ser este, para o futuro, um campo de pesquisa da teoria piagetiana bastante promissor e fecundo. Castello Branco (1991) discute com uma certa extensão os objetivos dos elementos do binômio, lembrando a importância de que sejam clarificados para que não se incorra no erro de sobrepor um ao outro. Também em Macedo (1987) encontramos a preocupação de discutir os aspetos particulares da aprendizagem escolar, contrapostos aos gerais/universais da teoria advinda das pesquisas de psicologia e epistemologia genética; preocupação que o autor retoma e reafirma num artigo mais recente (Macedo, 1993). Com Taglieber (1989), somos alertados sobre os perigos da interpretação em demasia e de estudos superficiais quando buscamos uma aplicação imediata da teoria piagetiana. Já Coll (1992) aponta uma série de

insucessos quando se pretende transitar diretamente da psicologia genética para a prática pedagógica. Em Becker (1993), são discutidos aspectos de epistemologia genética da teoria piagetiana ligados às situações diárias vivenciadas pelos professores em sala de aula. A escola, conforme Montoya (1996: 95-96), principalmente das favelas, não favorece o processo de "refletir a experiência vivida e com ela a possibilidade de organização conceitual do pensamento" (...), contribuindo, assim, para a produção da condição de marginalização. Pessoalmente, também investigamos aspectos operatórios do funcionamento das estruturas formais no ensino de ecologia dos calouros do curso de Biologia da Universidade Federal de Santa Catarina (Rosso, 1993).

Piaget, nas vezes em que abordou explicitamente o tema, mesmo que apenas de passagem, manteve sempre uma posição comum: a de que "a educação, a depender das experiências possibilitadas, poderá ser um fator favorável, ou não, ao desenvolvimento da inteligência" (1985, 1964). Assim, a educação é *uma das* possibilidades e, não, *a* condição indispensável *para* o desenvolvimento da inteligência; Piaget sempre admite a sua interferência, mas é necessário qualificarmos em que condições essa interferência é promotora. Em outros termos, a educação, como fator necessário, poderá acelerar ou retardar o ritmo de desenvolvimento mental, mas não como o *único* fator determinante. Tal posição é corroborada pelas pesquisas de Freitag (1985: 44-45), que, comparando crianças faveladas – sem escolarização e com escolarização –, encontra no segundo grupo um número maior de sujeitos capazes de se utilizarem de procedimentos formais.

Ao falar diretamente do tema, Piaget afirma: "O desenvolvimento da inteligência provém de processos *naturais* e *espontâneos* que podem ser utilizados e acelerados pela educação familiar ou escolar mas não derivam delas, constituindo, pelo contrário, a condição prévia e necessária de todo o ensino" (1985: 44; grifos meus). O conceito piagetiano de desenvolvimento da inteligência pautado desde a interioridade orgânica dos indivíduos, segundo leis próprias contradiz as correntes desenvolvimentistas que possuem a pretensão de dirigir e comandar o seu desenvolvimento. É necessário explicitar que para Piaget *naturais*, interior ou endógenas significa que "não é aleatória; (a inteligência) (é) regida por uma lei, uma razão, que se manifesta espontaneamente". *Espontâneos*, significa "não-comandado, não contro-

lado à vontade, impossível de ser calculado a priori, impossível de ser ensinado de maneira caprichosa" (Lajoquière, 1997: 111) e voluntariosa.

Esse caráter espontâneo do desenvolvimento operatório é comprovado em pesquisas comparativas entre, de um lado, crianças normais e, de outro, crianças com alguma limitação cultural ou orgânica, como, por exemplo, analfabetos, surdos-mudos e cegos. Nessas, foi constatado que os últimos possuem um ligeiro atraso em relação aos primeiros, o que significa que o desenvolvimento operatório da inteligência pode dar-se independentemente do processo de escolarização, com independência relativa, porém não excludente da linguagem, da escrita, dos fatores biológicos e afetivos, entre outros.

Assim, postular a influência relativa da escolarização de forma alguma pode ser entendido como a exclusão desse fator e, da mesma forma, admitir a influência da escolarização não significa que a inteligência pode ser dirigida ou comandada por ela. A posição que Piaget defende é contrária à difundida pelo senso comum do fazer pedagógico, onde *natural* e *espontâneo* são comumente interpretados como espontaneísmo, maturacionismo ou como a negação da dimensão social do processo da construção do sujeito epistêmico e dos conhecimentos com a conseqüente eclipse da ação docente e dos processos de transmissão de conhecimentos e processos culturais (Lajoquière, 1997: 111 e 98).

Traduzimos, por meio de uma série de perguntas, os desafios desta discussão: ensinamos para desenvolver as estruturas mentais ou ensinamos com base em estruturas e funcionamento mentais (ou de pensamento)? Existem formas de ensino capazes de promover de forma dirigida e planejada o desenvolvimento das estruturas mentais? É possível a aquisição de um conteúdo em um nível mental superior ao atualmente existente? O que existe de comum e de diferente entre a aprendizagem e a aquisição de estruturas mentais? Ou, talvez, o problema possa ser mais bem formulado assim: podemos ensinar se desconhecemos as estruturas mentais e o seu processo *natural* e *espontâneo* de desenvolvimento?

As questões auxiliares que levantamos no parágrafo anterior receberão resposta ao longo do texto; quanto à questão que o título levanta, estará continuamente no foco da nossa discussão. Porém, a resposta à questão principal, buscando a conciliação do ensino-aprendizagem com o desenvolvimento mental no contexto da

prática pedagógica, exige que clarifiquemos alguns pressupostos básicos: 1) que é e como se processa o desenvolvimento mental e a construção de conhecimentos; 2) a formação teórico-prática dos professores, que deve ser capaz de dar conta do que seja um indivíduo mentalmente desenvolvido, das etapas e dos mecanismos que conduzem o seu desenvolvimento, bem como das aprendizagens intencionais e dirigidas de conhecimentos, e 3) o processo de ensino-aprendizagem que se desenvolve nas escolas e que deve não apenas ser negado, mas superado por uma nova prática, por uma nova mentalidade pedagógica.

2.2.2.1 Estruturação mental e aprendizagem

Na interpretação da psicologia genética, o desenvolvimento mental efetua-se pela constante reestruturação das estruturas de pensamento em patamares cada vez mais diferenciados e complexos e cada vez menos vinculados aos substratos biológicos e da ação física (Freitag, 1985), tomando-se, progressivamente, uma ação no plano mental. Podemos dizer o seguinte: uma criança não nasce inteligente, mas se *faz* gradativamente inteligente, pois "a inteligência não é um dom, mas processo(:) (...)fica inteligente, aprendendo" (Grossi, 1997: 128). Frente às concepções inatistas, criticadas duramente por Piaget (1983, 1985, 1990), o que podemos admitir é que a criança nasce com potencial genético para construir gradativamente, em interação com o meio, o seu aparato cognitivo. Para ele, a base está nas ações e na abstração reflexionante, resultantes da interação com o meio físico e social, coordenadas internamente no indivíduo pelos mecanismos auto-reguladores e estruturadores da inteligência.

A aprendizagem, associada ao desenvolvimento mental, na visão piagetiana, é dependente tanto de fatores externos como de internos. Os fatores internos são constituídos, em última análise, pelo conjunto das estruturas mentais (em seu desenvolvimento atual, tanto real como virtual), coordenadas pelas regulações e pelos fatores dependentes da condição orgânica; já, os fatores externos, sob a influência dos meios físico e social, agem como fonte de desequilibrações diante das quais o indivíduo busca um retorno ao equilíbrio pela assimilação/acomodação. Acontece, porém, como afirma Taglieber (1989), que os fatores de maturação orgânica e de transmissão social são aqueles diante dos quais a autonomia da criança é relativa; e é a auto-regulação que a diferencia e lhe confere autonomia, equilibrando outros fatores que atuam na construção

mental. A equilibração é realizada pela criança, que precisa executá-la ativamente. Em se tratando de aprendizagem, esta é verdadeira sempre que ocorrer uma assimilação/acomodação no quadro das estruturas disponíveis. Ainda mais: os conhecimentos são sempre reformulados em um nível superior ao inicial.

Na vasta obra de Piaget, a aprendizagem, de maneira geral, assume um caráter bastante amplo, que nos permite compreendê-la tanto *stricto sensu* como *lato sensu*. A aprendizagem de um conhecimento (resultado ou desempenho), em seu sentido estrito, acontece à medida que ele é construído em função da experiência física, ou lógico-matemática, ou ambas. Nessa aprendizagem, as informações se referem aos fatos em si ou a situações particulares, que não repercutem necessariamente, no todo das estruturas mentais do indivíduo (veja-se a Tabela II). A aprendizagem, em sentido lato, ultrapassa e subsume as aprendizagens estritas, compreendendo as leis do próprio desenvolvimento; portanto, aprendizagem, em sentido estrito, está sempre subordinada à aprendizagem *lato sensu*. Pode-se dizer que um conhecimento de ordem geral, mais amplo, é que possibilita a compreensão de conhecimentos específicos; assim, uma criança com conhecimento do que seja uma árvore compreenderá com maior facilidade o que é uma roseira ou um abacateiro. Em qualquer um dos tipos de aprendizagem, sempre se faz necessária a contribuição estruturadora do organismo assimilador, o que explica que nenhuma aprendizagem pode dar-se meramente em função de fatores externos ao próprio processo de aprendizagem.

Contribuindo com a nossa reflexão e ampliando a nossa compreensão, Furth (1986) propõe uma diferenciação entre os processos psicológicos da aprendizagem, no sentido de adquirir conhecimentos específicos (aprendizagem estrita), e os ligados à construção de estruturas mentais (aprendizagem lata). As suas idéias estão organizadas na forma de um quadro comparativo, que auxilia na demarcação das diferenças existentes entre esses processos, as quais são aqui dissociadas propositalmente para que se possa perceber e acentuar as suas peculiaridades.

Tabela II: Comparação entre a construção de conhecimentos e a construção de estruturas mentais

	APRENDIZAGEM DE CONTEÚDO	CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS
1. Origem da experiência	A aprendizagem se constrói por meio da abstração física como a reflexionante cuja fonte é dada pelo meio físico/social figurativamente presente.	Fazem-se a partir das coordenações gerais das ações, não das coisas propriamente. São abstraídas das atividades e experiências humanas em geral.
2. Motivação provedora da energia para a mudança	Sujeita tanto a uma motivação intrínseca quanto extrínseca na forma de recompensas.	Vem do interior da estrutura operativa. Tanto o processo como a motivação vêm do interior da própria estrutura, quando desafiada e desequilibrada.
3. Tipo de memória que retém o novo comportamento	Está condicionada à situação do armazenamento da informação e sujeita ao esquecimento pelo desuso. É mais de natureza figurativa e se for associada às estruturas mentais é mais durável.	A memória para as estruturas operativas consiste no próprio funcionamento das estruturas. É disponível toda a vez que for exigida.
4. Tipo de cognição adquirida	Conhecimentos particulares e novas informações fornecem o conteúdo dos objetos conhecidos.	Instrumento geral de cognição que fornece formas gerais para cognições particulares.
5. Articulação entre o comportamento novo e o anterior	Sujeita a erros e a mudanças. Depende de circunstâncias particulares que nem sempre podem ser auto-evidentes como as formas das estruturas operativas.	As novas estruturas formam-se sobre as anteriores, incorporando-as em uma síntese superior. Proporcionam base sólida para a verdade e o discernimento crítico, pois são de natureza lógica.

Fonte: Furth (1986: 115-127)

É necessário insistir, mais uma vez, em que, na vida real, os processos de estruturação mental e a aprendizagem, normalmente, caminham juntos, não estando separados como foram apresentados na tabela. Isso nos leva a defender o seguinte ponto de vista: as estruturas mentais constituem a capacidade básica que possibilita a aprendizagem particular, ou seja, as estruturas disponíveis determinam o modo pelo qual um conhecimento particular é assimilado. A inteligência humana é "o instrumento indispensável do intercâmbio entre o sujeito e o universo, enquanto os seus circuitos ultrapassam os contatos imediatos e momentâneos para atingir as relações extensas e estáveis" (Piaget, 1983: 17). A inteligência constitui também "o estado de equilíbrio no sentido a que tendem todas as adaptações sucessivas de ordem

sensorio-motora e cognitiva, assim como todas as trocas assimiladoras e acomodadoras entre o organismo e o meio" (Piaget, 1983: 21). Porém, o funcionamento dessas estruturas assimiladoras e organizadoras não ocorre no vácuo; processa-se dentro de uma pessoa concreta, que vive em meios físico e social específicos, dos quais extrai coisas específicas e em relação aos quais expressa motivação e atitudes pessoais.

Todas as formas de conhecimentos, como também a construção das estruturas mentais, dependem direta ou indiretamente da experiência do indivíduo com o meio físico ou social. É daí que ele extrai a coordenação de todas as relações de objetos (de seu meio) e ações (veja-se o quadro comparativo da Tabela II). Os elementos que nutrem as estruturas mentais e a construção de conhecimentos são de natureza diferente; no entanto, ao mesmo tempo, são processos dependentes da assimilação/acomodação do indivíduo. Por si só, a demarcação dessas diferenças constitui um desafio teórico; por outro lado, torna-se muito importante para que se compreendam os pontos em comum, as divergências e as relações entre as estruturas mentais e a aprendizagem.

Na construção dos conhecimentos, as informações são retiradas das interações com os objetos e obtidas pela observação e/ou experiência, ou coordenação de ambas mediante abstrações, tanto dos objetos como tais ou das ações exercidas sobre os mesmos. Dessa forma, todo o conhecimento da aprendizagem, independentemente da sua natureza, é sempre conhecimento de um ou de vários objetos (que podem ser materiais ou formalizados, isto é, mentais), pois as ações se dão sempre sobre um objeto (não existem ações no vazio), ainda mais que todo o conhecimento está sempre relacionado a uma atividade humana. Todo o conhecimento é sempre resultado da assimilação/acomodação a esquemas enraizados nos esquemas anteriores (fruto de experiências ou ações abstraídas), independentemente de ser conhecimento de natureza experimental /social ou de natureza lógico-matemática.

Uma das distorções mais comuns ligadas aos estágios de desenvolvimento mental consiste em colocar a aprendizagem na dependência exclusiva de um fator genético, interno, desconsiderando as influências do meio físico-social. Se assim fosse, como diz Piaget (1985: 170), "o problema seria simplesmente o de encontrar os

conhecimentos correspondentes a cada estágio e apresentá-los de maneira assimilável para a estrutura mental do nível considerado". No mesmo parágrafo, em linhas anteriores a este trecho, cuja ordem invertemos propositadamente, o autor diz: "se assim fosse o professor perderia seu tempo e esforço em querer apressar o desenvolvimento de seus alunos". Se este fosse o caso, seria muito simples a resposta do problema do *quê, como e quando* ensinar e, diríamos nós, já teríamos resolvido o problema do ensino com desenvolvimento mental. Por isso, levantamos mais duas perguntas para discussão: Os programas de ensino devem estar em função de uma ordem lógica ou psicológica? É possível, verdadeiro e desejável estabelecer correspondências entre esta *organização lógica* de conteúdos e o desenvolvimento mental?

Uma outra distorção advém do behaviorismo que, sem dúvida, impregna o fazer pedagógico e se constitui numa fonte de distorções quando o que se pretende é mais do que a repetição de respostas treinadas. Bem mais que estímulo/resposta/recompensa /reforço, com a supremacia da organização do meio externo para obter produtos de conhecimentos, é necessário atentar para as condições individuais internas, para que se forneçam desafios capazes de mobilizar as estruturas cognitivas e, principalmente, os mecanismos auto-reguladores. A motivação da aprendizagem não deve ser vista como exclusivamente externa e associada a uma recompensa. Na prática, a visão behaviorista assemelha-se ao funcionamento de uma *caixa preta*, na qual o que interessa são as entradas e as saídas. O que acontece com os alunos no seu contexto bio-psico-social, como esses processam e organizam as informações e as condições em que ocorre a aprendizagem não se constituem na preocupação principal ou, simplesmente, são fatores desprezados.

Na teoria de Piaget, a aquisição de um conhecimento novo significa sempre a assimilação deste novo conhecimento apoiado sobre as estruturas mentais disponíveis. Isso significa que determinada noção ou fato sobre um objeto é assimilada por indivíduos em diferentes estágios de desenvolvimento em função das estruturas gerais atuais (virtuais e reais). Assim, o número cinco terá significados diferentes para uma criança de três ou de sete anos e para um adolescente de treze anos, ou seja, uma noção sobre determinado conhecimento constrói-se sobre noções anteriores. Não existe, simplesmente, um início no "zero absoluto" (Furth, 1974: 261) sobre determinado

conhecimento; o que existe são objetos de conhecimentos com os quais os alunos ainda não tiveram oportunidade de interagir. E o ensino deve começar justamente possibilitando interações iniciais, conduzindo desafios para a construção de noções mais desenvolvidas, tanto em extensão como em profundidade. O conhecimento assimilado/acomodado não é, apenas, uma incorporação ou a simples inclusão de algo totalmente novo; é, sobretudo, um enriquecimento, um reordenamento, inter-relacionando-se com todos os conhecimentos anteriores.

No construtivismo, o fato decisivo e diferenciador é o de ser a ação do aluno a promotora do seu desenvolvimento mental; não se trata de uma ação do professor, mas da ação promotora do seu desenvolvimento. Antes, e sobretudo, é uma ação do aluno, pois é ele que se constrói intelectualmente, ao mesmo tempo que constrói conhecimentos e é o elemento que deve ser ativo no processo assimilação/acomodação dos objetos do meio (situações, fatos, etc.) – aprendizagem – para a formação das estruturas mentais. Retomemos aqui a metáfora do aluno/ator: a ação do professor é a de *ator coadjuvante*, isto é, ele age indiretamente, *contracenando*, sugerindo e programando ações para o aluno, levando-o a ser o mais ativo possível. A intervenção do professor deve ser sempre no sentido de proporcionar desequilibrações, “pois os desequilíbrios obrigam o sujeito a superar-se na procura de um novo equilíbrio (majorante) (...) constituem o móvel da pesquisa e sem ele o conhecimento permaneceria estático” (Piaget, 1976: 18-19). Para tanto, é necessário que o professor conheça seu ofício (arte-ciência); ajude a explorar materiais; a descobrir os instrumentos e a melhor forma de utilizá-los e, especialmente, ajude os alunos a tomarem conhecimento dos processos cognitivos. As experiências proporcionadas no ensino-aprendizagem devem ser no sentido de que o aluno seja o *ator* e não, apenas, um *figurante* ou *assistente*. A ação mental do aluno é de dentro para fora, imanente, autoconstrutiva; nela, o aluno vai se construindo e se organizando mentalmente para incorporar elementos percebidos no meio, construindo conhecimentos.

2.2.2.2 *Motivação, aprendizagem e estruturação mental*

A construção dos conhecimentos dá-se como uma coordenação de dados externos dentro do quadro das estruturas mentais do indivíduo. Assim, o ensino é verdadeiro, tomando-se *alimento favorável*, quando, ao mesmo tempo, possibilita a construção de conhecimentos em seu sentido mais amplo. O processo de ensino-

aprendizagem não deve, apenas, buscar uma adequação material das situações externas às condições internas, a qual é “um elemento facilitador, mas que, em absoluto, não é a garantia de que os alunos chegarão a entender as noções utilizando-se das estruturas (mentais), mas sim que poderão entender melhor” (Rosso, 1993: 84). Superaremos esta adequação facilitadora se o ensino-aprendizagem favorecer interações ativas (com o objeto de estudo, além do seu sentido físico imediato), acompanhadas de desafios geradores de desequilíbrios. Só então, ele será verdadeiro, pois, ao mesmo tempo em que possibilita a construção ativa de conhecimentos em seu sentido estrito, também poderá tornar-se “um alimento favorável” para a construção de conhecimentos em sentido lato, superando o sentido meramente estrito e, por extensão, utilizando-se das estruturas mentais.

Na incapacidade de incorporar ou de assimilar um *alimento*, por não apresentar estruturas mentais capazes de perceber os desafios como desequilibrações, o *alimento* acaba sendo rejeitado pelo organismo/aluno porque não ocorre trabalho mental. De outro modo, se o indivíduo possui capacidade de incorporação superior aos desafios apresentados, mas o professor, por artifícios de exposição, continua “aliviando” ao máximo o trabalho mental (Sukhonlinski, 1978) com alimentos *pré-digeridos*, está freando, segurando o desenvolvimento, ao invés de estar desafiando e fazendo o aluno produzir intelectualmente cada vez mais. Essa insuficiência de desafios produz um quadro de *desnutrição intelectual*, que, sem dúvidas, não se constitui em exceção no ensino, pois o *regurgitamento* (Fortta-Pessoa et al., 1982: 63) e a memorização de conhecimentos estão muito presentes, sendo, conseqüentemente, na mesma proporção e sistematicamente, esquecidos e/ou rejeitados.

Não é *qualquer* alimento intelectual que possibilitará a construção ativa de conhecimentos. Definimos como *favorável* a situação que considera, de um lado, as estruturas mentais que determinam a capacidade assimiladora e acomodadora do aluno e, do outro, as que apresentam desafios/desequilíbrios em níveis ligeiramente superiores à situação mental presente, nunca aquém, no sentido de *aliviar* o seu trabalho mental, nem além de suas capacidades mentais, sobrecarregando-o. Se não existirem situações e estruturas que tomem o aluno apto a perceber desafios que o desequilibrem, dificilmente ocorrerá assimilação/acomodaçã, não havendo, então,

trabalho mental verdadeiro. Enfim, o resultado alcançado se aproximará em muito da memorização mecânica.

Com Piaget, confirmamos o nosso ponto de vista, por meio de termos um pouco diferentes dos utilizados em nossa reflexão:

Do ponto de vista da escola, é preciso reconhecer a existência de uma evolução mental: que qualquer alimento intelectual não é bom indiferentemente das idades; que se deve considerar os interesses e necessidades de cada período (...) Significa também (...) que o meio pode desempenhar um papel decisivo no desenvolvimento do espírito; que a sucessão de estágios não é determinada uma vez por todas no que se refere às idades e aos conteúdos do pensamento; que métodos (adequados) podem aumentar o rendimento dos alunos e mesmo acelerar seu crescimento (intelectual) sem prejudicar sua solidez (1985: 176).

2.2.2.3 A sala de aula e o desenvolvimento mental

O modelo epistemológico piagetiano defende que o conhecimento não existe como uma entidade autônoma, mas como construção progressiva, fruto das interações que ocorrem entre o sujeito e o objeto, nas quais tanto sujeito como objeto são construídos no ato de conhecer; o conhecimento não é dado, pronto, acabado; ele é uma construção. Contrariamente, os modelos epistemológicos apriorísticos delegam um papel passivo ao sujeito ou objetos, os quais supõem serem os portadores das relações e noções; priorizam o papel dos objetos, do meio ou da ação do indivíduo para a aquisição dos conhecimentos. No primeiro caso de apriorismo, os conhecimentos se impõem ao indivíduo, bastando, para tanto, que ele esteja sensorialmente apto para captá-los; no segundo, para chegar ao conhecimento, o indivíduo dependeria, apenas, de aguardar o momento ou as situações favoráveis à manifestação do conhecimento à sua consciência.

O ensino que, no seu planejamento, levar em consideração as estruturas mentais reais e virtuais dos alunos e adequar atividades desafiadoras à aprendizagem nas noções envolvidas estará potencializando o desenvolvimento da inteligência, acompanhado da possibilidade de o aluno aprender mais e sempre, dispensando a tutela do professor (ou de um livro-texto). Em caso contrário, o aluno padecerá pelo embotamento mental, sendo portador de um *pacote* estático de conhecimentos, sujeitos à corrosão espacial-temporal e à dependência permanente de alguma fonte e/ou pessoa que o informe, como no caso da *memorização figurativa*.

A compreensão do desenvolvimento da inteligência no seu sentido operatório, que perpassa todas as atividades do sujeito, acompanhando-o em todos os lugares e situações de sua vida, é de fundamental importância, devendo ser conjugada ao ensino-aprendizagem. O fato de o professor oportunizar e favorecer o desenvolvimento da inteligência, num processo associado ao ato de aprender, permitirá ao aluno não só dar conta dos conteúdos correntes da escola enquanto estiver na escola, mas pela sua vida afora. Ao comentar esta situação, que julgamos ser nuclear para a formação intelectual, Huttchins (apud Piaget, 1985: 35) declara que o objetivo principal da educação é desenvolver a inteligência e, sobretudo, *aprender* a desenvolvê-la "o mais longamente possível, isto é, além do término da vida escolar". E Piaget acrescenta que "ninguém pode deixar de aceitar a fórmula de Hutchins (...) mas fica patente que ela não significa grande coisa enquanto não se precisar em que consiste a inteligência".

Ao levantarmos o tema do desenvolvimento mental como uma contribuição nobre da educação e do ensino, podemos retomar o entendimento piagetiano de inteligência e o seu modelo epistemológico. No modelo genético de inteligência, não existe estrutura mental sem uma gênese, ou gênese sem estrutura; as estruturas mentais se constroem gradativamente, no intercâmbio com o meio físico-social, por meio das assimilações/acomodações reguladas pelas equilibrações. O desenvolvimento da inteligência acontece em etapas dependentes e sucessivas umas às outras; não é uma faculdade inata, mas uma construção do indivíduo. Para a Epistemologia Genética, os conhecimentos são construídos historicamente pelo caminhar da humanidade e pelo indivíduo, que refaz a construção, seguindo a direção da caminhada humana.

Podemos inferir que, se o ensino estimular, realmente, o pensamento no decurso de suas atividades corriqueiras, tomando, com competência, o compromisso de desenvolver a inteligência com conhecimento de causa, estará, então, dando uma contribuição significativa aos indivíduos. Na ação educativa, equilibrar e tornar compatíveis, simultaneamente, os objetivos educacionais e o desenvolvimento mental constituem-se nos maiores desafios. Esse desafio, normalmente, vem cercado por muitas limitações, ligadas tanto à formação dos professores – que não lhes possibilita uma clareza necessária do processo de desenvolvimento da inteligência e do

processo de construção de conhecimentos – quanto à organização escolar, que deseja impor a qualquer custo um rol de conhecimentos e de habilidades que julga serem *necessários* para o *cidadão socialmente útil*.

Essas limitações não só retardam e bloqueiam a possibilidade de experiências educativas – que favoreceriam não somente uma aprendizagem significativa, duradoura – como também, e principalmente, impedem ou bloqueiam a aquisição de estruturas mentais. Desconhecer *a priori* o desenvolvimento mental e as ações educativas capazes de o promover significa deixar que essas se desenvolvam dentro do senso comum corrente, segundo o qual a inteligência é normalmente inata e os conhecimentos são dados *a priori*, bastando ao aluno acumulá-los como se fossem produtos armazenáveis. Nesta situação, o trabalho do professor perde sua essência, tornando-se um monitoramento vigiado de um programa; assim, todo o apoio prestado pela psicologia resume-se em *dourar a pilula*, em *tomar palatável* os alimentos do *intelecto* que os alunos devem ingerir, independentemente de qualquer condicionante.

Para concluir, se quisermos, como professores, associar o desenvolvimento mental ao ensino, devemos: 1) conhecer o desenvolvimento mental desde a sua origem ao termo final, bem como os fatores que influem no seu desenvolvimento e a forma *como* influem; 2) prover o aluno de desafios que possibilitem a construção de conhecimentos; 3) ter presente que a aprendizagem é mediada por assimilações/acomodações intrínsecas à aprendizagem autêntica e que quem a executa são os alunos, não os professores; 4) adotar um modelo epistêmico que priorize a interação do indivíduo com o meio (objetos) para a construção dos conhecimentos; 5) ter presente que os programas de conteúdos não constituem, no processo de ensino-aprendizagem, como defendemos aqui, um fim em si mesmos, mas que, em sala de aula, temos diante de nós pessoas em processo de desenvolvimento mental para cuja efetivação podemos contribuir.

CAPÍTULO III

O PENSAMENTO OPERATÓRIO FORMAL E A ESTRUTURA DA CORRELAÇÃO

O presente capítulo está estruturado em três partes temáticas e tem como foco central o pensamento operatório formal e a correlação. Na primeira parte, ao apresentar nova síntese sobre a psicogênese, acrescentam-se alguns elementos aos explicitados na secção 1.4.1, em que estabelecemos as ligações entre as estruturas operatórias e a lógica presente nas diferentes formas de raciocínio encontradas nos estágios da psicogênese. Em prosseguimento, dá-se um tratamento mais geral ao POF, passando pela sua oposição ao POC, para, por fim, enfatizar a sua característica de grupo, que será explicitada por meio de uma questão de prova que foi objeto de análise na nossa dissertação de mestrado (Rosso, 1993).

Na segunda parte, explicitamos um pouco melhor o POF, pelo que possui de próprio, passando, a seguir, pelas estruturas da dissociação dos fatores, com a exclusão, e da correlação, que é o objeto de nossa pesquisa.

Na terceira parte do capítulo, visa-se à explicitação da gênese da correlação e das interações com as demais estruturas mentais, ligando-a com o pensamento biológico; na parte final, estabelecemos as pontes que ligam a correlação com o pensamento dialético, considerando as especificidades do pensar biológico.

3.1 O pensamento operatório formal

A psicogênese é entendida como um *continuum* que tem início no nascimento e que apresenta o seu mais alto ponto de equilíbrio a partir da adolescência. Ela é uma construção epigenética que se desenvolve numa seqüência de fases, com cada estágio dessa seqüência originando-se, forçosamente, do anterior (exceto o primeiro) e sendo necessário para o seguinte (exceto o último, o POF, que se manifesta como o equilíbrio estrutural). A cada novo estágio, ocorre uma subsunção e reconstrução do anterior, que é ultrapassado por um conjunto mais amplo de estruturas, sem que, com isso, necessariamente, sejam anuladas as estruturas precedentes.

Isso, de forma alguma, indica que a psicogênese, do ponto de vista estrutural, se conclui na adolescência; apenas que, a partir da adolescência, apresenta uma forma final de equilíbrio, que "não é modificado durante a vida de um indivíduo (...) e no sentido em que integra num único sistema os diversos agrupamentos que, até então, não estavam coordenados entre si" (Inhelder & Piaget, 1976: 294-295). O que Piaget enfatiza é a "forma operativa de resolver problemas do mundo físico e lógico-matemático, não enquanto simples aumento de conhecimentos, maturidade afetiva, emocional, artística, ou outra". Enfim, a tônica da "teoria (piagetiana) não é que as crianças mais velhas sabem mais coisas que as mais jovens, mas que, em geral, estruturam de um modo mais organizado esse conhecimento" (Lourenço, 1994: 141-142).

A análise estrutural do desenvolvimento mental necessita ser complementada pelo ponto de vista funcional, pois, independentemente do estágio determinado, existe um funcionamento que interliga e dá sentido à atividade mental do sujeito – são os invariantes funcionais. Como exemplos de invariantes, temos a assimilação-acomodação e a abstração reflexionante. Sobre os primeiros, Piaget & Garcia afirmam: "Os únicos fatores verdadeiramente omnipresentes nos desenvolvimentos cognitivos tanto na história da ciência como na psicogênese - são de natureza funcional e não estrutural. Caracterizam-se pela assimilação das novidades às precedentes e à acomodação destas às novas aquisições realizadas" (1987: 37).

A ontogênese, descrita em função das estruturas, comporta graus de organização em função das inter-relações que distinguem os estágios do desenvolvimento mental. Assim, este *continuum* do crescimento adaptativo da inteligência humana caracteriza-se pelos estágios sensório-motor, pré-operatório, operatório-concreto e operatório-formal. O próprio Piaget (1978: 84-85; *in* Inhelder et al) chama atenção "que (...) o essencial nos estágios, (...) não são as idades cronológicas, (mas) são as sucessões necessárias", pois "é preciso ter passado por determinada etapa para chegar a uma outra", ou seja, "sem a abolição dos estados prévios" e necessários para a gênese.

As etapas desta seqüência evolutiva vêm apresentadas de forma esquemática na figura que segue (Rosso, 1993: 19 - modificada).

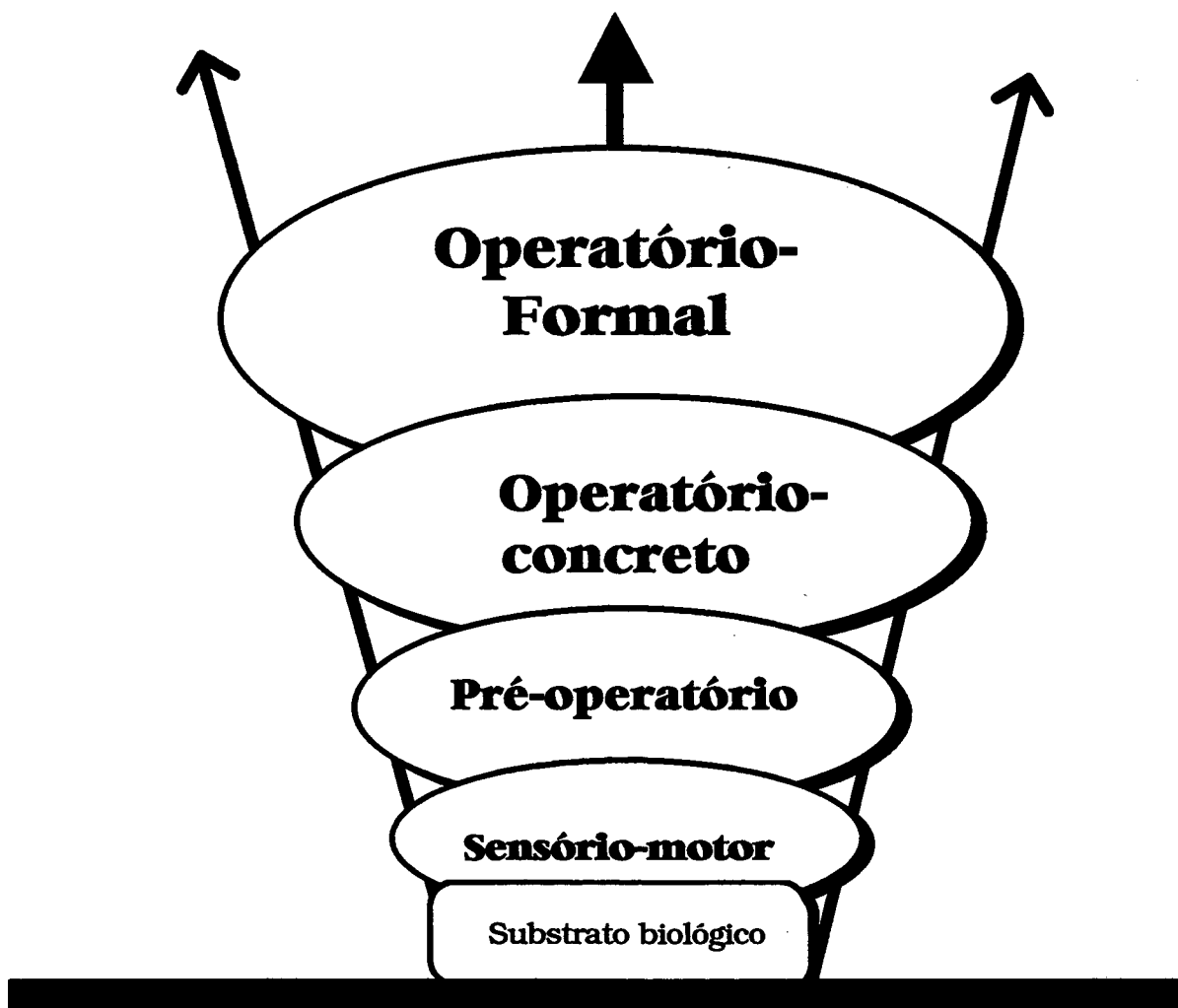


Figura 1: Esquema que representa o encadeamento crescente das estruturas mentais, ressaltando os aspectos da interdependência, da direção e da reestruturação dos níveis do desenvolvimento mental. As setas indicam os invariantes funcionais.

O estágio sensório-motor compreende o período do nascimento até, aproximadamente, os dois anos. Neste estágio, encontramos os reflexos iniciais determinados pela hereditariedade, as primeiras adaptações interativas com o meio através de reações circulares e combinação de ações que se desenvolvem no sentido de obter sucesso prático no plano do fazer. Neste curto espaço de tempo, partindo da sua base biológica, o bebê percorre um longo caminho, assimilando conhecimentos práticos sobre o mundo, construindo, progressivamente as categoria básicas de objeto, espaço, causalidade e tempo, culminando com a diferenciação entre o eu e o mundo exterior.

O estágio pré-operatório (de dois a sete anos) constitui uma continuação dos esquemas sensório-motores, modificados e enriquecidos de uma interiorização progressiva da ação; caracteriza-se pela função simbólica dada pelas primeiras representações dos objetos e das ações e pelo aparecimento das operações na forma de intuição. Este estágio é chamado de *pré-operacional* por não apresentar noção de conservação física, nem reversibilidade nas operações no plano mental. Neste período, ocorre uma superação ou ultrapassagem das atividades sensório-motoras pelos símbolos, que incluem imagens mentais, desenhos, faz-de-conta, gestos, linguagem, imitação e jogo simbólico.

O estágio operatório-concreto (dos sete anos até o início da adolescência) é aquele em que a criança passa, realmente, da ação efetiva (sensório-motora) ou imitativa (pré-operacional) para a operação em seu sentido verdadeiro, com a constituição de transformações passíveis de serem conservadas e revertidas. Neste período, a criança realiza os esquemas de seriação, de classificação dos objetos e de conservação física da matéria e das quantidades, com base em suas próprias experiências concretas. É o raciocínio baseado em caracteres descritivos.

O estágio operatório-formal marca a possibilidade de ação lógica e consistente em função de idéias, dispensando as bases empíricas e objetos ou a representação dos mesmos, importantes para que os sujeitos que se encontram no POC realizem operações mentais. Com a liberação do egocentrismo perceptivo, a realidade passa a ser *uma* das possibilidades. As estruturas operacionais formais ou do POF manifestam-se pelos sistemas combinatório, proporcionalidade, probabilidade, correlação, compensação multiplicativa, equilíbrio mecânico e construções múltiplas de referências entre outras; é o raciocínio inferencial em oposição ao descritivo presente no POC.

Após esta breve síntese da psicogênese e dos seus estágios, detemo-nos mais nos estágios operatório-concreto e no operatório formal, apresentando-os de forma opositiva, a fim de que possamos marcar melhor a diferença entre ambos e possibilitar a compreensão de algumas formas transitivas de pensamento existentes nas fases iniciais do ensino de 3º grau.

3.1.1 O POF em oposição ao POC

A síntese do pensamento operatório concreto (C) que apresentamos em oposição ao pensamento operatório formal (F) está baseada no artigo de Karplus (1977: 169-175), objetivando-se, por meio dela, demarcar as diferenças existentes entre eles e ressaltar novos elementos ao POF. Se, de um lado, a oposição de características redundante em redução, por outro, torna-se instrutiva por enfatizar mais os aspectos diferenciadores e marcantes.

A idéia de concreto ou formal não deve ser entendida somente no sentido da materialidade física, da manipulação, da presença ou não de objetos, mas de uma organização lógica que pode ou não se desligar do percebido ou representado. Como muito bem analisam Carraher et al (1991: 178-190), *concretas* são "as situações" não apenas o que se "pode ver e pegar". Criticando esta crença, explicitam a sentença: "quando o material concreto não representa uma situação cotidiana conhecida (...) quando não tem relação com a vida (...) pode ser considerado como uma representação material abstrata de princípios". O que importa conhecer é a organização mental do sujeito subjacente às operações efetuadas, não, apenas, se ela se desenvolveu com apoios materiais ou não¹³.

Pensamento operatório concreto

- C₁ - Usa classificações e generalizações baseando-se em um critério de observação (por exemplo: todos os cachorros são animais, mas nem todos os animais são cachorros).
- C₂ - Usa a conservação lógica, isto é, compreende que uma quantidade permanece constante se nada lhe foi acrescentado ou subtraído; duas quantidades iguais dão resultado igual se forem submetidas a uma mesma modificação.
- C₃ - Usa ordenamento serial, estabelecendo correspondência termo a termo entre dois conjuntos observados (por ex.: animais pequenos possuem batimento cardíaco acelerado, ao passo que animais grandes possuem o batimento cardíaco lento).

¹³ A necessidade do concreto, na forma como é defendida por muitos educadores, do "ver e o pegar", está mais para o sensorio-motor do que para o concreto, ou, como afirma Meksenas (1992: 95), trata-se da compreensão de construção do conhecimento por uma via de mão única: do concreto para abstrato ou o seu inverso, do abstrato para o concreto. Tanto uma como a outra via pecam por não considerarem a construção do conhecimento como uma interação.

Pensamento operatório formal

- F₁ - Usa classificação múltipla, conservação lógica, ordenamento serial e outros modelos de raciocínio para conceitos, propriedades abstratas, axiomas e teorias (por ex.: distingue reações de oxidação e de redução; usa o princípio de conservação de energia; organiza vegetais inferiores e superiores numa seqüência evolutiva).
- F₂ - Usa raciocínio combinatório considerando todas as combinações possíveis (enumera sistematicamente os genótipos e fenótipos em relação a características dependentes de dois ou mais genes).
- F₃ - Estabelece e interpreta relacionamentos funcionais de maneira matematizada (por ex.: a razão de difusão de uma molécula através de uma membrana semipermeável é inversamente proporcional à raiz quadrada do seu peso molecular).
- F₄ - Reconhece a necessidade de um projeto experimental que controle todas as variáveis, embora investigue apenas uma entre elas.
- F₅ - Reflete sobre o seu próprio raciocínio a fim de encontrar inconsistências ou contradições, confrontando-as com uma informação conhecida.

Tabela III: Diferenças entre o raciocínio do operatório formal e o do operatório concreto

OPERATÓRIO CONCRETO	OPERATÓRIO FORMAL
<ul style="list-style-type: none"> •Necessita de referência a ações familiares, objetos e propriedades observáveis. 	<ul style="list-style-type: none"> •Pode raciocinar sobre conceitos, relações, propriedades abstratas, axiomas e teorias: usa de representações (símbolos) para expressar suas idéias.
<ul style="list-style-type: none"> •Usa procedimentos de raciocínios C1 a C3, mas não os procedimentos F1 a F5. 	<ul style="list-style-type: none"> •Usa os padrões de raciocínio F1 a F5, bem como C1 a C3.
<ul style="list-style-type: none"> •Num procedimento prolongado, necessita de instruções passo a passo. 	<ul style="list-style-type: none"> •Pode planejar um procedimento prolongado tendo certeza da globalidade dos objetivos e meios.
<ul style="list-style-type: none"> •Não possui atenção sobre seu raciocínio, ele adota de maneira inconsistente vários procedimentos, ou em contradição com fatos conhecidos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Está atento para criticar o seu próprio raciocínio; busca ativamente checar a validade e suas conclusões recorrendo a outras informações conhecidas.

Fonte: Karplus, 1977: 169-175).

A diferenciação que apresentamos, entre o POC e o POF, apesar de ilustrativa e prática para uma análise mais rápida do pensamento operatório, mostra-se limitada quando se quer compreender o pensamento operatório formal com base em sua identidade própria. Por isso, na próxima secção, enfocaremos o POF dentro da sua característica de grupo, em oposição aos agrupamentos lógicos que constituem as operações concretas.

3.1.2 A característica de grupo do POF

Como o próprio Piaget tem reiteradamente assinalado, o grupo das transformações proposto dentro de sua teoria se constitui no "núcleo central e medular" da etapa das operações formais, "tendo como eixo cardinal o grupo de referência" (Gutierrez, 1989: 205).

Em Piaget, encontramos a definição de *grupo* como sendo:

um conjunto de elementos reunidos por uma operação de composição tal que, aplicada aos elementos do conjunto, torna a dar um elemento do conjunto; existe um elemento neutro (...) que composto com um outro, não o modifica, e existe uma operação inversa, tal que, composta com a operação direta, fornece o elemento neutro; finalmente as composições são associativas (1979: 18-19).

Como um exemplo, a formulação algébrica para um grupo de transformações com caráter aditivo ficaria assim representada: elemento neutro: pode ser o zero, assim $n + 0 = n$; operação inversa: (subtração ou soma) $+ n - n = -n + n = 0$; composições associativas: $(n + m) + l = n + (m + l)$. E o autor continua caracterizando o grupo:

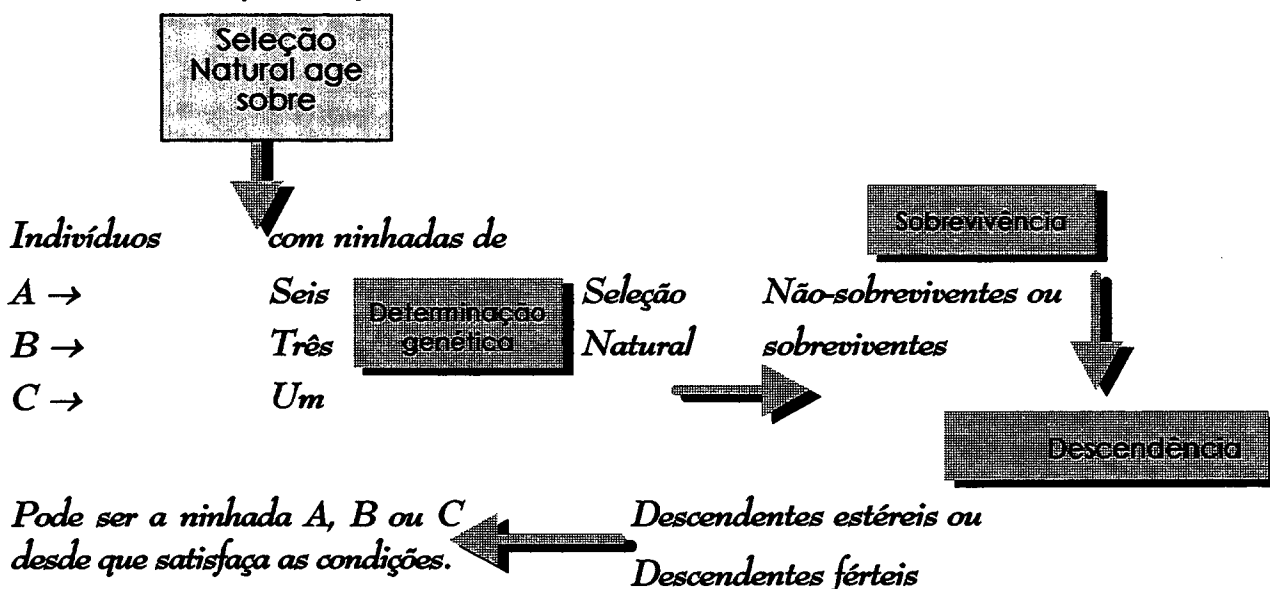
a estrutura de grupo é (...) um instrumento de coerência que comporta sua própria lógica, através de sua regulação interna ou auto-regulação. Emprega (...) três dos princípios fundamentais do racionalismo: o de não-contradição, que é encamado na reversibilidade das transformações; o da identidade, que é assegurado pela permanência do elemento neutro e, enfim, o princípio, (...) (da reversibilidade) segundo o qual o ponto de chegada permanece independente dos caminho percorrido (Piaget, 1979: 20). (grifos nossos)

Como um elemento constituinte do grupo, temos o agrupamento, que pode se constituir em uma das transformações ou numa diferenciação de grau presente no grupo. Tomando as "operações concretas vamos encontrar duas formas de reversibilidade a inversão ou negação que culmina em anulação de um termo ($-n + n = 0$) e a reciprocidade ($n = m$ e $m = n$), que redundam em equivalências e, portanto, numa supressão de diferenças" (Piaget, 1990: 47).

Dada a dificuldade de estabelecermos uma síntese teórica das noções de *agrupamento* e de *grupo*, alteramos o procedimento de exposição, trazendo o exemplo de uma questão de prova analisada em nossa dissertação de mestrado (Rosso, 1993: 62-67),¹⁴ que ainda apresenta limitações quanto a sua operatividade lógica, mas que poderá acrescentar alguns elementos, que servem para ilustrar o agrupamento, diferenciando-o do grupo, este último ilustrado mais pela sua carência/lacuna.

Pergunta: Considere que, numa população de gatos, alguns produzem ninhadas com seis filhotes; outros, com três filhotes e outros com apenas um. Dado que a característica *número de filhotes produzidos por ninhada* é geneticamente determinada, qual o tamanho de ninhada que você espera que seja favorecido pela seleção natural¹⁵? Justifique sua resposta, usando o conceito de *aptidão*.

Estrutura de resposta esperada:



Requisitos para aptidão:

- 1) *informação genética para resistirem ao processo de seleção natural;*
- 2) *sobrevivência ao fator de seleção natural, a priori desconhecido;*
- 3) *continuidade dos genes do indivíduo na população.*

¹⁴ Dada a extensão do texto inserido, ele não será destacado como citação, mas, sim, por tipo diferente de letra.

¹⁵ A pergunta ficaria melhor formulada assim: haveria um tipo de ninhada que pudesse ser favorecido pela seleção natural? Mantemos sua formulação em respeito a formulação dada na prova.

A informação do número de filhotes por ninhada é um elemento perturbador que *a priori* nada informa sobre a existência de características genéticas que permitam sobrevivência desses filhotes à seleção natural numa situação futura: trata-se do elemento neutro. Na realidade, o tamanho da ninhada tem função, apenas, de marcar diferentes grupos dentro da população, que poderiam ser denominados A, B ou C; poderia ser um fenótipo qualquer, como, por exemplo, o tamanho do macho, a cor da pelagem, o tamanho da cauda, etc.

A seleção natural é qualquer processo ou mecanismo que age através de quaisquer fatores constantes ou inesperados, biológicos ou não, que agem favorecendo indivíduos dentro de uma população, cuja capacidade de sobrevivência a este processo está, de alguma forma, inscrita no genoma dos indivíduos. A partir deste potencial genético, é muito difícil estabelecer uma previsão futura de quem vai sobreviver e reproduzir, pois, apesar de ser o registro histórico da espécie e do indivíduo, *a priori* não determina quais serão os indivíduos mais aptos numa nova situação ambiental. O que se pode dizer é que o indivíduo mais adaptado ao meio ambiente numa situação presente não será, necessariamente, o mais apto no futuro. É fundamental a existência de informação genética para que resistam a uma nova situação, a um fator aleatório e/ou não predeterminado, externo aos organismos para que sobrevivam à seleção natural e produzam descendentes férteis para a continuidade de seus genes na população. Assim a aptidão não é um conceito determinado apenas pela situação do organismo, deve levar em consideração também as interações ambientais.

Aspectos da lógica proposicional

Considerando os elementos constitutivos da logística implícita, temos **p** (=possuir informação genética que permite sobreviver ao processo de seleção natural), **q** (= sobrevivência), **r** (= reproduzir descendentes férteis) e **O** (= número de filhotes por ninhada, elemento (neutro) que não interfere na aptidão propriamente dita). Encontramos no seio de uma população três possibilidades reais: a primeira é aquela desejada, em que os indivíduos, ao possuírem informação genética (**p**), sobrevivem diante de determinado fator da seleção natural (**q**) e produzem descendentes férteis (**r**), estando então aptos (apto = $p \rightarrow q \rightarrow r$); outra situação possível é quando os indivíduos possuem capacidade de sobreviver ao processo de seleção natural, mas são incapazes de gerar descendentes férteis ($p \rightarrow q \rightarrow \bar{r}$), não serem, assim, aptos; a terceira possibilidade é a de não possuírem informação genética (\bar{p}) necessária, o que não lhes possibilitaria sobrevivência à seleção natural (\bar{q}), e também não sendo considerados aptos ($\bar{p} \rightarrow \bar{q} \rightarrow \bar{r}$).

As informações que recolhemos dos alunos podem ser assim representadas:

a) Os alunos relacionam tamanho de ninhada, o elemento neutro, no conceito de *aptidão*, como sendo capaz de explicá-la, ignorando os outros elementos do conjunto de proposições: (ELV)¹⁶ *serão mais aptos aqueles que se reproduzem mais, disseminando suas características e sobressaindo-se em relação aos outros...* (AAG)... *Um maior número de descendentes indicaria uma maior aptidão.*

O número de filhotes por ninhada não é o fator principal, mas, sim, a sobrevivência e a fertilidade desses filhotes. O número de filhotes numa ninhada maior não significa que em maior número chegarão à idade adulta mas os que chegarem a esta idade serão todos férteis e produzirão descendentes férteis. Qual o motivo que levou a maioria dos alunos a egerem indivíduos que produzem as ninhadas de seis filhotes como os possuidores de maior aptidão, se qualquer ninhada poderia ser considerada? Seria uma incapacidade abstrativa? Ou um elemento perceptivo teria *desviado* a atenção dos alunos? E por que os alunos teriam sua atenção *desviada* por esse fator?

b) Os alunos consideram os fatores de seleção natural, mas não pensam na continuidade genética, ou na necessidade de uma informação genética. A concepção dos alunos, apesar de introduzir novas variáveis, continua mantendo a ligação direta entre quantidade de filhotes e sobrevivência. Por quê? Por que não ligam a continuidade genética com a reprodução destes filhotes? O primeiro fator necessário (**p**), que mesmo para um novo padrão de comportamento, para uma aprendizagem, que só é possível se existir informação genética para tal. Uma parte de qualquer comportamento aprendido contém componentes inatos. Vejamos os exemplos que seguem: (EBS) *Levando-se em conta a existência de um grande número de predadores dos gatos, a ninhada com mais filhotes seria favorecida pela seleção natural; Já, se o fator dominante fosse o alimento escasso, a ninhada com menor número de filhotes seria favorecida...* (CAN) *A ninhada favorecida será a de três filhotes porque, pela seleção natural é a que mais sobreviverá. Isto acontece porque a de seis filhotes, terão que competir pela comida, também terão um número maior de predadores; ela é mais favorecida, ao contrário da de quatro, que causará a morte da maioria; já no caso a ninhada de um, se ele morrer ela acaba. Por tudo isso a espécie mais apta é a de três filhotes, que terão comida e quantidade de predadores é controlada, sendo mais aptos ou se reproduzindo mais.*

¹⁶ A partir deste ponto, as siglas entre parênteses ou (XXX) identificam os informantes.

Quanto à correlação: Existe alguma correlação *entre* o número de filhotes por ninhada e a aptidão? Qual é a possível correlação? Nas respostas dos alunos, o que sobressai é a idéia de que o grupo que possui maior ninhada é o mais apto. É uma correlação imediata, direta, porém falsa, pois não considera as condições básicas necessárias dentro de um quadro lógico que torna possível a resposta à questão. Assim, os alunos, apesar de considerarem uma nova variável, perdem de vista a seqüência dos demais fatores que possibilitariam atender e explicar a *aptidão*.

c) Os alunos, em sua grande maioria, respondem à pergunta apresentando uma lógica espontânea, que se apóia numa proporcionalidade direta. A idéia expressa é de que quanto maior a descendência, maior a possibilidade de sobrevivência. Os alunos manifestam dificuldades de formalização quando têm que dissociar a aptidão do número de filhotes produzidos. Exemplos: (ELV) *Provavelmente, a ninhada com seis filhotes será a mais favorecida pela seleção natural, já que quanto maior o número de filhotes, maior a possibilidade de se perpetuarem as características genéticas dos indivíduos...* (EB) *Seis filhotes, pois há maior probabilidade de "ao acaso" ocorrer uma mudança de comportamento e passar esta mudança de comportamento para os descendentes.* (IBG) *A ninhada com seis filhotes seria mais favorecida pela seleção natural... a aptidão está diretamente ligada ao número de descendentes férteis...* (IGB) *Quanto maior o número, maior a sobrevivência, pois, mesmo ocorrendo o predatismo e mortes, sobrarão mais filhotes do que em outras ninhadas.*

Apesar de se manifestarem apoiando-se em estruturas mentais como a probabilidade, os alunos erraram por desconsiderarem, total ou parcialmente, as condições antecedentes necessárias para a explicação da possível permanência na população de um grupo de gatos; consideraram somente os extremos do encadeamento lógico: informação inicial, número de filhotes por ninhada e a situação final, por eles entendida como *continuidade da espécie*. Os alunos estariam certos se tivessem considerado a *totalidade* dos fatores necessários para que aplicassem a noção, quando, poderiam se expressar assim: se todos os grupos sobreviverem e se todos, igualmente, gerarem descendentes férteis, então indivíduos que produzem ninhadas de seis filhotes serão mais aptos.

d) Os alunos, em sua minoria, como (HLR), fazem a aplicação correta do conceito de *aptidão* e de *apto* para interpretar os dados do problema, mas forçaram a explicação ao mencionarem que a sobrevivência ao mecanismo de seleção natural é suficiente para explicar o conceito de *aptidão*. (HLR) *A ninhada de seis filhotes será a mais favorecida a*

níveis de seleção natural. De maioria com a aptidão, os mais aptos são aqueles que respondem e conseguem se reproduzir em quantidade e que também conseguem transmitir estas características em nível genético.

e) Afora as dificuldades de ordem lógica e de conhecimentos, um mínimo de alunos consegue perceber que o tamanho da ninhada não tem relação direta com aptidão. Isso denota que adquiriram uma representação mais generalizadora que pode ser aplicada em todas as situações: (ER) *Aptidão: é o número de descendentes férteis na população (É o valor relativo, entre vários indivíduos). A ninhada que seria favorecida pela seleção natural é a maior, ou seja, aquela com seis filhotes, pois, se pelo menos, todos forem férteis e derem origem a mais de um filhote, o número resultante será o dobro tendo um maior número na espécie. Pode ser também a ninhada de três se, daqueles seis, três morrerem e dois não forem férteis e, dos três da segunda ninhada, todos forem férteis; ou pode ser a terceira ninhada, com um filhote, se na primeira ninhada quatro morrerem e dois não forem férteis e, na segunda ninhada, se dois morrerem e um não for fértil. Vai depender.*

Da análise das respostas dadas pelos alunos a essa questão, sobressaem, de um lado, as dificuldades de aplicação de um conceito relativo e abstrato e, de outro, a ausência ou não-uso das estruturas de raciocínio necessárias para uma resposta bem-sucedida, os casos de a a d. A resposta tem seu dorso básico na conjugação de dois antecedentes condicionais, articulados num quadro combinatório que se apóia na exclusão de um fator, no entanto as estruturas mentais que mais se manifestaram foram as da proporcionalidade e da correlação imediata. As respostas dadas pela maioria dos alunos reforçam o fato de possuírem formas operatórias transitivas entre o POF e o POC; as respostas espelham esta situação de transitividade principalmente por considerarem ora um ora outro dos antecedentes condicionais, sem, necessariamente, tomá-los no seu conjunto, formando um grupo lógico.

Se o aluno possui estruturas de POF ou parte delas, por que não consegue adequá-las e organizá-las na solução do problema? Porque as suas operações ainda manifestam uma organização de agrupamento, carecendo de um estado mais avançado de equilíbrio caracterizado pelo grupo. As transformações operatórias formais de grupo são o caráter distintivo do POF. A adoção de estratégias de ação do tipo passo a passo, sem considerar a totalidade do problema, manifesta um estado de equilíbrio que se aproxima mais das estratégias operativas de agrupamento do que das de grupo verdadeiro (que consideram, simultaneamente, todos os fatores que interferem na aptidão, excluindo o número de filhotes por ninhada) presente nas estratégias operativas do POF.

Se, de um lado, a resposta esperada pode ser obtida por uma seqüência de eventos, excluindo o fator número de filhotes por ninhada, de outro, a sua consideração exigiria a seguinte combinatória: tomando os indivíduos A, com a média de seis filhotes por ninhada, quanto à aptidão, podem ser apresentadas as possibilidades expressas na tabela que segue:

Tabela IV: Tabela lógica para a formulação do conceito de aptidão em função da determinação genética, da seleção natural e fertilidade dos descendentes

Grupo	Determinação genética	Seleção natural	Descendentes férteis	Aptidão
A ₁	p	q	r	aptos
A ₂	p	q	\bar{r}	não aptos
A ₃	p	\bar{p}	\bar{r} (*)	não aptos
A ₄	p	\bar{p}	\bar{r}	não aptos
A ₅	\bar{p}	q	r	não aptos
A ₆	\bar{p}	q	\bar{r} (*)	não aptos
A ₇	\bar{p}	\bar{p}	r	não aptos
A ₈	\bar{p}	\bar{p}	\bar{r}	não aptos

(*) grupos possíveis apenas teoricamente

Já que o mesmo encadeamento lógico (implicações entre as proposições) pode estar presente nos indivíduos com ninhadas B e C, poderíamos encontrar igual número de combinações. Assim, teríamos as seguintes combinações possíveis: B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆, B₇, B₈ e C₁, C₂, C₃, C₄, C₅, C₆, C₇, C₈. Dessas as alternativas A₁, B₁ e C₁ são as únicas verdadeiras, capazes de satisfazer as necessidades do conceito de *aptidão*.

Após considerarmos o POF pela sua característica de grupo, como sendo a sua diferenciação identificadora, estabeleceremos novas bases visando à fundamentação da análise do ponto de vista estrutural.

3.2 As estruturas operatórias formais

Conforme nossas exposições anteriores (3.1.2 e 3.1.3), diferenciando os pensamentos (operatório) formal e concreto, nota-se que as estruturas mentais podem ser tomadas tanto no seu sentido funcional, das operações efetuadas, como no sentido do equilíbrio alcançado ou estrutural em si.

No pensamento operatório-concreto, a natureza das operações está centrada no real (objetos ou representações dos mesmos, como esquemas, figuras ou gráficos, por exemplo). As operações concretas consistem na estruturação direta dos dados reais – classificar, seriar, igualar, colocar em correspondência, etc. –, caracterizando um conjunto de inclusões ou de relações que se limitam a organizar esse conteúdo sob sua forma atual e real. O POF, ao contrário, prescinde da presença dos objetos ou da sua representação, substituindo-os por enunciados verbais a fim de operar as possíveis transformações ou estabelecimento de relações. Assim, a assimilação dos objetos pode dar-se também em função desses desenvolvimentos imaginados ou deduzidos, não apenas com base em situações concretas. O POF reflete as operações concretas, isto é, opera sobre operações ou sobre os resultados, conseqüentemente, agrupando operações de primeiro grau. O POF também é abstrato no sentido de que pode formar abstrações puras e pensar em termos exclusivamente abstratos e de proposições verbais.

O sentido hipotético-dedutivo do POF caracteriza-se pela reflexão livre destacada da realidade e expressa-se através das relações lógicas, considerando possível chegar ao real e encarando o possível como um conjunto de hipóteses a serem testadas, das quais só as confirmadas levarão à realidade buscada. Portanto, é capaz de chegar a conclusões com base em puras hipóteses, e não somente a partir da observação do real, podendo estabelecer conclusões válidas, mesmo que independentes da realidade do fato; por isso, as suas operações e/ou representações das ações desenvolvem-se no plano dos possíveis. O caminho seguido pelo raciocínio é o do possível para o real, que permite examinar cuidadosamente a situação-problema com o fim de determinar quais são todas as possíveis soluções ou situações em que podem ocorrer e, posteriormente, de tentar descobrir qual delas é a real. Resumindo: o aspecto dedutivo do POF refere-se a hipóteses, das quais se extraem as conseqüências necessárias, mesmo quando sua verdade experimental não ultrapassa

o possível. O trabalho mental consiste em realizar a síntese entre o possível e o necessário, deduzindo com rigor as conclusões de premissas cuja verdade, inicialmente, é admitida apenas por hipótese. Pode-se dizer que a inteligência progride na direção das deduções; é o pensamento refletindo o próprio pensamento.

O POF é *formal*, no sentido estrito do termo, por ser capaz de distinguir a forma do conteúdo numa frase e de considerar o conteúdo específico isolado da forma de argumentação. Assim, conseguirá, por exemplo, interpretar e organizar gráficos, retirando, numa fórmula ou mesmo num esquema, o conteúdo da noção presente neles. Essa característica possibilita a construção de novas relações de elementos ou classes, reunidas n a n . Com esta aquisição, o POF possibilita que se pensem, concomitantemente, relações lógicas de diversos elementos e/ou sistemas.

A caracterização do POF por aquilo que possui de mais geral, pelo conjunto das estruturas envolvidas no mecanismo mental enquanto tal, em pensamento hipotético-dedutivo, abstrato e formal, é significativa. Entretanto, quando se tem um objetivo, como o da compreensão de processos e de formas específicas de raciocínio, deve-se recorrer ao aspecto estrutural.

Uma estrutura mental (operacional) pode ser definida como um sistema dinâmico de transformações, usado como instrumento em dados (fatos, relações e proposições), relatos e modificações que expressam a coordenação e organização intelectuais do sujeito. As estruturas do POF possibilitam ao indivíduo raciocinar (realizar transformações) independentemente da presença ou representação dos objetos, englobando e reestruturando as estruturas do pensamento operatório concreto, tomadas em conjunto dentro de uma combinatória. Esta coordenação operatória faz com que as estruturas formais assumam características reticulares ou de látice. A expressão de um raciocínio formal representa a coordenação global do raciocínio do indivíduo, não, apenas, de estruturas isoladas.

Dessa forma, as estruturas formais são definidas pelo aspecto mais proeminente em determinada operação mental, como, por exemplo, a combinatória, que, atuando no quadro das possibilidades, recombina-as e reorganiza-as, mantendo implícitos os operadores proposicionais e as relações e classificações, que não são mais os elementos tomados isoladamente, ou parte por parte, mas são os elementos tomados em conjunto, independentemente de suas quantidades.

Com base nos fatos levantados da questão de prova, quando explicitamos a noção de *grupo*, pretendemos analisar, inicialmente, uma estrutura complementar da correlação, a dissociação dos fatores e a exclusão. Esse procedimento possibilita, agora, complementarmos o estudo da correlação, ampliando e reforçando mais os conceitos de *grupo* e de *látice* presentes nas operações formais.

3.2.1 A dissociação dos fatores e a exclusão

Dadas as características multifatorial e multidiversificada da vida, que, sem dúvida, necessitam ser consideradas pelos biólogos, a estrutura operatória formal da dissociação dos fatores comporta em si o aspecto analítico e experimental na busca das relações lógicas e de prioridade entre os fatores presentes num determinado fenômeno biológico. A questão de prova que apresentamos no item 3.1.2 serve bem como suporte para exemplificarmos e compreendermos o sentido operacional da dissociação dos fatores e da exclusão. Sobre esta estrutura e a sua ligação com o ensino, Piaget & Inhelder afirmam:

Há um aspecto digno de nota no pensamento (operatório formal), sobre o qual a formação escolar usual lhe negligencia quase totalmente (...): a formação espontânea de um espírito experimental, impossível de se construir no nível das operações concretas, mas que a combinatória e as estruturas proposicionais tornam (...) acessível aos sujeitos, bastando para isso que se lhes forneça ocasião (1989: 213).

O indivíduo operatório formal que desenvolveu esta estrutura, diante de uma situação experimental ou fenômeno em que ocorre a intervenção simultânea de numerosos fatores, consegue separá-los um a um, mantendo os demais constantes, e consegue determinar suas respectivas ações por neutralização (se causal= possuir informação genética que permite sobreviver ao processo de seleção natural, sobrevivência, reproduzir descendentes férteis ou inoperante= número de filhotes por ninhada, elemento neutro que não interfere na aptidão propriamente dita, neste caso, trata-se de um fator passível de exclusão).

Essa capacidade para determinar qualitativamente as compensações entre relações heterogêneas com base em relações lógicas repousa sobre a multiplicação de relações concretas; com a anulação de um dos fatores, consegue-se verificar a ação dos demais. Mesmo sem saber verificar a influência qualitativa de cada fator, o aluno chega a conceber, em presença de uma equivalência de fato, que dois fatores podem compensar-se exatamente. Os fatores são dissociados no pensamento, e o

raciocínio refere-se às variações possíveis em estado puro, não mais somente às variações reais ou a ambas em conjunto. Aqui encontramos os casos em que se introduz uma separação ou variação arbitrária, como no caso da fotossíntese, separada em fase clara e fase escura; ou como no caso do ciclo celular, separado em intérfase e período divisional, que representa um artifício do raciocínio empregado para que se tenha uma compreensão mais profunda e consistente de um fenômeno biológico, na prática, indissociável.

Nas operações concretas e, mesmo, em estágios transitórios, temos uma dissociação por negação, não por reciprocidade, como é o caso em que os alunos consideram os fatores da seleção natural, mas não contemplam a continuidade genética (b), ou não mencionam a sobrevivência ao mecanismo da seleção natural, mantendo o *fator continuidade dos genes do indivíduo na população* (d). No caso, o sucesso na resposta se daria pela compreensão do encadeamento histórico dos fatores, começando pela informação genética **p**, passando para a sobrevivência **q** até a descendência **r**, ou estabelecendo um quadro combinatório de A_1, A_2, \dots, A_8 ; B_1, B_2, \dots, B_8 e C_1, C_2, \dots, C_8 . Em ambas as situações, no entanto, faz-se necessário excluir o fator *número de filhotes por ninhadas*.

A dissociação dos fatores permite não somente a compreensão dos fatores envolvidos, ou seja, vai além, permitindo que o indivíduo destaque o fator possível do causal e, no caso exemplificado, compreenda a sucessão necessária e possível do desenrolar histórico compreendido dentro de uma combinatória; enquanto os fatores inoperantes devem dar lugar, depois de sua dissociação, a uma exclusão.

O procedimento de variar apenas *um* dos fatores, mantendo os demais inalterados, supõe uma combinatória complexa que o sujeito não domina, a não ser seriando um a um os fatores que devem variar e conservando invariantes os demais. A execução deste trabalho lógico visa à exclusão do papel deste fator aleatório e escolhido *a priori* (o número de filhotes por ninhada).

Diante da situação da pergunta-problema, o aluno deveria agir mentalmente para compensar e encadear os fatores contidos no problema com aquele fator que foi estipulado como condição prévia, que ele deveria aplicar – noção da *aptidão*. Em última análise, o aluno deveria, não apenas, escolher aleatoriamente um dos fatores, como fez a maioria, fixando-se no dado mais sensível e imediato (número de filhotes

por ninhada); tratava-se, isto sim, de fazer variar esses fatores e de retirar as conseqüências dessas variações para, aí sim, articular uma resposta dentro do quadro delimitado no problema.

A operatividade presente na exclusão de fatores a torna uma estrutura mental muito necessária para a compreensão dos fenômenos biológicos na sua totalidade. Não se trata de negar a existência de um fator; trata-se, sim, de ver qual é o significado real deste fator no fenômeno, confrontando-o com os demais; de estabelecer as relações lógicas e as prioridades dos fatores que atuam no fenômeno. Assim, a aptidão é o fator (conceito) que se sobrepõe e ultrapassa a dimensão imediata do número de filhotes por ninhada.

Nas respostas tabuladas dos alunos, constatamos que alguns não sabiam, com precisão, o significado de *aptidão*. Também foi possível verificar que entre os alunos que expressaram o significado de *aptidão*, poucos foram os que elegeram a aptidão como o fator principal e/ou o tamanho da ninhada como um fator secundário.

Da chamada ao psicopedagógico presente nos capítulos iniciais da tese, pode-se antever como implicação que a exploração, a discussão e a problematização das variáveis presentes nos experimentos realizados nas aulas práticas, ou que interferem na explicitação de um determinado conceito, constituem procedimentos favoráveis ao desenvolvimento desta estrutura mental, possibilitando, ao mesmo tempo, o entendimento mais profundo da biologia e do fenômeno vital.

Em suma, a exclusão supõe discussão e escolha do conjunto das combinações possíveis, isto é, entre as verdadeiras (que satisfazem os princípios das implicações) e as que devem ser excluídas. Estas escolhas apóiam-se numa lógica que supõe uma triagem entre o conjunto de todas as combinações possíveis, tendo como pressuposto uma condição dada, que analisa o conjunto dos elementos envolvidos no fenômeno.

Do grupo lógico de caráter analítico, que separa, associa, dissocia e contrapõe ações recíprocas presentes na estrutura operatória da dissociação dos fatores e a exclusão, passamos para o estudo das operações complementares de caráter sintético, que buscam estabelecer a unidade entre as situações, tanto favoráveis como desfavoráveis, presentes na estrutura operatória formal da correlação.

3.2.2 A correlação

A correlação, em si, pode ter uma gama diversificada de possibilidades, que vão desde a estatística ou numérica até a lógica, psicológica e epistemológica, cada uma dessas representando aspectos diferentes da mesma realidade. As primeiras conotações não se constituem no objeto da pesquisa por não serem pertinentes ao nosso ângulo de abordagem; as últimas, entretanto, assumem o papel central da nossa investigação e já foram demarcadas quando explicitamos alguns dos eixos presentes na formação do biólogo.

A noção de *correlação*, ou das associações, constitui um esquema de natureza formal, ligado especialmente ao das proporções e das possibilidades (Inhelder & Piaget, 1976: 169); não se trata, apenas, de uma probabilidade simples, isto é, de uma relação elementar entre os casos favoráveis e o conjunto dos casos possíveis. Depois de encontradas as probabilidades, o sujeito deve, ainda, compreender que a correlação é função da diferença dos fatos ligados ao todo, noção que é descoberta graças ao recurso à lógica das proposições. As proposições **q**, **q** e **r** etc. expressam enunciados categóricos, verdadeiros ou falsos, afirmativos ou negativos, constituindo-se em ações coordenáveis e reversíveis, mas puramente simbólicas e hipotéticas (Battro, 1978).

A noção de *correlação* é descoberta graças ao recurso à lógica das proposições, que tornam o indivíduo capaz de raciocinar num conjunto de elementos dados pelas possibilidades, utilizando-se do real como uma delas. Essa necessidade de um quadro proposicional inclui a correlação no grupo das estruturas mais dependentes do sentido reticular, que exigem, por seu turno, uma maior coordenação intelectual, portanto, um maior equilíbrio do indivíduo. Definindo a natureza do funcionamento e a estruturação da correlação, Inhelder & Piaget afirmam:

supõe alguns instrumentos operatórios específicos (...). Sob sua forma mais simples, a noção de correlação constitui um esquema operatório de natureza formal, ligado (...)(às compensações) e especificamente ao das proporções. (...) Uma das tarefas essenciais do raciocínio experimental ou da indução consiste precisamente em dissociar o dedutível do fortuito. (...) Convém examinar como (a criança e o adolescente) reagem ao fortuito e chegam a assimilá-lo indiretamente ao dedutível, sob a forma de probabilidades (...).

Ante (os) problemas do acaso (...) trata-se de um lado, de atribuir uma lei da probabilidade e(das) flutuações, e, de outro lado, de isolar as leis ou causas do

fenômeno fundamental (...) apesar das flutuações (...). Aí estão o problema da probabilidade das variações casuais e o das correlações (1976: 169-170).

A habilidade de correlacionar fatos ligados a um fenômeno, bem como a influência de cada um dos fatores, é um trabalho lógico que ultrapassa as probabilidades simples, necessitando, para tanto, do auxílio das proposições, pois estabelecer uma correlação ou negá-la exige a compreensão das diferenças dos fatos ligados ao todo em determinado fenômeno. Mas, para Inhelder & Piaget (1976: 210), "se (o sujeito) interpreta uma determinada correspondência como podendo ser resultado de várias combinações possíveis, o que leva a verificar suas hipóteses através de suas respectivas conseqüências, (...) podemos estar certos da presença de operações proposicionais".

Num quadro proposicional (ou de implicações), o indivíduo que compreende a correlação na totalidade dos casos possíveis conjuga, inicialmente, no seu raciocínio, os casos favoráveis dados pela conjugação das proposições afirmativas ou positivas que correspondem à *correlação direta*; a seguir, confronta os casos desfavoráveis entre possíveis, traduzidos pela conjugação das proposições negativas, tida, inicialmente, como a *correlação inversa* ou a negação da correlação direta. Essas formas de correlação, podem, conforme Inhelder & Piaget (1976: 175-182), ser representadas assim:

1 *correlação direta* $p.q \vee \bar{p}.\bar{q}$: sendo tomados os fatos em si mesmos, estes exprimem a equivalência entre p e q , portanto, uma correspondência termo a termo entre os valores em jogo nas seriações. Neste caso, falar-se-á de *correlação positiva perfeita*, por se apoiar exclusivamente na comprovação dos casos favoráveis e nas suas contraprovas;

2 *correlação inversa*: as outras duas possibilidades $p.\bar{q} \vee \bar{p}.q$, sendo tomadas por si mesmas, exprimem a exclusão recíproca entre p e q , portanto, uma correspondência inversa ou uma *correlação negativa perfeita*, por representar duas negações e cruzadas dos casos desfavoráveis.

Para exemplificar a estrutura da correlação ou da associação, apresentamos a síntese do problema explorado nas entrevistas de Inhelder & Piaget (1976: 175-182). Uma ampliação da compreensão mais extensiva da estrutura poderá ser obtida com

a análise dos dados que coletamos no primeiro e terceiro semestres do curso de Biologia, respectivamente em 1992 e 1995-1996.

Partindo de uma proposicional em que se representam olhos azuis por (p), cabelos loiros por (q), olhos castanhos pela negação de olhos azuis (\bar{p}) e cabelos castanhos pela negação de cabelos loiros (\bar{q}), olhos castanhos dados pela negação dos olhos azuis (\bar{p}) e cabelos castanhos dados pela negação de cabelos loiros (\bar{q}), temos a equivalência $[(p.q) \vee (\bar{p}.\bar{q})]$ e a exclusão recíproca $[(p.\bar{q}) \vee (\bar{p}.q)]$. Numa tabela de dupla entrada, essas ficam assim:

Tabela V: Tabela de dupla entrada que traduz as possibilidades lógicas ligadas à correlação

	olhos azuis (p)	olhos castanhos (q)
cabelos loiros (p)	a = p.q	c = $\bar{p}.q$
cabelos castanhos (\bar{p})	b = $\bar{p}.q$	d = $\bar{p}.\bar{q}$

No sentido numérico, se o coeficiente for $\frac{(a+d) - (b+c)}{(a+b+c+d)} > 0$, temos uma

correlação maior à medida que cresce a desigualdade $(a+d) > (b+c)$; se o for = 0 ou < 0 , não temos correlação. O cálculo precisa integrar tanto os casos favoráveis a e d como os desfavoráveis b e c.

Os dados tabela de dupla entrada que traduzem as possibilidades lógicas ligadas à correlação podem ser relacionados com as transformações do grupo **INRC**, onde, segundo Piaget & Garcia (1987: 168-169), do ponto de vista das operações, para constituir a correlação não são suficientes as composições encadeadas que se sucedem ou as negações simples do grupamento; são necessárias transformações que ultrapassem a negação e o encadeamento das operações, constituindo sínteses integradoras entre as operações e as proposições.

O conjunto das partes (células a, b, c e d) para constituir a estrutura da correlação deve ser reunido num mesmo todo, numa nova síntese as inversões e as reciprocidades. Assim a operação $p \rightarrow q$ pode permanecer inalterada ($I=p.q$), ser invertida em $N=p.\bar{q}$, transformada na sua recíproca $R= q \rightarrow p (= \bar{p} \rightarrow \bar{q})$ ou na sua correlativa $C=\bar{p}.q$, onde $NR=C$, $NC=R$, $CR=N$ e $NCR=I$.

A síntese é construída não pelo confronto intraproposicional de implicações ou negações simples das proposições isoladas ou da relação interproposicional (confrontando célula a célula da tabela), pois no plano intraproposicional as proposições se apresentam de formas isoláveis sem estabelecer articulações internas ou no caso do plano interproposicional que estabelece correspondências e transformações entre formas isoláveis. Nas relações intraproposicionais cada característica é tomada de forma isolada: cabelo loiro X cabelo castanho; olhos azuis X olhos castanhos. Já nas relações interproposicionais, cabelos (loiros ou castanhos) correspondem a olhos (azuis ou castanhos). Mas é somente no plano transproposicional é que as relações internas das transformações interproposicionais são construídas e integradas num sistema ou grupo lógico.

3.2.2.1 A gênese da estrutura da correlação e a sua interação com as demais estruturas formais.

A estrutura da correlação poderia ser buscada também na sua origem mais remota, na sua nascente, por exemplo, recorrendo-se à formação das seriações e classificações, à idéia de acaso ou, até, aos deslocamentos práticos do período sensório-motor. Ficamos, porém, com os elementos que possibilitam o seu entendimento mais imediato. Seguindo as pistas apontadas por Inhelder & Piaget (1976: 177), temos que "a noção de correlação é descoberta, durante o subestádio III B, graças ao recurso da lógica das proposições (...) somente a partir do nível que o sujeito é capaz de raciocinar (...) sem utilizar o real" - raciocínio hipotético-dedutivo.

A estrutura operatória da correlação, como estrutura formal, apresenta um desenvolvimento tardio em relação às outras estruturas, por necessitar delas para poder manifestar-se plenamente como equilíbrio lógico da estrutura de grupo. Por isso, a busca das subestruturas que se coordenam/articulam para expressar a correlação se constitui num trabalho que possibilita também o entendimento de *como* esses elementos podem interferir na sua gênese, uma vez que são condição necessária.

O caminho percorrido na estruturação da correlação é relativamente lento e prolongado, envolvendo o entendimento de relações prévias, como, por exemplo, as proporções; aceitação de ambigüidades, para favorecer o raciocínio, e operações de segunda ordem, como, por exemplo, as operações de classificação de eventos,

em que devem ser usadas operações adicionais para a comparação dessas classes ou coordenação de probabilidades simples.

Este caminho, tomado no final do estágio operatório-concreto, pode ser assim representado: subordinação do real ao possível → proporcionalidade → estruturação de uma probabilidade → combinatória → proposicional → correlação. As manifestações da correlação, tanto nas pesquisas de Inhelder & Piaget (1976: 169-182) como nas de Lawson, Adi & Karplus (1978) e Yates (1987), dão-se a partir do estágio III (subestádio III_A), sendo somente adquiridas no nível III_B, o que prova, assim, a necessidade da existência de outras estruturas formais na sua base.

Essa necessidade presente na sua estruturação faz com que alunos que estão ainda no estágio das operações concretas apresentem dificuldades diante de situações que requerem o uso da correlação, pois não se trata, apenas, de classificar os casos possíveis, nem de, apenas, estabelecer um cálculo probabilístico simples e, menos ainda, de formular combinações em sentido numérico. É necessário ultrapassar o sentido numérico quantitativo e assumir o sentido lógico (de grupo) qualitativo.

Deste modo, uma iniciativa que se propusesse a desenvolvê-la como uma habilidade exclusiva do ensino de primeiro grau, para adiantar a sua estruturação, como é feito com a proporcionalidade, seria infrutífera, pois trata-se do desenvolvimento de uma estrutura que comporta uma diacronia, não uma sincronia; comporta deduções, não induções; comporta uma equilibração progressiva. A iniciativa seria frutífera se fosse tomado como meta o desenvolvimento do POF no seu todo, no que ele comporta de mais significativo – a sua organização de grupo – parafraseando Piaget & Greco (1974: 45); somente se essas iniciativas fossem solidárias com as estruturas já construídas, ou em via de construção, considerando a sua origem mais remota.

Fica, assim, descartada a possibilidade de uma especialização, via treinamento intensivo e específico, para raciocinar fazendo correlações. Há que se construir a base se o que se pretende é uma estruturação efetiva, como dizem Inhelder & Piaget (1976) e reforçam as pesquisas de Karplus, Adi e Lawson, sd: "há uma ligação psicológica entre o desenvolvimento e o entendimento da proporção e da probabilidade com a correlação".

Do discutido sobre a gênese e a estruturação da correlação, pode-se concluir utilizando uma metáfora: ela é uma estrutura do POF que se comporta como um *iceberg*, do qual se percebe apenas a parte visível, mas que, na sua composição, possui a mesma *química* do líquido de onde submerge. Dizendo isso em termos mais ortodoxos: a correlação é uma estrutura do POF que não pode ser entendida em separado das suas especificidades, ou seja, do seu aspecto hipotético-dedutivo e de grupo.

Com base nas ligações estabelecidas entre a correlação e as outras estruturas formais, considerando a sua gênese, procuramos pontuar como as suas características específicas de grupo, e de látice ou rede, ligam-se ao pensamento caracterizado, especificamente, como biológico.

3.2.3 A correlação e o pensamento biológico

A busca das relações entre variáveis é um procedimento de raciocínio fundamental para a explicação, a predição e a exploração científica, bem como de situações experimentais (Lawson, Adi & Karplus, 1979: 420 e Yates, 1987: 197). O raciocínio correlacional torna-se, por isso, um importante objetivo de raciocínio para qualquer um que queira considerar cientificamente dados, particularmente no campo biológico. Isso porque tais dados necessitam contemplar situações que envolvem muitas variáveis implícitas, que se devem às variações inerentes à matéria viva (Wood, 1986, *apud* Yates, 1987: 197). A identificação de relações entre variáveis requer a habilidade de se observar a tendência geral e de se apreciar as diferenças significantes de dados (Yates, 1987: 197).

A correlação não é importante somente para os pesquisadores e para os cientistas; serve também para se captar muitos aspectos da vida diária, particularmente os difundidos pela mídia. As notícias de têve relacionam Aids com hemofilia; câncer do pulmão com o hábito de fumar, os níveis de colesterol com as doenças cardiovasculares; dieta alimentar com longevidade; doenças ocupacionais, uso de aerossóis, com o buraco da camada de ozônio; buraco da camada de ozônio com o câncer de pele, etc., todas situações que requerem algum tipo de julgamento (Yates, 1987: 197). Se a habilidade para apreciar correlações é importante tanto para o campo científico como para as interpretações das situações diárias, vale a pena

persegui-la como um componente do programa educacional, não apenas para a formação de biólogos e cientistas, mas de cidadãos plenos.

Normalmente, os procedimentos de raciocínio presentes no ensino de segundo grau não contemplam a correlação, e, menos ainda, experimentos são conduzidos com este objetivo. Uma parte do currículo que possibilita alguma aproximação desta estrutura mental é a relativa ao estudo da genética (Lawson, Adi & Karplus, 1979: 425), fato que também comprovamos com base em entrevistas e testes realizados com os alunos da primeira fase do curso de Biologia. Ainda, segundo Lawson, Adi & Karplus (1979: 425), os estudos podem mostrar os tipos de confusões e de falsas aplicações dos conceitos desenvolvidos quando os alunos não apresentam estruturas que possibilitem o entendimento de conteúdos altamente abstratos e carregados de representações simbólicas, como os da genética.

A biologia, isso sem falarmos das ciências sociais, pode ser uma ferramenta efetiva para se introduzir os alunos na aplicação da correlação por causa do grande número de variáveis presentes, como tamanho animal e taxa metabólica, nível de radiação e número de mutações genéticas, velocidade do impulso nervoso e diâmetro da fibra nervosa (Lawson, Adi & Karplus, 1979: 425).

A ênfase na interpretação de dados, como os presentes em gráficos, bem como os relacionados aos aspectos mais gerais do raciocínio correlacional, aponta na direção de uma dissociação entre as matemáticas, o ensino de ciências e os aspectos do pensamento formal mais qualitativos. Se, de um lado, esta separação das ciências, principalmente da biologia com os estudos matemáticos, tanto numéricos como algébricos, retira a possibilidade de um contexto mais amplo tantas vezes reclamado pelos aspectos matemáticos, de outro, impede que a biologia seja entendida pelos seus aspectos matemáticos, que não são esgotados pelo cálculo numérico simples. Fica aqui uma brecha para que estudos futuros detalhem como a relação matemática-ciência se manifesta no ensino de biologia.

Para fecharmos a discussão teórica, partindo das possibilidades abertas pela correlação com o pensamento biológico e das tendências da investigação que apontam para uma dialetização progressiva, falta a consideração do outro vértice do triângulo temático – o da correlação com o pensamento dialético –, tratado em seqüência.

3.2.4 A correlação e o pensamento dialético

A dialética constitui o aspecto inferencial de todo processo de equilíbrio (Piaget, 1996: 11)

Se, na apresentação das tendências da investigação biológica, insistimos na necessidade da superação dos chamados *antagonismos metodológicos*, buscando sempre um horizonte de procedimentos que se aproximam da dialética, como procedimentos capazes de manter constante o objeto específico de estudos da biologia – os atributos próprios da vida; e mais, se defendemos a hipótese de que a estrutura operatória formal da correlação, como uma estrutura mental que, além de representar formas características do pensar biológico e do pensar matemático-estatístico, teria muito a contribuir para o entendimento biológico e elementos que a colocaria próximo da dialética, nada mais justo do que confrontarmos os dois horizontes levantados pela nossa tese.

Como existe uma gama diversificada de concepções a respeito do que constitui a dialética, começemos por localizar a teoria genética ante essa diversidade. Para descrever um pouco essas concepções e os grupos a elas filiadas, recorreremos a Rolando García (1996: 211), que escreve no pós-fácio do livro “As formas elementares da dialética” o seguinte:

A epistemologia genética raramente foi considerada uma teoria dialética do conhecimento. As referências de Piaget nesse aspecto de sua teoria são esparsos e indiretas. Aqueles que insistiram na importância da dimensão dialética da epistemologia genética encontraram geralmente três tipos de reações, que coincidem (...) na intenção em desassociar o pensamento de Piaget da dialética.

No primeiro grupo, estão os que, por questões metodológicas como a necessidade de coerência interna, rejeitam tanto Hegel como Marx, considerando que a epistemologia genética não tem nada a ver com os “pensamentos obscuros, vagos e pouco coerentes dos pensadores dialéticos”. No segundo, estão os marxistas não-ortodoxos, que defendem que “as referências de Piaget à dialética devem ser rejeitadas porque não levam em conta as dimensões sociais do conhecimento”. Para o terceiro grupo, mais próximo da ortodoxia, que trabalha mais com a exegese de Marx feita pelos marxistas autorizados, “a epistemologia genética (...) não pode pretender nenhuma filiação com a verdadeira tradição marxista”. Mas, segundo Rolando García, existe uma quarta posição incômoda, visada por oponentes tão

diversos: a de que é possível situar Piaget na continuação de uma linha de pensamento epistemológico que começa antes ainda e que atravessa Hegel e Marx (García, 1996: 211-212).

Assim, dentro da diversidade de compreensões dialéticas, apontamos alguns autores para ilustrá-las. Para pesquisadores como Freitag (1985: 69-101), a ligação da teoria piagetiana com a dialética é problemática, falaciosa, não resistindo a um confronto mais sério. Nessa linha de pensamento, Buck-Morss (1989: 176-177) chega a afirmar que "a teoria de Piaget se constitui num erro epistemológico (por priorizar a) tendência socioeconômica das trocas do capitalismo urbano ocidental (...) deixando de lado o desenvolvimento de outros modos cognitivos". Outros, defendem a dialética como sendo o quinto estágio do desenvolvimento mental, que ultrapassaria o sentido dado ao POF. Por outro lado, se há aqueles que negam o caráter dialético da epistemologia genética ou os que a situam a meio caminho da dialética, temos, também, autores como Novinski (1981: 237), que apontam a teoria piagetiana, com a sua psicologia do desenvolvimento, como sendo portadora de uma metodologia dialética "capaz de atrair o interesse do biologista".

Se pesquisadores como Riegel (1975, 1976), por exemplo, apontam a dialética como sendo o quinto estágio do desenvolvimento mental, isso se deve, certamente, ao fato de não considerarem o conjunto das estruturas operatórias formais, ou por analisarem o POF com base em estruturas isoladas, como se fossem grupamentos, não um grupo verdadeiro como o das transformações INCR, que determina a sua natureza reticular; também, por compreenderem a psicogênese a partir dos estágios finais, não dos seus mecanismos constitutivos. Se esse quinto estágio¹⁷ "significa a construção de uma estrutura lógica mais potente do que a envolvida nas operações formais, então os críticos estão bastante longe de terem demonstrado que tal 'estádio' (...) é, de um ponto de vista operativo, mais avançado do que o formal" (Lourenço, 1994: 147-148).

Sem atribuir a rotulação de dialético ao nosso trabalho e sem entrar no mérito do julgamento da teoria piagetiana no seu todo, mas na condição de quem busca estabelecer pontos de encontro, procuramos nos ater, especificamente, àquilo que entendemos como possibilidades abertas pela estrutura operatória formal da

¹⁷ Que recebe denominações de *pós-formal*, *dialético*, *epistemológico*, *metacognitivo*, *das operações unitárias e de descobertas* (Lourenço, 1994: 140).

correlação para com a dialética. Para estabelecermos os pontos de contato entre a correlação e a dialética, seguimos os elementos apresentados por Piaget, quando compara o estruturalismo com a dialética:

(Constitui um) fato fundamental (...) no terreno das ciências o estruturalismo sempre foi solidário de um construtivismo, ao qual não se poderia recusar o caráter dialético, com seus sinais distintivos de desenvolvimentos históricos, de oposição de contrários e de "superações", sem falar na idéia de totalidade, comum às tendências dialéticas tanto como estruturalistas (1979: 97-98).

Desse isomorfismo, apontamos a primeira característica que colocaria a correlação próxima à dialética, ou seja, a idéia de totalidade. O fato de integrar as classes a, b, c e d da correlação numa totalidade de classes de elementos diferentes, que possuem aparente oposição, como os dos exemplos apresentados ao longo do texto, não significa separar ou dissociar as classes, mas, sim compreendê-las na totalidade.

Outra característica que podemos enfatizar é o fato de a oposição de características (ou relação de contrários) ser tida como integrante do processo indispensável para a constituição da correlação. As classes contrárias não podem ser negadas, menos ainda, pensadas em separado, com base, apenas, em *uma* característica, negando ou suprimindo a outra; elas precisam ser pensadas de dentro da oposição, pela busca de uma nova compreensão, de uma lei de composição para o fenômeno analisado. Assim, para fazer correlação, é preciso que se dê um salto lógico que ultrapasse a lógica das classes tidas como opostas. É interessante notar que, nessa superação, existe um duplo movimento, que se dá tanto no nível psicogenético, na constituição da operatividade do sujeito, quanto no nível epistemológico, da noção construída propriamente dita.

Esse engendramento das categorias opostas, tal como o próprio Piaget (1979: 98) afirma, "implica na reciprocação das perspectivas", ou seja, "há dialética quando dois sistemas, até então distintos e separados, mas não opostos um ao outro, fundem-se em uma totalidade nova, cujas propriedades os ultrapassam" (Piaget, 1996: 197). No terreno do pensamento científico, como conquista operativa do sujeito, ela interliga e constrói correspondências, constitui-se numa prática que busca unidade na diversidade, supra-assumindo realidades para além das classes primárias e dos caracteres espacial-temporais.

Nas tabelas apresentadas ao longo das análises, as direções de raciocínio presentes na gênese da estrutura $a \rightarrow d$ e $b \rightarrow c$ consideram, inicialmente, os casos favoráveis da equivalência (a e d), sem considerar, no entanto, a relação deles com os casos (b e c) da exclusão recíproca. Enquanto os sujeitos se mantinham na oposição favorável \longleftrightarrow desfavorável, não constituíam a correlação; somente quando integravam, numa mesma totalidade, as classes favoráveis e as desfavoráveis é que atingiam a correlação. Tal situação dá-se na forma de um embate, que ora prioriza uma, ora outra classe. Esse engendramento de classes que se opõem, ultrapassando um momento quantitativo em direção a um momento qualitativo, determina uma nova classe, que contempla e ultrapassa as anteriores que se debatiam na oposição.

Os elementos discutidos, conforme Piaget, destacam

três movimentos dialéticos a serem considerados: (1) a colocação em interdependência das formas necessárias às assimilações, (2) a colocação em interdependência das propriedades atribuídas ao objeto, e (3) a síntese dessas formas e desses conteúdos, adquirindo, então a função de "modelos" (...) que determinam, ao mesmo tempo, o progresso no conhecimento aproximativo do objeto e os afastamentos deste, devido aos novos problemas levantados por eles (grifos do autor 1996: 205).

Para concluir o que dissertamos no capítulo sobre o POF e a correlação, podemos dizer que: 1) o POF contempla os aspectos do raciocínio mais necessários para que se dê conta da especificidade da vida; 2) a correlação como estrutura tardia em relação às demais estruturas formais, dadas as suas características de rede, contempla o que o POF possui de mais característico; 3) a correlação abriga, na sua expressão, elementos fortemente dialéticos, capazes de contemplar a complexidade e a unidade simultaneamente com a diversidade dos fenômenos biológicos; 4) a construção de novas interdependências que constituem o aspecto inferencial de equilíbrio é o componente dialético presente na construção da correlação.

Das sínteses teóricas relativas ao POF e à estrutura operatória formal da correlação, passamos à discussão da parte experimental da nossa tese, na qual apresentaremos os princípios metodológicos, as informações coletadas e a análise das mesmas frente à estrutura operacional formal da correlação.

CAPÍTULO IV

DAS INFORMAÇÕES COLETADAS SOBRE A CORRELAÇÃO

Neste capítulo, abordaremos os aspectos metodológicos da pesquisa, os parâmetros para a análise das informações coletadas, considerando, após, as informações e discussões por instrumento de pesquisa, ou por fase do curso e instrumento de pesquisa.

Como o teste escrito se constituiu no instrumento para uma leitura global das fases do curso, ele vem apresentado em separado. As passagens de aula e as questões de prova, por fazerem parte de um contexto particular de uma disciplina específica, serão apresentadas por fase do curso.

As informações que apresentamos visam traçar a gênese da estrutura da correlação dentro do contexto psicopedagógico, sendo enfocadas tanto nos seus aspectos estruturais quanto funcionais. O aspecto estrutural será enfatizado a partir do teste e da entrevista; o aspecto funcional da estrutura será destacado pelas passagens de aula e pelas questões de prova.

Como as estruturas mentais podem ser tomadas tanto no sentido funcional como no sentido do equilíbrio alcançado, o traçado da gênese da estrutura da correlação tem a ver com a busca do equilíbrio final alcançado; no entanto, como buscamos implicações psicopedagógicas, ela será mais bem compreendida se a tomarmos do ponto de vista funcional. Tais implicações serão mais bem alcançadas dentro do seu aspecto funcional, em que predominam os desequilíbrios e a busca estruturante do indivíduo.

Assim, nos desequilíbrios, a estrutura mostra toda a sua riqueza, pois eles traduzem os esforços e as transformações operadas pelo indivíduo na busca de superar-se, procurando uma nova organização que desse conta do desequilíbrio cognitivo. Neste particular, trabalharemos sempre o par dialético estrutura-funcionamento não como elementos opostos, mas como constituintes articulados, que fazem parte de uma mesma realidade – a atividade intelectual.

4.1 Dos princípios metodológicos da pesquisa

Método clínico-piagetiano, segundo Carraher (1983), é uma técnica que combina, conforme o caso, a observação pura, a entrevista do tipo clínica e pequenos experimentos com resultados interpretados a partir de uma perspectiva clínica. Esse método passa pelo controle do entendimento das perguntas e instruções, buscando as respostas mais características, ou seja, aquelas dadas com maior convicção pelo sujeito. A resposta (certa ou errada) é tomada como um ponto de partida para a compreensão do processo do qual ela resultou.

Na avaliação das respostas dadas pelo sujeito, busca-se: 1) encontrar a explicação, a coerência interna que englobe todas as respostas dadas e a reação do sujeito diante de contradições que lhe forem apontadas; 2) esclarecer a relação entre os elementos cruciais na resolução do problema e o raciocínio do sujeito; 3) compreender o significado da ação mental realizada pelo próprio sujeito ante o significado da ação dado pelo examinador, ultrapassando, desse modo, a aparência imediata da resposta. Desta forma, a ênfase do método recai sobre o *processo* que leva o sujeito a dar esta ou aquela resposta, não sobre o *conteúdo* explícito da resposta em si.

O perfil metodológico que exploramos na pesquisa já foi, em sua maior parte, construído ao longo da investigação de nossa dissertação de mestrado. Frente ao que apresentamos acima, o perfil pode ser definido como clínico não clássico, associado à análise de conteúdos: *clínico* por ter mantido os critérios de análise definidos por Piaget, buscando a coerência interna das informações construídas nos diversos instrumentos de coleta empregados e pela possibilidade de o confronto e a checagem de opiniões se constituírem no prisma diferenciador e decisivo para a compreensão do funcionamento da estrutura da correlação; *não clássico* por sua associação com a observação e a análise de conteúdos, tornando possível a nossa imersão e compreensão das estruturas formais no processo de ensino-aprendizagem, dentro do contexto de disciplinas específicas do curso de Biologia.

Antecedendo qualquer realização de teste, entrevista, passagem de aula ou análise de escritos dos alunos, tivemos um período de acompanhamento direto e sistemático de todas as atividades de ensino-aprendizagem das disciplinas em foco (Exercícios de Ecologia, Citogenética, Ecologia das Comunidades II e Ecologia Animal). As observações preliminares tiveram sempre um caráter exploratório, objetivando: clarificar teoricamente o problema e a confecção do projeto definitivo de pesquisa; estabelecer as categorias e materiais para análise e os instrumentos para a coleta de informações; entender o desenvolvimento da disciplina; estabelecer laços de empatia com professores e alunos e identificar, no desenvolvimento do conteúdo, os *nós*¹⁸ conceituais passíveis de uma análise do ponto de vista dos conteúdos e da estrutura da correlação. Em síntese, as observações embasaram a estruturação do contexto de imersão da nossa investigação.

A diversidade e a natureza das informações coletadas, bem como seu contexto, poderiam suscitar uma pergunta: Como garantir uma unidade nessa diversidade, que possibilite a análise do ponto de vista genético e estrutural? Mais: Se o estudo genético supõe o entendimento de formas diferenciadas de organização do pensar, como entendê-las a partir de situações diversificadas?

Esse paradoxo nos colocou, por mais de uma vez, no dilema de abrimos mão da imersão no contexto psicopedagógico para que pudéssemos garantir a unidade das situações em análise, transitando pela diversidade de indivíduos; ou de trabalhar com um grupo homogêneo de indivíduos submetidos a um tratamento diversificado. Fugimos à fórmula clássica, que homogeniza um dos pólos da pesquisa, e buscamos a unidade na compreensão e análise do ponto de vista clínico, isto é, buscando a garantia de um mínimo de retorno, um *feedback* por parte do aluno.

Para que isso fosse possível, procuramos as mais diversas provas e situações que pudessem revelar o funcionamento da estrutura da correlação, confirmando os pensamentos expressos pelos alunos nas mais diversas situações de ensino. As informações submetidas ao processo de análise compreendem passagens de aula, teste escrito, análise de questões de provas e entrevistas.

¹⁸ Utilizamos a expressão no sentido de que se trata de um ponto de passagem (ou ultrapassagem) teórica sujeito a desvios, dificuldades, sem os quais, no entanto, não é possível o entendimento pleno de um determinado conceito (conteúdo).

O teste escrito compreendeu questões formuladas e/ou modificadas de testes papel-lápis e se constituiu num instrumento auxiliar, apenas como um indicador genérico (não-decisivo, não-determinante), sendo complementado pelas observações naturalísticas em situações de ensino ou pelas entrevistas clínicas. Na pesquisa, utilizamos: 1) testes escritos, para compreendermos semi-extensivamente a estrutura mental da correlação; 2) entrevistas clínicas, para captarmos o seu funcionamento bem como os diferentes níveis de sua expressão; 3) observações naturalísticas em sala de aula; 4) questões de provas, para abstrairmos as suas ligações da gênese com o processo de ensino-aprendizagem.

Das nossas observações naturalísticas vivenciadas em aulas, gravadas em videoteipe ou não, destacamos passagens que satisfazem as necessidades básicas do método clínico. Tais situações pedagógicas, sem uma intencionalidade explícita, exigem, por um lado, um esforço adicional do pesquisador, por não se tratar de uma situação clássica do método clínico; por outro, representam um grande auxílio para que os professores entendam os processos operativos adotados por seus alunos.

As passagens de aula que preenchem esses requisitos são raras, nem por isso, no entanto, deixam de ser a expressão e a ilustração de procedimentos psicopedagógicos que possibilitam a compreensão tanto da necessidade como da presença da estrutura mental. Essas passagens podem representar, do nosso ponto de vista, um avanço metodológico na investigação das estruturas mentais dentro do contexto natural do ensino-aprendizagem. Para que se constituíssem em material de análise, primeiramente, acompanhamos o desenvolvimento da disciplina, identificando as situações que pusessem em jogo e/ou requeressem a expressão da correlação; só numa segunda oportunidade, então, gravamos a aula. Quando de sua utilização, a observação naturalística sofreu um ajuste qualitativo em relação aos dados da primeira fase, no sentido de que os professores acompanhados foram orientados para que, na medida do possível, estimulasse *clínicamente* os alunos ante os *nós* conceituais escolhidos ou ante a possibilidade/necessidade do funcionamento da correlação.

Nas condições da pesquisa que realizamos (Rosso, 1993: 49), definimos como *clínica* "passagem em aula que no seu decurso natural aconteceu um *feedback*

do professor e/ou de contraposições aos pensamentos emitidos pelos alunos, procurando ver a consistência do ponto de vista dos alunos". Essa observação pode ser assim definida: Observação Sistemática Direta Não Participante. Nas aulas, assumimos Participação Moderada Direta Intensiva e Extensiva (teste para avaliar o POF, questionários de perguntas abertas e/ou fechadas, como instrumentos auxiliares na coleta de dados indicativos para as entrevistas e observações). Eventualmente, em sala de aula, quando a situação permitiu, assumimos o papel de aluno/professor-examinador (parafraçando Carraher et al., 1982) através de perguntas provocativas, de cunho clínico, que poderiam pôr em jogo estruturas de POF.

Com relação ao teste escrito aplicado para a coleta de informações em nossa dissertação de mestrado, introduzimos nele pequenas modificações. Procuramos dar-lhe um contexto biológico, organizando-o em duas versões, por meio das quais procuramos clarificar a dúvida ou hipótese de que, se mantivéssemos as mesmas relações numéricas, alterando, porém, os números, os alunos chegariam mais prontamente à correlação. Com esse objetivo, fizemos o teste em duas versões (veja-se o Anexo II).

Os dados relativos à primeira fase foram compilados da coleta de informações feita quando da realização de nossa dissertação de mestrado – englobando a população de alunos da primeira fase do curso de Biologia, na disciplina de Exercícios de Ecologia, durante três semestres consecutivos (91/II, 92/I e 92/II) – e do teste que aplicamos no semestre 97/I.

Os dados relativos à terceira fase são relativos à disciplina de Citogenética, que também durante três semestres (95/II, 96/I e 96/II), com algumas interrupções, foi alvo das nossas observações. As informações propriamente ditas, que constam na tese, foram coletadas durante o semestre 97/I.

Os dados relativos à quinta e à sétima fase do curso foram coletados ao longo dos semestres 97/I e 97/II, sendo que no semestre 97/I foram obtidas as informações relativas aos testes escritos; no semestre 97/II coletamos as informações relativas aos escritos dos alunos e passagens de aula.

Apresentamos, a seguir, um quadro sinóptico das informações coletadas considerando as fases do curso, os instrumentos, períodos da coleta e alunos informantes.

Tabela VI: População que se constituiu na base das informações.

Fase do Curso	Instrumentos	Períodos da Coleta	Núms. Informantes ¹⁷
Iª	Observação de aulas	91/II; 92/I e 92/II	120
	Provas escritas	92/II	40
	Teste escrito	92/II e 97/I	60
	Entrevistas	92/II	10
IIIª	Observação de aulas	95/II, 96/I, 96/II e 97/I	95
	Provas escritas	97/I	32
	Teste escrito	97/I	26
Vª	Observação de aulas	97/I, 97/II	25
	Provas escritas	97/I, 97/II	25
	Teste escrito	97/I, 97/II	25
VIIª	Observação de aulas	97/I, 97/II	18
	Provas escritas	97/I, 97/II	18
	Teste escrito	97/I, 97/II	18

4.2 Dos parâmetros e elementos da análise

Inhelder & Piaget tomam a gênese da correlação como diretamente dependente e como continuidade do processo de desenvolvimento da idéia de acaso (1976: 169-182); no entanto, como a descoberta da idéia de acaso apresenta um estreito paralelo com as operações dedutivas, como a probabilidade e a combinatória (Piaget & Inhelder, sd: 294-297), consideram-na em termos de análise psicogenética, a partir do surgimento das operações formais. Os autores iniciam a análise partindo do nível III_A, passando para um nível de transição (que denominamos III_i), ou seja, consideram a correlação a partir do surgimento das operações formais até que estas atinjam o desenvolvimento espontâneo do raciocínio relacional em III_B. Sobre isso, afirmam: "é somente a partir desse nível (III_A) que o sujeito é capaz de raciocinar (...) (abstratamente), sem utilizar o real" (p. 177).

Em nossa pesquisa, tomamos como antecedentes ao POF os dados de pesquisa de Freitag (1984: 195-200). Esses dados são relativos à população com

¹⁷ Números aproximados

escolarização de oito anos e originária das classes sociais A, B e C em oposição aos favelados escolarizados e não escolarizados, com idades entre 13 e 16 anos, e indicam que as operações concretas já estão estabilizadas para os indivíduos escolarizados das diferentes classes sociais. Considerando, também, que os alunos que ingressam no curso de Biologia passaram por um processo de 11 anos de escolarização, que possuem a idade mínima (menos ainda) de 18 anos, sendo provenientes das classes sociais indicadas por Freitag (1984), utilizaremos em nossa análise, como antecedentes, os níveis III_A, III_i e III_B, o nível II (POC). Assumimos, assim, que todos os alunos que iniciam o terceiro grau utilizam-se, no mínimo, das estratégias concretas de raciocínio. Entre os níveis III_A e III_B, consideraremos um nível intermediário — o nível III_i.

Assim, enquadraremos as respostas do teste escrito, provas ou passagens de aula dentro de quatro patamares: nível II, como operatório concreto, e os três outros níveis segundo a tipificação de Inhelder & Piaget (1976: 169-182); como estágio II, consideramos as respostas de cunho evasivo, de simples negação ou de um procedimento que julga isoladamente as células da tabela de dupla entrada; o estágio III_A foi considerado para a análise das respostas, utilizando-se, como premissa de raciocínios, hipóteses teóricas e probabilidades, considerando as células a e b e/ou c e d, mas desconsiderando as relações diagonais; o estágio III_B, considera de forma espontânea a diagonal a → d e a diagonal das contraprovas b → c. Entre os estágios III_A e III_B, o nível intermediário (III_i) considera os casos em que os sujeitos, ao pensarem em termos de correlação, se contradizem ou oscilam entre um pensamento probabilístico e a ausência de correlação – raciocinando nos casos das verticais em conflito com a diagonal – ou a tendência para a diagonal ou, ainda, consideram somente a diagonal que enfatiza os casos favoráveis a → d.

A seguir, passaremos a comentar as informações obtidas por meio de teste escrito aplicado às populações-alvo de nossa pesquisa. Analisaremos as informações considerando, inicialmente, os aspectos quantitativos para, posteriormente, fazermos a análise mais de cunho qualitativo ou genético das informações.

4.3 Teste escrito e entrevista

A aplicação do teste/problema teve a função de: 1) estabelecer um perfil mais geral da expressão da estrutura da correlação dentro das fases em que coletamos as informações; 2) fazer uma leitura vertical, comparativa e por fases, da estrutura da correlação; 3) integrar os demais instrumentos de pesquisa. Em resumo, trata-se de um instrumento que indica mais as tendências e possibilidades da correlação no curso do que, propriamente, a classificação dos alunos.

O caráter extensivo recebe o complemento de informações do caráter intensivo e qualitativo do funcionamento da correlação, que é justificado e explicitado com base nas passagens de aula e em questões de provas.

As informações obtidas a partir do teste escrito e da entrevista passarão, primeiramente, por uma análise qualitativa e intensiva; depois, por uma análise quantitativa e extensiva. Na análise intensiva, a ênfase recairá sobre o estabelecimento dos padrões seguidos durante a sua gênese; na análise extensiva, considerar-se-ão os dados genéticos, buscando-se o estabelecimento de padrões numéricos da sua expressão.

4.3.1 Resultados qualitativos fornecidos pelo teste escrito e entrevistas

NÍVEL II: Neste nível, estão enquadradas as negações simples ou a adoção de um procedimento de raciocínio que julga isoladamente as células da tabela de dupla entrada. O mais comum é o isolamento do par de características, sendo separados, de um lado, o tamanho do peixe e, de outro, as listras.

Vejamos o que escreveram NSG e LRI. NSG organiza os dados do problema em três colunas: na primeira, põe o total de peixes (700); na segunda, considera as listras (325 largas e 375 estreitas) e, na terceira, o tamanho dos peixes (175 grandes e 525 pequenos). Tomando por base a argumentação de que as diferenças provavelmente acontecem por ação do meio ambiente, conclui que *não há grandes diferenças entre o número de peixes com listras largas e estreitas e que as listras variam de acordo com as características genéticas de cada peixe* (excluindo o tamanho dos peixes). LRI segue a mesma linha de raciocínio, separando, inicialmente, os peixes por tamanho e,

depois, estabelecendo as porcentagens, separadas em grupo segundo os tamanhos dos peixes.

A característica dominante dos indivíduos classificados como pertencentes ao nível II é o procedimento de raciocínio passo a passo, em que as características são tomadas isoladamente e de forma exclusiva: ou só o tamanho dos peixes ou só o aspecto de suas listras. Mesmo com a realização de cálculos de porcentagens, o critério de julgamento continua calcado em elementos tomados de forma seriada. No caso de avaliarem conjuntamente as duas características, consideram como necessária a existência de dois grupos distintos: o de peixes grandes com listras largas e o de peixes pequenos com listras estreitas. Vejamos o que afirma ISI: *Não, pois ambos os tipos de listras manifestam-se tanto nos peixes grandes como naqueles de menor tamanho.*

NÍVEL III_A: - Interpretação probabilística das freqüências consideradas isoladas.

Neste nível, o indivíduo é capaz de avaliar probabilidades simples, isto é, entre os casos favoráveis e os possíveis relativos ao caráter considerado. Apesar disso, o aluno não chega, ainda, a reunir o conjunto dos casos possíveis positivos (peixes pequenos com listras estreitas $p.q$ e $\bar{p}.\bar{q}$) e negativos para que possa colocá-los em relação aos casos desfavoráveis (peixes pequenos com listras largas, $p.\bar{q}$, e peixes grandes com listras estreitas, $\bar{p}.q$), bem como o conjunto de todos os casos possíveis. As respostas dadas por YMR e MOS no teste escrito exemplificam esta posição: *(YMR) Se existisse alguma relação do tamanho do peixe com o tamanho das listras, teríamos somente peixes pequenos com listras estreitas e peixes grandes com listras largas, ou somente peixes grandes com listras estreitas, ou peixes pequenos com listras estreitas. Como as duas possibilidades existem ao mesmo tempo, é dedutível que as listras não têm relação com o tamanho do peixe.*

O mesmo raciocínio é expresso de outra forma por GCS e por PPC: *Não, pois existem peixes que são pequenos e que têm listras largas, e há peixes grandes que têm listras estreitas; portanto, o tamanho dos peixes não (possui) relação com o tamanho de suas listras.* Este raciocínio é formulado numa regra por PPC: *Se houvesse alguma relação, a regra (seria): peixes grandes só com listras estreita ou só com listras largas (...).*

(MOS) Não vejo nenhuma relação, a não ser o fato de que a maioria dos peixes pequenos têm listras estreitas e os grandes se dividem praticamente na metade, entre listras largas e estreitas.

Neste nível, o indivíduo compreende que existe uma relação entre peixes pequenos e listras estreitas e entre peixes grandes e listras largas, não compreendendo, entretanto, que se trata da mesma relação ou de sua recíproca (normalidade), isto é, raciocina em termos de normalidade. Na tabela apresentada, o aluno raciocina, apenas, na vertical ($a \rightarrow b$ e $c \rightarrow d$), opondo os peixes pequenos de listras estreitas aos peixes pequenos com listras largas e/ou os peixes grandes com listras largas, e/ou os peixes grandes com listras estreitas, aos peixes grandes com listras largas; não considera, portanto, o cruzamento possível na diagonal – peixes pequenos com listras estreitas ($a \rightarrow d$) e peixes grandes com listras largas – como formador de uma totalidade, que é a dos casos favoráveis do tamanho dos peixes com o tamanho de suas listras. É o que expressa CAN na sua entrevista (Anexo): ... *Acho que não, por causa dos peixes grandes.*

NÍVEL III_i: nível intermediário ou das probabilidades combinadas.

Neste estágio, o aluno começa a analisar a situação dos peixes pequenos, deixando, porém, de lado os peixes grandes, ou seja, a tendência dominante é de pensar na relação vertical a e b ou c e d isoladas. Quando desafiados, no entanto, os alunos deslocam o raciocínio para as relações da diagonal ($a \rightarrow d$): peixes pequenos com listras estreitas e peixes grandes com listras largas. Dentro dos casos possíveis, começam a compreender que constituem um caso único, opostos, mas complementares. É o que defende ELV, KCK: *(ELV) Existem mais peixes grandes com listras largas (...) e a maioria dos peixes pequenos têm listras estreitas. (KCK) Os peixes grandes com listras largas estão em maior quantidade do que os com listras estreitas (...) assim como os peixes pequenos com listras estreitas estão em maior quantidade do que os com listras largas.*

NÍVEL III_B: - O estabelecimento de relações espontâneas entre os casos favoráveis e desfavoráveis com o conjunto dos casos possíveis.

O indivíduo consegue, inicialmente, reconhecer e organizar as quatro possibilidades ($p.q$, $\bar{p}.\bar{p}$, $p.\bar{q}$ e $\bar{p}.q$), percebendo que os casos na diagonal ($a \rightarrow d$) da

tabela se constituem numa reciprocidade da mesma lei geral (peixe pequeno X listras estreitas e peixe não-pequeno X com listras não-estreitas). Temos como exemplo a resposta de KB, dada no teste escrito, e a de SBF na entrevista:

(SBF): Acho que não (categórica)... Se tivesse peixes grandes com listras largas, teria mais... mas tem! Aqui tem mais pequenos com listras estreitas e mais grandes com listras largas... Então tem (falando para si mesma, surpreende-se com o resultado alcançado).

(KB) Dá para notar que existem mais peixes pequenos e estes possuem listras estreitas (ficou implícita a situação dos peixes grandes).

Depois de compreender a reciprocidade entre os casos favoráveis, o sujeito compreende a relação inversa ($p.\bar{q}$ e $\bar{p}.q$) dada pela outra diagonal ($b \rightarrow c$). Em resumo, o indivíduo, na posse plena da estrutura da correlação, raciocina, desde o início, no sentido das duas diagonais, procurando relações entre os conjuntos favoráveis e desfavoráveis no conjunto dos possíveis.

Comparando-se os testes escritos dos alunos das fases iniciais (I^a e III^a) com os dados das fases finais (V^a e VII^a), constata-se que as diferenças não são tão destacadas do ponto de vista estrutural; é notável, no entanto, entre os últimos, o maior enriquecimento de detalhes nas respostas, no levantamento de hipóteses, na solicitação de mais informações para que pudessem fazer um julgamento mais apurado ou, até, de questionamento do problema apresentado. Essa situação pode receber mais esclarecimentos pelo cruzamento dos testes feitos em todas as fases do curso.

4.3.2 Resultados quantitativos fornecidos pelo teste escrito

Iª Fase do curso de Biologia

Dos 26 alunos da Iª fase do curso de Biologia que responderam ao teste, 25 deles se encontram dentro da faixa etária de 18 a 22 anos. A classificação dos resultados do teste atingiu os seguintes escores: II= 10; III_A= 10; III_i= 4; III_B= 1.

Considerando os resultados por faixa etária, ou o fator maturacional, encontramos os escores que se seguem por faixa etária: 18 anos: um aluno no nível II, seis no nível III_A, um no nível III_i; 19 anos: dois alunos no nível II, três no nível III_A, dois no nível III_i; na faixa etária dos 20 anos, encontramos cinco alunos no nível II, um no nível III_i; dos quatro alunos na faixa de 21 a 25 anos, encontramos dois no nível II, um no nível III_A e outro no nível III_B.

Salvo erros de interpretação, pode-se dizer que os alunos que iniciam o curso de Biologia com 18 e 19 anos são aqueles que possuem um retrospecto escolar regular, isto é, sem reprovações, provavelmente entrando no curso superior já no seu primeiro vestibular. Os alunos na faixa etária dos 20 anos para cima, provavelmente, possuem um percurso escolar diferente, inferindo-se que a natureza da escolarização recebida pode ter influenciado no desenrolar cognitivo, atrasando o seu ingresso na universidade. Mas o fato que destacamos nos alunos chamados *regulares* é que, proporcionalmente, encontramos um igual número deles no nível II e, um maior número nos níveis III_i e III_B, o que pode denotar influências de natureza socioeconômicas e de escolarização.

IIIª Fase do curso de Biologia

Dos 21 alunos da IIIª fase do curso de Biologia que responderam ao teste, um não declarou a sua idade e três se encontram fora da faixa etária dos 19 aos 22 anos. A classificação dos resultados do teste atingiu os seguintes escores: II= 3; III_A= 13; III_i= 3; III_B= 2.

Considerando os resultados por faixa etária, ou o fator maturacional, encontramos os escores que se seguem por faixa etária: 19 anos: três alunos no nível III_A e dois no nível III_i; 20 anos: um aluno no nível II, quatro no nível III_A e dois no nível III_B; na faixa etária de 20 a 22 anos, encontramos dois alunos no nível II, dois no nível III_A, um no nível

III_i e um no nível III_b; quanto aos três alunos acima da faixa dos 22 anos e aquele não declarou a idade, encontram-se no nível III_A.

Comparando esses resultados com os da primeira fase, constata-se uma diminuição de alunos da faixa do estágio II, um aumento na porcentagem de alunos nas faixas III_A e III_b, porém nenhum aumento significativo na faixa III_i.

Vª Fase do curso de Biologia

Dos 24 alunos da Vª fase do curso de Biologia que responderam ao teste, 24 deles se encontram na faixa etária de 20 a 25 anos. A classificação dos resultados do teste atingiu os seguintes escores: II= 5; III_A= 13; III_i= 4; III_b= 2.

Considerando os resultados por faixa etária, ou o fator maturacional, encontramos os escores que se seguem por faixa etária: 20 a 21 anos: dois alunos no nível II, dois no nível III_A, três no nível III_i e um no nível III_b; 22 a 24 anos: um aluno no nível II, seis no nível III_A, um no nível III_i e um no nível III_b; na faixa etária dos 25 anos em diante, dois alunos no nível II e cinco no nível III_A.

Os resultados dos alunos de 20 e 21 anos assemelham-se aos da primeira fase do curso de Biologia, o que pode representar o percurso dos alunos que entram no curso com 18 e 19 anos.

VIIª Fase do curso de Biologia

Dos 21 alunos da VIIª fase do curso de Biologia que responderam ao teste, 14 deles se encontram na faixa etária de 20 a 25 anos. A classificação dos resultados do teste atingiu os seguintes escores: II= 2; III_A= 9; III_i= 7; III_b= 3.

Considerando os resultados por faixa etária, ou o fator maturacional, encontramos os escores que se seguem por faixa etária: 20 a 22 anos: um aluno no nível III_A, um no nível III_i e três no nível III_b; 24 a 25 anos: cinco alunos no nível III_A e quatro no nível III_i; na faixa etária de mais de 26 anos e entre aqueles que não declararam a idade, encontramos dois alunos no nível II, três no nível III_A e dois no nível III_i.

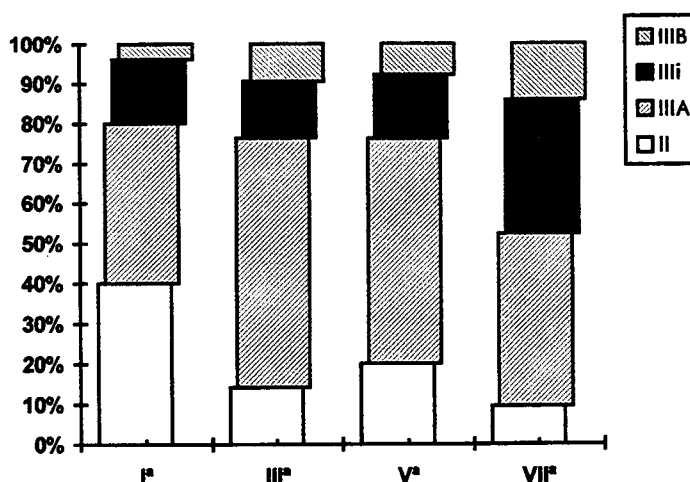
Feita a tabulação totalizante dos testes, considerando-se as fases do curso de Biologia e os escores das respostas do problema, por estágios, nota-se uma maior concentração de respostas nos níveis II e III_A. Esses níveis, segundo os critérios de análise estabelecidos, não configuram a existência de elementos que caracterizem a

presença da estrutura da correlação. Os níveis de respostas configuram respostas obtidas por procedimentos concretos ou característicos do início do estágio operatório-formal.

Tabela VII : Resultados finais considerando as fases do curso de Biologia e níveis de respostas tipificadas no teste escrito.

Fase	II	IIIa	IIIi	IIIb	Alunos
I Fase	10	10	4	1	25
III Fase	3	13	3	2	21
V Fase	5	14	4	2	24
VI Fase	2	9	7	3	21
Total	20	36	21	8	91

Gráfico 1 : Distribuição dos estágios por fase do curso de Biologia

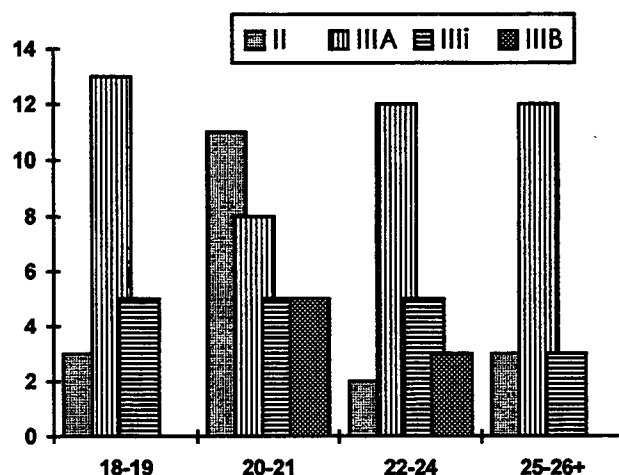


Se levarmos em consideração as idades dos alunos em relação aos estágios, notamos que as faixas de idade intermediárias apresentam uma maior incidência de alunos nos estágios IIIi e IIIb, o que indica formas transitivas e estabilizadas da estrutura da correlação. Esta situação pode expressar a estabilização tardia da estrutura e, também, a influência das aquisições dos conhecimentos biológicos nos desempenhos relativos à correlação. As informações traduzidas pelo gráfico 1 indicam que o ensino, em geral melhora, modestamente o desempenho operatório dos alunos. Já o gráfico 2 da página seguinte indica que a performance dos sujeitos em resolver problemas de correlação cresce pouco e lentamente com a idade.

Tabela VIII: Idades dos alunos informantes e os seus estágios

idade	II	III	IIIi	IIIe
18-19 anos	3	13	5	0
20-21 anos	11	8	5	5
22-24 anos	2	12	5	3
25-25 anos	3	12	3	0
Total	19	45	18	8

Gráfico 2: Idades dos alunos informantes e os seus respectivos estágios



4.4 Passagens de aula e questões de provas por fase do curso

4.4.1 Dados relativos à primeira fase do curso de Biologia

Os dados relativos ao problema proposto não fizeram parte do conjunto dos dados coletados que constaram em nosso estudo anterior (Rosso, 1993) porque julgamos que, dentro dos objetivos da pesquisa, era possível retirarmos e compreendermos o funcionamento da correlação com base em outros dados. Os dados mais específicos, que agora tomamos públicos, dada a sua riqueza, poderiam constituir uma publicação e/ou um estudo mais detalhado e aprofundado da correlação no âmbito das ciências biológicas em contexto psicopedagógico. As respostas à questão/problema que entremeamos como uma extensão da fundamentação teórica trabalhada em teste escrito e as entrevistas enfatizam a importância e a

necessidade da correlação para a construção e para o ensino dos conhecimentos biológicos.

Na primeira fase do curso de Biologia, coletamos as informações na disciplina Exercícios de Ecologia, que tem como objetivo específico introduzir os alunos nos conhecimentos biológicos, partindo do enfoque ecológico. Para atender melhor aos seus objetivos, as aulas da disciplina são divididas em uma parte prática, com saídas a campo, e outra parte teórica, desenvolvida em sala de aula. A carga horária da disciplina está estruturada de tal forma que 50% (36 horas/aula) das aulas sejam práticas.

Os dados relativos às passagens de aula e à análise de questão de prova já se constituíram, indiretamente, em objetos de análise para a correlação na dissertação de mestrado. Nesta seção, retomamos tais informações com a finalidade de analisá-los especificamente do ponto de vista da correlação.

4.4.1.1 Passagem de aula de campo

(Turma 91/I, fita nº 1, trecho 350-870).

A passagem que transcrevemos trata de uma aula de campo cujo objetivo era realizar uma amostragem quantitativa sobre população. Os alunos foram orientados, num primeiro momento, a observarem e a identificarem interações entre insetos e plantas num conjunto de moitas formadas por uma leguminosa encontrada no local. Num segundo momento, solicitou-se aos alunos que contassem cochonilhas em folhas escolhidas aleatoriamente e que indicassem os diferentes locais das folhas em que elas eram encontradas. Em resumo, a tarefa consistia na organização de uma tabela para o levantamento estatístico, visando determinar os locais preferenciais das cochonilhas (folíolo, ráquis, nervura, etc. da folha).

Antes, porém, de serem definidos os procedimentos, um grupo de alunos travou o seguinte diálogo com uma professora:

— Aluno 1: O que é isso professora?

— Profa.: É isso que queremos que prestem atenção. São homópteros.

— Aluno 2: Eles sempre estão na nervura (enfático).

— Profa.: Então... Por que será que estão na nervura da folha?

— Aluno 2: É porque pega direto na seiva.

— Profa.: Vamos procurar ver melhor.

A organização prevista para as atividades de campo, com observação e coleta de informações, visava relacionar os possíveis locais da folha preferencialmente habitados por cochonilhas. Assim, a tarefa que os alunos deveriam realizar era determinar onde as cochonilhas se encontravam em maior porcentagem.

Do ponto de vista estrutural, diretamente, a tarefa requeria a proporcionalidade e, indiretamente, a probabilidade, inscritas num quadro combinatório (possíveis locais onde eram encontradas as cochonilhas), estruturas que, combinadas, formam a base necessária para a correlação. Como já discutimos ao tratar dos parâmetros e elementos de análise, este trabalho mental de caráter mais quantitativo é característico dos níveis III_A e III_i e se constitui nos degraus que antecedem a correlação propriamente dita, que se apresenta de forma mais qualitativa no nível III_B.

A passagem de aula mostra como os alunos, sem recorrerem às etapas da base de dados pensada para que chegassem às conclusões previstas, *saltam* logo para a solução do problema. Desconsiderando todas aquelas etapas, inclusive a dos dados estatísticos, as previstas nos procedimentos, ultrapassam, assim, o jogo das probabilidades simples. Este *salto* traduz a subsunção das estruturas numa nova estrutura, mais avançada, ágil e eficaz de raciocínio. Para esses alunos, o tipo de interação inseto-planta já estava determinado nos primeiros minutos da aula, pois a estruturação mental estabelece uma rede de relações que ultrapassa as suas componentes elementares. Assim, estabeleceram a ligação entre os locais onde as cochonilhas se encontravam e o seu hábito alimentar: *Eles sempre estão na nervura (aluno 2) (...) porque pega direto na seiva (aluno 1)*.

No relato da passagem de aula, os alunos um e dois fizeram, pronta e espontaneamente, a correlação; os demais, no entanto, também poderiam chegar a ela se seguissem o percurso operativo por etapas ou passo a passo, o que possibilitaria a tabulação e análise dos dados coletados. Esse relato corrobora a tese de que procedimentos operatórios e lógicos mais avançados (estruturados) podem ser usados para encurtar caminhos e facilitar o aprendizado. Assim, se queremos resultados mais signifi-

cativos na aprendizagem, por que não elevar a exigência lógica do ensino em todos os seus níveis?

4.4.1.2 *Questão de prova*

A questão que escolhemos para análise faz parte de uma prova de Exercícios de Ecologia, analisada parcialmente na dissertação de mestrado. Retomamos a sua análise porque, na época, tal questão não foi considerada dentro da sua especificidade do ponto de vista da correlação. No presente trabalho, justifica-se a sua escolha especialmente por tratar-se de uma questão muito rica em demanda cognitiva e por possibilitar a intersecção dos conhecimentos lógico-matemáticos com os conhecimentos biológicos. Ainda, somamos à tal justificativa os seguintes fatos:

1) trata-se de questão que apresentou o maior índice de erros e que, por consequência, recebeu maior número de observações por escrito por ocasião da correção. Tal assertiva fundamenta-se no princípio de que quando o aluno erra, podemos conhecer melhor a lógica implícita e o seu ponto de vista (Rosso, 1996: 79-95);

2) a questão possibilita um acoplamento entre a dissociação dos fatores, defendida por nós como o pólo complementar da correlação. Assim, para compreender a organização lógica e a dependência existente entre os limites de variação de umidade (ampla ou restrita) X umidade relativa (elevada, moderada ou, mesmo, reduzida), faz-se necessário o uso da estrutura mental da dissociação dos fatores;

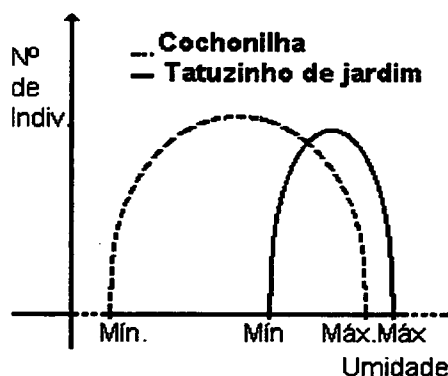
3) a organização de um gráfico possibilita, sem dúvida, no mínimo, uma multiplicação lógica, exigindo a compensação de dois fatores e a reversão em linguagem lógico-matemática de uma dada situação. A pergunta não se restringia a que os alunos descrevessem as condições ambientais em que vivem as cochonilhas e os tatuzinhos-de-jardim, mas solicitava-lhes a análise e a tradução em um gráfico dessas idéias.

A pergunta: Tatuzinhos-de-jardim vivem embaixo de pedras, folhas ou troncos e estão sujeitos a condições climáticas bem específicas. Esquematize em gráficos hipotéticos os limites de tolerância desses animais a três fatores climáticos escolhidos por você.

Cochonilhas são insetos com baixa mobilidade que vivem sugando seiva de plantas. Utilizando os gráficos do tatuzinho-de-jardim, proponha as curvas de tolerância para as cochonilhas.

A Resposta: Levando-se em consideração apenas o fator *umidade relativa* do ar (UR), o fato de os tatuzinhos-de-jardim viverem embaixo de pedras, folhas e troncos é indicativo de maior umidade, principalmente porque esses locais estão abrigados da radiação solar e ventilação diretas, freadas pela vegetação. Isso acaba determinando uma menor evaporação, mantendo, assim, a umidade mais constante e elevada a nesses locais. Em síntese, a UR em tais locais é maior e menos variável do que em locais abertos, sujeitos à ventilação e à radiação mais intensas.

A representação dos limites de tolerância desse fator climático num gráfico pode ser expressa numa curva parabólica com vértice voltado para cima, com seus pontos de intersecção no eixo "X" bastante próximos, se comparados com os pontos de intersecção da curva parabólica da cochonilha. Como os tatuzinhos-de-jardim vivem normalmente em ambientes muito mais úmidos, a sua curva deve estar mais à direita do eixo "Y", diferentemente das cochonilhas. Veja-se o gráfico ao lado:



A logística da questão e suas ligações com a correlação

Para que o aluno respondesse corretamente à pergunta, era necessário que estabelecesse as relações entre o local onde os organismos se encontravam e as condições do microambiente associadas aos seus hábitos. Do ponto de vista da lógica correlacional, teríamos:

p = animais localizados em ambientes com umidade elevada;

\bar{p} = animais localizados em ambientes com baixa umidade relativa.

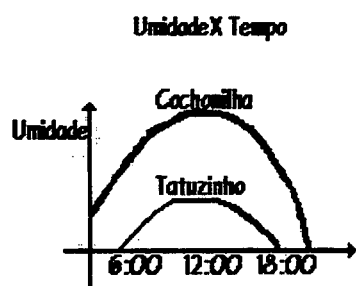
Do ponto de vista dos intervalos de variação de umidade, podemos ter:

q = uma ampla variação de umidade relativa;

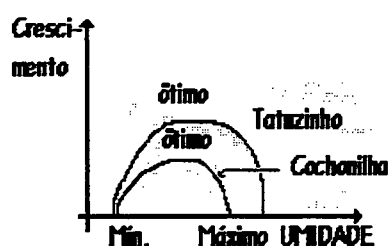
\bar{q} = uma pequena variação de umidade.

Assim, o tatuzinho-de-jardim seria um animal $p.\bar{q}$, e a cochonilha, um animal $\bar{p}.q$. É claro que também poderiam ser exploradas outras possibilidades lógicas, como $p.q$, que seria um animal X , situado num local de baixa umidade e com baixa variação de umidade, ou $\bar{p}.\bar{q}$, que seria um animal Y , situado num local de elevada umidade e com elevada variação de umidade.

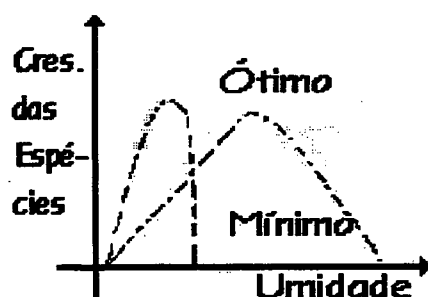
Entre os exemplos típicos de respostas dadas pelos alunos, começemos pelos que apresentaram distorções, tanto do ponto de vista da lógica da relação dos fatores que afetam os organismos propriamente ditos como da representação lógico-matemática. Nos dois gráficos que seguem, a dificuldade maior está em reverter os conceitos da biologia em uma representação lógico-matemática.



(HLR, ACA) Apresentam de forma diferente a dificuldade de coordenar as variáveis independentes e dependentes. Por conta disso, torna-se difícil buscar uma lógica interna nos seus raciocínios. Na raiz das distorções expressas, eles desconsideram ou desconhecem o antecedente lógico limite de tolerância e as variações possíveis dentro deste limite.



Os gráficos de ELV, IGB e JCP, abaixo analisados, contemplam raciocínios abstratos, dentro de quadros lógico-matemáticos, mas que se mostram limitados por não conseguirem atingir uma estrutura de grupo.



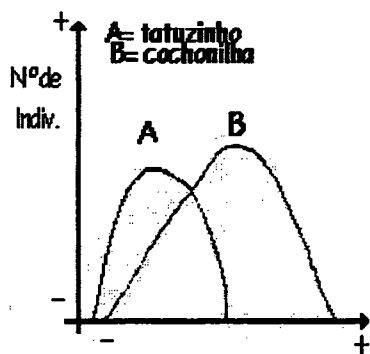
Texto do aluno: *Gráfico demonstra que os tatuzinhos possuem capacidades de suportar amplas variações de umidade enquanto que as cochonilhas não.*

(ELV) - O gráfico apresenta-se coerente com a sua interpretação e análise do fator umidade, mas erra por não considerar as necessidades lógicas das particularidades a que cada tipo de organismo está sujeito. Assim, ELV, ao considerar somente as variações de umidade, perde de vista as características próprias de cada organismo em particular. A sua justificativa dá-se dentro de uma lógica binária, que trabalha a oposição q ou \bar{q} de agrupamento.

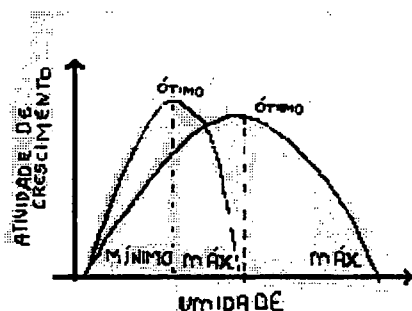
Texto escrito: *cochonilhas = higrófilas (suportam menor variação de umidade, tatuzinhos = xerófitos (suportam maior variação de umidade)*

(IGB) - Repete o padrão lógico utilizado por ELV e acerta quanto à amplitude da variação de umidade. Perde-se, no entanto, ao localizar a curva do tatuzinho próxima ao eixo "Y", confundindo, assim, pequena variação de umidade com baixa umidade. Por pensar considerando somente os limites de variação de umidade, não consegue estabelecer a multiplicação lógica necessária entre a variação de umidade *versus* umidade elevada. Essa confusão pode ser também percebida por meio dos enunciados teóricos que anexou ao gráfico.



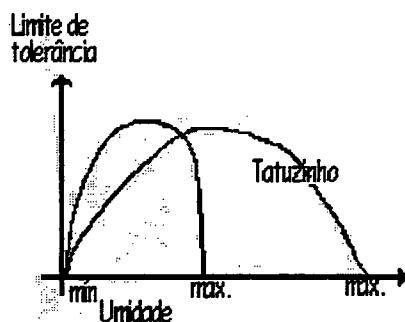


(JCP) Relacionando uma espécie com a outra, delinea, aproximadamente, o seu gráfico, porém erra na localização das curvas. Repete a lógica dos gráficos que analisamos anteriormente, evidenciando que as situações umidade elevada e pequena variação de umidade podem apresentar-se como paradoxais para esses alunos. Nota-se que os alunos não apresentam distorções ao traduzirem as suas idéias em gráficos; no entanto, não conseguem utilizar os enunciados teóricos e os dados aparentemente paradoxais numa totalidade.



Texto escrito: *O tatuzinho-de-jardim suporta ampla variação de umidade, enquanto a cochoilha não.*

Para ELV, IGB e JCP, pequena variação de umidade é igual a umidade baixa; já, para CAN, cujo gráfico está ao lado, a confusão está em ampla variação de umidade, considerada igual a umidade elevada.



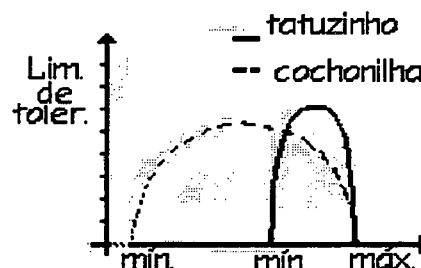
Texto escrito: *No solo, a umidade é menor do que em árvores.*

DA – Não acerta na análise das condições em que cada organismo vive e confunde-se quanto à natureza das variáveis; acaba, assim, errando o gráfico por conta da interpretação dada à variação e ao limite de tolerância.

DA, ao escrever o texto, erra na informação vinculada, afirmando que no solo a umidade é menor do que nas árvores. Essa informação acaba sendo traduzida no gráfico de forma inversa. Do ponto de vista da estrutura da correlação, pensa conforme a seguinte lógica: $(p.q \text{ e } \bar{p}.\bar{q})$ ou seja, o tatuzinho-de-jardim, como um animal situado num local de elevada umidade e com elevada variação de umidade, e a cochoilha, como um animal situado num local de baixa umidade e

com baixa variação de umidade ou $\bar{p}.\bar{q}$; considera as células a e d da tabela de dupla entrada, o que corresponderia ao nível III da correlação.

AAG, embora não tenha conseguido fixar a variável do eixo "Y", acerta as curvas tanto no traçado quanto em sua localização, errando, apenas, na organização e apresentação da variável dependente. O limite de tolerância é dado pela distância entre o ponto mínimo e o ponto máximo tolerado pela espécie e está representado no eixo "X", não no eixo "Y". Mesmo cometendo este engano, AAG considera o tatuzinho-de-jardim como um animal $\bar{p}.\bar{q}$ e a cochonilha, como um animal $\bar{p}.q$, ou seja: para AAG, faz sentido o par lógico umidade elevada/baixo limite de tolerância com o par lógico umidade baixa/elevado limite de tolerância.



A questão que estamos analisando se caracteriza por um conjunto de dificuldades que começam pela noção de *umidade relativa* (UR), que é um fator climático secundário, isto é, dependente da radiação solar, ventilação e pluviosidade, entre outros. Se o compararmos com outros fatores ambientais, o aluno necessita fazer um raciocínio de segunda potência, porque há a necessidade de considerar esses fatores para que possa compreender a situação de umidade enfrentada em particular, organismo por organismo, o que aumenta ainda mais o grau de abstração necessária à organização da resposta. O erro cometido no primeiro momento compromete todo o desencadear do raciocínio, como nos casos de DA, IGB e CAN, que apresentam as curvas nos gráficos logicamente coordenadas, mas embasados num raciocínio elementar falho.

O passo seguinte é a tradução das idéias num gráfico, cuja elaboração supõe a tradução em linguagem lógico-matemática, em que é necessário correlacionar variáveis, dando-lhes um tratamento quantitativo, mesmo num gráfico de características qualitativas como o cobrado na prova. Em suma: a organização de um gráfico envolve a abstração reflexionante, em que se deve retirar o significado de uma situação sugerida para, a seguir, inverter (reflexionar) o raciocínio, traduzindo-o na forma de uma reta ou curva. Assim, o caminho percorrido pelo raciocínio encerra, na sua totalidade, a abstração reflexionante ao

abstrair princípios para a formalização do dado material, possibilitando, a seguir, que se efetue a sua tradução numa forma concreta (Piaget, 1995: 274-291).

A questão exigia domínio conceitual da noção para que se fizesse a associação entre umidade elevada e baixa variação de umidade e umidade menor e ampla variação da umidade. Nesse sentido, a incompreensão dos fatos pode ser atribuída mais à organização conceitual e lógica do que ao problema de linguagem.

Pelas análises apresentadas sobre o material relativo à questão de prova, podemos dizer que as dificuldades encontradas pelos alunos para o traçado das curvas no gráfico podem ser atribuídas: 1) ao fato de o problema exigir dos alunos as células **b** e **c**, que se constituem nas negativas da tabela de dupla entrada da correlação. Certamente as células **a** e **d**, que se constituem no estágio III_i da correlação, são mais facilmente compreendidas; 2) ao fato de os alunos precisarem reverter os dados compreendidos e organizados de forma lógica em uma linguagem matemática. Este segundo aspecto vem cercado de uma série de dificuldades e resistências por parte dos calouros de Biologia, pois muitos deles optaram pelo curso por não quererem trabalhar com matemática; 3) à necessidade do entendimento dentro do grupo lógico, onde os procedimentos passo a passo ou por etapas mostram-se insuficientes.

4.4.2 Dados relativos à terceira fase do curso de Biologia

As informações que apresentamos, relativas ao terceiro período do curso de Biologia, foram obtidas através de acompanhamento das aulas da disciplina de Citogenética, durante os semestres 95/II, 96/I, 96/II e 97/I. A disciplina possui a carga horária de 72 horas/aula, distribuídas metade com aulas teóricas e a outra metade com aulas práticas. A disciplina de Biologia Celular é o pré-requisito exigido para que o aluno curse Citogenética.

A disciplina tem como objetivos a compreensão dos cromossomos, o reconhecimento dos diferentes estágios das divisões celulares, a compreensão da importância dos mecanismos cromossômicos envolvidos nos processos de produção de variabi-

lidade, seu papel na evolução dos organismos e a identificação dos diferentes tipos de desordens cromossômicas.

No contexto do desenvolvimento da disciplina, identificamos alguns assuntos que se constituem em verdadeiros *nós* teóricos dada a complexidade do tema ou a dificuldade de entendimento por parte dos alunos. Destacamos alguns para ilustrar: a organização de cariótipos, a compreensão do ciclo cromossômico associado à divisão celular, a diferenciação entre eucromatina e heterocromatina, a diferenciação entre mitose e meiose. Todos esses *nós* são ou já foram passíveis de estudos que abordaram as dificuldades conceituais, as metodologias, os materiais instrucionais, etc. Dentre eles, selecionamos, para a análise, as atividades reguladoras do núcleo interfásico, ligadas àquelas da divisão celular propriamente dita. Esse assunto foi escolhido para a observação das aulas e das provas escritas, porque não foi tratado ao longo dos estudos de 2º grau, nem pelas disciplinas biológicas cursadas até a terceira fase.

4.4.2.1 Passagem de aula

(Turma 97/1, fita citogenética 3 - trecho 2300 em diante)

Em sala de aula, o desenvolvimento do assunto seguiu uma abordagem teórica por uma via hipotética, que consistiu na apresentação da experiência denominada *heterocarion* (ou fusão de células com núcleos em diferentes estágios do ciclo celular), com o objetivo de levar à compreensão das atividades do fator indutor da fase-S e do fator promotor da mitose nesse sistema (*heterocarion*). Os estágios pelos quais passa o DNA do núcleo interfásico e no período de divisão celular (prófase, metáfase, anáfase e telófase) representam uma seqüência de eventos necessários e invariantes, que integram o ciclo celular; eles seguem uma ordem invariante $G_1 \rightarrow S \rightarrow G_2 \rightarrow M$.

A professora iniciou a sua exposição, fazendo algumas perguntas iniciais de cunho provocativo e procurando chamar a atenção para o problema, ou necessidade da regulação: Por que a célula *sabe* que precisa duplicar o material genético, passando de G_1 para S ? Existe algum sinal que *avisa* que a célula deve promover a síntese do DNA, passando de $G_1 \rightarrow S$? Onde se encontra o fator que determina a duplicação do DNA?

Extrato da aula sobre a regulação do ciclo celular¹⁸

P- (...) A célula (...) em G1 tem uma atividade (...) à medida que passar por S, sua quantidade (de DNA) vai aumentando até chegar a G2, quando a célula dobra a quantidade. (...) Alguém tem idéia de como fazer um sistema que possa demonstrar se existe, realmente, um sinal e onde se encontraria este sinal para a célula entrar na fase S ou não?

A4 - Aumentando a quantidade de células.

P - (...) Existe um processo que se chama formação de *heterocarion* (...) que é a fusão de células em estágios diferentes. (...) O que aconteceria se colocássemos uma célula G1 (precoce) junto a outra célula S?

A5 - (...) (Depois de duas tentativas, se manifesta:) G1 vai duplicar (o DNA) até chegar ao mesmo estágio da célula que está na fase S.

P - Como disse o A5, existe algo em S que faz G1 duplicar o seu DNA.(...) Mas o que aconteceria se colocássemos mais células G1 do que S no *heterocarion*?

A5 - (Tenta uma resposta) Não faltar elementos para os núcleos em G1 se duplicarem.(...) (mais tarde) Estimularia o núcleo G1 a passar para a fase S.

P - (Temos agora) estas duas situações, (...) Aqui temos mais G1, que não conseguem completar a síntese, e lá temos mais S e os núcleos G1 conseguem completar a síntese.

A5 - Há disponibilidade de material para a duplicação.

P - (Diz em outras palavras a conclusão do aluno). Existe um fator que leva a célula a duplicar o DNA, e a sua quantidade é importante para a regulação do sistema. No caso onde tínhamos poucas células em S, a quantidade do fator era insuficiente para realizar a síntese.

P - (...) Vamos olhar para uma outra situação: quando uma célula que iniciou a mitose é fundida com outra célula, na intérfase. (...) A célula interfásica tenta correr atrás da mitose.

P - Quero que vocês percebam que esse indutor da fase M, a partir do momento que se faz presente na célula, ele consegue puxar

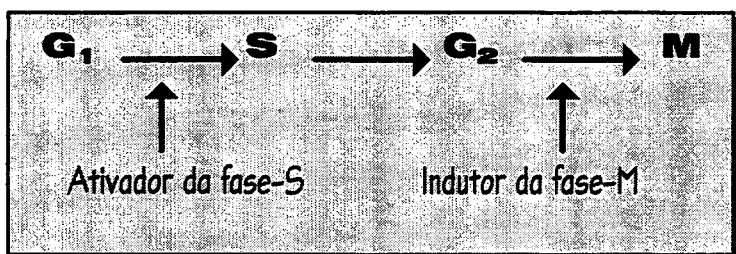
¹⁸ Versão integral no Anexo V

A6 - (Continuando o pensamento da professora) É como se não tivesse mais jeito depois que entra em mitose...

A7 - (Interrompendo A6) ... Mas precisaria se condensar. (...)

P - Esse indutor se chama MPF (*Mitose Promoting Factor*) ou fator de promoção da fase mitótica. (...).

Chega-se à seguinte síntese:



Após realizar a síntese, a professora abordou outras questões: O ativador da fase-S impede a mitose, ou o indutor da fase-M só funciona quando está completa a síntese? O indutor da fase-M inibe a ação do ativador da fase-S? Ou o indutor da fase-M age independentemente do ativador da fase-S? Quem inibe a ação de quem?

A professora demonstrou, através dos relatos experimentais, a existência e a importância do ativador da fase-S e do indutor da fase-M. Com o auxílio de lâminas e esquemas no quadro, comparou a ação do ativador da fase-S nas diferentes situações em que se formam heterocarions de células interfásicas, discutindo, posteriormente, o indutor da fase-M.

A lógica da noção dos fatores reguladores do ciclo celular foi estruturada aos poucos, por meio de solicitações aos alunos sobre informações que possuíam referentes ao ciclo celular, duplicação do DNA, divisão celular, etc. A apresentação problematizadora, auxiliada com material didático, atendia às necessidades concretas dos alunos que, pela primeira vez, se deparavam com a noção dos reguladores do ciclo celular. Assim, na exposição, a transição do concreto ao formal deu-se passo a passo, mediada pelo diálogo expositivo-problematizador, que levantava, aos poucos, os elementos necessários para a constituição da noção.

Paralelamente à estruturação da noção, discutiram-se problemas, como o da técnica da clonagem, que podem contribuir para a elucidação do ciclo celular. A professora procurou chamar a atenção para o fato de existirem muito

mais coisas do que se imagina entre uma divisão celular e outra, ou seja, na interfase a célula é muito ativa; não está parada.

A participação dos alunos deu-se considerando um quadro de possibilidades e de situações que demandava uma constante atenção e integração de elementos que se contrapunham e interferiam, de forma diferenciada, no ciclo celular. Como essa passagem de aula pode se ligar à correlação?

Do ponto de vista dos caracteres gerais do pensamento formal, a passagem de aula requeria a presença de um quadro hipotético-dedutivo; do ponto de vista estrutural, exigia, diretamente, a estrutura da combinatória e da proporcionalidade e, indiretamente, a probabilidade, inscritas num quadro combinatório (possíveis fusões celulares na formação de heterocarions).

O aspecto hipotético é constantemente solicitado em toda a passagem de aula, mas pode ser demonstrado, por exemplo, quando a professora pergunta: *Alguém tem idéia de como fazer um sistema que possa demonstrar se existe realmente um sinal e onde se encontraria este sinal para a célula entrar na fase S ou não?* E o aluno responde: *Aumentando a quantidade de células.* Ou, ainda, nas provocações da professora: *O que aconteceria se...?*

A proporcionalidade, associada à probabilidade, faz-se explicitamente presente quando a professora solicita aos alunos: *(Temos agora) estas duas situações, (...) Aqui temos mais (G1 do que S) e não conseguem completar a síntese e lá temos mais S e os núcleos G1 conseguem completar a síntese,* e o aluno responde: *Há disponibilidade de material para a duplicação.*

A combinatória está presente, indiretamente, no que podemos chamar de um *quadro combinatório* em que se desdobra toda a discussão, o qual é dado pelas possíveis fusões celulares na formação de heterocarions.

A passagem de aula pode não demonstrar diretamente a correlação no seu sentido operatório e funcional, mas mostra como os professores podem conduzir os alunos à assimilação de conceitos por uma via HD e indireta, fazendo-os, efetivamente, pensar. Esse procedimento didático favorece tanto os alunos que possuem um forma de pensar mais dedutiva quanto os que se caracterizam pela mais indutiva e concreta.

Na passagem de aula, a estrutura da correlação não aparece diretamente, mas está presente em toda a base para a sua manifestação. As estruturas levantadas, quando combinadas, servem para formar a base necessária para a correlação. Como afirmamos no item 3.2.2.1 – sobre gênese da estrutura da correlação e a sua interação com as demais estruturas formais –, essa conjunção estrutural favorece o seu desenvolvimento, reforçando as bases do grupo lógico que entra na sua constituição.

A seguir, estabelecemos as ligações possíveis com a correlação, com base nos aspectos da sua proposicional e nas informações coletadas na prova.

Aspectos da lógica proposicional

Do ponto de vista da estruturação e do encadeamento lógico dos conceitos, temos as seguintes possibilidades e representações: p = ativador da fase-S; q = indutor da fase-M; \bar{p} = ausência do ativador da fase-S; \bar{q} = ausência do indutor da fase-M.

A ação temporal, seqüencial, não simultânea dos indutores, numa tabela de dupla entrada, possibilitaria as seguintes combinações: $p.q$ = indução da síntese do DNA seguida da divisão celular (por ex., $G_1 + S$); $p.\bar{q}$ = indução da síntese de DNA, mas não da divisão celular (por ex., $S + G_2$); $\bar{p}.q$ = divisão celular sem síntese do DNA ou síntese incompleta ou desordenada (por ex., $S + M$ ou $G_1 + M$); $\bar{p}.\bar{q}$ = sem interferência de um conteúdo celular no outro (ou não-indução da síntese de DNA nem da divisão celular; $G_1 + G_2$).

4.4.2.2 Questão de prova

O conteúdo da regulação celular foi cobrado na prova bimestral do semestre 97/1 de Citogenética na seguinte questão:

Considerando que o ativador da fase S e o indutor da fase M possuem ações específicas e diferenciadas no ciclo celular, explique o que ocorrerá com uma célula G1 nas seguintes hipóteses:

- a) estar em presença do ativador da fase S e depois do indutor da fase M;
- b) estar em presença do ativador da fase S e depois ser privada do indutor da fase M;
- c) ser privada do ativador da fase S e ser colocada em presença do indutor da fase M;

d) estar ausente tanto o ativador da fase S quanto o indutor da fase M.

As respostas:

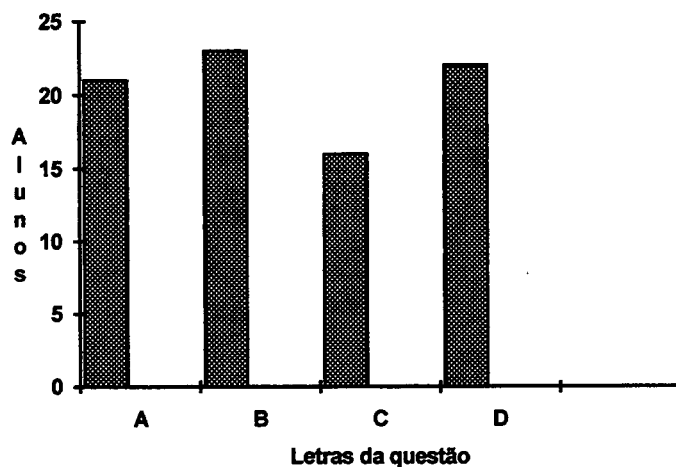
- a) em presença do ativador da fase-S, a célula dobrará a quantidade de DNA e, depois, em presença do indutor da fase-M, a célula entrará em mitose, completando, normalmente, o ciclo celular, originando duas células-filhas;
- b) em presença do ativador da fase-S, a célula dobrará a quantidade de DNA, passando para G2, porém, depois da privação do indutor da fase-M, a célula permanecerá na intérfase, sem originar células-filhas;
- c) a célula inicia o processo de divisão celular sem ter realizado a síntese do DNA;
- d) a célula permanecerá em G1, sem duplicar o material genético e sem dividir-se em duas novas células.

A logística da questão e suas ligações com a correlação

A condição para que o aluno respondesse corretamente à pergunta era o estabelecimento das relações entre o ativador da fase-S, ou a ausência do ativador da fase-S e o indutor da fase-M e a ausência do indutor da fase-M, associados ao ciclo celular. Assim, a letra *a* trabalharia a seqüência lógica $p.q$, a letra *b* $p.\bar{q}$, a letra *c* $\bar{p}.q$ e a letra *d* $\bar{p}.\bar{q}$.

Sobre o total das respostas esperadas, dos 32 alunos que fizeram a prova, após a correção feita pela professora, apuramos o seguinte escore final das respostas inteiramente corretas: dois alunos zeraram a questão; cinco acertaram somente um quarto dela; sete acertaram a metade; dez acertaram três quartos e oito acertaram integralmente a questão. Tomando as respostas isoladamente, podemos tabular as seguintes informações: letra *a*, 21 alunos; letra *b*, 23 alunos; letra *c*, 16 alunos e letra *d*, 22 alunos. O escore total das respostas dadas, por letra da questão, pode ser expresso no seguinte gráfico:

Gráfico 3: Número de acertos por partes da questão de prova dos alunos da terceira fase do curso de Biologia



A análise das partes isoladas da questão indica que a letra *c* da questão apresentou dois resultados contraditórios (ver Anexo III e Anexo V): 1) dos 12 alunos que acertaram a metade ou uma parte da questão, seis acertaram a letra *c*; 2) dos dez que acertaram três quartos da questão, apenas dois acertaram a letra *c*; os oito restantes erraram. A que se deve tal resultado?

Uma primeira interpretação, que descartamos, seria que a letra *c* teria um tipo de discriminação negativa. Mas, tomando a questão do ponto de vista estrutural, tal como analisamos na questão de prova da primeira fase, e as informações relativas à estruturação da correlação, as alternativas que trabalham as contraprovas ($\bar{p}.q$ e $\bar{p}.q$) são as últimas a serem integradas no esquema da correlação. No caso da letra *c*, a solicitação era: $\bar{p}.q$ = divisão celular sem síntese do DNA ou síntese incompleta ou desordenada (por ex., $S + M$ ou $G_1 + M$), ou seja, uma contraprova. Isso, de certo modo, explica, em termos absolutos, as respostas erradas para a alternativa *c*; no entanto, quando tomamos a resposta no seu todo, considerando as quatro possibilidades lógicas, defrontamo-nos com os dados contrários dos alunos que acertaram menos de duas alternativas, quando o esperado seria que acertassem mais a correlação perfeita ou a sua negação. Uma explicação seria que esses alunos responderam à questão de forma serial, quando a negação de um dos fatores, tomados dentro de uma lógica binária, seria mais bem compreendida; assim, para os alunos que procuraram respondê-la tomando as noções no seu conjunto, as dificuldades aumentaram. Em outros termos, um procedimento concreto, do tipo

pensamento dual, facilitaria a resposta pela sua negação; já, num pensamento de conjunto, as dificuldades são mais pronunciadas.

Essa diferença no escore entre os que acertaram a letra *c*, tendo um baixo desempenho na questão, e os que erraram a letra *c*, mas acertaram três quartos da questão, não pode, de forma alguma, ser atribuída, exclusivamente, à memorização do conceito de *heterocariion* ou à falta dele. Trata-se de demandas cognitivas e de vias diferenciadas para resolver o questão, por isso, a interpretação dos resultados deve ser buscada na operatividade dos sujeitos. Nas respostas dadas, além de alguns erros provenientes da expressão conceitual – os principais se referem à compreensão simultânea da natureza do ativador da fase-S e do indutor da fase-M –, a dificuldade maior foi de coordenar as ações dos controladores do ciclo celular.

Quais as ligações possíveis entre as informações provenientes dessa questão com a correlação? Esta comparação somente poderá ser estabelecida se considerarmos as respostas dadas para a questão no seu todo, o que, no entanto não é possível porque, na realidade, a questão estava desdobrada por uma série de perguntas do tipo agrupamento. Não se tratava, assim, de o aluno estabelecer uma unidade dos resultados, chegando a um grupo lógico. Mesmo sabendo dessa limitação, podemos conferir-lhe um certo isomorfismo, que, guardadas as devidas diferenças, pode ser aproximado da estrutura da correlação. Entretanto, é difícil precisarmos se o aluno, ao dar a resposta, adotou um procedimento tomando as respostas uma a uma, do tipo passo a passo, portanto, concreto, ou se escolheu um procedimento formal, tomando as alternativas no seu conjunto.

O estabelecimento de uma comparação entre as respostas dadas na prova com o teste mostra poucos pontos de contato, embora seja possível considerar, de um lado, o conjunto das respostas dadas e, de outro, as células que compõem a tabela da correlação (Tabela V). Se a análise do problema possibilita-nos determinar somente uma tendência muito geral, pois é temerário determinar uma quantificação da estrutura da correlação, mais difícil ainda se torna a adoção desta posição ante os dados da questão da prova. Apesar dessa dificuldade é possível estabelecer que: 1) existe uma certa relação entre a expectativa de desempenho com os resultados alcançados na prova e os alunos que tiveram as suas respostas no problema classificadas III_A, III_i e III_B; 2) a coincidência é quase

perfeita quando se comparam os alunos tidos como concretos (II) na solução do problema com o baixo desempenho na questão da prova.

4.4.3 Dados relativos à quinta fase do curso de Biologia

As informações que apresentamos, relativas ao quinto período do curso de Biologia, foram obtidas através de acompanhamento das aulas da disciplina de Ecologia de Comunidades II, durante os semestres 97/I e 97/II. A disciplina possui a carga horária de 72 horas/aula, distribuídas uma metade com aulas teóricas e a outra metade com aulas práticas. A disciplina de Ecologia de Comunidades I é o pré-requisito exigido para que o aluno curse Ecologia de Comunidades II.

A disciplina tem como objetivos: 1) fornecer ao aluno conhecimentos teóricos básicos para que possa descrever a composição de comunidades no espaço e no tempo; 2) propiciar ao aluno subsídios teóricos sobre o papel da competição, predação e perturbação na estrutura de comunidades, bem como sobre a estabilidade de comunidades; 3) fornecer ao aluno conhecimentos básicos sobre biogeografia de ilhas, bem como sobre a aplicação desses conceitos em conservação de comunidades.

No desenvolvimento da disciplina, identificamos os seguintes nós teóricos: diversidade e dominância das espécies, competição interespecífica, nicho ecológico e distribuição das espécies, entre outros.

4.4.3.1 *Passagem de aula*

Aula sobre a distribuição espacial-temporal (sucessão) (não gravada - reproduzida a partir das anotações em sala de aula e com o auxílio do professor)

P - Quais são os fatores responsáveis para o estabelecimento de uma determinada espécie em determinada área? (...) O que é necessário saber para introduzir uma espécie?

A1 - Conhecer a biologia do animal e saber que recursos necessita o animal.

P - (...) conhecer as condições (...) recursos que a espécie usa (...) isso determina o seu potencial para a ocupação.

P - Colocaria mais dois fatores: o primeiro fator, poder de colonização (...) Existe uma diferença entre a onça e o coelho?

A2 - Não entendi esse poder de colonização!

P - Por exemplo (...) se trazer para a Serra do Tabuleiro um casal de onça e um casal de coelho.

A2 - Mas o coelho é muito mais rápido!

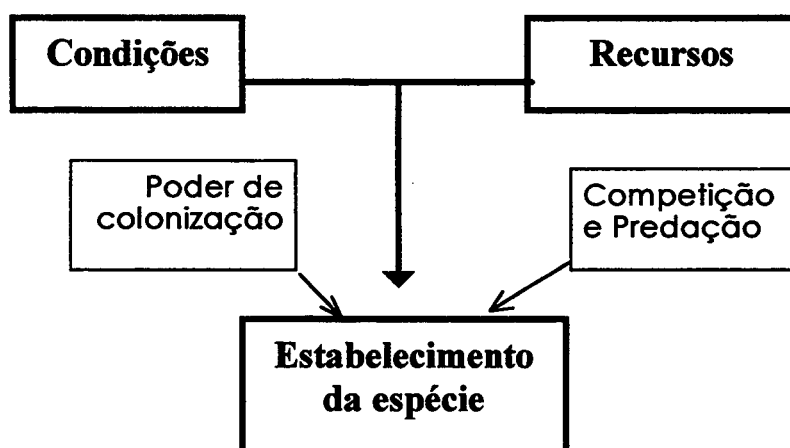
P - É justamente isso!

P - (...) A segunda condição que precisamos saber é sobre os competidores: Que animais competiriam com a onça? O que come a onça?

A3 - Macaco.

P - Águia também pode comer macaco (seria sua competidora) ... Mais as pessoas. Pessoas criam gado... que pode ser alimento para a onça. (...) Voltando para a nossa questão principal, o que precisa ser feito para introduzir uma espécie?

A seguir, com o auxílio de um esquema, retoma as condições necessárias para a introdução de uma espécie e complementa com as noções de nicho ecológico natural e nicho ecológico realizado.



Ao final, o professor conclui com os alunos que, na introdução de uma espécie, não deve ser considerado somente o espaço físico que esta espécie habitou em um certo tempo, mas o conjunto de relações que ela mantinha com as demais espécies e os recursos disponíveis.

Na abordagem da temática, o professor inverte a lógica da exposição, partindo de um problema real de ecologia –a introdução de uma espécie– para chegar à noção de nicho ecológico; deixa, assim, de lado a situação teórica e põe os alunos em contato com um problema prático para chegar à demarcação teórica do tema.

4.4.3.2 Questão de prova

Inara Leal realizou, como trabalho de conclusão do curso de graduação em Ciências Biológicas na UFSC, um levantamento taxonômico de formigas na Mata Atlântica (Morro da Lagoa). Foram utilizadas 20 iscas de sardinha em cada uma das oito trilhas para a atração de formigas de solo e 20 iscas para a atração de formigas de vegetação. O objetivo foi determinar a diversidade de espécies nas várias áreas e comparar a similaridade de espécies destas áreas. Nas trilhas 5 e 6, os resultados foram os seguintes, em termos de frequência absoluta de formigas de solo.

Espécie de formiga	Trilha 5	Trilha 6	Trilha hipotética
Pheidole sp. 1	15,0	5,0	5,0
Pheidole sp. 3	5,0	---	9,0
Pheidole sp. 4	35,0	5,0	5,0
Pheidole sp. 5	---	5,0	5,0
Crematogaster sp. 1	10,0	---	---
Crematogaster sp. 2	45,0	---	12,0
Crematogaster sp. 3	20,0	70,0	8,0
Solenopsis sp. 1	40,0	---	---
Solenopsis sp. 2	10,0	---	5,0
Solenopsis sp. 3	40,0	---	7,0
Solenopsis sp.	---	5,0	5,0
Wasmania sp.	25,0	---	13,0
Cyphomyrmex sp. 2	5,0	---	---
Atini	5,0	---	---
Octostruma sp.	5,0	---	7,0
Pachycondyla striata	15,0	20,0	12,0
Pachycondyla villosa	5,0	---	---
Hyponera sp. 2	5,0	---	---
Odontomachus minutus	5,0	---	---
Odontomachus chelifer	5,0	---	8,0
Gnantoptogenys striatula	15,0	---	6,0
Ectatoma edentatum	---	15,0	15,0
Camponotus sp. 1	20,0	---	4,0
Paratrechina sp. 2	15,0	---	---
Camponotus rufipes	---	70,0	9,0
Paratrechina sp. 1	---	5,0	5,0
Iridomyrmex sp. 3	5,0	5,0	5,0
Pseudomyrmex grupo	---	5,0	5,0
Pallens sp. 2	---	---	---

a) Faça as curvas de dominância - diversidade para as espécies de formigas encontradas nas trilhas 5 e 6. Analise as duas curvas quanto à dominância e diversidade de espécies de formigas.

b) Se forem mantidos os dados da trilha 5 e modificados os da trilha 6, fazendo uma trilha hipotética, como ficaria a questão da dominância e da diversidade de espécies de formigas, considerando agora a trilha 5 e a trilha hipotética? Justifique a sua resposta.

Resolução da Questão

Spp da trilha 5	Freq. Absoluta	Spp da trilha 6	Freq. Absoluta	Espécies da trilha hipotética	Freq. Absoluta
1Crematogaster sp. 2	45,0	1Crematogaster sp. 3	70,0	1Ectatoma edentatum	15,0
2Solenopsis sp. 1	40,0	2Camponotus rufipes	70,0	2Wasmânia sp.	13,0
3Solenopsis sp. 3	40,0	3Pachycondyla striata	20,0	3Crematogaster sp. 2	12,0
4Pheidole sp. 4	35,0	4Ectatoma edentatum	15,0	4Pachycondyla striata	12,0
5Wasmânia sp.	25,0	5Pheidole sp. 4	5,0	5Pheidole sp. 3	9,0
6Crematogaster sp. 3	20,0	6Pheidole sp. 1	5,0	6Camponotus rufipes	9,0
7Camponotus sp. 1	20,0	7Tridomyrmex sp. 3	5,0	7Crematogaster sp. 3	8,0
8Pheidole sp. 1	15,0	8Pseudomyrmex grupo	5,0	8Odontomachus chelifer	8,0
9Pachycondyla striata	15,0	8Solenopsis sp.	5,0	9Solenopsis sp. 3	7,0
10Gnantoptogenys striatula	15,0	10Paratrechina sp. 1	5,0	10Ooctostruma sp.	7,0
11Paratrechina sp. 2	15,0	11Pheidole sp. 5	5,0	11Gnantoptogenys striatula	6,0
12Crematogaster sp. 1	10,0	Crematogaster sp. 2	---	12Pheidole sp. 1	5,0
13Solenopsis sp. 2	10,0	Solenopsis sp. 1	---	13Pheidole sp. 4	5,0
14Pheidole sp. 3	5,0	Wasmânia sp.	---	14Pheidole sp. 5	5,0
15Cyphomyrmex sp. 2	5,0	Solenopsis sp. 3	---	15Solenopsis sp. 2	5,0
16Attini	5,0	Camponotus sp. 1	---	16Solenopsis sp.	5,0
17Ooctostruma sp.	5,0	Gnantoptogenys striatula	---	17Paratrechina sp. 1	5,0
18Pachycondyla villosa	5,0	Paratrechina sp. 2	---	18Tridomyrmex sp. 3	5,0
19Hyponera sp. 2	5,0	Crematogaster sp. 1	---	19Pseudomyrmex grupo	5,0
20Odontomachus minutus	5,0	Solenopsis sp. 2	---	20Camponotus sp. 1	4,0
21Odontomachus chelifer	5,0	Attini	---	Crematogaster sp. 1	---
22Tridomyrmex sp. 3	5,0	Cyphomyrmex sp. 2	---	Solenopsis sp. 1	---
25Camponotus rufipes	---	Ooctostruma sp.	---	Cyphomyrmex sp. 2	---
25Ectatoma edentatum	---	Pachycondyla villosa	---	Attini	---
25Pseudomyrmex grupo	---	Odontomachus minutus	---	Pachycondyla villosa	---
25Solenopsis sp.	---	Hyponera sp. 2	---	Hyponera sp. 2	---
25Paratrechina sp. 1	---	Odontomachus chelifer	---	Odontomachus minutus	---
25Pallens sp. 2	---	Pheidole sp. 3	---	Paratrechina sp. 2	---
25Pheidole sp. 5	---	Pallens sp. 2	---	Pallens sp. 2	---

Cálculo dos índices de diversidade

$$L = \frac{\sum ni(ni-1)}{N(N-1)}$$

N= número total de indivíduos amostrados
 L= dominância
 ni= número de indivíduos por espécie
 Ds= índice de diversidade

Trilha 5:

$$L = \frac{45.44 + 2.(40.39) + 35.34 + 25.24 + 2.(20.19) + 4.(15.14) + 2.(10.9) + 9.(5.4)}{350.349}$$

$$L = \frac{1980 + 3120 + 1190 + 600 + 760 + 840 + 180 + 180}{122150} = \frac{8850}{122150} = 0,0724$$

$$Ds = 1 - 0,0724 = 0,9276$$

Trilha 6:

$$L = \frac{2.(70.69) + 20.19 + 15.14 + 7.(5.4)}{210.209} = \frac{9660 + 380 + 210 + 140}{43890} = \frac{10390}{43890} = 0,2367$$

$$Ds = 1 - 0,2367 = 0,7633$$

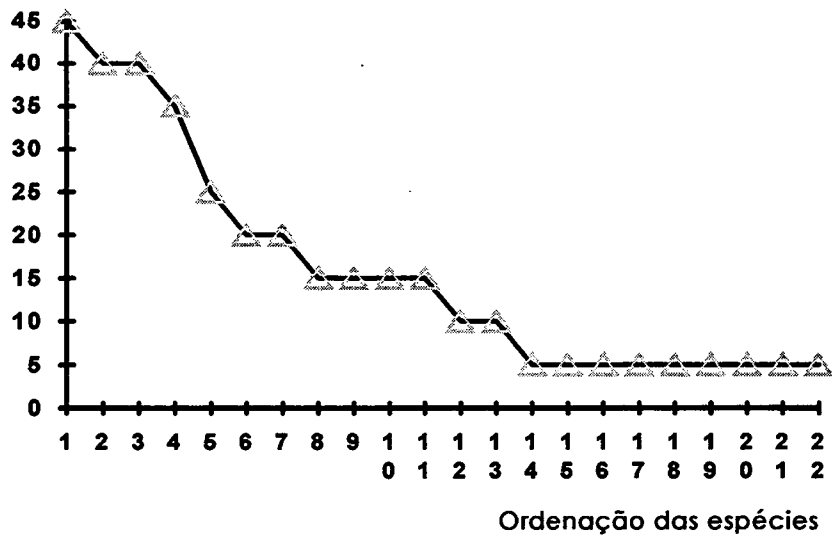
Trilha Hipotética:

$$L = \frac{15.14 + 13.12 + 2.(12.11) + 2.(9.8) + 2.(8.7) + 2.(7.6) + 6.5}{350.349} = \frac{210 + 156 + 264 + 144 + 112 + 84 + 30 + 160 + 12}{22350} = \frac{1172}{22350} = 0,0524$$

$$Ds = 1 - 0,0524 = 0,9476$$

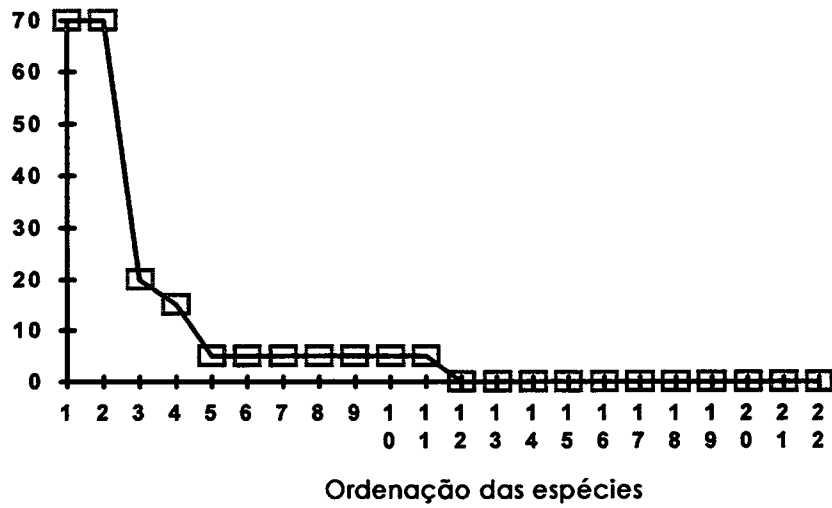
Freqüência das espécies

Trilha nº 5



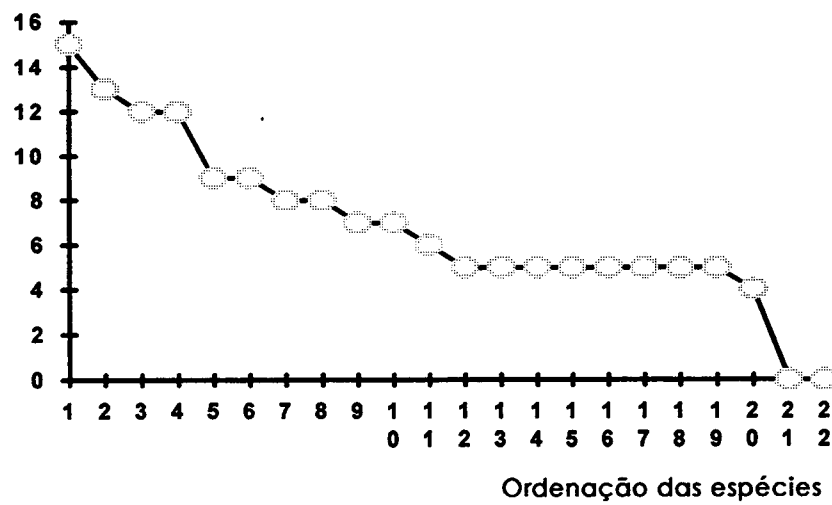
Freqüência das espécies

Trilha nº 6



Freqüência das espécies

Trilha Hipotética



Na determinação do conceito de *diversidade de espécies*, deve-se levar em consideração, simultaneamente, o número de espécies e a dominância de espécies dentro de uma comunidade, sendo a dominância um dos fatores relevantes no conceito. O conceito é relativo à comparação entre, pelo menos, duas comunidades diferentes, observando sempre o número e a abundância de cada espécie dentro de cada comunidade. Assim, diversidade de espécies comporta um aspecto dialético de tal forma que, para a constituição do conceito, faz-se necessária, a construção das interdependências de dois sistemas distintos numa nova totalidade que supere a oposição número de espécies e dominância de espécies.

Na maioria das respostas dadas pelos alunos, ocorreu uma dissociação dos elementos conceituais que deveriam permanecer solidários. A dissociação aconteceu de duas formas: ora considerando o número de espécies, perdendo de vista a questão da dominância; ora considerando a dominância, deixando de lado o número de espécies. A primeira forma de dissociação é mais constante nas respostas dos alunos do que a segunda.

De acordo com os resultados obtidos pelas respostas dadas à pergunta no semestre 97/I, das 24 provas analisadas, cinco alunos responderam-na de modo satisfatório, considerando simultaneamente, no conceito de diversidade, o número de espécies e a dominância das espécies em cada trilha. Mesmo que os alunos pudessem responder à questão apoiados no índice de diversidade de Simpson, somente dois deles aplicaram a fórmula para calcular a dominância das espécies. Doze alunos usaram o conceito de diversidade, relacionando-o, no entanto, somente com a dominância ou com o número de espécies; ou, ainda, relacionando-o com dominância, mas mencionando o número de espécies como um elemento apartado do conceito. Os outros sete alunos não relacionam os elementos que compõem o conceito de diversidade, nem se referiram a ela; apenas se referiram ao número de espécies que constam em cada uma das trilhas. Notou-se, em alguns casos, que a diversidade não é tida como sinônimo do número absoluto de espécies, sendo considerados o número de espécies e a dominância destas.

Consideremos, agora, algumas situações que expressam a tipificação feita das respostas dadas:

I – Os alunos não relacionam os elementos que compõem o conceito de diversidade, nem se referem a ela; apenas se referem ao número de espécies que constam em cada uma das trilhas ou a sua dominância.

(CIG) Na trilha 6, há duas espécies predominantes, portanto, há uma baixa diversidade ecológica. A chance de prever que indivíduos dessas duas espécies predominantes serão encontrados numa amostra é bastante grande. Na trilha 5, há uma maior diversidade ecológica e uma maior (...) igualdade na importância das espécies de formiga que na trilha 6.

(ABO) Analisando os dois gráficos, podemos constatar que o gráfico da trilha 6 possui uma menor diversidade de espécies e também é possível constatar um grande domínio das espécies *Crematogaster* sp3 e *Camponotus rufiper*. Na trilha 5, ocorre o inverso: (onde encontramos) uma maior diversidade de espécies sem domínio de nenhuma espécie.

II – Os alunos usam o conceito de diversidade, relacionando-o, entretanto, somente com a dominância ou com o número de espécies; ou, ainda, relacionando-o com dominância, mas mencionando o número de espécies como um elemento separado do conceito.

(WDA) Analisando os gráficos das duas comunidades e comparando-os, percebe-se que, na trilha 5, há uma maior diversidade das espécies que na trilha 6. Já que não houve, de forma expressiva, nenhuma espécie dominante, quando comparada com a trilha 6, que apresenta claramente duas dominantes a 25 e a 7.

(ECP) (...) Os dados da trilha 5, conforme podemos observar no gráfico, mostram claramente a riqueza de espécies presentes nessa trilha. Ou seja, podemos dizer que, na trilha 5, temos uma alta diversidade e baixa dominância, ao passo que, na trilha 6, podemos constatar uma baixa diversidade e alta dominância das espécies 7 e 25 em relação às demais. Se fizermos uma amostragem casual na trilha 5, não temos como prever qual espécie será encontrada; ao contrário, na trilha 6, a espécie 7 e 25, provavelmente, serão encontradas (Enfatiza a frequência, deixando de lado a riqueza de espécie).

III – Os alunos responderam à pergunta de modo satisfatório, considerando simultaneamente, no conceito de diversidade, o número de espécies e a dominância das espécies em cada trilha.

(MAD) Analisando os gráficos da abundância-diversidade de espécies de formigas encontradas nas trilhas 5 e 6, percebemos uma dominância acentuada na trilha 6, com as espécies *Crematogaster sp3* e *Camponotus rufiper*. A maioria das espécies desta trilha encontram-se em baixas frequências. Já com relação à trilha 5, encontramos uma maior diversidade de espécies, visto que são mais numerosas e não há uma dominância acentuada de umas em relação às outras.

Esta interpretação é comprovada quando testamos as duas trilhas para o índice de Simpson, mostrando que o D_s da trilha 5 é de 0,07 e o D_s da trilha 6 é de 0,23, o que mostra que a trilha 6 possui uma dominância três vezes maior que a trilha 5.

(APS) Na trilha 5, não há uma dominância de espécies, há uma maior diversidade de espécies, ou seja, as espécies estão bem distribuídas e em maior número do que na trilha 6. Já na trilha 6, há dominância de duas espécies sobre as demais; neste caso, percebe-se que não há uma riqueza de espécies nesta trilha. Estas duas espécies, chamadas dominantes, são assim caracterizadas por terem atingido uma alta frequência dentro da comunidade.

No semestre 97/II, para melhor julgarmos os fatores que os alunos colocavam em jogo ao darem a resposta, sugerimos que fosse adicionada à questão uma trilha hipotética com um menor número de espécies, porém com uma distribuição mais harmônica. Dos nove alunos que responderam à questão nesse semestre, somente consideraremos a letra b da questão relativa à trilha hipotética.

Dos nove alunos que responderam à questão, cinco colocaram que a trilha número 5 tem mais diversidade que a trilha hipotética, justificando como argumento em que se apóiam que é superior o número de espécies encontradas. Dois deles responderam que a trilha hipotética tem o mesmo índice de diversidade da trilha 5; outros dois insinuaram que a trilha hipotética possui um índice de diversidade maior do que a trilha 5, porém, quando da justificativa da resposta, retornaram ao nível das respostas anteriores, considerando o número de

espécies presentes. Em resumo predominam as respostas que se prendem ao número de espécies, perdendo de vista a dominância destas.

A formulação da questão com a presença da trilha hipotética provocou um dilema, uma vez que não é a trilha que possui o maior número de espécies a portadora de maior diversidade, mas a que possui maior harmonia na distribuição das espécies. Desse modo, somente a aplicação do índice de Simpson poderia ter resolvido tal dilema. A pergunta que fica para a discussão é a seguinte: por que os alunos, tendo feito exercícios na sala de aula e resolvido a questão em casa com consulta, não aplicaram o índice de Simpson e preferiam resolver a questão de forma intuitiva?

Primeiramente, apresentaremos alguns exemplos de respostas dos alunos que afirmam que a trilha 5 tem maior diversidade do que a trilha hipotética, para, em seqüência, analisarmos mais detalhadamente as respostas transitivas.

GVC - A trilha hipotética possui menor diversidade de espécies (...) na trilha 5 é maior dividido o maior número de indivíduos.

AMM - A trilha 5 continua tendo mais espécies que a trilha hipotética.

HRC - A trilha 5, além de apresentar maior abundância de indivíduos que a trilha hipotética (...) possui o maior número de espécies.

Vejamos os casos de transição:

ALU - A trilha hipotética apresenta um menor número de espécies (...) a trilha 5 tem mais diversidade e mais dominância. Comparando a trilha cinco com a hipotética, ela tem mais diversidade e mais dominância (...), ou seja, é menos homogênea do que a trilha hipotética.

ELU - É possível constatar que a trilha hipotética tem maior diversidade que a trilha 5, pois apresenta distribuição de abundância mais homogênea que a trilha 5, além de não possuir espécies extremamente dominantes. (O aluno, porém, engana-se ao afirmar que: a trilha hipotética possui maior número de espécies, o que aumenta ainda mais a diversidade).

O que os alunos mais consideraram nas suas respostas foi o elemento número de espécies, raciocinando em termos de uma proporcionalidade direta -maior

número de espécies equivale a maior diversidade–, quando deveriam fundir essa noção com uma proporcionalidade inversa –maior dominância das espécies equivaleria a uma menor eqüidade das espécies. Assim, o número de espécies deveria ser conjugado com a dominância das espécies. O que se depreende da análise é que os alunos tiveram dificuldade para ultrapassar esta falsa oposição, que também se encontra presente na constituição da correlação, na qual deveriam fundir as quatro classes nas diagonais $a \longleftrightarrow d$ e $b \longleftrightarrow c$. Como na correlação, deveriam compreender na totalidade dos seus casos as grandezas dominância de espécies –que pode ser baixa ou elevada –e riqueza de espécies elevada ou baixa; assim, o índice de diversidade comporta elevado número de espécies e baixa dominância. Por se tratar de um índice que tem por objetivo comparar comunidades diferentes, comporta sempre uma certa relatividade, que até poderia ser compreendida intuitivamente ao se comparar a trilha 5 com a trilha 6; mesmo assim, apenas cinco alunos de dezenove tiveram sucesso pleno nas suas respostas. Isso evidencia que o aspecto estrutural facilitaria a resposta, principalmente se considerarmos que os alunos responderam às questões em casa, consultando suas anotações, bibliografia e colegas, além de terem feito exercícios em sala de aula.

Para terminar, faremos um paralelo entre o teste escrito e as informações extraídas das respostas à questão de prova. Fazendo-se a comparação, considerando uma equivalência numérica aproximada, entre as informações do teste escrito e as informações da questão de prova, nota-se que o terço de alunos mais bem sucedidos na resposta desta última corresponde ao terço de alunos que atingiram os estágios III_i e III_b. Estes estágios representam, respectivamente, o esforço para a superação da dicotomia propriamente dita dos elementos constituintes do conceito de diversidade de espécies (número de espécies \longleftrightarrow dominância de espécies). O estágio II corresponde aos alunos que consideraram somente o número de espécies ou a dominância das espécies como o fator direta, imediata e exclusivamente responsável pela diversidade de espécies. Já o estágio III_A busca integrar esses fatores, mas dentro de um quadro probabilístico.

4.4.4 Dados relativos à sétima fase do curso de Biologia

As informações que apresentamos, relativas ao sétimo período do curso de Biologia, foram obtidas através de acompanhamento das aulas da disciplina de Ecologia Animal, durante os semestres 97/I e 97/II. A disciplina possui a carga horária de 90 horas/aula, assim distribuídas durante a semana: três aulas teóricas e duas aulas práticas. Para cursar a disciplina de Ecologia Animal, não é exigido, formalmente, do aluno pré-requisito algum.

A disciplina tem como objetivos a compreensão do comportamento animal, em nível de indivíduo, grupo e sociedade, considerando as interações interespecíficas. Além disso, constitui-se em objetivo do curso noções sobre a metodologia envolvida em trabalhos práticos sobre comportamento animal, com vistas ao delineamento de projetos de pesquisa na área.

Fazem parte do programa os temas da Seleção Natural, ligados aos aspectos da Adaptação e da Aptidão, os tipos de explicações usadas em Ecologia –se causal ou funcional–, a testagem de hipóteses para os estudos em Ecologia Comportamental, a Ecologia do Comportamento Alimentar, a Ecologia da Reprodução, a Ecologia da Ocupação do Espaço–seleção do hábitat e migração–, e a Ecologia da Competição por Recursos, a Ecologia da Vida em Grupos e a Ecologia das Relações Interespecíficas.

Por ser uma disciplina que, pode ter presente, em cada tópico, um componente do comportamento animal, em muitas situações surgiram expressões como o "bicho sabe que" ou o "meio faz com que", as quais denotam a atribuição de características humanas aos animais ou idéias lamarkistas. Como esta é uma disciplina do último ano do curso, valeria a pena uma investigação mais acurada sobre a razão da não-superação desses elementos conceituais, apesar de todo o conjunto de informações fornecidas durante o desenvolvimento do respectivo currículo.

4.4.4.1 Passagem de aula

A passagem de aula que apresentamos está relacionada com a Ecologia da Reprodução, especificamente ligada aos sistemas de acasalamento, seleção sexual e cuidados da prole.

P- Quando começamos a pensar em reprodução, qual é a primeira coisa que imaginamos?

A₁- Encontrar um parceiro para a reprodução.

P - Mas antes (de encontrar o parceiro) (...) tem todo um ritual chamado *corte*. Qual é o papel dessa corte?

A₂- O macho escolhendo a fêmea ou a fêmea escolhendo o macho.

A₃- Primeiro, o reconhecimento da espécie.

P - Reconhecimento da própria espécie. Às vezes, existem espécies muito próximas. Então é para o reconhecimento da espécie e para a escolha do parceiro (da fêmea ou do macho), principalmente para as fêmeas (...). A fêmea está sempre disponível para o macho? (...) (Para o macho não é problema, pois está sempre disponível - fica subentendido) Não, é necessário haver sincronia de macho e fêmea para o acasalamento.

P - Nessa conversa, nós já falamos algumas coisas sobre as funções da corte: reconhecimento da espécie, escolha de parceiro e sincronia sexual. (...) Falamos que pode ser o macho ou a fêmea que escolhe. Geralmente, pelo que lemos e vemos nos vídeos, etc., quem escolhe? A fêmea ou o macho?

A₂- No caso das emas (A₂ tem projeto de pesquisa sobre as emas), quem escolhe é o macho. Eles brigam e o vencedor vai e dá uma bicada na fêmea que ele escolhe para seu harém. Então ele separa as fêmeas escolhidas e elas saem atrás dele.

P - (...) Isso não é estória?

A₂- Não, eu vi isso lá no Uruguai.

P - (...) Então existem brigas, lutas entre os machos para selecionar fêmeas. Mas também pode existir a situação em que os machos brigam, mas quem escolhe é a fêmea.

A₄- Mas tem a situação em que a fêmea incita os machos a brigarem.

P - (...) Os machos brigam, mas quem acaba fazendo a escolha é a fêmea geralmente, (coincide) de que o macho vencedor, o mais forte, pode ser o escolhido pela fêmea.

(...) Às vezes, quando um macho subordinado (entre os leões marinhos) tenta copular com uma fêmea de um harém, ela grita, repelindo o subordinado até que apareça o macho dominante para afastar o subordinado. Então (neste caso), ela está fazendo a escolha de um dominante. (Se fosse o macho a escolher, ela copularia com o subordinado).

(...) Agora, por que será que acontece isso? Os machos brigam, brigam (...) e as fêmeas não? (...) será que tem menos fêmeas do que machos?

A₅- Tem um macho e várias fêmeas.

P - (...) no caso do harém. Mas, por que tem tanta briga de machos por fêmea? (...) depois vamos ver a (questão) da razão sexual. Será por que as fêmeas estão em menor número? Não, a razão sexual é muito próxima de 1:1.

A₆- As brigas servem para mostrar habilidade. Um animal com maior capacidade de luta teria (...) uma característica genética mais vantajosa para deixar.

P - As lutas servem para mostrar quem tem mais força, habilidade e, provavelmente, melhores condições genéticas (...). Mas se tivéssemos cinquenta fêmeas, todas estariam receptivas?

(...) É uma (informação) que já complica um pouco mais (...). Nem todas as fêmeas podem reproduzir, então o problema não é o do número de fêmeas para machos, mas da disponibilidade das fêmeas para reproduzir. Então a idéia de briga começa nisso (...). Assim fêmeas são um recurso "escasso" não porque estejam em número insuficiente, mas porque nem todas estarão disponíveis, com os óvulos prontos para serem fertilizados. Uma outra situação que está associada com a fêmea "escassa" é esta: quem cuida dos filhotes na natureza?

A₆- É a mãe.

P - Existe briga de machos porque além das fêmeas serem um recurso "escasso" são elas que normalmente cuidam dos filhotes. (...) Mais, se vocês pensarem o seguinte, um óvulo + um espermatozóide. Primeiro, (o espermatozóide) um (gameta) que se encontra em grande quantidade e de tamanho muito pequeno e do outro (o óvulo), produzido em uma quantidade muito pequena

e de grande tamanho. Começa aqui uma certa briga, pois o macho, quanto mais fêmeas conseguir para passar seus espermatozóides, maiores são as suas chances reprodutivas de deixar descendentes (...). Para a fêmea não, ela não estará disponível o tempo todo, pois ela poderá estar grávida, cuidando dos filhotes (...).

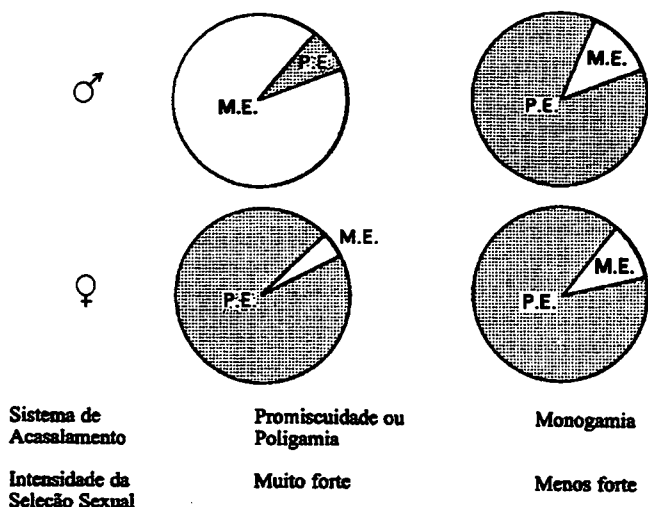
P - (...) Essa idéia de recurso "escasso" está ligada com o tamanho e a quantidade de óvulos, com a gestação e os cuidados parentais (...). O que a gente vê na natureza, em sentido geral, é isso.

(...) Depois vamos ver situações em que não é bem assim. Por que acontece isso? Vamos pensar algumas idéias alternativas (...) para explicar uma situação destas.

P - Vou pôr um gráfico para vocês pensarem um pouco. (Apresenta um gráfico)

Esquema representando o tempo e a energia usados por um animal na reprodução. **PE** (esforço parental), representando o provisionamento e cuidado com a prole, correspondendo à área pontilhada; **ME** (aquisição de parceiros) esforço de acasalamento.

(Conf. Krebs & Davies, 1996: 178)



(...) Quando se pensa em reprodução (...) sempre (acontece que) se está gastando energia (...) fazendo a corte, atraindo fêmea; no acasalamento, machos brigando para conseguir acasalar, ou por esforço de criação dos filhotes (...). Tudo (isso) é reprodução!

(...) (Apontando para o gráfico) Em algumas situações, teremos os machos gastando muito mais (...) energia do que as fêmeas, esta situação seria a exemplo de quê? (...) Basicamente, temos dois sistemas de cruzamento, a situação de monogamia, de um macho com uma única fêmea (...) e a

poligamia, de um macho com várias fêmeas e, raras vezes, de uma fêmea com vários machos. (...) Em que situações ocorre a monogamia e a poligamia?

P - (Apontando no gráfico) O branco é o esforço para conseguir acasalamentos e a parte escura é o esforço para cuidar dos filhotes. (Ainda mantendo encobertas as legendas da parte inferior do esquema). Onde a gente teria exemplo de poligamia e de monogamia?

A7- Poligamia seria aqui (indica ...) o casal da esquerda e monogamia, o da direita. Neste caso (da esquerda), as fêmeas cuidam da prole e gastam pouca energia à procura de parceiro, enquanto os machos gastam muita energia na procura de fêmeas, mas eles não cuidam da prole. No lado de lá, tanto os machos quanto as fêmeas cuidam da prole.

P - (Chegando à conclusão do assunto) (...) Vejam que esta situação de briga maior ou menor dos machos, pode estar ligada ao sistema de acasalamento (estabelece a correlação) se ele tem várias fêmeas ou se ele tem apenas uma (...) está envolvida a monogamia ou a poligamia.

A passagem de aula mostra uma marcha progressiva dos alunos, conduzidos pela professora, para a correlação dos sistemas de acasalamento com os tipos e/ou intensidades de cuidados parentais dispensados aos filhotes das espécies. Antes de chegar a este ponto, a professora passa pelas idéias mais comuns sobre a seleção dos parceiros sexuais que povoam os esquemas conceituais dos alunos, para ir, progressivamente, superando essas noções em favor do estabelecimento de novas idéias mais consistentes e estruturadas. Assim, ocorre uma passagem progressiva de elementos mais periféricos e menos consistentes para os elementos mais nucleares que determinam o tipo de acasalamento efetuado. Dessa forma, passa-se da escolha de parceiro sexual para o reconhecimento da espécie; da razão sexual, para a idéia de fêmea como recurso reprodutivo limitado e, desta, para a anatomofisiologia reprodutiva até chegar à noção de cuidados parentais.

Esse percurso da passagem de aula tem um duplo sentido, possui um movimento dialético que, de um lado, representa a negação dos elementos conceituais dos alunos para a sucessiva constituição de novos elementos teóricos mais consistentes e logicamente estruturados e, de outro, está o funcionamento das estruturas que se coordenam e articulam nos moldes da correlação.

4.4.4.2 Questão de prova

A temática da Ecologia da Reprodução constou em duas perguntas de provas relativas aos sistemas reprodutivos:

Perguntas:

- A maioria dos machos tendem a ser políginos: aumentam o sucesso reprodutivo em função do número de fêmeas que inseminam. Que hipóteses poderiam explicar o fato de a monogamia ser um sistema reprodutivo comum em pássaros?
- Os sistemas de reprodução são dependentes do esforço para cuidar de filhotes e do esforço de acasalamento. Como o tempo e a energia são alocados em relação a essas variáveis na monogamia, na poliandria e na poliginia, tanto para o sexo masculino quanto para o sexo feminino?

Em ambas as questões, os resultados alcançados foram equivalentes. Das 26 provas analisadas, a metade dos alunos atingiu pelo menos quatro quintos da pontuação da questão; os demais uma pontuação entre dois quintos e três quintos do total. Como, do ponto de vista conceitual, as questões são equivalentes, escolhemos para o nosso trabalho de análise a segunda questão, por ter sido a que recebeu o maior número de anotações.

Se, na aula, na sua exposição sobre os sistemas de acasalamento, seleção sexual e os cuidados da prole, a professora adotou um percurso indutivo na questão da prova, a resposta exige um esforço dedutivo com a aplicação dos princípios da alocação do tempo e da energia para o cuidado dos filhotes e acasalamento. Nos sistemas reprodutivos, o PE (esforço parental) pode ser elevado ou baixo, e o ME (aquisição de parceiros = esforço de acasalamento) também pode ser elevado ou baixo para o sexo masculino ou feminino, dependendo do sistema reprodutivo.

No sistema monogâmico o tempo e a energia são maiores tanto para o macho quanto para a fêmea na manutenção da prole e apenas uma parte para conseguir parceiro. Nos sistemas poligâmicos, o gasto de energia e de tempo para um dos sexos se dá na conquista e no acasalamento, ao passo que, para o outro sexo, nos cuidados parentais. Assim, na poliginia, o macho dispensa maior parte do seu tempo e energia conquistando fêmeas e acasalando, enquanto as fêmeas os utilizam para cuidar de

sua prole; na poliandria, por sua vez, inverte-se a alocação da energia e do tempo entre o macho e a fêmea, ficando para o macho os cuidados parentais da prole.

Num primeiro momento, os erros cometidos pelos alunos ao responderem à questão parecem ser mais de natureza conceitual e de estruturação argumentativa, pois somente quando se faz uma análise mais atenta das respostas dadas, percebe-se a sua ligação estrutural. Do ponto de vista conceitual, ao estruturarem a argumentação da resposta, se confundem, relacionando poliandria e poliginia e perdendo de vista a relação tempo e energia, para se prenderem no dado mais imediato, número de acasalamentos. Essas respostas indicam que os alunos retornam aos momentos iniciais da discussão do relato de aula.

Do ponto de vista estrutural, os alunos que atingiram e operaram com o conceito o fazem de forma objetiva e direta, o que indica que, uma vez constituído o conceito, torna-se de natureza dedutiva; já os demais alunos, enquanto escrevem, parecem estar procurando chegar à resposta. Vejamos alguns exemplos:

Relacionam cuidado com a prole e esforço de acasalamento, mas não identificam no que cada sexo gasta mais tempo e energia

WDA - Na monogamia, macho e fêmea cuidam (...) dos ovos e do jovem. Na poliginia, um macho acasala com muitas fêmeas (...) geralmente é a fêmea que provê o cuidado parental. Na poliandria (...) uma fêmea se associa a vários machos (...) é o macho quem provê o cuidado parental. (Não relaciona a alocação energética).

FSG - (Escreve duas páginas, mas não consegue expressar em que machos e fêmeas gastam mais tempo e energia, principalmente em relação ao esforço de acasalamento) Monogamia (...) ambos gastam tempo e energia no cuidado e alimentação dos filhotes. Poliandria (...) as fêmeas gastam tempo e energia defendendo territórios. Poliginia (...) machos lutam para estabelecer seus territórios.

MAD - Quando uma fêmea investe muito nos ovos menos (erra no consequente), ela será capaz de investir no cuidado parental e vice-versa. (...) Na poliginia, a fêmea terá menos sucesso, pois terá que repartir a colaboração do macho no cuidado parental.

Agora vamos a dois exemplos de respostas bem-sucedidas:

MFS - Na monogamia os dois sexos apresentam um grande esforço conjunto para o cuidado da prole, deixando de lado o gasto de energia na procura dos parceiros ou em complexos rituais de corte. Nas espécies que ocorre poliginia, as fêmeas continuam a cuidar dos filhotes, porém com mais intensidade do que as espécies monogâmicas. Os machos então passam seu tempo se esforçando para encontrar novas fêmeas e em demonstrações para induzir a fêmea a copular. Esses machos porém gastam muito pouco para auxiliar no cuidado da prole, deixando com as fêmeas estes cuidados. Já em espécies com poliandria a fêmea é que se esforça na procura de acasalar com um maior número de machos. Em muitas destas espécies, os machos é que são responsáveis pelos cuidados dos filhotes.

Comparando com as demais fases, as informações relativas à sétima fase do curso indicam uma maior prontidão em sala de aula para o estabelecimento da correlação e para uma maior integração de elementos conceituais nos escritos dos alunos, porém, mesmo assim, persistem, em ambas os casos, procedimentos argumentativos que consideram os elementos isolados ou um a um. O teste escrito aponta para uma maior porcentagem de alunos nos estágios III_i e III_b, o que, de certa forma, coincide com a desenvoltura um pouco maior nas participações em sala de aula e nos seus escritos. Quando comparadas com as demais, essas informações nos possibilitam uma visão otimista da sétima fase.

Tal otimismo, entretanto, não persiste quando consideramos as operações que poderiam ser executadas pelo conjunto dos alunos finalistas do curso de Biologia. Tomando as informações e avaliando as operações potencialmente executadas pelos sujeitos, constata-se que aproximadamente metade deles não as executam na sua plenitude. É com essa porção de alunos que deve ser feito um trabalho de acompanhamento acadêmico diferenciado, e é nessa direção que trabalhamos. As informações e análises efetuadas podem servir de guia para o acompanhamento desses alunos e para o planejamento e a avaliação dos professores que com eles trabalham; também podem ser ignoradas totalmente, o que significa continuar no mesmo tipo de prática, como se nada estivesse acontecendo. É com base nesse prisma que devem ser olhadas as conclusões que apresentamos a seguir e todas as implicações psicopedagógicas presentes ao longo da tese.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Quem estaria disposto a tentar uma atividade tão subversiva quanto demonstrar aos brasileiros que eles têm uma cabeça que está sendo subutilizada? (Castro, 1995: 232)

A pesquisa de cunho psicogenético, realizada dentro do contexto do ensino, necessita retornar ao ensino. Assim, as nossas considerações retornam ao contexto do ensino porque foi neste ambiente que se originaram a problemática e os desafios investigativos para o preenchimento da lacuna identificada de que os alunos não chegam no terceiro grau cognitivamente prontos e chamar a atenção para a sua importância no desenvolvimento do ensino e do raciocínio dos alunos.

Ao tom de desafio e de denúncia presente na pergunta do administrador educacional, Cláudio de Moura Castro, e de tantos outros pesquisadores brasileiros, como, por exemplo, Montoya (1996), Freitag (1985), Carraher et al (1991) e Rosso (1993), adicionamos outra de cunho pessoal: a partir da sala de aula, em que sentido e como as informações da nossa pesquisa podem contribuir para que os alunos pensem mais e melhor? Mesmo que a questão acrescida se constitua nas implicações buscadas na nossa tese, utilizaremos, mais uma vez, o artifício de procurar responder à pergunta de forma indireta, por meio das conclusões e considerações, para, no final, estabelecermos uma retomada mais pontual.

Como a estrutura operatória formal da correlação foi justificada, identificada, problematizada, tendo sido coletadas as informações sobre a sua necessidade para a formação do biólogo e do pensar biológico, cabe, agora, fazermos algumas considerações finais, recolhendo os elementos de cunho conclusivo sugeridos ao longo da tese e construindo novas conclusões possíveis, com base no conjunto de informações trazidas e analisadas. Isso não significa que as informações que seguem tenham, necessariamente, essa organização, mas, sim, que serão de natureza diversa como o próprio título do capítulo sugere: considerações finais e conclusões.

O estudo psicogenético de Inhelder & Piaget (1976:169-182) sobre a correlação enfatiza “mais a gênese das competências do que das performances (desempenho)” (Grize, 1997: 71). A compreensão daquelas não tem o objetivo de prever, prognosticar e determinar os desempenhos destas; apenas serve para orientar e compreender certos aspectos da organização operatória (e do funcionamento) dos sujeitos (Coll, 1992: 164-1970. A *antítese* competência-desempenho, além de falsa (Lourenço, 1994: 77-82), constitui-se numa distorção que não contribui para o sentido da interatividade aluno-professor-conhecimento presente na construção dos conhecimentos (Lerner, 1996; 117) e na formação do biólogo. Se o objetivo da pesquisa era traçar a gênese e os usos da correlação em contextos psicopedagógicos, julgamos que as informações vinculadas e analisadas não servem de parâmetro para o julgamento do quê os alunos e as alunas podem ou não fazer na aprendizagem de biologia; possuem, entretanto, um valor heurístico para que os professores ordenem, montem e julguem as estratégias, os problemas e as situações, fazendo um ensino de biologia mais operativo e significativo. Numa palavra, para que busquem aproximar o ensino das formas como os alunos se organizam para aprender e trabalhar as informações biológicas e para ampliar e sugerir formas mais estruturadas de pensamento.

Considerando, na investigação, o conjunto das informações coletadas e a heterogeneidade, tanto do ponto de vista extensivo como do intensivo, conclui-se que elas não possibilitam a estruturação de uma estatística ampla, que prove quantitativamente e com um índice o crescimento da estrutura durante o curso de Biologia da UFSC; as informações apenas indicam uma maior formalização e uma tendência maior que têm os alunos de se utilizarem da correlação mais por solicitação dos professores do que espontaneamente. Assim, temos que o seu uso estaria mais condicionado às exigências docentes do que à resultante da interatividade dos alunos com o conhecimento biológico. Se isso, de um lado, valoriza as ações docentes, de outro, abre a possibilidade para o questionamento do quanto elas colocam, efetivamente, o aluno em contato com o fenômeno vital e com seus atributos próprios. Assim, as informações sugerem um problema que é, ao mesmo tempo, psicopedagógico e epistemológico: psicopedagógico por ativar ou não determinados mecanismos cognitivos e formas de conhecer a vida e epistemológico, por dar conta ou não dos atributos compreendidos no objeto de conhecimento – vida.

O fato de tomarmos em consideração a correlação no seu aspecto estrutural, juntamente com a faceta desempenho, possibilita avaliarmos e julgarmos os resultados alcançados pelos alunos como ora traduzindo mais a competência do que o desempenho. Ao confrontarmos as informações das entrevistas com as do contexto da sala de aula, fica mais evidente o significado da competência (possibilidades e limitações) operatória do que o desempenho em tarefas. Ao analisarmos as informações relativas às provas e aos testes escritos, evidenciam-se mais os aspectos relativos aos desempenhos, que, como já comentamos, poderiam ser bem mais expressivos se os alunos fossem desafiados para tal.

Do ponto de vista dos invariantes funcionais, considerando o par dialético assimilação-acomodação, priorizamos mais na abordagem a acomodação, por se tratar do aspecto organizacional da atividade mental que busca ascender a novos patamares organizacionais do funcionamento mental. A capacidade de variação dos esquemas cognitivos manifesta-se através da progressiva exercitação de uma determinada forma de proceder diante do desafios, a qual se amolda a situações mutantes (diferentes), ou seja, procura, ajustar-se aos atributos do objeto de conhecimento. A acomodação possibilita a resposta cognitiva para superar os desafios, plasmando novas formas de organização para resolver problemas (conhecer). Nesse sentido, a investigação busca enfatizar mais os aspectos da acomodação cognitiva, como marca da necessidade de assimilação dos atributos específicos do ser vivo.

Sendo assim, os atributos contidos na especificidade da vida exigem: 1) uma atitude dialética de pensamento, trabalhando simultaneamente com a análise e a síntese, a globalidade e a especificidade das informações; 2) uma estruturação cognitiva capaz de tratar com a diversidade, a heterogeneidade de informações. As estruturas formais, caracterizadas pelo grupo lógico, respondem a essas demandas no estudo da vida, e a correlação possibilita a compreensão dos aspectos sintéticos e dialéticos de muitas noções biológicas. Estendendo essas informações para o contexto psicopedagógico, sugere-se que se deveria primar mais por procedimentos de ensino que destacassem a oposição, a diversidade, a contradição e a dúvida do que por aqueles comprometidos apenas com o

repassa da informação certa e a retirada do ambiente de ensino das informações desencontradas; ao contrário, dever-se-ia desafiar os alunos ao estabelecimento dos princípios e das tendências que regem essas informações.

O trabalho mostrou que a estrutura operatória formal da correlação, dada a sua característica de grupo, é solidária com outras estruturas formais, como a proporcionalidade, probabilidade, combinatória, etc. Disso decorre que: 1) do ponto de vista da investigação, a sua descrição, caracterização e compreensão do seu funcionamento, no contexto específico do ensino, não são tarefas das mais fáceis; 2) do ponto de vista psicopedagógico, as iniciativas que se propuserem a acelerar a sua aquisição serão frutíferas se buscarem o desenvolvimento operatório formal no seu todo e no que a estrutura possui de específico— na sua organização de grupo, no seu aspecto proposicional e hipotético-dedutivo —, considerando as demais estruturas formais.

As informações das entrevistas mostram que os alunos podem estabelecer a correlação e que eles possuem os elementos básicos para chegar a ela se forem desafiados a pensar nesta perspectiva. O que se evidencia é que, em situações naturais (não provocadas), a estrutura da correlação não se manifesta de forma tão expressiva como nas entrevistas. Assim, o padrão potencial da correlação é maior do que a sua expressão real/usual ou, dito de outra forma, os alunos possuem um potencial operatório maior que o usual no contexto da sala de aula e nos seus escritos. Esse fato foi objeto de reflexão em nossa dissertação (p. 78), à qual denominamos, provisoriamente, de *regressão operatória* ou *estágio subformal*. Do ponto de vista psicopedagógico, significa que estruturas mentais superiores são submetidas e/ou acomodadas a um nível de exigência inferior, ao desuso sistemático, ou ao subuso e que os alunos não rendem tudo o que poderiam render do ponto de vista cognitivo. Assim, pode-se deduzir que a utilização de um padrão mais elevado de raciocínio possibilitaria resultados diferentes para o curso de Biologia e para a formação dos biólogos.

Na revisão bibliográfica feita encontramos poucos estudos que trabalharam exclusivamente a correlação, além de as metodologias empregadas neles serem distintas. Os estudos de Inhelder & Piaget (1976) desenvolveram-se dentro do padrão clássico do método clínico traçado por Piaget, apoiado em entrevistas,

tiveram como objetivo explicar a gênese e as etapas seguidas na estruturação da correlação; não houve, entretanto, preocupação em quantificar e classificar os sujeitos. Já pesquisas, como a de Lawson et al. (1978), assumiram a característica dominante de pesquisa psicométrica, com ligações muito tênues com sentido clínico e cuja análise de dados transcorreu dentro de um modelo estatístico. Os alunos analisados por esses pesquisadores encontravam-se numa faixa etária média entre 12-13 anos até os 19 e meio aproximadamente. Nesta pesquisa, que não tratava especificamente sobre a correlação, os autores encontraram um valor muito próximo a 70% para os indivíduos da faixa etária mais elevada, já no 3º Grau.

Já, na nossa pesquisa, que buscou a compreensão e o funcionamento da estrutura da correlação, acompanhando o desenrolar normal de disciplinas biológicas no *locus* da sala de aula, valemo-nos dos princípios do método clínico, com algumas adaptações, como a observação do contexto pedagógico e a análise de conteúdos. Assim, como os trabalhos têm orientações metodológicas diferentes, a comparação *pari passu*, no confronto dos resultados, fica muito prejudicada e as interpretações possíveis ficam por conta das diferenças metodológicas e de interpretação dos resultados.

As passagens de aula constituem-se em informações preciosas de dupla face para o julgamento do que hoje, defende-se, sob as mais diversas formas, sejam estratégias de ensino socioconstrutivistas/interacionistas, etc. Uma das faces mostra que o grupo pode chegar a um determinado resultado que se adianta às competências individuais; a outra, que este resultado não é a garantia de que um sujeito separado do grupo fará as mesmas operações. Este é o alerta feito por Piaget (1983b: 166) sobre a complementaridade existente entre a co-operação, ou operação com os pares, e as operações efetuadas pelo sujeito. Assim, o compartilhamento das operações e transformações em grupo (co-operação), para que haja o domínio de um conceito ou de uma habilidade cognitiva, na ânsia de querer acelerar seu desenvolvimento, pode criar a falsa certeza de que *qualquer* sujeito da aprendizagem fará todas as operações efetuadas pelo grupo. Dizendo de outra forma, a co-operação pode indicar a direção das transformações que os indivíduos poderão vir a executar, porém, com isso, não os dispensa de executarem e coordenarem o conjunto das operações, principalmente se o problema/noção requerer operações do grupo de

transformações lógicas como é o caso da correlação. Do ponto de vista da equilibração, isso significa que a co-operação possibilita desequilíbrios, mas não a sua reequilibração. Neste particular, as passagens de aula servem para indicar a virtualidade das operações, ou as direções que poderão seguir os raciocínios dos sujeitos. Este mimetismo das operações verdadeiras, indica a faixa de atuação do professor e das atividades de ensino que possibilitem a construção de estruturas mentais, mas que ainda não se constitui em estrutura propriamente dita, muito menos na chegada a um estágio de equilíbrio operatório.

Quanto ao aspecto da intervenção da ação docente para modificar o curso evolutivo da correlação, convém ressaltar o posicionamento assumido no cap. II e que mantivemos ao longo do trabalho: trata-se da superação do falso dilema maturacionista-desenvolvimentista. Superando o dilema, pautamos a pesquisa sem "a ilusão (psico)pedagógica" (Lajonquière, 1997: 98) de uma intervenção do tipo desenvolvimentista, comandada caprichosamente de fora para dentro ou que fica aguardando que o sujeito adquira a competência. Defendemos, sim, para o professor, um agir descentrado e indireto, calcado na compreensão dos mecanismos estruturantes e funcionais da inteligência, que possibilite conflitos cognitivos e operações mentais, abstrações empíricas e reflexionantes; de forma alguma, formulamos a possibilidade de uma intervenção capaz de despertar a inteligência potencial adormecida nos alunos (Lajonquière, 1997: 114-15). Como já afirmamos anteriormente, postulamos sim, a possibilidade de aproximar, no ensino, os processos do modo como as pessoas constroem conhecimentos e os processos operativos da inteligência para a aprendizagem dos conhecimentos biológicos.

No trabalho de tese, apesar de explorar mais o aspecto estrutural da correlação, procuramos, sempre, destacar a necessidade da sua ligação com o contexto específico do conhecimento biológico, associado aos aspectos funcionais que interferem na aprendizagem. O conhecimento das diferentes formas de entendimento e de assimilação de uma noção está intimamente ligado às etapas necessárias ao seu desenvolvimento. Assim, os aspectos estruturais fornecem a lógica e a direção das ações, e os funcionais e contextuais fornecem o entendimento dos fatores mobilizadores da aprendizagem.

Os estudos que fizemos quando da organização do referencial teórico e do desenvolvimento da pesquisa levaram-nos a incluir a estrutura da dissociação dos fatores e a exclusão como um complemento necessário da correlação, por entendermos que o seu caráter sintético passa, obrigatoriamente, pelo menos na sua gênese ou constituição, pelo aspecto analítico. O caráter analítico manifesta-se na formação e reconhecimento dos grupos, e o caráter sintético, na fusão lógica dos diferentes grupos numa nova totalidade.

Dessa forma, o caráter analítico, que separa, dissocia e contrapõe ações recíprocas presentes na estrutura operatória da dissociação dos fatores e da exclusão, é complementado pelo caráter sintético, que busca estabelecer a unidade entre as situações, tanto favoráveis como desfavoráveis, presentes na estrutura operatória formal da correlação. Tanto de um lado como de outro, está presente o sentido da operatividade da inteligência, que transforma os dados de forma reversível ou na segunda potência. Isso tem muito pouco a ver com os processos de ensino lineares calcados na reprodução das informações, via exercitação exaustiva ou memorização. A operatividade do sujeito trabalha a favor da compreensão das noções e do saber significativo, não apenas do fazer e do saber imitativo e figurativo.

Com exceção da questão de prova da primeira fase do curso de Biologia, as questões das demais fases foram discutidas com os professores no momento da sua elaboração no sentido de que fosse favorecida a operatividade nos quadros da correlação. As informações mostraram que, quando se trata de os alunos operarem no sentido da correlação inversa ou a negação da correlação $p.\bar{q}$ e $\bar{p}.q$, eles possuem mais dificuldade em se organizar como foi o caso da questão da elaboração de gráficos e da letra **c** da questão da terceira fase do curso de Biologia. Essa dificuldade na passagem da diagonal **a** → **d** para a diagonal **b** → **c** comporta um reflexionamento estrutural, não apenas uma comparação dos grupos constituintes.

A comparação caso a caso do teste escrito com a questão de prova mostra uma previsibilidade quase perfeita quando se comparam os níveis III_B e II, sendo maior a coincidência com o nível II. Já, para os níveis III_A e III_i, nos quais a instabilidade estrutural é maior, comparar os desempenhos na prova com o teste

escrito impossibilita qualquer antecipação de desempenho. Resumindo, é possível prever, pela estabilidade estrutural alcançada, o insucesso em situações em que houve a simples adoção de procedimentos concretos ou o seu sucesso pleno para quem completou a sua gênese. Isso indica que os estágios intermediários devem ser mais desafiados, pois são situações em que as aprendizagens são muito importantes desde que provoquem desafios e possibilitem novas equilibrações (Inhelder et al (1977: 260).


As conclusões que apresentamos assentam-se num quadro em que as informações podem ser aprofundadas e estendidas, ou até, ser mais pontuais com a utilização de outros instrumentos e procedimentos de análise. Mesmo assim, a sua direção e implicações continuarão a demandar um aprofundamento das questões relativas ao contexto da formação do biólogo e do conhecimento biológico, mantendo sempre a coerência com os atributos próprios da vida. Por isso, retomamos as conclusões, direcionando-as voltando-as ao contexto psicopedagógico para que possamos estabelecermos algumas implicações.


5.2. IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS


Como a ativação das estruturas operatórias amplia as possibilidades de compreensão coerente e abrangente das noções científicas e como a habilidade de pensar dentro dos processos científicos está fortemente associada à capacidade de operar com as informações sugeridas, retiradas ou construídas dos objetos de conhecimento, as informações relativas à estrutura operatória formal da correlação possibilita-nos estabelecer algumas implicações pedagógicas.





Como a correlação é uma estrutura do POF e ele se caracteriza por ações operatórias de segunda potência, coloca-se como estratégia necessária para que se possa levar os alunos a refletirem sobre os próprios pensamentos manifestados nas perguntas, nas provas, nos relatórios, etc. Devolver o pensamento, solicitar mais informações, apresentar sugestões e contraprovas às suas afirmações e julgamentos parciais se constitui numa alternativa útil para que pensem mais e melhor. Melhor e mais proveitoso para o aluno do que uma resposta direta e pronta é fazer-lhe outra pergunta ou encaminhá-lo a procurar a resposta desejada.


 O aspecto hipotético-dedutivo do POF atua no quadro das possibilidades para daí extrair conseqüências; por isso, apresentar situações imprevisíveis, inusitadas, não pensadas comumente pelos alunos, para que formulem hipóteses, explicações, confrontando-as com os conhecimentos científicos já estabelecidos, pode ser uma estratégia de ensino bem-sucedida, capaz de ultrapassar o registro imediato dos fenômenos.


 As estruturas operatórias construídas funcionam como um quadro lógico de fundo que possibilita a construção de novas noções; por isso, faz-se necessário explorar antes o sentido qualitativo, lógico e operativo de uma noção do que o seu sentido figurativo e quantitativo, uma vez que, além de impedir a memorização mecânica dos conhecimentos, facilita a sua construção e permanência, bem como a sua aplicação em contextos paralelos ou não problematizados até então.


 Como a correlação é uma estrutura de grupo, desenvolve-se e expressa-se subsumindo e superando tanto as operações concretas como outras operações formais; por isso, o laboratório, as aulas de campo e a contextualização dos conhecimentos, a proximidade com o vivido, podem facilitar a passagem operativa dos procedimentos concretos para os formais e, desses, para a correlação. Trata-se de fazer o aluno ir sempre *além* do dado imediato e do percebido.


 A compreensão dos atributos dialéticos da vida exige um trabalho simultâneo de análise e síntese, capaz de tratar com a globalidade, a diversidade e a heterogeneidade de informações. Assim, os procedimentos de ensino deveriam primar mais por procedimentos que destacassem a oposição, a diversidade, a contradição e a dúvida do que apenas a certeza e a linearidade da informação.

 Se, de um lado, processos mais abertos de pensamento e de ensino estão mais sujeitos a desvios, de outro, possibilitam um maior contato com a provisoriedade e complexidade do conhecimento e da vida. Desse ponto de vista, esses desvios e erros são etapas superáveis e, às vezes, necessárias. Explorar positivamente os des-caminhos dos alunos, dentro de um clima de liberdade, sem constrangimento, encarando-os como hipóteses e/ou indicativos do seu funcionamento mental e/ou da qualidade do ensino desenvolvido, é torná-los fatores de progresso.

 Como esses tipos de ensino, normalmente, consomem mais tempo, é necessário fazer escolhas curriculares que trabalhem mais as noções operacionais, os quais, uma vez construídas, servirão de base e acelerarão a construção de novas noções; por isso, o professor deve se permitir *perder* utilmente o tempo com os alunos na fase de exploração e conceituação das noções, ganhando-o na mesma proporção quando tratar de sua aplicação ou da construção de novas noções.

 Do ponto de vista da atuação do professor, a ênfase é a busca permanente de uma ação descentrada, mediadora e indireta. Tal atuação exige do professor não somente o conhecimento em profundidade da sua matéria de ensino, mas, também que conheça o mais profundamente os processos de raciocínio de seus alunos.

 Como o desenvolvimento da estrutura operatória formal da correlação não se constitui em mérito exclusivo do conhecimento biológico, mesmo que reconheçamos que a interatividade com o objeto de conhecimento ser vivo contém elementos indispensáveis para a sua gênese, o funcionamento das estruturas formais de base, em qualquer área de conhecimento, facilitará a sua gênese através da ampliação da sua base constitutiva necessária.

 Para ocorrer o encontro do sujeito epistêmico com o psicológico, nas situações de ensino, pressupõe-se: a) clareza dos raciocínios requeridos na construção de determinada noção, bem como o conhecimento da sua filogênese e dos momentos históricos que foram necessários à construção de novos patamares de organização lógica e conceitual; b) conhecimento das estruturas mentais de seus alunos, já construídas e em construção, para organizar tarefas capazes de mobilizar suas estruturas operatórias; c) tanto o aspecto epistêmico como o psicológico requerem desequilibrações adequadas, em momentos críticos, para que seja possível uma maior estabilidade estrutural e conceitual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas regras. 5. ed. São Paulo: Brasiliense, 1984.
- ANDREATTA, M. C. F. Exame de alguns esquemas mentais que caracterizam a transição do pensamento operatório concreto ao operatório formal, segundo Piaget, e seu significado pedagógico. São Paulo: USP, 1970. Dissertação
- AQUINO, J. G. Confrontos na sala de aula: uma leitura institucional da relação professor-aluno. São Paulo: Sumus, 1996.
- BALZAN, N. C. Sete princípios inaceitáveis sobre a educação em países em desenvolvimento. Em Aberto, Brasília, v. 14, n. 64, out./dez. 1994, p. 19-34.
- BASTOS, F. O conceito de célula entre os alunos de segundo grau. Em Aberto, Brasília, ano 11, n. 55, jul./set. 1992, p. 63-68.
- BATTRO, A. M. Dicionário terminológico de Jean Piaget. São Paulo: Pioneira, 1978.
- BECKNER, M. Aspectos da explicação em teorias biológicas. In: MORGENBESSER, S. (Org.). Filosofia da Ciência. São Paulo: Cultrix, 1979, p. 217-230.
- BECKER, F. A epistemologia do professor. 2. ed. Petrópolis, RJ: Vozes. 1993.
- BEE, H. & MITCHELL, S. K. A pessoa em desenvolvimento. São Paulo: HARBRA, 1984.
- BLACK, M. Justificação da indução. In: MORGENBESSER, S. (Org.). Filosofia da Ciência. São Paulo: Cultrix, 1979, p. 217-230.
- BOFF, L. Ecologia: grito da Terra, grito dos pobres. São Paulo: Ática, 1995.
- BROCKMAN, J. Einstein, Gertrude Stein, Wittgenstein e Frankenstein - reinventando o universo. São Paulo: Companhia das letras, 1989.
- BUCK-MORSS, S. Piaget, Adorno y las posibilidades de las operaciones dialecticas. In: SILVERMAN, H. (Org.). Piaget, la Filosofía y las Ciencias Humanas. México: Fondo de Cultura Económico, 1989, p. 173-230.
- CAMARGO, D. F. de. Desempenho operatório e desempenho escolar. Cad. Pesq. v. 47: p. 47-56, agosto 1990.

- CANDAU, V. M. A didática e a formação de educadores – da exaltação à negação: a busca da relevância. In: CANDAU, V. M. A didática em questão. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1985, p. 12-22.
- CANGUILHEM, G. Ideologia e Racionalidade na Ciência da Vida. Lisboa: ed 70, 1977.
- CARRAHER, T. et al. Na vida dez, na escola zero. 6. ed. São Paulo: Cortez. 1991.
- CARRETERO, M. El pensamiento formal: resultados nuevos sobre un antiguo tema. Rev. de Psic. Gral y Apl. v. 37, n. 2: p. 247- 260, 1982.
- CASTELLO BRANCO, L. M. O construtivismo e suas implicações pedagógicas. ANDE, v. 10, n. 17, p. 13-19. 1991.
- CASTRO, C. M. Educação brasileira: consertos e remendos. 2. ed. Rio de Janeiro: Roccp, 1995.
- CHIAROTTINO, Z. R-. Em busca do sentido da obra de Jean Piaget. 2. ed. São Paulo: Ática, 1984.
- COBERN, W. W. Contextual construtivism: the impact of culture on the learning and teaching of science. In: TOBIN, K. (editor) The construtivism in science education. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1994.
- COLL, C. As contribuições da Psicologia para a educação: teoria genética e aprendizagem escolar. In: BANKS LEITE, L. (Org.) Piaget e a escola de Genebra. 2. Ed. São Paulo: Cortez, 1992, p. 164-197.
- DETTLOF, J. M. Utilizing piagetian teory in teaching undergraduate biology/botany courses: part 1 and 2. Amer. Journal of Botany, v. 74, p. 770-771, May 1987.
- De ROBERTIS, E. M. F. & De ROBERTIS, E.M.F. Bases da biologia celular e molecular. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabarra Koogan, 1993.
- DOLLE, Jean-Marie. Para além de Freud e Piaget: referências para novas perspectivas em psicologia. Petrópolis: Vozes, 1993.
- EHINDERO, O. J. Formal operational precocity and achievement in biology among some nigerian high school students. Science Education, v. 63, n. 20, p. 231-236, 1979.
- FERREIRO, E. & TEBEROSKY, A. Psicogênese da língua escrita. Porto Alegre, Artes Médicas. 4º ed. 1991.
- FEYERABEND, P. Contra o método. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.

- FRAGA, M. L. T. Do cotidiano à construção do pensamento lógico-matemático. Cad. de Pesq., São Paulo, n. 72, p. 70-76, Fev. 1990.
- FRANCO, C. e COLINVAUX-DE-DOMINGUEZ, D. Genetic epistemology, history of science and science education. Science & Education, v. 1, n. 3, p. 255-271. 1992.
- FREITAG, B. Sociedade e consciência: um estudo piagetiano na favela e na escola. 3. ed. São Paulo: Cortez, 1984.
- FREITAG, B. Piaget: encontros e desencontros. Rio de Janeiro, RJ: Tempo Brasileiro. 1985.
- FROTTA-PESSOA, O. Como ensinar ciências. 4. ed. São Paulo: Nacional, 1984.
- FURTH, H. G. Piaget e o conhecimento. Rio de Janeiro, RJ: Forense-Universitária. 1974.
- FURTH, H. G. Piaget na Sala de Aula. 5. ed. Rio de Janeiro, RJ: Forense-Universitária. 1986.
- GADOTTI, M. História das idéias pedagógicas. São Paulo: Ática, 1993.
- GARCÍA, R. Posfácio. In: PIAGET, J. As formas elementares da dialética. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1996.
- GARCIA, R. Criar para compreender: a concepção piagetiana do conhecimento. Substratum/Artes Médicas, v. 1, n. 1, p. 47-55.
- GIORDAN, A. e de VECCHI, G. As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos. 2. Ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- GIORDAN, A. et al. Quelle éducation scientifique pour quelle société. Paris: PUF. 1978.
- GRIZE, J. B. Psicologia genética e Lógica. In: BANKS-LEITE, L. Percursos piagetianos. São Paulo: Cortez, 1997, p.63-76.
- GROSSI, E. P. Piaget em sala de aula, uma meta ainda longínqua. In: FREITAG, B. (Org.) Piaget - 100 anos. São Paulo: Cortez, 1997: 123-144.
- GUTIERREZ, J. B. El grupo de transformaciones de Piaget. Revista Española de Pedagogía, v. 47, n. 183, p. 205-243.
- HAM, A. W. Histologia. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1977.
- HAZEN, R. M. E TREFIL, J. Saber ciência: do big-bang à engenharia genética e as bases para entender o mundo atual e o que virá depois. São Paulo: Cultura Editores Associados. 1995.
- INHELDER, B. BOVET, M. E SINCLAIR, H. Aprendizagem e estruturas de conhecimentos. São Paulo: Saraiva. 1977.

- INHELDER, B., PIAGET, J. Da lógica da criança à lógica do adolescente. São Paulo: Pioneira, 1976.
- INHELDER, R. GARCIA, R. VONÈCHE, J. (Org.). Epistemologia genética e equilíbrio. Lisboa: Horizonte, 1978.
- JACOB, F. A lógica da Vida: uma história da hereditariedade. Rio de Janeiro: Graal. 1983.
- KARPLUS, R. Science teaching and the development of reasoning. Journal of Research in Science Teaching. V. 14, N. 2, p. 169-175, 1977.
- KESSELRING, T. Jean Piaget. Petrópolis: Vozes, 1993.
- KNELLER, G. F. A ciência como atividade humana. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: EDUSP, 1980.
- KREBS, J. R. & DAVIES, N. B. Introdução à ecologia comportamental. São Paulo: Atheneu, 1996.
- KUHN, D. The significance of piaget's formal operations stage in education. Jour. of Education. v. 161, n. 1: p. 34-50, 1979.
- LAJONQUIÈRE, L. de. A inteligência piagetiana. In: Percursos piagetianos. São Paulo: Cortez, 1997, p.97-116.
- LAWSON, A. E. Science teaching and development of thinking. Belmont: Wadsworth, 1995.
- LAWSON, A. E. & WOLMANN, W. T. Encouraging the transition from concrete to formal cognitive functioning - an experiment. Journal of Res. in Sci. Teaching, v. 13, n. 5, p. 413-30, 1976.
- LAWSON, A. E. ADI, H. & KARPLUS, R. Development of correlational reasoning in secondary schools: do biology courses make a difference? American Biology Teacher, vol. 41, nº 7, p 420.
- LAWSON, A. E., KARPLUS, R., ADI, H. The acquisition of propositional logic and formal operational schemata during the secondary school years. Journal of Research in Science Teaching. V. 15, n. 6, p. 465-478, 1978.
- LERNER, D. O ensino e o aprendizado escolar: argumentos contra uma falsa oposição. In: CASTORINA, J. A. et al. Piaget-Vigotsky: novas contribuições para o debate. 2. ed. São Paulo: Ática, 1996, p. 85-146.

- LEWIS, R. W. Biology: A hypotetico-deductive science. The Am. Biology Teach., V. 50, N. 6, p. 362-366. Set 1984.
- LORENZ, K. A demolição do homem. São Paulo: Brasiliense. 1986.
- LORENZ, K. Civilização e pecado - os oito erros capitais do homem. São Cristovão - RJ: Artenova. 1974.
- LOURENÇO, O.M. Além de Piaget? Sim, mas devagar!... Coimbra: Livraria Almeida, 1994.
- LUCKESI, C. et al. Fazer universidade: uma proposta metodológica. 5. ed. São Paulo: Cortez, 1989.
- MACEDO, L de O. O Construtivismo e sua Função Educacional. EDUCAÇÃO E REALIDADE, Porto Alegre v. 18, n. 31, p. 25-31. 1993.
- MACEDO, L. de O. Para uma aplicação pedagógica da obra de Piaget: algumas considerações. Cad. de Pesq., São Paulo, n. 61, p. 68-71, Maio 1987.
- MACHADO, N. J. Epistemologia e didática. São Paulo: Cortez, 1995.
- MAGNUS, D. Theory, practice, and epistemology in the development os species concepts. Studies in History and Philosophy of Science. V. 27, n. 4, p. 521-545, 1996.
- McGRAYNE, S. B. Mulheres que ganharam o Prêmio Nobel de ciências. São Paulo: Marco Zero, 1994.
- MEKSENAS, P. As noções de concreto e abstrato: sua relação com as práticas de ensino. FEUSP, v. 18, n. 1, p. 92-98, 1992.
- MONTOYA, A.O.D. Piaget e a criança favelada: epistemologia genética, diagnóstico e soluções. Petrópolis: Vozes, 1996.
- MORO, M. L. F. Crianças com crianças, aprendendo: interação social e construção cognitiva. Cad. de Pesq., São Paulo, n. 79, p. 31-43, Nov. 1991.
- NOWINSKI, C. Biologia, teorias do desenvolvimento e dialética. in: PIAGET, J. Lógica e conhecimento científico. Porto: Civilização, 1981.
- ORTIZ, Renato (org.). Pierre Bourdieu - Sociologia. São Paulo: Ática, 1983.
- PIAGET, J. A equilibrção das estruturas cognitivas. Rio de Janeiro, RJ: Zahar Editores. 1976
- PIAGET, J. Cognitive development in children: development and learning. Journal of Reaserch in Science Teaching. V. 2, p 76-186, 1964.

- PIAGET, J. Ensaio de lógica operatória. Porto Alegre: Globo-EDUSP, 1976
- PIAGET, J. Epistemologia genética. São Paulo: Martins Fontes, 1990.
- PIAGET, J. Os Dois Problemas Principais da Epistemologia Biológica. In: Lógica do conhecimento científico. Vol. 2, Porto: Civilização, 1981, p. 255-281.
- PIAGET, J. Equilíbrio das estruturas cognitivas. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.
- PIAGET, J. Gênese das estruturas lógicas elementares. 3. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1983a.
- PIAGET, J. Intellectual evaluation from adolescence to adulthood. Human development. v. 15, p. 1-12, 1972.
- PIAGET, J. O estruturalismo. 3. ed. São Paulo: DIFEL, 1979.
- PIAGET, J. Para onde vai a educação? 12 ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1994.
- PIAGET, J. Problemas gerais da investigação interdisciplinar e mecanismos comuns. Lisboa: Bertrand, 1973.
- PIAGET, J. Psicologia da inteligência. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1983b
- PIAGET, J. Psicologia e pedagogia. Rio de Janeiro, RJ: Forense 1985.
- PIAGET, J. Biologia e conhecimento. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1996.
- PIAGET, J. As formas elementares da dialética. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1996.
- PIAGET, J & INHELDER, B. A psicologia da criança 10. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1989.
- PIAGET, J. & INHELDER, B. A origem da idéia de acaso. Record, sd.
- PIAGET, J. & GARCIA, R. Psicogênese e História da ciência. Lisboa: Dom Quixote, 1987.
- PIAGET, J. & GRÉCO, P. Aprendizagem e conhecimento. São Paulo : Freitas Bastos. 1974.
- PIAGET, J. Et al. Recherches sur la généralisation. Paris: PUF, 1978.
- PIAGET, J. Et al. Abstração reflexionante. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995.
- PINTO, A. V. Ciência e existência: problemas filosóficos da pesquisa científica. 3. Ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985.
- PULASKI, M. A. S. Uma introdução ao desenvolvimento cognitivo da criança. Rio de Janeiro: Guanabara koogan, 1986.

- RALPH, L. C. The ilusion of the instructional biology laboratory. American Biology Teacher. V. 58, n. 3, mar. 1996, p. 142-146.
- RIEGEL, K. Toward a dialectical theory of human development. Human Development, 18, p. 50-64, 1975.
- RIEGEL, K. The dialectics of human development. American Psychologist, oct., p. 689-700, 1976.
- ROSSO, A. J. & TAGBLIEBER, J. E. Métodos ativos e atividades de ensino. Perspectiva, v.10, n. 17, jan-jul, 1992.
- ROSSO, A. J. O pensamento operatório formal e o ensino de exercícios de ecologia: — um estudo de caso. Dissertação - Centro de Estudos da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina. 1993.
- ROSSO, A. J. A função formativa do erro. Espaço Pedagógico, Passo Fundo, v. 3, n. 1, p 79-95, 1996.
- SACKS, O. W. Um antropólogo em Marte: sete histórias paradoxais. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.
- SHAYER, M. & ADEY, P. S. Accelerating the development of formal thinking in middle high school students. Journal of Research in Science Teaching. v. 37, n. 3, p. 267-285. 1990.
- SUKHOMLINSKI, V. O pensamento pedagógico. Lisboa: Livros Horizonte. 1978.
- TAGLIEBER, J. E. Por que não Piaget? Perspectiva. Florianópolis, v. 6, n. 12, p. 45-54, jan/jun. 1989.
- TOBIN, K. (editor) The construtivism in science education. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1994.
- WEISZ, P. B. La ciencia de la zoologia. Barcelona: Omega, 1971.
- YATES, C. Teaching Correlational Reasoning to Eleven-to-Thirteen Year Olds. Journal-of-Biological-Education; v21 n3 p197-202 Fall 1987.

Anexos

ANEXO I

Respostas dadas nas entrevistas

Informante FCR.

Entrev.: (Após ter acompanhado a exposição do problema, repete a pergunta para a si mesmo.) ... Você pescar um peixe grande. Terá listras largas ou estreitas?

(FCR): Vai ser... pode ser largas ou estreitas. Aí pode ser...

Entrev.: Como é este pode ser?

(FCR): Dos peixes grandes quatro possuem listras largas e três possuem listras estreitas... então tem um a mais de listras largas. (Não vê os casos na sua globalidade).

Entrev.: Seria mais provável listras largas?

(FCR): É ...não necessariamente. (Permanece em dúvidas quanto à existência da proporcionalidade).

Entrev.: (Busca confirmação desta dúvida.) Se eu pescar um peixe pequeno. Como serão as suas listras?

(FCR): Seriam estreitas. (Imediatamente faz uma emenda, mantendo a sua dúvida). Mas não necessariamente.

Entrev.: (Agora voltando à pergunta do problema.) Existe alguma relação entre o tamanho dos peixes e suas listras?

(FCR): Não (dúvida). Mesmo assim não. (Olha atentamente os dados do problema)... Ah! sim... Não!

Entrev.: O que você quer dizer com: "Ah! Sim!"?

(FCR): Tem... mas não tem!

Entrev.: Então preste atenção para o seguinte fato: vamos separar os peixes grandes dos peixes pequenos. Temos sete peixes grandes e destes, quatro possuem listras largas, isto seria mais do que 50%. Os peixes pequenos são 21, 12 deles têm listras estreitas, também tem mais do que 50%. A maioria dos peixes grandes têm listras largas e a maioria dos peixes pequenos têm listras estreitas.

(FCR): Mas esta é uma diferença tão pequena. (A aluna percebe ainda os dados do problema isolados, independentes).

Entrev.: Mas esta diferença não sugere nada?

(FCR): Não sei... não pode ser acaso...(Mantém a sua idéia). A diferença é tão pequena. Não sei.

Informante ELV:

(ELV): Pelo que foi apresentado acho que não.

Entrev.: Se você organizar os dados, separando os peixes grandes dos pequenos?

(ELV): A quantidade de peixes?

Entrev.: É.

(ELV): Existe muito mais peixes pequenos do que grandes. Deu para notar, mas...

Entrev.: Experimente fazer... pode ser que surja mais alguma coisa... (Separa os dados do problema.) Se você tomar, por exemplo, somente os peixes grandes?

(ELV): Existem mais com listras largas do que estreitas.

Entrev.: Como seria esta proporção?

(ELV): Seriam quatro com listras largas para cada três com listras estreitas.

Entrev.: Qual o total de peixes grandes?

(ELV): Temos sete. Quatro peixes grandes com listras largas em sete.

Entrev.: Esta proporção significa que existem mais que a metade ou menos que a metade?

(ELV):- Mais... a maioria tem listras largas.

Entrev.: Vamos ver os pequenos agora.

(ELV): A maioria dos pequenos tem listras estreitas. Doze entre vinte e um possuem listras estreitas... Então, a predominância está com as listras estreitas.

Entrev.: Agora preste atenção. Joguei o anzol. Olha (ELV), pesquei um peixe grande. Como serão suas listras?

(ELV): Listras largas. Porque a maioria deles tem listras largas. Diria isso porque tem mais chances de acertar.

Entrev.: Agora, jogo novamente o anzol, pesquei um peixe pequeno. Como são as suas listras?

(ELV): Estreitas.

Entrev.: Existe relação entre o tamanho do peixe e suas listras?

(ELV): Existe. Agora sim... abriu mais a imagem do problema.

Comentário do aluno: Quando fiz o teste escrito deixei esta questão para o final e não deu para fazer este problema. Então não parei para fazer esta comparação entre os peixes. Mas agora deu para perceber que existe uma relação.

Informante CAN

(... Passa-se um tempo após o enunciado da questão)

Entrev.: Como você está tentando organizar a sua resposta?

(CAN): Estou tentando ir (resolver) pela Genética.

Entrev.: E se você tentasse pelo que os dados estão mostrando?

(CAN): Como assim?

Entrev.: Os números do problema.

(CAN): Existem mais peixes pequenos.

Entrev.: Mas como são estes peixes pequenos?

(CAN): Está quase equilibrado. Existem tanto com listras largas como estreitas.

Entrev.: Quase equilibrado? Mas para que lado está o desequilíbrio?

(CAN): Para o dos peixes com listras estreitas.

Entrev.: A tendência é serem?

(CAN): Com listras estreitas.

Entrev.: Se você jogar um anzol e pescar um peixe pequeno, é provável que suas listras sejam?

(CAN): Estreitas.

Entrev.: E se você pescar um peixe grande como serão suas listras?

(CAN): Um peixe grande ... está muito mais equilibrado. (Percebe os valores numéricos absolutos; não como uma relação de proporcionalidade)... Apesar de ter um a mais (com listras largas). Está desequilibrado.

Entrev.: Este desequilíbrio tende para que lado?

(CAN): Para os de listras largas.

Entrev.: Então, qual é a tendência entre os peixes grandes?

(CAN): É terem listras largas. (Adiantando-se à próxima pergunta diz)... e os pequenos listras estreitas.

Entrev.: Voltemos à pergunta inicial: Existe relação entre tamanho dos peixes e suas listras?

(CAN): Acho que não por causa dos peixes grandes. (Aqui o aluno não percebe que a proporção 4:7 é equivalente a 12:21, ficando mais preso ao dado imediato dos números absolutos).

Entrev.: Por exemplo, dos peixes grandes, 4 para 3, mais de 50% tem listras largas?

(CAN): Pelos números tem alguma coisa a ver. Mas normalmente não daria... Mas teria que ir pela Genética. Sempre vi pela genética não pelos números. (Expressa a dúvida com relação aos dados, às proporções e às probabilidades, descentrando sua convicção para a causalidade. No seu ponto de vista, o problema deveria ser interpretado pela "genética". Pela conotação dada pelo aluno seria a genética mendeliana escolar recheada de formulismos.)

Informante DA:

(DA): Não tem. É aproximadamente igual, a mesma proporção.

Entrev. : E se você separar os dados, tomando só peixes pequenos?

(DA) : Tá.

Entrev. :Agora preste atenção. Estou pescando. Olha aqui (DA) pesquei um peixe grande. Como serão suas listras?

(DA): A probabilidade da listra ser larga é maior. Mas não dá para dizer ainda, porque se pegar um pequeno as listras serão estreitas. (Percebe a existência das probabilidades, mas as vê em separado, sem conseguir juntá-las num grupo.)

Entrev.: Vamos ver os pequenos. Pesquei um pequeno. Como serão suas listras?

(DA): Por estes dados são listras estreitas.

Entrev.: Existe uma relação entre o tamanho dos peixes e suas listras?

(DA): Por estes dados... por amostragem talvez.

Entrev.: Por que talvez?

(DA): Os dados são poucos. (Expressa a dificuldade de perceber os valores relativos, independentes das grandezas numéricas absolutas.)

Entrev.: E se mantiver esta tendência?

(DA): Se manter esta tendência, haverá uma relação.

Informante SBF:

(SBF): (Respondendo diretamente). Mas tem mesmo?

Entrev.: Claro que tem! (Com esta resposta erramos como entrevistador e perdemos uma excelente oportunidade de detectar qual era o motivo da dúvida.)

(SBF): Mas na realidade?

Entrev.: Trata-se de um problema hipotético. (De nossa parte, mais um erro de atenção como entrevistador).

Comentários: Na perspectiva dos alunos a relação 4 para 7 ou 4 peixes em 7 indica um número "pequeno" que a princípio os deixa confusos no sentido de não abstraírem prontamente o seu significado. Os números são parcialmente vistos, 3 e 4 ou 9 e 12, sem fazer o raciocínio dentro da globalidade dos casos 4 em 7, ou 12 em 21, ou no quadro de uma porcentagem. De primeira mão se evidencia a ausência de uma operação mental em transformar os dados do problema num quadro lógico mais amplo, como da entrevista já apresentada de FCR.

Observa-se também que, quando a relação era transformada em porcentagem dentro de um quadro probabilístico, a resposta aparecia mais prontamente.

Por se tratar de uma estrutura sem um correspondente direto com os cálculos matemáticos desenvolvidos até o final do 2º Grau, os alunos ficaram perdidos por carecerem de um estereótipo para se orientarem na resolução do problema.

Normalmente, nas aulas práticas do curso de Biologia, os alunos devem, a partir das observações, obter dados, montar tabelas e gráficos com vistas à compreensão de leis gerais ou conclusões. Nestas tarefas, encontramos, num primeiro momento, as estruturas da proporcionalidade, da probabilidade e da combinatória. Mas o "salto lógico" e teórico acontece quando se ultrapassa o nível dessas estruturas apoiadas em algoritmos matemáticos. Este "salto" acontece no plano das estruturas de grupo onde se encontra a correlação.

ANEXO II

Teste escrito

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO - DOUTORADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS
DOUTORANDO: ADEMIR JOSÉ ROSSO

Aluno: _____ Nascimento: __/__/__.

Fase do Curso de Biologia: _____

Problema proposto

Ao ser esvaziado um criatório de peixes, povoado há um ano atrás, foram encontrados os seguintes dados relativos a uma espécie: 4 peixes grandes com listras largas, 12 peixes pequenos com listras estreitas, 3 peixes grandes com listras estreitas e 9 peixes pequenos com listras largas.

Pergunta: Existe alguma relação entre o tamanho dos peixes com as suas listras? Explique sua resposta.

Problema proposto

Ao ser esvaziado um criatório de peixes, povoado há um ano atrás, foram encontrados os seguintes dados relativos a uma espécie: 100 peixes grandes com listras largas, 300 peixes pequenos com listras estreitas, 75 peixes grandes com listras estreitas e 225 peixes pequenos com listras largas.

Pergunta: Existe alguma relação entre o tamanho dos peixes com as suas listras? Explique sua resposta.

Anexo III

Tabulação dos testes por fase do curso

Fase	Aluno	Idade	Estágio
I	DMP	18	II
I	LRI	19	II
I	NSG	19	II
I	EHS	20	II
I	ISI	20	II
I	DVS	20	II
I	PDE	20	II
I	LSG	20	II
I	CQU	21	II
I	JGK	22	II
I	ICM	18	IIIA
I	GCS	18	IIIA
I	PPC	18	IIIA
I	MGS	19	IIIA
I	CGP	19	IIIA
I	RAG	25	IIIA
I	KHL	18	IIIA
I	CHO	19	IIIA
I	GGA	21	IIIB
I	HSX	19	IIII
I	LBK	20	IIII
I	JFB	18	IIIA
I	KCK	18	IIII
I	MBE	18	IIIA
I	RCO	19	IIII
I	ECV	20	IIIA

I Fase → II = 10 IIIA = 8 IIII = 7 IIIB = 1

Fase	Aluno	Idade	Estágio
III	DLH	20	II
III	DLL	21	II
III	SFP	21	II
III	RSI	nd	III A
III	EHM	19	III A
III	ESE	19	III A
III	FBG	19	III A
III	FWI	19	III A
III	JDP	20	III A
III	MEV	20	III A
III	RCR	20	III A
III	SHS	20	III A
III	JMA	22	III A
III	MRC	22	III A
III	AMM	24	III A
III	CEO	31	III A
III	MBM	35	III A
III	GWC	20	III B
III	TKR	20	III B
III	KPI	19	III i
III	MXM	19	III i
III	LID	22	III i

III Fase → II = 3 III A = 13 III i = 3 III B = 2

Fase	Aluno	Idade	Estágio
V	DME	20	II
V	LAJ	21	II
V	MPM	22	II
V	ABF	25	II
V	JMO	20	IIIA
V	MFS	21	IIIA
V	ECP	22	IIIA
V	SMA	23	IIIA
V	EPF	24	IIIA
V	CNB	24	IIIA
V	PMS	24	IIIA
V	CIG	25	IIIA
V	ELU	25	IIIA
V	MAD	25	IIIA
V	MRU	32	IIIA
V	ASM	33	IIIA
V	LVI	24	IIIA
V	BMG	20	IIIB
V	DGU	24	IIIB
V	NST	20	IIII
V	ABO	21	IIII
V	NPI	22	IIII
V	CGC	21	IIII
V	RTA	31	II

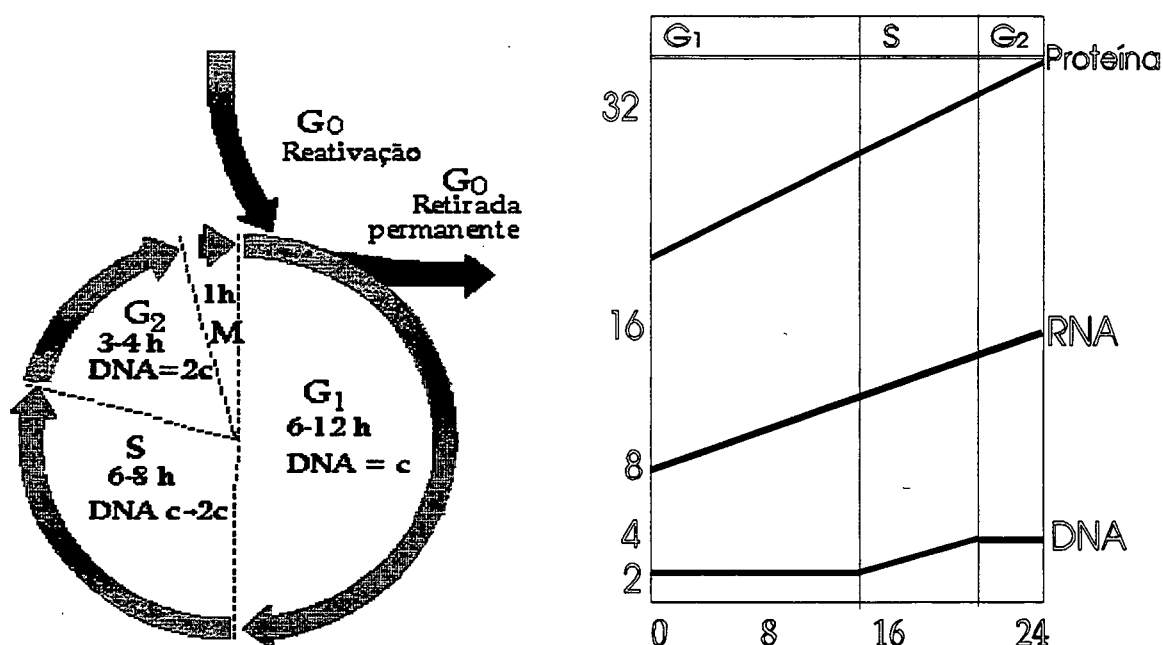
V Fase → II= 5; IIIA=13; IIII= 4; IIIB= 2

Fase	Aluno	Idade	Estágio
VII	TMS	nd	II
VII	EBS	nd	III A
VII	ACS	20	III B
VII	KSA	20	III i
VII	ASB	21	III A
VII	JRT	22	III B
VII	ALR	22	III B
VII	WDA	24	III A
VII	MAH	24	III A
VII	RBD	24	III A
VII	ACP	24	III i
VII	HLL	24	III i
VII	FCR	24	III i
VII	HEG	25	III A
VII	PRB	25	III A
VII	LFR	25	III i
VII	DJK	26	II
VII	GBJ	27	III A
VII	LRB	28	III i
VII	JNC	31	III A
VII	JMS	37	III i

VII Fase → II = 2 III A = 9 III i = 7 III B = 3

ANEXO IV

Passagem de aula de terceira fase do curso



P - (Comentando a lâmina do ciclo celular) Mais uma vez vamos observar a figura que mostra o ciclo celular. (...) Temos uma fase bastante grande onde eventos importantes acontecem que é de intérfase e temos uma fase bastante breve onde acontece o processo de divisão celular.

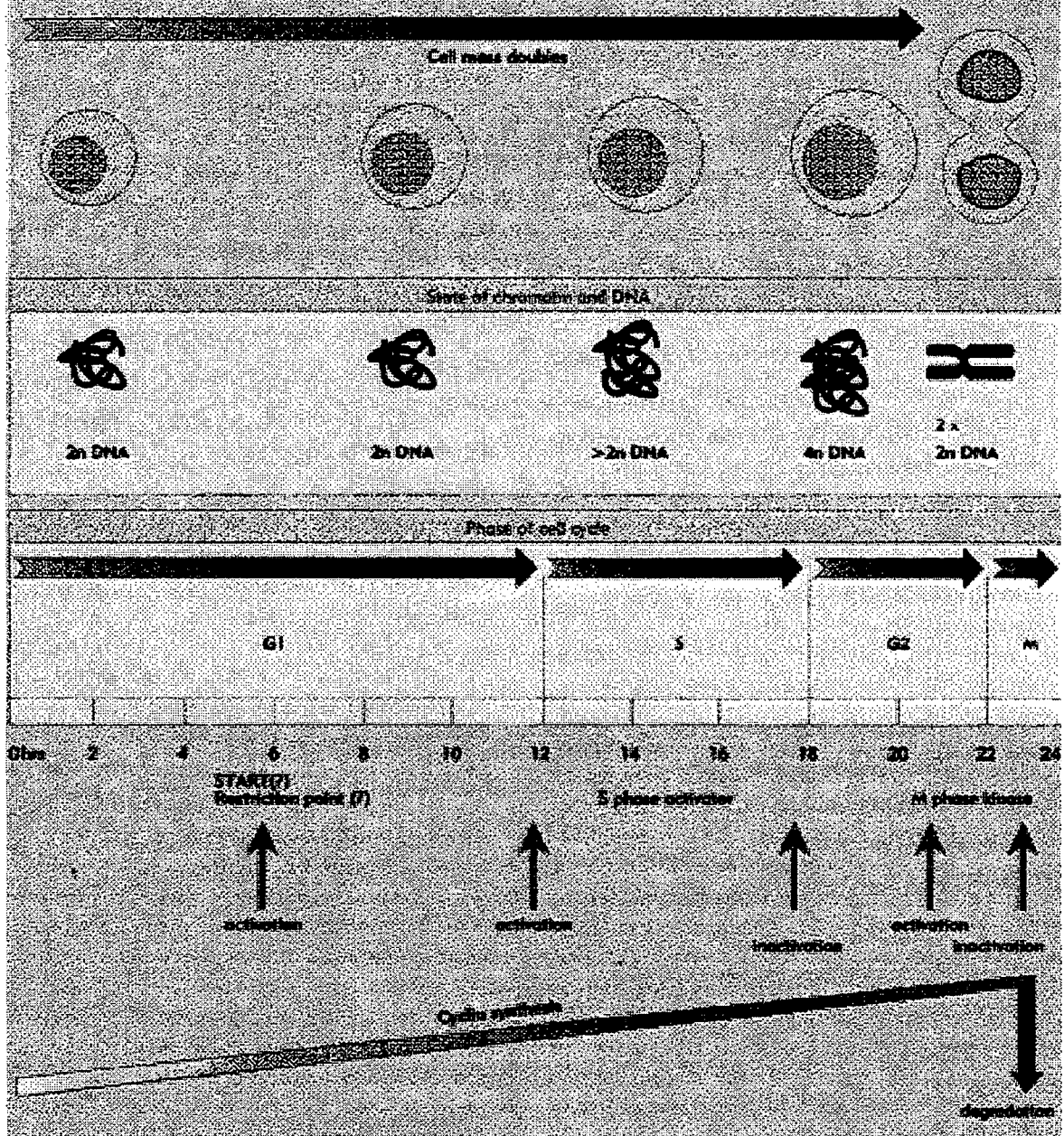
P - (Apontando para o gráfico das variações de DNA, RNA e proteínas) Temos (aqui) uma série de eventos importantes que acontecem quando a célula não está na divisão propriamente dita. Vamos tentar entender se a célula possui reguladores e ativadores no seu ciclo. Baseados neste esquema do ciclo celular, podemos fazer umas perguntas: Se temos o ciclo celular com as fases G₁, S, G₂ e M, como a célula sabe que ela deve iniciar a sua fase S? Como essa informação é dada? Onde se encontra essa informação? Que tipo de acontecimento determina o início, o "gatilho" do processo de síntese de DNA?

A1 - Deve ter algum sinal de síntese.

A2 - (...) produção de alguma proteína.

Figure 13.3

Cell mass doubles by continuous growth during the cycle, whereas DNA is replicated during a discrete period. Control points exist during G₁, at S phase, and at mitosis.



P - (Referindo-se à lâmina do desenvolvimento do ciclo celular) Vocês veem alguma coisa diferente a partir dessa célula inicial, até a formação de duas novas células?

A3 - A célula está aumentando de tamanho.

P - A célula deve se desenvolver para formar todas as organelas para duas novas células.

P - (Na segunda parte da lâmina) Aqui estamos falando da quantidade de DNA na célula e do estado da cromatina (...). Sabemos que em G₁ ela tem uma atividade

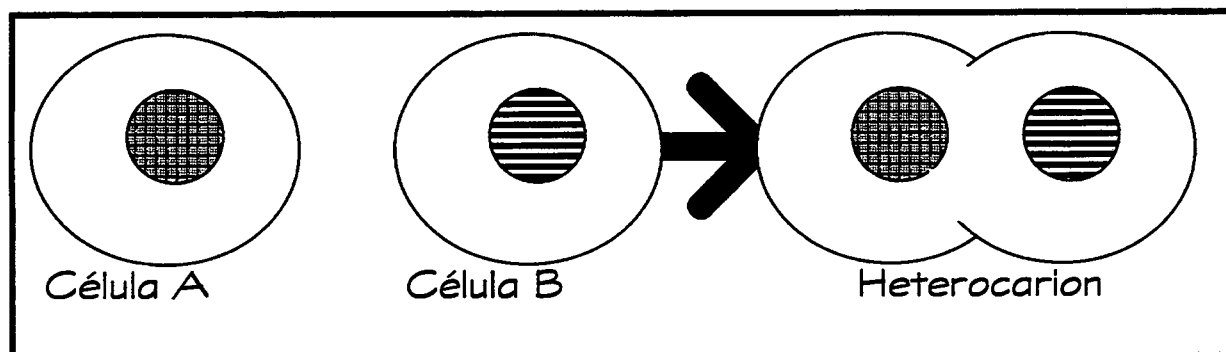
(...) a medida que passar por S sua quantidade vai aumentando até chegar em G2, quando a célula dobra a quantidade de DNA. E aqui, no final do processo, temos um cromossomo que é típico da metáfase.

P - Alguém tem idéia de como fazer um sistema que possa demonstrar se existe realmente um sinal e onde se encontraria este sinal para a célula entrar na fase S ou não?

A4 - Aumentando a quantidade de células.

P - Será que não daria mais informações se agrupássemos dois sistemas diferentes? (...)

Existe um processo que se chama formação de *heterocarion* (...) que é a fusão de células em estágios diferentes. Isso pode ser feito por agentes biológicos, como vírus ou agentes químicos, ou, ainda, por agentes físicos, como a eletrofusão, usada para conseguir a Dolly por clonagem. (...) Empacota-se numa mesma membrana núcleos em estágios diferentes, formando células polinucleadas. Assim, podemos compreender a interferência de um conteúdo celular sobre o outro.



P - O que seria interessante colocar num *heterocarion*? (...) O que aconteceria se colocássemos uma célula G1 (precoce) junto a outra célula S? A célula que está na fase S sintetiza DNA, mas será que existe realmente este ativador?

A5 - Pode até levar a célula se duplicar (o DNA), mas se não existirem elementos suficientes ela não passa para a fase seguinte. (...) G1 vai duplicar (o DNA) até chegar ao mesmo estágio da célula que está na fase S.

P - Como disse o A5, existe algo em S que faz G1 duplicar o seu DNA.(...) Mas o aconteceria se colocássemos mais células G1 do que S no *heterocarion*?

A6 - O núcleo S se degeneraria.

A5 - Vão faltar elementos para os núcleo em G1 se duplicarem.

A7 - G1 para.

A5 - Estimularia o núcleo G1 a passar para a fase S.

P - (Temos agora) estas duas situações, podem dar outra resposta. (...) Que resposta será? (...) Aqui temos mais G1 e não conseguem completar a síntese e lá temos mais S e os núcleos G1 conseguem completar a síntese.

A 5 - Há disponibilidade de material para a duplicação.

P - (Diz em outras palavras a conclusão do aluno). (A resposta é...) existe um fator que leva a célula a duplicar o DNA e a sua quantidade é importante para a regulação do sistema. No caso onde tínhamos poucas células em S a quantidade do fator era insuficiente para realizar a síntese.

Assim sabemos que: existe um fator ativador da fase S (...) no citoplasma, que controla a passagem da fase G1 para a fase S; (...) que este fator é limitante, ou seja, depende da sua quantidade (para a célula realizar a duplicação). (...) Qual é o fator é uma pergunta que permanece aberta para os pesquisadores. (...) Essas idéias são possibilidades e induções feitas a partir de experimentos (...). A aula de hoje não traz respostas concretas, mas pesquisas que estão sendo realizadas para determinar algumas passagens do processo de divisão celular.

.....

P - Acabamos de ver a situação de *heterocarions* de células em intérfase. Vamos olhar para uma outra situação: quando uma célula que iniciou a mitose é fundida com outra célula na intérfase (G1, S ou G2). Essa situação faz com que o núcleo em intérfase entre numa pseudomitose. Vejam as seguintes situações (tabela da formação de *heterocarions* 6, 7 e 8).

<i>Heterocariations</i>	G ₁	S	G ₂	M
1. G ₁ + S	duplica rapidamente	duplica		
2. S + S + G ₁ + G ₁ + G ₁ + G ₁	entram em síntese, mas fica incompleta.	duplica		
3. S + S + S + S + G ₁ + G ₁ + G ₁	todos entram em síntese	duplica		
4. S + G ₂			G ₂ aguarda a célula em S para a mitose	
5. G ₁ + G ₂			G ₂ que já realizou a síntese aguarda a célula G ₁ realizar a síntese.	
6. G ₁ + M			Os núcleos G ₁ e S tendem para a Mitose. Ocorre condensação prematura dos cromossomos, mesmo que a síntese do DNA esteja incompleta	
7. S + M				
8. G ₂ + M				

P - Observa-se que todos os núcleos interfásicos passam a ter uma condensação prematura dos cromossomos, desregulando totalmente o sistema. (...) A célula interfásica tenta correr atrás da mitose. Vejam (que isso é indicativo) de que alguma coisa importante acontece (...) e não respeita nada, passando por cima das fases (...) provocando um desastre nos núcleos interfásicos.

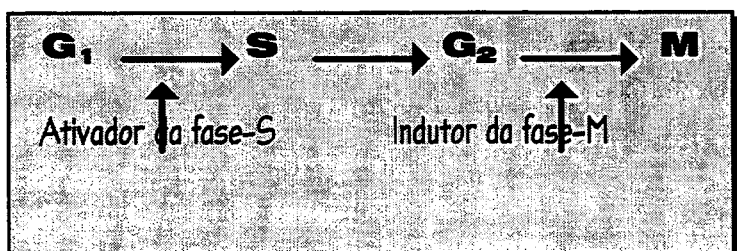
P - Quero que vocês percebam que esse indutor da fase M, a partir do momento que se faz presente na célula ele consegue puxar

A6 - (Continuando o pensamento da professora) É como se não tivesse mais jeito depois que entra em mitose...

A7 - (Interrompendo A6) ... Mas precisaria se condensar. (...)

P - Esse indutor se chama MPF (*Mitose Promoting Factor*) ou fator de promoção da fase mitótica. (...) Esse fator é encontrado desde leveduras até os mamíferos.

Pela tabulação dos resultados propostos pela tabela anterior, apresentando as possibilidades e os resultados de fusões, pode-se chegar à seguinte síntese.



Após realizar esta síntese, a professora abordou outras questões: O ativador da fase-S impede a Mitose ou o indutor da fase-M só funciona quando está completa a síntese? O indutor da fase-M inibe a ação do ativador da fase-S? Ou o indutor da fase-M age independentemente do ativador da fase-S? Quem inibe a ação de quem?

ANEXO V

Tabulação do resultado da questão de prova na terceira fase do curso

<i>Alunos</i>	Respostas da questão			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
VNS	--	--	--	--
DLH	--	--	--	--
MRC	--	--	X	--
DLL	--	--	X	--
FBG	--	--	X	--
MEV	--	--	--	X
DME	--	--	X	X
JMA	X	--	X	--
MIW	X	X	--	--
TKR	X	X	--	--
LVI	X	--	--	X
SHS	--	X	--	X
GWC	--	X	--	X
MBM	--	X	X	--
MXM	X	X	--	X
AMM	X	X	--	X
RSI	X	X	--	X
RTA	X	X	--	X
FWI	X	X	--	X
ESE	X	X	--	X
KPI	X	X	--	X
JNC	X	X	--	X
ISC	--	X	X	X
EHM	X	X	X	--
JDP	X	X	X	X
RCR	X	X	X	X
ARS	X	X	X	X
CEO	X	X	X	X
LID	X	X	X	X
CGC	X	X	X	X
DBR	X	X	X	X
JMS	X	X	X	X
TOTAL	21	23	16	22

Resposta correta = X

Resposta errada = --