

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**Faculdade de Educação**

Programa de Pós-Graduação em Educação:  
Conhecimento e Inclusão Social

**Construção de Um  
Perfil Conceitual de Vida**

Trabalho apresentado como pré-  
requisito parcial para a obtenção  
do título de Doutor em Educação

Aluno: Francisco Ângelo Coutinho

Orientador: Eduardo Fleury Mortimer

Co-Orientador: Charbel Niño El-Hani

Belo Horizonte, 10 de março de 2005

## RESUMO

O trabalho teve como objetivo a construção de um perfil conceitual de vida, determinando-se as zonas que constituem esse perfil. Partiu-se, inicialmente, da hipótese de que o conceito de vida é polissêmico e que, portanto, comporta um perfil conceitual. Além disso, procurou-se desenvolver uma metodologia para avaliar a ocorrência das zonas do perfil conceitual de “vida”. As zonas do perfil foram identificadas a partir de três domínios genéticos: sociocultural, ontogenético e microgenético. Foram utilizados dois instrumentos de coleta de dados: um questionário e uma entrevista com situações-problema (contexto microgenético). A fonte principal na identificação das zonas foram os dados empíricos obtidos no questionário. Levou-se ainda em consideração as discussões sobre o conceito de vida e sua história (domínio sociocultural). Também foi realizada uma revisão da literatura sobre concepções informais dos alunos (domínio ontogenético). Os instrumentos de coleta de dados foram aplicados a estudantes do curso de Ciências Biológicas e da pós-graduação em Ecologia e Genética da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). O questionário aplicado era composto de quatro questões, das quais foram utilizadas as questões 1, 2c e 3 para a construção do perfil conceitual. O universo amostral, para o questionário, foi de 120 alunos, distribuídos no 1º, 3º, 4º e 5º períodos. A entrevista baseada em situações-problema elaboradas a partir de problemas levantados pela tentativa de definição de vida dentro do programa da visa artificial foi aplicada a oito alunos da pós-graduação. As entrevistas foram realizadas com o objetivo de aferir a permanência ou não das zonas do perfil e a sua tomada de consciência pelo sujeito, após todo o processo de escolarização e término de um curso superior em biologia. A análise do questionário, em conjunto com a revisão sobre o conceito de vida, levou, inicialmente, a sete categorias, que poderiam corresponder a sete zonas do perfil. A análise mostrou que essas sete categorias podem ser reduzidas a três zonas básicas que os entrevistados usam quando explicitam suas concepções de vida: externalismo (quando a vida é entendida como algo exterior, ou que tende ao exterior, do vivente), internalismo (quando vida é entendida como processos ou propriedades inerentes ao vivente) e relacional (quando vida é entendida como uma relação entre entidades ou a definição é dada em termos de relações de conceitos). Abordou-se, de posse das categorias reduzidas, algumas concepções de vida ao longo da história e de definições dentro da biologia, ou em diálogo com ela, no século XX. Os resultados levam a concluir que o conceito de vida exhibe perfis e, ainda, que é possível construir perfis individuais. Além disso, os perfis de vida são extremamente diversos. A análise

dos dados indica também que os perfis vão modificando-se à medida que se avança nos períodos do curso de Ciências Biológicas, observando-se um aumento na zona internalista e uma diminuição das zonas externalista e relacional. Os resultados das entrevistas revelam a tomada de consciência, por parte dos alunos, de seus perfis conceituais. Após a determinação das zonas do perfil conceitual de vida, este foi aplicado no estudo sobre definições e noções encontradas em livros didáticos do ensino superior, com o intuito de obter-se informações sobre as idéias acerca de vida que circulam entre os alunos. A análise dos livros de biologia geral e manuais de formação específica revelou que, dos quinze livros analisados, a zona internalista aparece em todos os livros, a zona externalista é utilizada em um livro e a relacional também em 1 livro. Nota-se, então, uma importante co-ocorrência entre os dados dos questionários e os dados obtidos a partir das informações que circulam entre os alunos, na forma de livros e manuais didáticos. Assim, o estudo propõe um perfil conceitual de vida e leva à conclusão de que, ao longo do curso, há uma evolução no sentido de restrição das zonas do perfil. A observação de uma tomada de consciência do perfil, nas entrevistas com os alunos da pós-graduação, levanta a possibilidade de adoção de estratégias de ensino que favoreçam as discussões sobre o conceito de vida, na graduação. Tal discussão permitiria o contato com paradigmas orientadores da biologia, favorecendo uma visão mais integrada do conhecimento biológico.

## ABSTRACT

The objective of this research was to construct a conceptual profile of 'life', discovering the areas that constitute this profile. The initial hypothesis was that the concept of life has multiple meanings and moreover, that it behaves like a conceptual profile. In addition a methodology was sought whereby the occurrence of areas of the conceptual profile of "life" could be developed. The areas of the profile were identified as belonging to the following three genetic domains: socio-cultural, onto-genetic and micro-genetic. Two data-collection tools were used: a questionnaire and an interview with problem-situations (micro-genetic context). The main source for identification of the areas was the empirical data obtained by the questionnaire. Discussions about the concept of life and its history (socio-cultural domain) were also taken into consideration. A review of the literature about informal conceptions of students (onto-genetic domain) was also conducted. The data-collection tools were used with Biology undergraduate students and graduate students of Ecology and Genetics at the Federal University of Minas Gerais (UFMG). The questionnaire included four questions, of which items 1, 2c and 3 were used to construct the conceptual profile. The sample pool for the questionnaire consisted of 120 students, in their 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> semesters, respectively. Interviews, based on problem-situations developed from the attempt to define life within the program of artificial life, were conducted with eight graduate students. The objective of the interviews was to confirm the existence of the areas of the profile, and their status in the subject's conscience, after completion of the education process and having completed an undergraduate degree in biology. Analysis of the questionnaire, together with the review of the concept of life, resulted initially in seven categories, which could correspond to seven zones of the profile. Further study revealed that these seven categories could be reduced to three basic areas that the interviewees use when explaining their concepts of life: externalism (wherein life is understood as something exterior, or that tends to be outside the one living it); internalism (wherein life is understood as processes or properties inherent to the one living it); and relational (wherein life is understood as a relation among entities or the definition is given in terms of the relation between concepts). Research then followed from these reduced categories, on certain concepts about life that had developed throughout history and of definitions within the biological area or in dialogue with the area, during the twentieth century. The results point to the conclusion that the concept for life shows profiles and also that it is possible to construct individual profiles. Furthermore, the profiles for life are extremely varied. Analysis of the data also points to the fact that such profiles

change and develop over the course of the undergraduate career in the Biological Sciences, showing an increase in the internalist area and a decrease in the externalist and relational. The results of the interviews reveal an awareness of their conceptual profiles on the part of the students. After the areas of the conceptual profile for life were determined, they were then investigated in college-level textbooks in a search for definitions and notions, in order to gather information regarding the ideas about life that circulate among students. Analysis of fifteen general biology textbooks and specific undergraduate manuals demonstrated that the internalist area appears in all the books, the externalist area appears in only one, and the relational also in only one. An important co-occurrence, therefore, can be observed between the data obtained from the questionnaires, and those that circulate among the students, in the form of textbooks and manuals. Thus, this study proposes a conceptual profile for life and reaches the conclusion that, during the educational process, an evolution occurs in the sense of restriction of areas of the profile. The observation that there is a conscious awareness of the profile, based on the interviews with the graduate students, raises the possibility of adopting teaching strategies that promote discussions about the concept of life, during undergraduate studies. Such discussion would enable contact with biological paradigms that can better orient the students, promoting a more integrated perspective in biological knowledge.

Para meu filho Pedro e minha esposa Rose, que  
são a origem, o sustento e a foz de tudo que faço.

À memória de meu filho Gabriel.

## AGRADECIMENTOS

---

---

Aos meus pais, José Garcia Coutinho e Ângela Remiggi Coutinho, por me ensinarem as possibilidades da vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Fleury Mortimer, pela amizade e dedicação com que se dedicou à orientação desse trabalho. Igualmente, por suas aulas fecundas e rigor intelectual, que o transformam num modelo de professor.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani, pela amizade e dedicação com que se entregou à orientação desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Oto Néri Borges, por todas as suas contribuições ao longo da caminhada e pela generosidade que, em um momento difícil, priorizou o conhecimento e minha formação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social da Faculdade de Educação da UFMG, pela seriedade e rigor com que se dedica à formação de pesquisadores na área de educação.

À Fundação Educacional Monsenhor Messias, pelo incentivo institucional à qualificação de seus profissionais.

À Faculdade Pitágoras e à Profa. Dra. Glícia Gripp, pelo incentivo e apóio nos momentos finais deste trabalho.

Aos meus sogros Edson da Silva Moreira e Alice Maria Rodrigues da Silva, pelo apoio e carinho e por terem assumido muitas vezes minhas obrigações, dando-me tranquilidade para me dedicar ao trabalho.

À minha irmã Maria Regina Coutinho, pelo apoio, amizade e incentivo constante.

Ao meu amigo Prof. Dr. Rogério Parentoni Martins, que me ensinou, pelo exemplo, que a vida intelectual não pode ser desvinculada de preocupações sociais. Sem sua generosidade e paciência, eu ainda estaria pensando em ingressar no doutorado.

À memória de Francisco Urquiza Campos e à de Aristides Teles, as primeiras fontes da medida e da vida intelectual.

À memória de Hélio Teles, que me ensinou a plantar árvores que, hoje, dão sombra e frutos para meu filho Pedro.

À memória do Engenheiro Sérgio Viana Machado, cuja amizade me tornou uma pessoa melhor.

À memória do ator e tio Sudário Moreira, pelo exemplo de força de vontade e pelo humor com que iluminou a minha infância.

À memória de minha avó Iraci Moreira, que me ensinou que o Bem reside nas pequenas ações que dignificam o outro.

Aos meus alunos Fábio, Mariana e Renata, que enfrentaram a “vida” comigo e muito contribuíram para esse trabalho.

Às alunas Camila, Cristina e Vanessa e a todos aqueles que dão um sentido especial à palavra “professor”.

Aos alunos da graduação e da pós-graduação do ICB que cederam seus tempos, respondendo questionários e entrevistas. Muito obrigado e que esse trabalho faça jus a paciência e a generosidade de vocês.

Aos professores do ICB que, gentilmente, contribuíram com o tempo de suas aulas para que os alunos respondessem ao questionário.

Aos professores Maria Alice Nogueira e Luiz Alberto Oliveira Gonçalves pelas aulas rigorosas e fecundas que muito contribuíram para minha formação.

À Prof. Dra. Rosalina Braga, pelo incentivo e amparo em momentos difíceis.

Aos professores Dr. Francisco Barbosa e Dra. Paulina Barbosa, pelo apoio inicial que me permitiu elaborar uma proposta de trabalho para o concurso de doutorado.

Aos professores Dr. Fabrício R. Santos, Dra. Mônica Bucciarelli Rodriguez e Dra. Cleuza Graça Fonseca, pelo carinho e apoio.

Ao Prof. Dr. Romeu C. Guimarães, pelo incentivo inicial e pela generosidade com que tem contribuído para minha formação.

Ao livreiro William Gomes, que substituiu seu irmão José Maria Gomes na paciência de administrar o meu crediário.

Aos membros do Grupo de Estudos Interdisciplinares que, durante quatro anos, mantiveram “serenas” discussões sobre teorias da complexidade e filosofia da ciência.



Tudo Flui  
(Heráclito)

A vida é uma história contada por um idiota, cheia  
de som e fúria, sem significando algum.  
(W. Shakespeare)

O ponto culminante da vida é a compreensão da vida.  
(G. Santayana)

Medir o que é mensurável e tornar mensurável o  
que não é.  
(Galileu)

<b>Índice de Quadros</b>	<b>2</b>
<b>Índice de Gráfico</b>	<b>2</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>4</b>
<b>CAPÍTULO 1 – O PERFIL CONCEITUAL: UMA MUDANÇA NA NOÇÃO DE APRENDIZAGEM</b>	<b>10</b>
<b>CAPÍTULO 2 – A METODOLOGIA E A CONSTRUÇÃO DAS ZONAS DO PERFIL CONCEITUAL</b>	<b>20</b>
1. A Metodologia de Trabalho	20
2. A Construção das Zonas do Perfil	28
<b>CAPÍTULO 3 - A NATUREZA DAS DEFINIÇÕES</b>	<b>34</b>
1. Introdução	34
2. A Importância das Definições	35
3. A Visão Padrão Sobre a Definição de Vida e Sobre a Natureza das Definições	37
4. Problemas Com a Metafísica Objetivista	44
<b>CAPÍTULO 4 – RECONSTRUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE VIDA</b>	<b>49</b>
1. Introdução	49
Seção I – A concepção de Vida na História da Ciência	49
1. Algumas Idéias Sobre a Vida na Antiguidade e na Idade Média	50
2. A Concepção de Vida no Renascimento	54
3. A Concepção Mecanicista do Século XVII: O Mecanicismo	58
3.1. Introdução	58
3.2. O Mecanicismo Cartesiano e a Vida	61
4. Depois disso, lá na Química...	65
5. Vitalismos para todos os gostos	67
Seção II – A concepção de Vida nos Séculos XX e XXI	68
1. Introdução	68
2. Três Definições de Vida na Teoria Sintética da Evolução	69
3. A Definição Autopoiética de Vida	79
4. A Definição Biossemiótica de Vida	83
5. A Concepção de Vida na Hipótese Gaia	88
6. A Concepção de Vida na Teoria Endossimbiótica	94
7. A Concepção de Vida no Programa da Vida Artificial	97
<b>CAPÍTULO 5 – A CONCEPÇÃO DE VIDA NA LITERATURA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS</b>	<b>103</b>
1. Introdução	103
2. Análise dos Trabalhos sobre Concepções de Vida em Estudantes	103
3. Consolidando os resultados da literatura em concepções dos estudantes	109
<b>CAPÍTULO 6 – RESULTADOS DA PESQUISA EMPÍRICA</b>	<b>113</b>
1. Introdução	113
2. Os Dados do Questionário	114
3. Os Dados das Entrevistas	140
4. Concluindo o Capítulo	151
<b>CAPÍTULO 7 – ANÁLISE DAS CONCEPÇÕES DE VIDA LIVROS DIDÁTICOS</b>	<b>153</b>

<b>1. Introdução</b>	<b>153</b>
<b>2. A Análise</b>	<b>155</b>
<b>3. Concluindo o Capítulo</b>	<b>163</b>
<b>CAPÍTULO 8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>166</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>174</b>

## Índice de Quadros

Quadro 1. Questão 2 do questionário.....	23
Quadro 2. Questão 3 do questionário.....	23
Quadro 3. Questão 4 do questionário.....	24
Quadro 4. Situações-problema sobre o conceito de vida.....	26
Quadro 5. As categorias e seus modos de expressão.....	31
Quadro 6. Redução das Categorias.....	32
Quadro 7. Similaridades e diferenças entre células procariotas, células eucariotas, mitocôndrias e cloroplastos.....	94
Quadro 8. Categorias preferenciais por nível potencial de escolarização.....	111
Quadro 9. Frequência de categorias, por questão, no primeiro período (n = 32).....	115
Quadro 10. Frequência de categorias, por questão, no terceiro período (n = 18).....	116
Quadro 11. Frequência de categorias, por questão, no quarto período (n = 29).....	116
Quadro 12. Frequência de categorias, por questão, no quinto período (n = 29).....	117
Quadro 13. Frequência de categorias, por questão, na pós-graduação (n = 11).....	118
Quadro 14. Frequência de categorias, por questão, no universo amostral (n = 119).....	118
Quadro 15. Média das categorias, por questão.....	119
Quadro 16. Perfis do 1º período da graduação.....	122
Quadro 17. Perfis do 3º período da graduação.....	123
Quadro 18. Perfis do 4º período da graduação.....	124
Quadro 19. Perfis do 5º período da graduação.....	125
Quadro 20. Perfis da pós-graduação.....	126
Quadro 21. Perfis mais comuns.....	127
Quadro 22. Número de zonas, por aluno, por período.....	128
Quadro 23. Análise de livros de biologia geral e de manuais específicos utilizados no ensino superior de biologia.....	164

## Índice de Gráfico

Gráfico 1. Percentual de aparecimento das zonas do perfil, no 1º período.....	129
Gráfico 2. Percentual de aparecimento das zonas do perfil, no 3º período.....	130
Gráfico 3. Percentual de aparecimento das zonas do perfil, no 4º período.....	130
Gráfico 4. Percentual de aparecimento das zonas do perfil, no 5º período.....	131
Gráfico 5. Percentual de aparecimento das zonas do perfil, na pós-graduação.....	131
Gráfico 6. Evolução das zonas do perfil conceitual, do primeiro período à pós-graduação.....	132
Gráfico 7. Evolução da zona externalista.....	133
Gráfico 8. Evolução da zona internalista.....	134
Gráfico 9. Evolução da zona relacional.....	135
Gráfico 10. Barra de erro da categoria agente.....	136
Gráfico 11. Barra de erro da categoria artificialismo.....	136
Gráfico 12. Barra de erro da categoria finalismo.....	137
Gráfico 13. Barra de erro da categoria essencialismo macro.....	137
Gráfico 14. Barra de erro da categoria essencialismo micro.....	138

<i>Gráfico 15. Barra de erro da categoria mecanismo.....</i>	<i>138</i>
<i>Gráfico 16. Barra de erro da categoria relacional.....</i>	<i>139</i>
<i>Gráfico 17. Perfil de dois alunos da pós-graduação entrevistados, que também haviam respondido ao questionário. ....</i>	<i>141</i>

## **Índice de Figuras**

<i>Figura 1.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 2.....</i>	<i>96</i>

## INTRODUÇÃO

---

---

Este trabalho tem como principal objetivo propor um perfil conceitual (Mortimer, 1995b e 2000) para o conceito de vida. Partiu-se, inicialmente, da hipótese de que o conceito de vida é polissêmico, admitindo vários significados e, portanto, deveria comportar um perfil conceitual. Assim, buscamos determinar as zonas que constituem esse perfil conceitual. Tal perfil foi proposto considerando-se idéias que estão relacionadas à compreensão de vida. Com esse fim, utilizou-se como fonte de informação os dados empíricos colhidos por meio de questionários, aplicados aos alunos da graduação em ciências biológicas (ICB/UFMG), e de entrevistas, baseadas em situações-problema, com alunos de pós-graduação da área de biologia; e estudos sobre o conceito de vida na história da ciência e na literatura em ensino de biologia.

O pano de fundo de nosso trabalho, que gerou a escolha do conceito de vida como objeto de estudo, é a idéia de que a precisão e a objetividade da ciência derivam – em grande parte – de um processo de auto-imposição de limites ao seu discurso. Ou seja, a constituição de um campo científico está intimamente ligada à sua autolimitação face à construção de afirmações sobre os fenômenos e objetos de estudos (Videira, 2000). Para tanto, uma das mais importantes atividades da ciência é a elaboração de teorias – estruturas lingüísticas que interpretam aquilo que percebemos ou acreditamos existir no mundo dos fenômenos (Videira, 2000). Tais teorias de uso restrito utilizam conceitos que nem sempre encontram correspondência com objetos do mundo, visto que um conceito científico não deve ser entendido como um termo que substitui um objeto natural. Os conceitos científicos são mais do que uma replicação do mundo, na medida em que seus significados são dados por suas inserções em complexas redes lingüísticas e de práticas teóricas, experimentais e comunicativas (Emmeche e El-Hani, 2000). Com base nesta idéia de que os conceitos

científicos adquirem seus significados em relação uns aos outros, Emmeche propõe a noção de ontodefinições (Emmeche, 1997 e 1998, Emmeche e El-Hani, 2000), da qual fazemos uso, para se referir àquelas categorias muito amplas que se apresentam como os conceitos mais gerais de um determinado campo científico, tal como vida em biologia.

As ontodefinições se situam na fronteira entre a ciência e a metafísica e cumprem papel integrativo dentro do paradigma científico do qual fazem parte. No nosso caso, o papel de uma definição de vida é dar um contorno claro ao objeto de estudo da biologia, organizando modelos, teorias, metáforas e entidades de maneira unificada e coerente. Tal organização unificada e coerente, embora não suficiente, é necessária para tornar a biologia uma ciência autônoma, distinguindo seu objeto de estudo do de outras ciências, como a física e a química (Cf. Emmeche e El-Hani, 2000). Ainda mais, segundo alguns autores, a biologia necessita de uma profunda transformação, que é justamente a integração de campos conceituais antes isolados em disciplinas com territórios bem definidos (Kafatos e Eisner, 2004). Segundo estes autores, o progresso científico é atingido quando há integração do conhecimento e a biologia hoje vive a expectativa de unificação, caso pretenda atingir maiores progressos teóricos e práticos.

Da mesma forma que as ontodefinições cumprem papel integrativo no conhecimento científico, deve-se ressaltar que elas cumprem também tal papel no ensino daquele campo científico. Segundo Emmeche e El-Hani (2000) e El-Hani e Kawasaki (2000), quando se ensina biologia, a perspectiva é a de que o estudante não se limite a decorar termos técnicos, mas construa uma visão integrada e ordenada dessa ciência. Assim, pelo papel integrativo do conceito de vida, a expectativa deste trabalho de tese é que possamos vir a contribuir, no futuro, para as discussões e a elaboração de estratégias para um ensino mais integrado de biologia, no nível superior.

Muitos cientistas e filósofos da biologia, no entanto, são céticos em relação a uma possível definição de vida e acreditam que essa ciência deveria continuar seu caminho sem preocupar-se em definir precisamente seu objeto de estudo. Biologia é o estudo da vida, mas o que é vida? Segundo Chao (2000), Bedau (2000), Rizzonti (2001), Emmeche (1997 e 1998), Emmeche e El-Hani (2000), entre outros, a atitude comum é admitir que a melhor resposta a essa questão é a enumeração de propriedades, tais como metabolismo, reprodução, homeostase, hereditariedade, entre outras. Essa também tem sido a atitude mais freqüente em livros didáticos (Kawasaki e EL-Hani, 2002).

No entanto, como argumentado acima, vida é uma ontodefinição e, enquanto tal, decorre que é ontodefinição de diversos paradigmas que têm se apresentado na biologia, como veremos. Ora, as ontodefinições apresentam oportunidade de integração do conhecimento e, assim, vida é um conceito unificador que deve também ser utilizado como integrador do processo de ensino/aprendizagem em biologia, conforme as propostas de Emmeche e El-Hani (2000) e Kawasaki e El-Hani (2002). Porém, tal só é possível se sua diversidade de significados e suas diversas definições, em paradigmas diferentes, estiverem explicitadas.

Neste sentido, a noção de perfil conceitual, desenvolvida por Mortimer (1995b e 2000), foi utilizada aqui para a estruturação das idéias sobre vida. Segundo a noção de perfil conceitual, um único conceito pode estar disperso entre várias formas de pensar e qualquer indivíduo pode possuir mais de uma forma de compreensão de um determinado conceito. Na construção de um perfil, para cada conceito, constituem-se zonas que se referem aos diferentes aspectos ou diferentes formas de compreensão do significado e do uso daquele conceito. As zonas do perfil conceitual convivem no mesmo indivíduo e representam formas distintas de pensar que podem ser usadas em função do contexto a que esta forma se aplica (Mortimer, 2001). Para o leitor interessado nos fundamentos teóricos da noção de perfil conceitual, indicamos também o trabalho de Amaral (2004).

A fonte primeira para o estabelecimento das zonas do perfil foi um questionário, aplicado a alunos da graduação em ciências biológicas da UFMG. No entanto, como se verá, tanto para a formulação do questionário como para a análise das respostas, o autor já havia feito um considerável levantamento da bibliografia sobre vida. Assim, o mais correto seria afirmar que a elaboração das zonas do perfil foi realizada em um jogo dialógico entre o estudo teórico e o levantamento empírico, no qual foram consideradas informações relacionadas a pelo menos três domínios genéticos (Wertsch, 1985)<sup>1</sup>: sociocultural, constituído a partir da revisão bibliográfica sobre o conceito de vida e sobre a história deste conceito, como apresentado no capítulo 4; ontogenético, constituído principalmente a partir dos estudos sobre concepções informais ou alternativas dos estudantes, como apresentado no capítulo 5, e o microgenético, constituído a partir de nossos dados, como apresentados no capítulo 6. Para a delimitação do trabalho de coleta de dados, escolhemos os cinco primeiros períodos do curso de graduação, que constituem o ciclo básico de formação desse curso. Após esses cinco períodos, os alunos vão para os bacharelados de escolha ou para a licenciatura. Com base em sete categorias encontradas nos questionários, estabelecemos três zonas do perfil.

Para aferir se há permanência das zonas do perfil, após o processo de formação no curso superior, trabalhamos com os alunos de dois programas de pós-graduação, na área de biologia. Assim, elegemos as pós-graduações em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre e Genética. Nesse nível de formação, realizamos entrevistas baseadas em situações-problema. Os estudos na história da

---

<sup>1</sup> Para Wertsch (1985), o núcleo teórico da obra de Vygotsky pode ser resumido em três aspectos principais: a confiança em um método genético que privilegia estudo do desenvolvimento das funções e processos mentais; a proposição de que os processos mentais superiores dos indivíduos têm sua origem nos processos sociais; e a proposição de que os processos mentais superiores poderão ser compreendidos somente por meio do estudo das ferramentas e signos que atuam como mediadores desses processos. Em relação ao método genético, entendido enquanto o estudo da gênese, é necessário considerar o desenvolvimento das funções mentais superiores em todas as suas fases e mudanças e em diferentes domínios genéticos – filogenético, sociocultural, ontogenético e microgenético.

ciência e na literatura sobre ensino de biologia tiveram como principal objetivo avaliar e corroborar as zonas encontradas nos questionários e nas entrevistas.

Outro objetivo dessas entrevistas foi o de constatar a possibilidade de uma tomada de consciência do perfil conceitual, visto que tal tomada de consciência abre a possibilidade de um processo de ensino/aprendizagem mais efetivo. A noção de perfil conceitual não prevê o abandono das diversas zonas do conceito, em função do processo de aquisição do discurso científico. No entanto, supõe que a tomada de consciência da existência de um perfil conceitual, por parte do aluno, seja momento de possibilidade de construção de uma aprendizagem mais significativa. Isso ocorreria porque, ao tomar consciência de seu próprio perfil, o aluno poderia localizar o(s) ponto(s) de vista da ciência dentre outros possíveis.

Do ponto de vista de seus aspectos epistemológicos e ontológicos, localizamos três zonas que representam três níveis de compreensão do conceito de vida. Essas três zonas foram nomeadas por nós “internalismo”, quando se refere às concepções nas quais vida é entendida como processos, propriedades ou objetos inerentes ao vivente; “externalismo”, que representa uma compreensão da vida como algo externo e separado do vivente, podendo ser compreendida como algo que vem de fora ou que tende a uma finalidade para além do ser vivo; e “relacional”, o entendimento da vida como uma relação de entidades e/ou sistemas, sendo a definição dada em termos de relações. Como se verá, estas três zonas foram constituídas a partir da redução de sete categorias identificadas como formas de compreender o vivente.

O trabalho será apresentado nos seguintes capítulos: o capítulo 1 trata da noção do perfil conceitual enquanto um referencial para o ensino/aprendizagem de ciências. O capítulo 2 trata da metodologia de pesquisa e apresenta nossa proposta das categorias para o perfil conceitual de vida. O capítulo 3 aborda a questão das diferentes formas de categorização e das definições científicas. O capítulo 4 trata do estudo do conceito de vida na história da ciência e discussões sobre esse conceito na atualidade. O capítulo 5 apresenta a revisão da literatura em ensino de biologia e

acerca de concepções alternativas, sobre o conceito de vida. O capítulo 6 analisa os dados da pesquisa empírica. O capítulo 7 apresenta uma análise dos manuais científicos utilizados pelos nossos informantes e, finalmente, no capítulo 8 são feitas as considerações finais do trabalho. Chamamos a atenção do leitor para o fato de que a apresentação dos resultados da pesquisa nessa ordem não significa que as zonas do perfil conceitual, apresentadas no capítulo 2, tenham sido pré-definidas e usadas para a análise de todos os dados mostrados nos capítulos posteriores. Na verdade, essas zonas emergiram da análise dos materiais bibliográfico e empírico apresentados e discutidos nos capítulos 4, 5 e 6. Optamos por essa ordem de apresentação para dar coerência ao trabalho e facilitar seu entendimento.

Ao longo deste trabalho, acreditamos ter delineado uma proposta coerente para o perfil conceitual de vida. Além disso, construímos novas ferramentas metodológicas para acessar essas zonas do perfil conceitual. Fizemos um importante resgate histórico sobre o conceito de vida, embora alguns autores tivessem que ficar de fora de nossa análise. Porém, mais do que tudo, espera-se que, como todo trabalho científico, este seja um ponto de partida, e não a chegada definitiva. Esperamos que nosso trabalho seja mais um a demonstrar a complexidade do processo de ensino/aprendizagem em biologia, de modo a possibilitar a discussão de alternativas para esse ensino.

## CAPÍTULO 1 – O PERFIL CONCEITUAL: UMA MUDANÇA NA NOÇÃO DE APRENDIZAGEM

---

---

No ensino de ciências, várias tendências se constituíram nas últimas décadas. Assim, os anos 1960 e 1970 foram os anos do desenvolvimento curricular. De fato, ao final dos anos cinquenta, havia sido constatada a considerável defasagem entre o conhecimento científico e os programas de ensino. As características mais marcantes dos currículos estabelecidos a partir desse movimento foram: valorização do método (entendido como o método empírico-indutivista) que gera e valida o conhecimento científico, relevância dada ao trabalho de investigação desenvolvido pelo aluno (incluindo a ênfase na aprendizagem por descoberta) e apresentação da ciência como atividade inacabada. A década de 1980 foi marcada pelo balanço crítico das concepções de ensino/aprendizagem desenvolvidas nas duas décadas anteriores. Constatou-se, então, que o ensino de ciências continuava em crise. O insucesso escolar não diminuía, o recrutamento para cursos de ciências não aumentava e as atitudes de professores e alunos face à ciência se revelavam defasadas em relação aos avanços epistemológicos contemporâneos. Da atitude crítica dos anos 1980, abriram-se perspectivas para o desenvolvimento de inovações na formação de professores, no desenvolvimento curricular e nas mudanças de práticas nas escolas (Santos, 1998). O que foi promovido por esse balanço crítico foi uma mudança de foco: das preocupações sobre o que e como ensinar, sobre como devemos organizar os conhecimentos para facilitar sua aquisição, passou-se à preocupação sobre como de fato aprendemos e sobre como adquirimos nossas crenças. Houve, portanto, uma mudança de enfoque da lógica do currículo para a lógica da aprendizagem.

Nesse sentido, diversos estudos foram realizados com o objetivo de estabelecer referenciais sobre aprendizagem de conceitos científicos. Esses estudos vão desde as pesquisas sobre concepções alternativas e mudanças conceituais até a valorização da análise histórico-epistemológica para promover o esclarecimento dos

conceitos e, principalmente, para a própria construção dos conceitos científicos em sala de aula.

A investigação sobre concepções alternativas tem sido foco de pesquisa desde a década 1970 e ganhou força nos anos de 1980 (Wandersee and Mintzes, 1987; Pfundt and Duit, 1992; Sanders, 1993; Driver *et al.*, 1994a; Garnett and Hackling, 1995; Yip, 1994, 1998a e 1998b). Esses estudos revelam que crianças, adolescentes e mesmo professores possuem numerosas idéias que são diferentes e às vezes inconsistentes com o conhecimento científico. Essas idéias têm sido denotadas, na literatura, por diferentes termos tais como “concepções equivocadas” (Lawson and Thompson, 1988), “concepções alternativas” (Gilbert and Swift, 1985), “estruturas alternativas” (Driver and Easley, 1978), “pré-concepções” (Hashweh, 1988) e “concepções pré-científicas” (Good, 1991). Cada um desses termos tem seu próprio mérito e sua própria limitação e os educadores não chegaram a um consenso sobre um “termo de escolha” para descrever as idéias informais das pessoas. Por uma questão de simplicidade, adotamos o termo “concepções alternativas” para denotar qualquer idéia que seja diferente daquelas geralmente aceitas pela ciência.

A identificação de concepções alternativas é, na verdade, um importante passo em direção ao ensino e a aprendizagem da ciência. No entanto, acreditava-se que o conhecimento das causas e dos processos de desenvolvimento de tais crenças informais poderia apontar e permitir a construção de estratégias instrucionais efetivas, que objetivassem preveni-las e retificá-las. De acordo com a natureza e fonte de origem, as concepções alternativas foram categorizadas nos seguintes grupos (Yip, 1998b): 1) idéias informais que são adquiridas pelos alunos na experiência cotidiana e as quais são trazidas para o espaço da sala de aula; 2) visões incompletas ou impróprias desenvolvidas pelos alunos durante o processo instrucional; 3) conceitos errôneos propagados por professores e por livros textos.

As concepções alternativas da primeira categoria são adquiridas nas experiências de vida dos alunos e pelo uso da linguagem cotidiana. Elas são

comumente detectadas na base de conceitos biológicos que são encontrados pelas crianças no seu dia-a-dia, antes do processo de instrução formal. Exemplos de tais concepções são encontradas no caso das idéias de vida, animal, planta, fonte de alimento das plantas, respiração e hereditariedade (Mintzes *et al.*, 1991; Driver *et al.*, 1994a). Em Biologia, no entanto, um amplo número de concepções alternativas pode não ter sido causada pela experiência pessoal do aluno (Barras, 1984; Cho *et al.*, 1985; Viega *et al.*, 1989; Sanders, 1993). Pode-se argumentar, para certos tópicos, particularmente para aqueles que dizem respeito a fenômenos mais complexos e abstratos tais como divisão celular, ultrafiltração em néfrons, fotossíntese e o mecanismo da circulação, que os alunos têm pouco contato com eles antes do ensino formal e, portanto, têm pouca chance de desenvolverem suas próprias explicações “ingênuas” (Lawson, 1988). Essas concepções seriam, então, principalmente da segunda e terceira categorias.

As concepções alternativas da segunda categoria são formadas como resultado de algumas falhas ou lacunas durante o processo de ensino e podem envolver uma variedade de fatores. Os alunos podem, por exemplo, formar visões impróprias ou distorcidas se um pré-requisito necessário para a construção de um novo conceito está ausente. Outra fonte de concepções alternativas pode ser o fato de professores serem menos competentes no tópico em questão. Eles podem propagar visões incompletas ou errôneas aos seus alunos por meio do ensino impreciso ou do uso não crítico de livros textos (Barras, 1984; Sanders, 1993). Há que se considerar ainda que, pela natureza dialógica de qualquer processo de entendimento (Voloshinov, 1973), um aluno pode dar um significado diferente a um conceito que foi ensinado aparentemente de forma correta pelo professor. Quando esse diálogo não é explicitado na sala de aula, a tomada de consciência das relações entre os diferentes conceitos – científicos e cotidianos – num mesmo perfil conceitual não é favorecida e o aprendizado resulta numa amalgama qualquer entre concepções informais e o conceito científico ensinado, que é fruto desse processo dialógico de entendimento.

Os estudos de concepções alternativas da primeira e da segunda categorias receberam mais atenção e estão relativamente bem documentados na literatura sobre o ensino de conceitos biológicos. Porém, aqueles originários de professores e de livros textos carecem ainda de uma maior investigação (Yip, 1998b).

Durante a década de 1980, com o apogeu dos estudos envolvendo concepções alternativas dos estudantes e modelos de mudança conceitual para lidar com essas concepções no processo de ensino-aprendizagem, os pesquisadores tendiam a enfatizar o processo individual de construção de conhecimento. A principal preocupação era estudar como as concepções alternativas dos estudantes poderiam ser modificadas, por exemplo, por meio da criação de conflitos entre essas concepções e resultados experimentais ou entre diferentes estruturas cognitivas relacionadas aos mesmos fatos.

Essa pesquisa sobre as concepções alternativas gerou uma visão construtivista que dominou a pesquisa sobre educação em ciências e matemática a partir da década de 1980. Segundo Mortimer, apesar da grande variedade de diferentes visões que aparecem na literatura sob o mesmo rótulo, existem pelo menos dois aspectos que parecem ser compartilhados pelas diferentes abordagens:

que a aprendizagem é conseqüência do envolvimento ativo do aluno no processo de construção do conhecimento; e que as idéias prévias ou alternativas dos alunos desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, pois esta só é possível sobre as bases do que o aluno já sabe (Mortimer, 1996).

A partir desse modelo de aprendizagem, desenvolveu-se um modelo de ensino para lidar com as concepções dos estudantes, que procura transformá-las em conceitos científicos: o modelo da mudança conceitual. Proposto como um modelo para explicar ou descrever “*as dimensões substantivas do processo pelo qual os conceitos centrais e organizadores das pessoas mudam de um conjunto de conceitos a outro, incompatível com o primeiro*” (Posner *et al.*, 1982, p. 211), “mudança conceitual”, na década de 1980 e em parte da década de 1990, tornou-se sinônimo de “aprender ciência” (Niedderer *et al.*, 1991). Como “construtivismo”, “mudança

conceitual” se tornou um rótulo que cobre um grande número de diferentes e, algumas vezes, incompatíveis visões (Mortimer, 1995b).

A partir da década de 1990, alguns pesquisadores começaram a perceber que essa abordagem não dava conta da complexidade das relações envolvidas no processo de aprendizagem em sala de aula (Mortimer, 1995a). Alguns desses trabalhos procuravam incorporar a dimensão sócio-interacionista à análise do processo de ensino (Edwards and Mercer, 1987; Newman *et al.*, 1989; Romanelli, 1992; Scott, 1992; Mortimer, 1994; Mortimer e Carvalho, 1996). Segundo esses trabalhos, a construção do conhecimento em sala de aula passa por um processo no qual os alunos incorporam os significados e a linguagem do professor, na construção de um conhecimento compartilhado. A visão é a de que, para a superação dos obstáculos à aprendizagem dos conceitos científicos, faz-se necessário um processo de interações discursivas, no qual o professor tem o papel fundamental de representante da cultura científica. Assim, aprender ciências é visto não como um processo de transmissão de conhecimentos, mas como um fenômeno de “enculturação” (Driver *et al.*, 1994b), ou seja, a entrada numa nova cultura, diferente da cultura de senso comum. Nessa concepção do processo de ensino-aprendizagem, as concepções alternativas não são, necessariamente, substituídas pelas concepções científicas. A ampliação do universo cultural dos agentes é consequência da reflexão sobre as interações entre as duas culturas, mas a construção de conhecimentos científicos não pressupõe necessariamente a diminuição do *status* dos conceitos cotidianos, e sim a análise consciente das suas relações (Mortimer, 1995b).

Contribui para essa mudança de enfoque o reconhecimento, por alguns autores, da impossibilidade de efetivar esse tipo de mudança que resultaria na substituição das idéias iniciais dos alunos. Solomon (1983), por exemplo, mostrou a possibilidade da coexistência de dois significados para o mesmo conceito, os quais seriam acessados em contextos apropriados. Linder (1993) argumenta que essa coexistência é possível mesmo dentro da própria ciência e ilustra essa tese com

exemplos da mecânica, óptica e eletricidade, nas quais as visões clássicas e modernas do mesmo fenômeno, apesar de não serem consoantes, permanecem e habitam o mesmo pesquisador.

Entre as críticas e alternativas ao modelo da mudança conceitual, encontramos a idéia de *perfil conceitual*, ou seja, a idéia de que as pessoas podem apresentar diferentes maneiras de ver e representar o mundo, que são usadas em contextos diferenciados. Essa teoria foi desenvolvida e está descrita em Mortimer (1994, 1995b e 2000). Tendo em vista que a proposta aqui delineada possui como eixo norteador a noção do perfil conceitual, devemos explicitá-la de forma mais clara. A noção do perfil conceitual é inspirada na noção de perfil epistemológico, de Bachelard. Portanto, cabe aqui recorrer a esse autor.

Segundo Bachelard (1978), existem diferentes modos de conceitualizar a realidade, em termos de conceitos científicos. Bachelard mostrou que uma única doutrina filosófica não é suficiente para descrever todas as diferentes formas de pensar quando se tenta expor e explicar um único conceito. Segundo o ele, um único conceito é suficiente para dispensar as filosofias e mostrar que elas são incompletas por estarem apoiadas num único aspecto, por iluminarem apenas um das facetas do conceito. Assim, ele apresenta a noção de perfil epistemológico, que seria *“uma escala graduada de discussão que nos permite localizar os diferentes pontos em questão na filosofia científica e prevenir a confusão de argumentos”* (Bachelard, 1978, p. 34).

Segundo Bachelard, é possível para cada indivíduo traçar seu perfil epistemológico para um dado conceito científico. Apesar de atribuídas aos indivíduos, as categorias que constituem as diferentes divisões do perfil têm uma característica mais geral. Cada zona do perfil está relacionada com uma perspectiva filosófica específica, baseada em compromissos distintos. Cada parte do perfil pode ser relacionada, portanto, com uma forma de pensar e com um certo domínio da cultura a que essa forma se aplica.

Bachelard ilustra sua noção com o conceito de massa. A primeira forma do conceito – o realismo ingênuo – corresponde ao pensamento de senso comum. O segundo nível do perfil – o empirista – corresponde a uma determinação precisa e objetiva, dada pelo uso de instrumentos de medida, ultrapassando assim a realidade imediata. O próximo nível do conceito de massa é o racionalismo newtoniano, em que os conceitos passam a fazer parte de uma rede de relações racionais. Com o advento da teoria da relatividade, temos o racionalismo relativista, em que as noções simples da ciência clássica se tornam complexas e partes de uma rede mais ampla de conceitos. Finalmente, temos o racionalismo dialético, onde é apresentada a mecânica de Dirac, que obtém como resultado de seus cálculos uma massa negativa<sup>2</sup>.

Assim, o realismo ingênuo é um vassalo do senso comum, e atribui massa apenas àquilo que é pesado. Em relação ao empirismo, a noção de massa está ligada à utilização da balança e, portanto, a uma determinação objetiva e precisa. Já para o racionalismo newtoniano, a massa é definida num corpo de noções e não apenas como um elemento primitivo de uma experiência imediata e direta. Com Newton, a massa é definida como o quociente da força pela aceleração. No racionalismo relativista, a noção de massa vai se tornar mais complexa. A relatividade descobre que a massa, no paradigma newtoniano absoluta no tempo e no espaço, é uma função da velocidade e, portanto, relativa. Finalmente, temos o racionalismo dialético, em que a realização se impõe à realidade. Na mecânica de Dirac, é a forma de propagação que definirá aquilo que se propaga, podendo Dirac falar de massa negativa.

O perfil epistemológico, para cada conceito, difere de indivíduo para indivíduo. Ele é fortemente influenciado pelas experiências individuais, pelas raízes culturais

---

<sup>2</sup> O trabalho de Dirac é uma tentativa de unificar a teoria quântica com a teoria da relatividade especial. A equação desenvolvida por ele, apresenta duas soluções, igualmente possíveis matematicamente, para a função de onda ( $\Psi$ ). Em uma delas a energia da partícula é positiva e na outra é negativa. Como massa e energia são, relativisticamente falando, a mesma coisa, a solução de Dirac prevê a existência de partículas com massa negativa. Isso significa que uma partícula dessas, uma vez empurrada para frente, deveria ser acelerada para trás. Essa questão, no entanto, é tida pelos físicos como um "osso duro de roer". (Para interessantes exposições da física contemporânea, remetemos o leitor à página: <http://www.fisica.ufc.br/especiais.htm>). Para finalizar, deve-se acrescentar que essa questão de massa negativa não tem sentido na física, sendo considerada uma ficção, pois nenhuma partícula pode ser pensada desse modo (Paty, 1995, p. 215).

diferentes de cada pessoa. Bachelard, delineando o seu próprio perfil para o conceito de massa, faz uma análise da importância atribuída à noção racionalista, desenvolvida a partir da sua formação matemática clássica e da sua longa experiência no ensino da Física elementar. Atribui a noção empírica de massa ao seu trabalho em Química. Finalmente, a noção realista é imputada aos momentos nos quais não se tem o conhecimento psicanalisado inteiramente.

Com base nas idéias de Bachelard, Mortimer (1994, 1995b, 2000) desenvolveu a noção de perfil conceitual, introduzindo algumas distinções que não estão em Bachelard, como um modelo para descrever a evolução das idéias, tanto dos indivíduos no espaço social da sala de aula como na história da ciência (Mortimer e Amaral, 1999). Uma característica compartilhada com o perfil epistemológico seria a hierarquia entre diferentes zonas do perfil, sendo cada zona sucessiva caracterizada por conter categorias de análise com poder explanatório maior do que as anteriores. A característica distinta seria a diferenciação entre as zonas a partir dos aspectos ontológicos do conceito e a importância dada à tomada de consciência do estudante sobre seu próprio perfil, como recurso para uma melhor aprendizagem, uma vez que o próprio aluno pode identificar obstáculos advindo das diferentes visões de um mesmo conceito.

A noção do perfil conceitual de Mortimer estabelece que há uma distinção entre características ontológicas e epistemológicas de cada zona do perfil. Lidando com o mesmo conceito, cada zona do perfil pode ser tanto epistemológica quanto ontologicamente diferente de outras, já que essas duas características do conceito podem mudar à medida em que se mova através do perfil. O conceito de gene, por exemplo, enquanto objeto da genética mendeliana – uma partícula que passa de uma geração à outra e que se expressa ou não (Fogle, 1990; Kauffman, 1993) – não possui as mesmas categorias ontológicas e epistemológicas do conceito sistêmico de gene, proposto por Pardini e Guimarães (1992), um tipo mais dinâmico e cuja expressão requer a co-participação de intrincadas redes de relações. Essa distinção entre os

aspectos ontológicos e epistemológicos é muito importante dado que muitos problemas na aprendizagem de conceitos científicos são relacionados com a dificuldade em mudar-se as categorias ontológicas às quais os conceitos se referem.

Dessa forma, a noção do perfil conceitual surge como uma idéia de que é possível usar diferentes modos de pensar em diferentes domínios. Ela sugere que, mesmo no domínio científico, existem diferenças epistemológicas e ontológicas entre teorias sucessivas. Cada conceito, portanto, pode ter diferentes aspectos e diferentes perfis.

Cada zona em um perfil conceitual oferece uma forma de ver o mundo que é única e diferente de outras zonas. É como se olhássemos para o mundo através de lentes que mostram toda a realidade de uma forma específica. (Mortimer 2001).

Esse ponto de vista concorda com as idéias de Vygotsky, que aponta para a dimensão heterogênea da palavra e também com as idéias de Bakhtin no que diz respeito à noção de gêneros de discurso e de linguagem social. Segundo Bakhtin, um gênero discursivo não é uma forma de linguagem, mas uma forma típica de enunciado. No gênero, a palavra adquire uma expressão particular típica. Em contraste com as linguagens sociais, nas quais o traço distintivo é o estrato social dos falantes, os gêneros discursivos se caracterizam principalmente em função das situações típicas de comunicação verbal. Já uma linguagem social é um discurso próprio de um estrato específico da sociedade (segundo a profissão, idade etc.) em um sistema social dado e em um momento dado. Mortimer (2001) sugere que Bakhtin pode ajudar a relacionar as zonas de um perfil conceitual com as diferentes maneiras de falar, quando se refere a diferentes linguagens sociais como

pontos de vista específicos sobre o mundo, formas para conceitualizar o mundo em palavras, visões de mundo específicas, cada uma caracterizada por seus próprios objetos, significados e valores. Como tais, elas podem ser justapostas umas às outras, mutuamente suplementares umas às outras e coexistir na consciência das pessoas (Bakhtin, 1981, p.292).

Uma das conseqüências fundamentais do perfil conceitual é o fato de que não existe uma regra geral ou uma seqüência de passos precisos que possam ser aplicados para o ensino-aprendizagem de qualquer conceito, como é sugerido em

algumas abordagens construtivistas. A noção de perfil conceitual, ao contrário, estabelece que o processo de ensino e seus passos dependem dos componentes epistemológicos e ontológicos de cada zona do perfil do conceito a ser ensinado. Portanto, no processo de ensino, a reconstrução histórica do conceito, a explicitação da ontologia e da epistemologia, ganha um papel de relevo (Mortimer, 1994 e 2000a).

Como já dissemos, a importância da noção do perfil conceitual situa-se também no fato de que a tomada de consciência pelo aluno, de seu próprio perfil, desempenha um papel crucial no processo de ensino-aprendizagem em ciências. O uso, pelo estudante, de concepções alternativas na resolução de problemas escolares é um indicador da falta de consciência de seu próprio perfil. O aluno pode ter adquirido o conceito científico corretamente, mas não ter tomado consciência da relação entre esse e o seu conceito anterior, não sabendo, portanto, o contexto de uso no qual é mais apropriado empregar um ou outro (Mortimer, 1994 e 2000).

A noção de perfil conceitual representa, no que tange ao ensino/aprendizagem, o referencial teórico eixo de nosso trabalho. O perfil conceitual pode constituir-se em uma poderosa ferramenta para a criação de estratégias de ensino e aprendizagem, considerando-se que o mesmo, dentre outras coisas, pode auxiliar na compreensão da heterogeneidade de idéias entre os alunos do Curso de Biologia. Uma instituição acadêmica é também um cenário de manifestações diversas idéias que nem sempre estão conformadas ao ambiente científico. Assim, o trabalho de construção de conceitos científicos esbarra nas mais variadas vivências dos alunos dentro e fora da instituição, fazendo emergir aspectos da sua vida social e cultural. Tais aspectos, uma vez identificados, permitem uma visão mais ampla dos obstáculos encontrados pelos alunos na aprendizagem dos conceitos.

Nesta tese, trabalharemos com o conceito vida, delimitando quais as zonas que constituem esse perfil conceitual e aplicando alguns instrumentos metodológicos – questionários e entrevistas – para determinar perfis de estudantes de curso universitário e de pós-graduação de biologia.

### **1. A Metodologia de Trabalho**

Neste trabalho, procuramos desenvolver uma metodologia para avaliar a ocorrência de zonas de perfil conceitual de “vida” em indivíduos que foram escolhidos como sujeitos da pesquisa. Trabalhos anteriores sobre perfil conceitual usaram pré-testes (Mortimer, 1994 e 2000), questionários (Gobara e Grea, 1997; Chauvet, 1994) e textos produzidos pelos alunos (Solsona et al., 2002) como instrumentos para avaliar a ocorrência dessas zonas. Neste trabalho, foram utilizados dois instrumentos de coleta de dados: um questionário e uma entrevista usando situações problema.

Nós partimos da hipótese de que o conceito de vida não tem um único significado e, portanto, comporta um perfil conceitual. Assim, o objetivo principal desse trabalho é determinar as zonas que constituem esse perfil conceitual de vida. Essas zonas serão identificadas principalmente nos dados empíricos obtidos no questionário, levando-se em consideração as discussões sobre o conceito de vida e sua história, relatadas no capítulo 4. Ainda, há uma revisão de literatura sobre conceitos alternativos e concepções informais dos alunos relativos ao conceito de vida, relatada no capítulo 5, e sobre as definições e noções encontradas em livros didáticos do ensino superior, relatadas no capítulo 7. Para explorar a diversidade de concepções sobre vida, de modo a possibilitar o surgimento do maior número possível de zonas para o conceito, decidimos aplicar os instrumentos de coleta de dados a estudantes do curso superior de biologia, de diferentes períodos, e a estudantes de pós-graduação em ecologia e em genética. Como esses estudantes entram em contato ao longo do curso, mesmo que não explicitamente, com diferentes noções e conceitos de vida, é de se esperar que eles usem esses diferentes conceitos nos contextos variados que procuramos contemplar nos questionários e nas entrevistas.

A partir desses dados procuramos trabalhar, conforme comentamos na introdução, com pelo menos três domínios genéticos – sociocultural, ontogenético e microgenético (Vygotsky, 1930 apud Wertsch 1985), de modo a privilegiar uma análise genética mais ampla. Vygotsky adverte que o fator principal que provoca o desenvolvimento das funções mentais superiores em cada domínio não é o mesmo, de modo que a comparação entre esses diferentes domínios não tem por objetivo traçar paralelos entre os conteúdos característicos de cada um, por exemplo, entre as idéias dos alunos e aquelas encontradas no contexto histórico. A finalidade do estudo histórico é contribuir para a compreensão da gênese do conceito, neste domínio genético, de modo a permitir articulações com outros domínios e ter uma visão mais ampla dos processos genéticos. Por outro lado, as concepções informais dos alunos, reveladas na literatura de educação em ciências, podem ser representativas dos processos ontogenéticos de construção de conhecimento na vida cotidiana e são freqüentemente utilizadas pelos alunos em vários contextos. O exame da dinâmica dessas concepções por meio de questionários e entrevistas revela, muitas vezes, dados relacionados à gênese de um conceito em um curto período de tempo, permitindo um estudo longitudinal de curto prazo, característico do domínio microgenético (Wertsch e Stone, 1985). Dessa forma é possível haver uma influência mútua nos recortes feitos em cada uma das fontes utilizadas, o que é coerente com a idéia de trabalhar com diferentes domínios genéticos.

Em relação aos instrumentos de coleta de dados, inicialmente foi construído um questionário contendo quatro questões. O objetivo desse questionário foi detectar as possíveis zonas do perfil conceitual de vida, que seriam estabelecidas a partir dos dados obtidos por esse instrumento, analisados à luz da reconstrução histórica do conceito.

Esse questionário foi validado por meio de sua aplicação a alunos do Ensino Médio. A intenção era aferir a compreensão, por parte dos estudantes, das questões do questionário. Esses dados serviram de material para a elaboração de Monografia

de Especialização do aluno Fábio Silva. O trabalho de Silva (2003) foi importante, pois, além de validar o questionário, possibilitou um ensaio sobre a consistência das categorias que definiram as zonas do perfil. Outro trabalho importante para a construção do questionário utilizado por nós, nesta tese, foi o realizado por Cunha et al (2003), no qual trabalhamos com um questionário diferente daquele que utilizamos aqui. Ao utilizar essa ferramenta na pesquisa de Cunha et al., havia sido possível detectar falhas em algumas questões, o que permitiu que elaborássemos e testássemos outras, o que foi feito para o trabalho de Silva (2003). A coleta de dados de questionário, utilizados nesta tese, só foi possível graças à colaboração dos colegas professores do ICB, que cederam tempo precioso de suas aulas para nosso trabalho.

Portanto, o questionário aplicado para a coleta de dados desta tese foi avaliado e aperfeiçoado a partir de pesquisas tanto com alunos do Ensino Médio quanto da graduação em Ciências Biológicas do ICB/UFMG. Os trabalhos de Silva e Cunha et al., referidos acima, foram realizados no início de 2002. Nossa coleta de dados por meio do questionário ocorreu no segundo semestre de 2002, após análise dos resultados obtidos naqueles trabalhos.

Quanto às questões do questionário, a questão 1 – “Para você, o que é vida?” – é de natureza aberta e divergente, no sentido de que esperava-se obter uma diversidade de respostas. Essa questão tinha o objetivo de levar o aluno a escrever de forma mais aberta possível sobre o conceito. Esperava-se que o aluno escrevesse o que considerasse positivamente vida e/ou as condições de sua identificação.

A questão 2 foi extraída de Brumby (1982). Essa questão (ver quadro 1), também aberta e divergente, possuía duas questões que criavam um contexto e uma terceira, na qual se esperava que o entrevistado fornecesse sua definição de vida, agora em termos negativos. Ao ter que justificar por que uma coisa não é viva, suspeitava-se que uma nova zona do perfil pudesse emergir. Será analisada, desta questão, a opção C, nomeada na análise dos resultados “2c”.

### Quadro 1. Questão 2 do questionário

Questão 2. Muitas crianças acreditam que o fogo é um ser vivo.

- a. Na sua opinião, por que uma criança imaginaria que o fogo é vivo?
- b. Que características do fogo poderiam ser utilizadas para supor que ele é vivo?
- c. Por que você acredita que o fogo não é vivo? (Supondo-se que você assim acredita).

A questão 3 (ver quadro 2) colocava um problema sobre a escolha do melhor exemplo de vida, dava algumas opções, mantendo a possibilidade de o entrevistado fornecer um exemplo próprio e, ainda, pedia a justificativa. Da mesma forma, esperava-se que o entrevistado tivesse a chance de manifestar uma nova zona do perfil ou confirmar zonas já manifestas nas outras questões.

### Quadro 2. Questão 3 do questionário.

Questão 3. Supondo-se que você tivesse que explicar para um Extraterrestre o que nós terráqueos entendemos por vida, qual das alternativas abaixo você tomaria como o melhor exemplo de vida, na sua explicação. Marque somente uma alternativa e depois justifique a sua escolha.

Obs.: Caso você tenha um exemplo melhor, favor acrescentá-lo aqui:

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Vírus                    | <input type="checkbox"/> Fungo               |
| <input type="checkbox"/> Célula                   | <input type="checkbox"/> Proteína            |
| <input type="checkbox"/> Vaca                     | <input type="checkbox"/> Árvore              |
| <input type="checkbox"/> Homem                    | <input type="checkbox"/> Pedra               |
| <input type="checkbox"/> Príons                   | <input type="checkbox"/> A biosfera          |
| <input type="checkbox"/> Uma Comunidade Ecológica | <input type="checkbox"/> Vírus de Computador |
| <input type="checkbox"/> Molécula de DNA          | <input type="checkbox"/> Capim               |

Justificativa:

Devido ao seu enunciado, que solicita “o melhor exemplo de vida”, a questão 3 apresenta um problema em sua formulação, que só detectamos posteriormente. Conforme o enunciado, vida está entendida como uma entidade, e não como um processo. Mais ainda, estamos aqui trabalhando com um conceito, e não com entidades do mundo. De qualquer modo, o enunciado seria mais adequado se tivesse solicitado “o melhor exemplo de ser vivo”. A distinção pode parecer sutil, mas possui

profundas implicações metafísicas, referentes à ontologia de entidades versus ontologia de processos. Quando trabalhamos em biologia, assumimos a temporalidade e a mudança como categorias ontológicas fundamentais. Nesse sentido, vida é um processo que deve ser compreendido de uma perspectiva evolucionária, sendo inclusive essa visão da vida emblemática para a filosofia de processo (Rescher, 2002). Essa confusão do enunciado também ocorreu, como se verá, durante diálogos nas entrevistas. Os dados, no entanto, foram utilizados por supor-se que o enunciado não tenha influenciado as respostas, uma vez que na vida cotidiana, muitas vezes, essa confusão é comum. Ainda mais, como se trata de dados obtidos em um contexto cultural bastante específico, estudantes de biologia, é bem provável que a interferência do enunciado seja desprezível. Essa suposição é corroborada pelas próprias falas dos alunos, durante a entrevista, que muitas vezes utilizam exemplos de seres vivos como exemplos de vida. Futuras replicações desse trabalho, no entanto, devem estar alertas para esse problema.

A questão 4 (ver quadro 3), pedia ao entrevistado que atribuísse nota de 0 a 5, partindo-se do que ele considera o melhor exemplo de ser vivo na questão anterior. Essa questão não foi utilizada para a construção das zonas dos perfis dos entrevistados.

### Quadro 3. Questão 4 do questionário.

Questão 3. Supondo-se que sua escolha acima teria a nota 05 (cinco), num intervalo de pontuação de 0 (zero) a 05 (cinco), que nota você daria para as outras alternativas?

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Vírus                    | <input type="checkbox"/> Fungo               |
| <input type="checkbox"/> Célula                   | <input type="checkbox"/> Proteína            |
| <input type="checkbox"/> Vaca                     | <input type="checkbox"/> Árvore              |
| <input type="checkbox"/> Homem                    | <input type="checkbox"/> Pedra               |
| <input type="checkbox"/> Príons                   | <input type="checkbox"/> A biosfera          |
| <input type="checkbox"/> Uma Comunidade Ecológica | <input type="checkbox"/> Vírus de Computador |
| <input type="checkbox"/> Molécula de DNA          | <input type="checkbox"/> Capim               |

Como pode ser visto, as questões não tinham a intenção de confirmar ou de verificar a coerência das respostas ou de concepções de vida dos alunos, mas de possibilitar que as diversas concepções dos entrevistados pudessem emergir. Como se verá, essa estratégia se mostrou produtiva.

Outro instrumento utilizado nesta pesquisa foi a entrevista, com base em situações-problema, com alunos de Pós-Graduação em Ecologia e Genética. Essa entrevista foi realizada com o objetivo de aferir a permanência ou não das zonas do perfil e a sua tomada de consciência pelo sujeito, após todo o processo de escolarização e término de um curso superior em Biologia. As entrevistas foram realizadas a partir de situações-problema e foram gravadas em fita K7. Depois, foram transcritas para análise.

A utilização de situações-problema tem inspiração no trabalho de Scribner (1984) e no uso dessa metodologia no nosso grupo de pesquisa (Correa, 1997). Situações-problema são estruturas narrativas com lacunas que impõem certas mobilizações cognitivas para o entrevistado. Comumente, a elaboração de situações-problema parte de um contato mais íntimo com a prática diária dos entrevistados, emergindo assim de um trabalho de etnografia (Scribner, 1984). Aqui, no entanto, utilizamos uma outra estratégia. As situações-problema foram elaboradas a partir de problemas levantados pela tentativa de definição de vida dentro do programa da vida artificial, principalmente no trabalho de Bedau (1996).

O roteiro de entrevista era composto de cinco situações-problema. A primeira refere-se à Hipótese Gaia e, portanto, coloca a questão de se colocar a Terra inteira como um exemplo de ser vivo. A segunda trata de critérios universais de definição e identificação de vida. A terceira explicita o programa da vida artificial e, portanto, coloca uma concepção contra-intuitiva ou em choque com a concepção de senso-comum da vida. A quarta coloca o problema de se a vida é um conceito clássico, no sentido de exibir fronteiras rígidas e bem delimitadas, ou difuso. Finalmente, a quinta questão possibilitava ao informante explicitar suas concepções religiosas. Com essas

questões, esperávamos que os entrevistados tivessem a oportunidade de explicitar suas zonas do perfil ao mobilizarem-se argumentativamente contra ou a favor das concepções ali colocadas.

As situações-problema, antes de serem aplicadas aos alunos de pós-graduação, foram validadas com alunos do bacharelado de Ecologia e Genética, o que levou à reformulação de algumas perguntas e orientou a postura do entrevistador. Avaliou-se, pela análise dessas fitas, que o entrevistador, às vezes, induzia interpretações das questões. Portanto, nas entrevistas com os alunos da pós-graduação, espera-se que tal atitude tenha sido corrigida. As situações-problema utilizadas para a coleta de dados com os alunos da pós-graduação encontram-se no quadro 4, a seguir<sup>3</sup>.

#### **Quadro 4. Situações-problema sobre o conceito de vida.**

1. O conceito de vida dá origem a muitos problemas e ambigüidades. Facilmente, classificamos muitas coisas como seres vivos e não-vivos. Por exemplo, peixes e formigas são vivos, enquanto chamas, cristais e nuvens não são vivos. Porém, para muitas coisas permanece a dúvida. Vírus, por exemplo, são casos fronteirços. A hipótese Gaia, segundo a qual todo o ambiente químico e biológico da superfície da Terra constitui um único ser vivo, desafia a concepção comum de vida.
  - a) qual sua opinião sobre essa hipótese?
2. Outro problema que surge é quando procuramos por vida extraterrestre. A vida extraterrestre, se ela existir, pode não depender de informação codificada em moléculas de DNA ou mesmo pode não ser baseada em processos da química do carbono. A constituição química da vida extraterrestre poderia ser completamente diferente daquela da vida na Terra. Portanto, não temos qualquer razão para imaginar que a vida extraterrestre se assemelhe à vida na Terra. Encontrar, portanto, uma definição de vida significa que essa definição deve se aplicar não somente à vida tal como nós a conhecemos, mas à vida tal como ela pode ser em qualquer lugar o universo. Assim,
  - a) como reconheceríamos a vida extraterrestre, se nós a encontrássemos?

<sup>3</sup> Para a análise das respostas, tanto ao questionário quanto às entrevistas, guardamos o sigilo absoluto da identidade dos entrevistados, trabalhando aqui com questionários e entrevistas identificadas por números.

b) qual conceito de vida se aplicaria não só à vida como nós a conhecemos, mas também à vida tal como ela pode ser?

3. Vida Artificial é um campo interdisciplinar de pesquisa que tenta compreender a vida por meio de modelos computacionais. Tais dispositivos executam processos característicos de sistemas vivos, tais como auto-organização, metabolismo, competição, crescimento, desenvolvimento, reprodução e evolução adaptativa. Muitos cientistas afirmam que tais processos virtuais não são somente simulações de sistemas vivos, mas que, quando os programas são executados, o que se veria na tela do computador seriam legítimos seres vivos.

a) Argumente a favor ou contra essa afirmativa, conforme sua opinião.

4. Muitos organismos são multicelulares, sendo que possuem células extremamente diferenciadas. Dado um conceito qualquer de vida, esse se aplicaria somente ao organismo como um todo, mas não às suas células componentes? Poderíamos dizer que o organismo é vivo, mas suas células componentes não? Como resolver esse problema?

5. Muitas pessoas acreditam que a vida foi criada ou é um dom de Deus. Qual a sua opinião sobre essa crença?

Para terminar essa seção, alertamos que, no texto desta tese, como se verá à frente, quando forem transcritas as respostas dos questionários, utilizar-se-á a seguinte notação, após a citação do fragmento ou de toda a resposta: a letra Q mais o número que a acompanha indicam a identificação deste para cada estudante; a letra q mais o número que a acompanha indicam a questão e, finalmente, a letra P mais o número que a acompanha indicam o período do curso de Ciências Biológicas que o estudante estava cursando quando respondeu ao questionário. A letra A mais o número que a acompanha referem-se a um aluno específico, sem nomeá-lo. Assim, a notação “Q4q2P3” deve ser lida “questionário do estudante 4, questão 2, do 3º período”. Na transcrição das entrevistas, a notação “A1”, por exemplo, deve ser lida “aluno 1”. A notação “frag.” refere-se ao fragmento de uma resposta, sendo este entendido como um trecho que foi selecionado para a análise.

## **2. A Construção das Zonas do Perfil**

A análise dos questionários, em seu jogo dialógico com a revisão sobre o conceito de vida, nos levou, inicialmente, à elaboração de sete categorias que poderiam corresponder a sete zonas do perfil do conceito de vida. Chamamos essas sete categorias de “categorias expandidas”, por motivos que serão explicitados a seguir. A análise dos questionários, com o propósito de identificar as zonas do perfil, foi realizada em conjunto com o orientador, para assegurar uma maior objetividade do processo.

Seria ingênuo, no entanto, afirmar que as zonas do perfil advieram de uma análise objetiva dos dados empíricos e que, sem qualquer pré-conceito ou pré-juízo, “descobrimos” as categorias, como se elas estivessem ali, dadas de uma vez por todas, prontas a se mostrarem a uma mente alerta. Elas correspondem ao resultado de um processo socialmente situado de construção do conhecimento por um pesquisador. Antes da análise dos questionários, o pesquisador já havia tomado contato com a bibliografia sobre o conceito de vida, o que, inclusive, contribuiu em muito para a estruturação das questões e para a análise dos resultados.

Assim sendo, quando da análise dos questionários, já havíamos levantado a hipótese de que, ao definirem vida, os sujeitos poderiam utilizar as seguintes estratégias: listar propriedades; estabelecê-la como um dom de um agente criador; hipostasiar a vida como uma substância ou entidade existente no mundo; idealizá-la de alguma forma mais abstrata, que fugisse às noções do senso comum; recorrer a alguma forma de antropomorfismo, referindo-se à vida humana; e, finalmente, concebê-la como uma máquina ou um mecanismo, nos moldes do mecanicismo moderno, tão influente ainda hoje. De posse dessas idéias, cujas referências de origem serão dadas na medida de suas explicitações, categorizamos as diversas respostas dos questionários.

Piaget (1934), estudando a evolução da causalidade na criança, estabeleceu algumas categorias, das quais extraímos o nome e a noção que demos a duas de

nossas categorias. Inspirados nesse trabalho de Piaget, nós localizamos duas formas de falar, às quais nos referimos como “finalismo” e “artificialismo”. Consideramos finalismo a fala que apresentava alguma noção da realidade como um conjunto organizado segundo um plano que tende à harmonia da natureza. Um exemplo dessa zona é: “*Vida é a constante interação harmônica no meio (mesmo que produza conseqüências desarmônicas)*” (Q5q1P1). Incluímos na outra categoria, o artificialismo, as falas que atribuem a um agente fabricante, geralmente Deus, a origem ou a doação da vida. Também foi considerado sob essa categoria qualquer tipo de antropomorfização que se refira à vida como vida humana. A fala a seguir mostra essa zona, tanto em sua forma antropomórfica (frag. 1) quanto na forma de vida como doação (frag. 2):

Vida é o que fazemos para nós e para as outras pessoas, é fazer o bem, preocupar-se com os outros, ter amigos, viver é estar bem com você mesmo e feliz, é ter família, e pessoas com quem você sempre pode contar (frag.1). Vida é um dom dado por Deus e que ninguém tem o direito de tirar. Deve ser aproveitada de uma maneira saudável e com respeito (frag. 2) (Q26q1P4).

Desta forma, a ocorrência dessas duas categorias nos dados confirma nossa intuição inicial de que, ao definirem vida, os alunos poderiam compreendê-la como um dom de um agente criador ou antropomorfizá-la.

A categoria “relacional” também tem inspirações na literatura. Mortimer (1997), ao discutir as categorias para um perfil conceitual de molécula, mostra que certas propriedades químicas, como acidez e basicidade, comportamento redox, efeitos de solventes em reações etc., dependem da interação entre moléculas e não unicamente da estrutura de uma espécie isolada. O autor as denomina propriedades químicas relacionais. Assim, utilizamos o termo relacional para indicar as falas nas quais haveria uma definição de vida em termos de relação entre entidades ou entre uma entidade e o meio, numa tentativa de uma definição mais universal de vida, que fugisse à lista de propriedades. Um bom exemplo dessa zona é o fragmento “interagir com o meio e

com outros seres” (Q7q1P1). Aqui, vida é entendida de uma forma relacional, visto que estaria em algum tipo de interação.

A categoria mecanismo possui sua inspiração na clássica noção da vida como máquina. Como dito, esperávamos encontrar essa noção, já que é muito influente em nossa cultura a concepção de mundo-máquina. Um bom exemplo dessa disposição é o fragmento “Algo que possui algum mecanismo” (Q19q1P1).

Esperávamos encontrar também alguma zona hipostasiadora da vida, ou seja, a compreensão de que a vida é uma entidade ou substância do mundo responsável por algum tipo de ação. Essa noção, como veremos, é recorrente na história da ciência e da filosofia. Essa expectativa se viu confirmada e, assim, nomeamos essa categoria de “agente”. Um exemplo dessa categoria é o fragmento “Vida é o que fazem os seres que a possuem reagirem” (Q3q1P1).

Outra forma de definição esperada é aquela que se baseia em listar propriedades e encarar essas propriedades como sendo condições necessárias e suficientes para que algo possa ser nomeado como vivo. Por fazer referência a condições necessárias e suficientes, chamamos essa categoria de “essencialismo”. Porém, durante a análise percebemos que havia duas formas de essencialismo. O primeiro recorria a propriedades macroscópicas – o qual foi nomeado de “essencialismo macro” – e o outro recorria a propriedades microscópicas – que foi nomeado “essencialismo micro”. Um bom exemplo do primeiro é o fragmento “seres que nascem, crescem, se reproduzem e morrem ou que tem potencial para isso” (Q11q1P4). Exemplo de essencialismo micro é o fragmento “Tudo que possui DNA” (Q3q1P4).

Dada a diversidade modos de falar entre os alunos, foi necessário estabelecermos um referencial de análise baseado no aparecimento de formas de expressão recorrentes nos textos dos entrevistados. Isso é coerente com as contribuições mais recentes sobre o perfil conceitual que procuram relacionar as formas de pensar aos modos de falar (Mortimer, 2001). A manifestação dessas formas

de expressão nos permitiu categorizar as respostas ou fragmento de respostas, conforme as categorias para as quais apontassem. O quadro 5 mostra a relação entre as categorias e as expressões que as indicavam.

Assim, a elaboração das categorias de análise que potencialmente caracterizariam as diversas zonas do perfil de vida foi construída em um jogo de análise dos questionários guiada por um conjunto de noções prévias adquiridas na literatura. Há que se mencionar, ainda, a importância dos estudos com alunos do Ensino Médio, realizado juntamente com Silva, e os de Cunha et al. que, como dito, serviram para afinarmos as categorias e validarmos o questionário.

**Quadro 5. As categorias e seus modos de expressão.**

<b>Categoria</b>	<b>Expressões</b>
Agente	Tende, faz, transforma, permite, produz.
Artificialismo	Dom, doação, Deus, referências à vida humana e aos seus estados de espírito e ânimo.
Essencialismo Macro	Propriedades macroscópicas dos seres vivos (nascimento, reprodução, movimento, crescimento, nutrição etc.).
Essencialismo Micro	Propriedades microscópicas dos seres vivos e composição (metabolismo, celularidade, DNA, RNA, proteínas etc.).
Finalismo	Harmonia, expressões teleológicas (fim, finalidade)
Mecanismo	Referência a mecanismos e máquinas. Se há uma explicação em termos de componentes articulados como em uma máquina.
Relacional	Referência a interações e relações.

A análise mais cuidadosa dessas categorias, que depois chamamos de zonas expandidas, mostrou, no entanto, que elas podem ser reduzidas a três zonas básicas que os entrevistados usam quando explicitam suas compreensões da vida. Assim, ao invés de trabalharmos com essas sete zonas, decidimos reduzi-las a três, às quais chamamos categorias reduzidas. Mantivemos, no entanto, o termo “relacional” na redução das categorias. O quadro 6 mostra a correspondência entre as categorias expandidas e as categorias reduzidas.

Quando os alunos utilizam as zonas referidas como agente, finalismo e artificialismo, estão explicitando uma compreensão da vida como algo vem de fora ou que habita os seres vivos ou, poderíamos dizer, a matéria. É sempre uma entidade que, por meio de algum poder, faz com que alguns seres sejam vivos e executem determinadas funções ou atinjam determinados fins. Assim, falamos de uma concepção ontológica externalista, visto que é como se alguma coisa externa doasse a vida ou o viver fosse uma ação dirigida a uma finalidade externa ao vivente. A esta zona chamamos “externalismo”.

**Quadro 6. Redução das Categorias.**

<b>Categorias Expandidas</b>	<b>Concepção</b>		<b>Categorias Reduzidas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agente</li> <li>• Finalismo</li> <li>• Artificialismo</li> </ul>	A vida é entendida como algo exterior, ou que tende ao exterior, do vivente.	↔	Externalismo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Essencialismo macro</li> <li>• Essencialismo Micro</li> <li>• Mecanismo</li> </ul>	A vida é entendida como processos ou propriedades inerentes ao vivente.	↔	Internalismo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacional</li> </ul>	A vida é entendida como uma relação entre entidades ou a definição é dada em termos de relações de conceitos.	↔	Relacional

Outras categorias que foram reunidas sobre um mesmo rótulo são essencialismo macro, essencialismo micro e mecanismo. Quando utilizam essas categorias, os entrevistados estão explicitando uma compreensão de vida como inerentemente ligada a processos ou a propriedades dos seres vivos. Por isso, nos referimos às três zonas como “internalismo”, na categorização reduzida, visto que as categorias expressam uma condição necessária e suficiente para a vida, que é interna ao vivente.

A análise das questões que foram categorizadas como relacionais mostra que, em todos os casos, a vida é entendida como relação. Nesta ocorrência, a vida não é nem uma entidade nem uma propriedade inerente ao objeto, mas uma relação entre a entidade e o meio ou entre entidades. Assim, mantivemos a denominação relacional para essa zona.

Encontramos aqui três formas de categorização bastante claras. A primeira é aquela considerada por Lakoff (1987) como a forma clássica aristotélica de categorização, em que se faz referência às condições necessárias e suficientes da entidade para estabelecer-se seu pertencimento a uma determinada categoria. Nessa forma clássica de categorização, situa-se a zona que chamamos de internalismo. A segunda está relacionada também ao entendimento aristotélico de que conhecer uma determinada coisa é fazer referência às suas causas. Nos questionários, tais causas aparecem sob a forma de um agente, uma finalidade ou um plano harmônico de alguma forma inerente à realidade. Nesta forma de categorizar, também clássica, situa-se o externalismo. Ao terceiro tipo de categorização, referimo-nos como categorização não clássica, uma vez que a entidade é definida em termo de relações que mantém com outras entidades ou o conceito é definido conforme as relações que estabelece com outros conceitos, dentro de um arcabouço teórico mais amplo.

Como se verá, a utilização das categorias expandidas é mais oportuna quando se trata de aplicá-las à análise de entrevistas e de questionários. Porém, nas análises da história do conceito e de livros texto, a utilização das categorias reduzidas se torna uma ferramenta mais apropriada, devido à dificuldade de uma análise mais minuciosa.

Há que se mencionar ainda que as entrevistas gravadas com alunos da Pós-Graduação revelaram mais duas zonas do perfil, que não haviam aparecido no questionário. Essas duas zonas, que nomeamos de “complexidade irreduzível” e “temporal”, serão tratadas quando analisarmos as entrevistas.

---

---

## 1. Introdução

O termo 'biologia' teria sido criado em 1802, independentemente, por dois naturalistas, o alemão Gottfried Treviranus e o francês Jean-Baptiste Lamarck<sup>4</sup>, para referir-se a uma ciência dedicada ao estudo dos fenômenos relacionados à vida. Segundo Keller, esse termo foi proposto por Lamarck em conexão com a defesa de uma nova ontologia que enfatizasse o que há de comum nas formas vivas e acentuasse suas distinções em relação ao não-vivo (Keller, 2002, p. 15). Há que se mencionar que a antiga filosofia da *cadeia do ser* ou do *princípio de continuidade*<sup>5</sup> implicava que não havia linha divisória nítida entre os minerais e os seres vivos mais simples. Também o mecanicismo do século XVII dava apoio a esse pressuposto (Bowler, 1998, pp. 113-4; Mayr, 1982, p. 51). Pode-se dizer que não havia uma tal coisa como 'vida' (Bowler, 1998, p. 114). Segundo Foucault, a biologia era desconhecida até século XIX justamente porque a vida não existia. Existiam apenas seres vivos (Foucault, 2002, p. 175). No entanto, a nova ontologia de Lamarck estabelece uma separação entre entidades do mundo vivo e do mundo não-vivo e, ao fazê-lo, cria a necessidade de um novo campo do saber: a Biologia. Assim, a Biologia tem sido entendida, em seus dois séculos de existência, como o estudo da vida. Mas o que é vida?

---

<sup>4</sup> Tradicionalmente, estas têm sido a paternidade e a data de nascimento atribuídas ao termo 'biologia'. Nós mesmos (Coutinho e Martins, 2002) utilizamos esse dado para comemoração dos 200 anos do termo 'biologia'. No entanto, McLaughlin (2002), em trabalho histórico mais rigoroso, mostra que o termo aparece em obras bem anteriores. McLaughlin cita M. C. Hanov (1762), T. G. A. Roose (1797) e K.F. Burdach (1800).

<sup>5</sup> Trata-se de uma noção neoplatônica e medieval de uma hierarquia das coisas que existem, partindo das coisas inferiores, passando por todas as gradações intermediárias possíveis, incluindo os homens e os anjos, e culminando em Deus (cf. Blackburn, 1997). Nessa hierarquia, portanto, não há distinção nítida entre um nível e outro, uma vez que todas as formas intermediárias possíveis devem existir. Caso fosse de outro modo, isso seria uma demonstração da imperfeição do Criador.

## **2. A Importância das Definições**

A empreitada de definirem-se termos científicos tão gerais quanto 'vida' não é simplesmente uma extravagância intelectual. Se o objetivo mais geral da ciência é gerar compreensão (Crombie, 1953; Newton, 1997), esse também é o da educação científica. Em vez de enfatizar-se a necessidade de dar-se conta de um currículo enciclopédico ao ensinar-se Biologia, a chave para o ensino/aprendizagem em Biologia se encontra no reconhecimento de temas unificadores, que perpassam todos os campos dessa ciência (Emmeche e El-Hani, 2000; Kawasaki e El-Hani 2002). A idéia básica é a de relacionar os diversos conceitos da Biologia a uns poucos conceitos unificadores, mais gerais, de modo a propiciar condições para que os alunos construam um conhecimento biológico sintético, e não somente analítico.

A construção de um conhecimento sintético em contraposição a um conhecimento analítico refere-se ao modo como o corpo de conhecimentos é organizado, no processo de ensino/aprendizagem. Tradicionalmente, desde que Descartes estabeleceu os cânones de seu método, formou-se a opinião de que sendo o mundo por demais complexo, seu conhecimento deveria ser feito por análise, ou seja, pelo conhecimento das partes. Essa idéia acabou por gerar a noção de que a fragmentação facilita a compreensão do conhecimento científico. Essa noção de conhecimento pelas partes determinou um ensino de biologia que se baseia numa quantidade enorme de conceitos e que não favorece a compreensão de fenômenos mais complexos, como o são, por exemplo, os ambientais (Martins e Coutinho, 2001).

No entanto, alguns autores afirmam que a aprendizagem significativa ocorre quando se opera de modo sintético, utilizando-se uns poucos conceitos facilitadores. Segundo Ausubel et al. (1980), por exemplo, um importante passo em direção à aprendizagem significativa é a diferenciação progressiva, ou seja, o processo em que os conceitos mais abrangentes são, sucessivamente, decompostos noutros conceitos mais específicos. Porém, a par desse processo, deve ocorrer o processo oposto, a

reconciliação integradora, ou seja, partindo dos conceitos mais específicos há uma integração sucessiva até aos conceitos mais gerais. Nessa perspectiva, o processo de ensino/aprendizagem partiria de conceitos potencialmente significativos, que seriam mais abstratos, gerais e inclusivos, e que subsumiriam ou subordinariam as idéias ou conceitos menos gerais.

No caso do ensino de Biologia, a preocupação com a definição de conceitos gerais se torna relevante na medida em que esses devem constituir-se como operadores e facilitadores da aprendizagem e da compreensão do campo. Assim, partimos do pressuposto de que o processo de ensino em ciências deveria ser mais sintético e menos analítico, caso o que se queira seja que o aluno tenha uma melhor compreensão do campo científico, ao invés de um elenco de termos memorizados a serem recitados no momento oportuno. Isso nos leva a concordar com a idéia de que, entre as importantes tarefas de cientistas, filósofos da ciência e educadores, está a de propor definições adequadas dos conceitos que ocorrem nas disciplinas de seus interesses (Mahner, 1998) e de escolher aqueles conceitos facilitadores da construção sintética do conhecimento.

Segundo Pickett e colaboradores (Pickett et al., 1994), em um contexto científico, o termo 'compreensão' implica que questões sobre um determinado fenômeno podem ser respondidas referindo-se a certos padrões na natureza, relações entre entidades, processos e relações causais. Entre os principais componentes da compreensão, está o conjunto de constructos conceituais com os quais a realidade é confrontada. Alguns conceitos fazem referência a aspectos simples e diretos da natureza. Outros conceitos podem ser altamente abstratos e construídos a partir de, ou derivados, de conceitos mais simples. Disso resulta a necessidade de que os significados de termos científicos, seja para expor os pressupostos de uma teoria, seja para possibilitar a compreensão de uma teoria, estejam estabelecidos de maneira clara.

### **3. A Visão Padrão Sobre a Definição de Vida e Sobre a Natureza das Definições**

Claus Emmeche chama de visão padrão sobre a definição de vida a postura segundo a qual tentar definir vida é um objetivo fútil. Segundo ele (Emmeche, 1997b, 1998), essa visão é comum entre os biólogos, que freqüentemente acreditam que tal empreitada não ajuda em nada na resolução dos quebra-cabeças da ciência normal em biologia. Assim, definições de vida raramente são discutidas em manuais de formação de biólogos, refletindo um ceticismo geral que considera a tentativa uma especulação ‘meramente teórica’ ou metafísica, em detrimento daquilo que realmente importaria: os ‘fatos’ da pesquisa empírica.

Ernst Mayr, um dos biólogos mais importantes do século XX e também autor de textos de história e filosofia da biologia, é considerado por Emmeche (1998) e Emmeche & El-Hani (2000) como representativo da atitude cética em relação à definição de vida. Segundo ele,

Várias tentativas foram feitas no sentido de definir-se ‘vida’ Esses esforços são fúteis, já que agora é claro que não existe uma substância especial, objeto, ou força que possa ser definida como vida. Os processos vitais, no entanto, podem ser definidos. (Mayr, 1982, p. 53).

Em outro lugar, diz ele:

Elucidar a natureza dessa entidade chamada de ‘vida’ tem sido um dos maiores objetivos da biologia. O problema aqui é que vida sugere alguma ‘coisa’ – uma substância ou força – e por séculos filósofos e biólogos têm tentado identificar essa substância viva ou força vital, sem proveito. Na realidade, o nome ‘vida’ é meramente a reificação do processo de estar vivo. Ela não existe como um entidade independente. (Mayr, 1997, p. 2).

Assim, da atitude de Mayr, decorre que, em primeiro lugar, o termo ‘vida’ não pode ser definido, uma vez que a noção de vida é um hipostaseamento ou reificação dos processos vitais. Segundo, que a empreitada não é importante para a biologia. Finalmente, em terceiro lugar, o que pode ser definido ou, pelo menos, aproximadamente demarcado, são os processos vitais, por meio de uma lista de propriedades. Dessa forma, Mayr tabula oito propriedades específicas dos seres

vivos<sup>6</sup>: *complexidade e organização, unicidade química, qualidade, unicidade e variabilidade, posse de um programa genético, natureza histórica, seleção natural e indeterminismo*. (Mayr, 1982, p. 53-59).

Encontramos essa mesma abordagem de listar propriedades em outros autores. Monod, por exemplo, lista três propriedades: *teleonomia, autonomia morfogenética e invariância reprodutiva* (Monod, 1976, pp. 20-24). De Duve enumera sete: *assimilação, conversão de energia em trabalho, catálise, informação, isolamento controlado, auto-regulação e multiplicação* (De Duve, 1991 apud Rizzotti, 1996). Recentemente, Koshland Jr. afirmou que vida é uma daquelas coisas que todo mundo sabe o que é, mas para a qual não existe nenhuma definição simples. Sendo assim, o melhor expediente, segundo esse autor, é recorrer a uma lista de propriedades. Com esse espírito, ele inventaria o que considera os sete princípios essenciais ou pilares da vida: *programa, improvisação, compartimentalização, energia, regeneração, adaptabilidade e exclusão* (Koshland Jr., 2002).

Tais atitudes reclamam análise. Como pergunta Rizzotti, essas enumerações são confiáveis? Por exemplo, as três propriedades escolhidas por Monod podem ser retiradas das sete de De Duve? Ao que parece, a propriedade 'invariância reprodutiva', de Monod, corresponde à combinação de dois atributos citados por De Duve 'informação' e 'multiplicação'. Se as propriedades não são comparáveis, qualquer enumeração feita por um autor não é um guia satisfatório. A escolha de propriedades constituindo uma lista particular vai depender de critérios sujeitos a grande variação subjetiva, como os de importância, simplicidade, economia, clareza, ou mesmo da tradição ou simpatia do autor por uma ou outra propriedade (Rizzotti, 1996). Assim, ficamos com um problema difícil: como saber quando um ser é vivo? Se nos baseamos em uma lista de propriedades, como saber quando a lista está completa? (Maturana e Varela, 1995, p. 82). Na visão de Rizzotti, e também de Maturana e

---

<sup>6</sup> Remetemos o leitor aos comentários sobre a confusão entre vida e seres vivos, localizado na página 29, desta tese.

Varela, lista de propriedades não é definição. As propriedades é que devem ser explicadas em função do que a coisa é, e não o contrário. Segundo Rizzotti (1996), enquanto simples listagem de propriedades a definição de vida permanece como o problema central da biologia teórica.

Porém, o que nos parece mais problemático no ceticismo quanto à possibilidade de definição de vida e na preferência por definições baseadas em lista de propriedades é a atitude subjacente, a qual nós poderíamos chamar de 'essencialismo', que se sustentaria, por sua vez, em uma metafísica objetivista (Lakoff, 1987). Vejamos como isso ocorre.

Corretamente, Mayr considera que vida não é uma entidade do mundo. No entanto, também não é um hipostaseamento de processos, como ele pensa, porque quando buscamos definir vida, não estamos lidando com uma coisa, mas com um conceito, um conceito teórico. Ao procurar as propriedades definidoras de processos vitais, Mayr e outros confundem a definição de um conceito teórico com o inventário de propriedades essenciais pelas quais uma coisa pertence ou não a uma categoria, no caso, das coisas vivas. Chamamos essa atitude de essencialismo e isso inclusive ajudou-nos a definir uma das zonas do perfil conceitual de vida, pois essa postura essencialista parece bastante comum quando o conceito considerado é vida.

Essencialismo é a suposição de que as coisas possuem uma natureza íntima, ou propriedades essenciais, que faz com que elas sejam o que são, ou sem a qual, as coisas não podem ser o que são. As propriedades essenciais seriam aquelas que uma determinada entidade não poderia perder e continuar a ser entendida como pertencente a uma dada categoria. Ao longo de toda a história da filosofia, houve muitas tentativas de encontrar tais essências e, muitas vezes, o conhecimento verdadeiro foi concebido como aquele capaz de captar as essências.

Embora a postura essencialista remonte aos primeiros filósofos<sup>7</sup>, foram Platão e Aristóteles quem mais notadamente sistematizaram e influenciaram tal doutrina.

---

<sup>7</sup> Por exemplo, o princípio de identidade entre Ser e Pensar, de Parmênides.

Segundo Platão, os entes particulares estão fundados (metafisicamente) nas essências (*eidos*), que são as verdadeiras realidades. Essas formas, para Platão, estariam situadas em um mundo à parte, além do sensível, sendo o mundo sensível no qual vivemos uma cópia imperfeita dessa realidade supra-sensível, eterna e imutável. Para Platão, o conhecimento mais elevado (*noêsis*) é a apreensão dessas formas eternas, enquanto o conhecimento do mundo sensível, mutável, não passa de mera opinião (*doxa*). Tal apreensão dá-se por recordação do mundo supra-sensível que a alma um dia experienciou. Podemos chamar a tal concepção de 'essencialismo transcendente'. O que Platão nos oferece, então, é uma teoria sobre a natureza dos conceitos, de acordo com a qual conhecer algo é recordar-se da natureza essencial desse algo (Cf. Reale, 1994, Vol. II, pp. 153-161).

Aristóteles, discutindo as dificuldades do dualismo platônico frente à explicação das relações entre o mundo das essências e o mundo sensível, estabelece um ponto de partida diferente do de Platão (Cf. Lear, 1995, p. 269). Segundo Aristóteles, o que existe é a coisa individual (substância) (Ross, 1987, p. 172), sendo os indivíduos compostos de matéria (*hylé*), princípio de individuação, e forma (*eidos*), a essência ou a natureza íntima. Cada coisa individual é certa forma realizada em certa matéria (Cf. Lear, 1995, p. 280). Portanto, a forma é aquilo que há de universal no indivíduo. Desse modo, Sócrates e Cálías diferem em suas matérias, mas possuem a mesma forma, pois ambos são Homens. Chamamos essa concepção de 'essencialismo imanente', uma vez que, para Aristóteles, os indivíduos carregam em si as condições de sua própria definição.

De uma forma ou de outra, tanto o platonismo quanto o aristotelismo estão comprometidos com a idéia de que as coisas encontram nas essências suas formas ontológicas, ou seja, o que possibilita a existência de uma determinada coisa enquanto tal é a sua essência. Essa concepção teve forte influência nas tradições filosófica e científica, de tal sorte que se estabeleceu a crença de que os seres individuais poderiam ser agrupados em categorias bem determinadas e o conhecimento sobre

esses seres envolveria a apreensão da essência da categoria em questão. Tal apreensão se daria por meio de conceitos, que seriam justamente as expressões mentais das essências das categorias. Dentro dessa concepção, a definição de um conceito é a expressão das características necessárias e suficientes da categoria, que é o mesmo que a extração do universal de cada elemento da categoria. Formalizando, temos:  $(x) \{(x \in \Sigma) \leftrightarrow Px\}$ , em que  $\Sigma$  é uma categoria qualquer e  $P$  é a propriedade necessária e suficiente para pertencer a essa categoria. Disso, definir  $\Sigma$  seria exatamente expressar “P” e expressar “P” seria referir-se exatamente à categoria  $\Sigma$ . Lakoff (1987) considera que definir categorias por características necessárias e suficientes é apenas uma das formas possíveis de categorização, que ele denomina clássica.

Durante séculos, as categorias foram encaradas como bem compreendidas. Entendia-se as categorias como se fossem ‘recipientes’, com algumas coisas dentro e outras fora (Lakoff, 1987). Nessa visão, as coisas são da mesma categoria se e somente se elas têm certas propriedades comuns; essas propriedades comuns, por sua vez, são as essências definidoras da categoria. Tendo tais propriedades estatuto ontológico, seja em sua versão transcendente ou imanente, haveria uma alta correspondência entre o nosso conhecimento e um mundo objetivo, fora de nós. Essa visão das categorias como algo bem determinado e a busca das definições rigorosas e objetivas, que expressariam as essências reais das coisas, se tornou a pedra de toque da filosofia Ocidental.

Faz-se necessária uma análise mais detalhada dos fundamentos do essencialismo, em particular, da metafísica objetivista. Para essa análise, baseamos-nos no capítulo 11 do livro de Lakoff, *Women, Fire, and Dangerous Things*, de 1987. Segundo Lakoff, o objetivismo requer a forma clássica de categorização, na qual uma categoria é definida por propriedades necessárias e suficientes. Como já anunciado, para que uma determinada entidade pertença a uma categoria clássica, ela deve

compartilhar com todos os outros membros dessa categoria aquelas propriedades. Dessa forma, pertencer a uma certa categoria implica em reter atributos essenciais que definem essa categoria.

Segundo o objetivismo, a realidade é estruturada de modo que pode ser modelada conforme a teoria clássica dos conjuntos; isto é, o mundo consiste de entidades, propriedades dessas entidades e relações entre essas entidades. A teoria clássica de categorização fornece, então, uma ligação entre a metafísica objetivista e a teoria clássica dos conjuntos. Por exemplo, dada uma coleção de propriedades, existe uma categoria no mundo consistindo de entidades que possuem essas propriedades. Compreendendo-se categorias como conjuntos, advém que o mundo pode ser acuradamente modelado por conjuntos clássicos.

A metafísica objetivista vai além da simples afirmação de que existe uma realidade de algum tipo, tese essa conhecida como metafísica do realismo básico. A metafísica objetivista é muito mais específica. Ela adiciona a tese segundo a qual a realidade em si é estruturada de uma única e correta maneira em termos de entidades, propriedades e relações, que podem ser modeladas por categorias clássicas. Tal estrutura única e verdadeira existiria independentemente de qualquer atividade humana de produção de conhecimento.

Segundo Lakoff, esse pressuposto é necessário para chegar-se a uma visão objetivista da cognição humana. Nessa visão, o pensamento consiste em manipulação de símbolos abstratos e tais símbolos se tornam significativos de um e somente de um modo: através da correspondência a entidades e categorias no mundo real (ou de um mundo possível).

Detalhando essa visão, podemos dizer que há uma metafísica objetivista na qual a categorização clássica está enraizada. Segundo essa metafísica, como vimos acima, toda a realidade consiste de entidades, que, por sua vez, possuem propriedades fixas e mantêm relações entre si. Essa metafísica é então parceira de

um outro pressuposto metafísico: o essencialismo. Embora já dito, cabe aqui recordar o que declara o essencialismo:

entre as propriedades que as coisas têm, algumas são essenciais; isto é, elas são propriedades que fazem da coisa aquilo que a coisa é, e sem as quais não poderia ser o que é. Outras propriedades são acidentais – isto é, elas são propriedades que por acaso a coisa tem, e não propriedades que capturam a essência da coisa. (Lakoff, 1987, p.161)

Podemos então definir o que chamamos acima de categorização clássica:

Todas as entidades que têm uma dada propriedade ou coleção de propriedades em comum formam uma categoria. Tais propriedades são necessárias e suficientes para definir a categoria. (Lakoff, 1987, p. 161).

O que temos, então, é o seguinte: a metafísica objetivista somada à metafísica do essencialismo nos leva à crença em um tipo especial de categoria objetiva, baseada no compartilhamento de propriedades essenciais, oposta ao compartilhamento de propriedades acidentais. Tal pressuposto é conhecido como *doutrina dos tipos naturais*. Segundo ela,

Existem tipos naturais de entidades no mundo, cada tipo sendo uma categoria baseada no compartilhamento de propriedades essenciais, ou seja, propriedades que as coisas têm em virtude de sua verdadeira natureza. (Lakoff, 1987, p. 161).

Segundo Dupré, muitos acreditam que é papel da ciência tentar descobrir os tipos naturais, que seriam demarcados por essências reais (Dupré, 1996, p. 22).

A crença em tipos naturais é companheira da visão de que a própria natureza se encontra dividida em categorias e elementos diferentes, e que nossas atribuições e classificações têm de coincidir com essas divisões. Ou seja, o nosso conhecimento consiste em talhar o mundo segundo suas próprias determinações. O mundo, tal como a metafísica objetivista o vê, é extremamente bem comportado. Ele é constituído de entidades e propriedades discretas e de relações mantidas entre essas entidades. Algumas propriedades são essenciais e outras são acidentais. Propriedades essenciais definem categorias e tais categorias representam coisas que existem no mundo.

Essa metafísica implica uma abordagem objetivista da cognição e da linguagem: conhecemos alguma coisa porque a mente humana funciona como um

‘espelho da natureza’ (Rorty, 1988). Os símbolos utilizados na linguagem e no pensamento correspondem a entidades e categorias do mundo. Assim, o mundo possui um tipo de estrutura que torna possível a correspondência símbolo-mundo. Nosso conhecimento está correto quando acuradamente representa as entidades, propriedades e relações que subjazem objetivamente no mundo, independentemente de qualquer sujeito humano. Ou seja, o conhecimento verdadeiro é independente dos seres que realizam a cognição. O conhecimento consiste na correta conceitualização e categorização das coisas que existem no mundo e na compreensão da relação entre as coisas e as categorias.

Portanto, a existência e os fatos são independentes da crença, do conhecimento, da percepção, dos modos da compreensão e de todos os demais aspectos do aparato cognitivo humano. Conceitos são representações mentais de categorias de objetos do mundo e devem excluir toda influência não-objetiva. Portanto, o objetivismo reconhece a existência de fatos brutos, aqueles que são verdadeiros independentemente de qualquer sujeito ou quaisquer instituições humanas. O objetivismo sustenta, então, que os conceitos possuem uma e somente uma definição correta, aquela que faz referência às propriedades essenciais da coisa a ser definida.

#### **4. *Problemas Com a Metafísica Objetivista***

A maior evidência a favor da existência de tipos naturais vem da taxonomia tradicional (folk taxonomy). Em outras culturas, encontramos nomes para os diversos tipos de pássaros, peixes, flores ou árvores, e as distinções por elas reconhecidas são, em geral, semelhantes às mesmas reconhecidas pelo taxionomista moderno (Gould, 1979; Atran, 1990, 1999). Mas nem toda distinção que nos parece real é, de fato, real. Nós percebemos a fala de outras pessoas como descontínua, como dividida em sons, palavras e sentenças discretas, mas o sinal acústico é normalmente um continuum. Assim, o fato de que os organismos nos aparecem como grupos discretos

não mostra que as espécies biológicas são divisões objetivas do mundo vivo (Sterelny & Griffiths, 1999, p. 180). Uma abordagem possível a partir da teoria darwiniana da evolução nos sugere, por exemplo, que as espécies não seriam tipos discretos reais.

Recorrendo-se a categorias da biologia, tais como tigres, peixes, zebras etc., como exemplos paradigmáticos de tipos naturais, os filósofos objetivistas sustentam que as categorias clássicas existem objetivamente no mundo. Porém, segundo Lakoff, a situação na biologia é mais complexa. Para se ter uma idéia, segundo ele, existem três visões da taxonomia biológica: a cladística, a fenética e a evolucionista. A última faz uso tanto de critérios fenéticos quanto históricos. Será considerado aqui, seguindo-se Lakoff (1987, capítulo 12), o que a disputa entre os cladistas e feneticistas significa para a metafísica objetivista e, após, por que a biologia evolutiva também não confirma a metafísica objetivista.

Tomemos o caso de zebras e peixes (para maiores detalhes, veja-se Gould, 1992, pp 353-364). Nesse caso, existem aqui pelo menos duas categorizações de coisas vivas, baseadas em critérios científicos conflitantes. Por critérios fenéticos (similaridade das formas), existem duas categorias taxionômicas, zebras e peixes. Por critérios cladistas (compartilhamento de caracteres derivados), nenhum desses 'tipos naturais' existe, porque não existem tais categorias na taxionomia cladista. Na taxonomia cladista, existem somente grupos monofiléticos. Ao que parece, tipos naturais são partes de nossa concepção tradicional (folk conception) do mundo; não uma parte de todo e qualquer sistema conceitual científico (Lakoff, 1987, p. 187).

A fenética argumenta que a classificação deve basear-se na similaridade global dos seres vivos, medida por tantas características quanto possível, mesmo que tal classificação não reflita exatamente a ancestralidade comum. Para a cladística, a classificação deve expressar as relações de ramificação das espécies, não importando

o grau de similaridade ou diferença. Cada táxon deve ser estritamente monofilético<sup>8</sup> e o critério da cladística é o compartilhamento de características derivadas.

Não existe, assim, um único critério absoluto e verdadeiro para a definição de espécie. Se cada um desses critérios reflete um aspecto da realidade, a necessidade objetivista de que tipos naturais existam ou não existam não pode ser atendida. Cada resposta a um problema taxonômico possui alguma validade científica e nenhuma resposta é melhor do que a outra. O conceito filosófico de tipos naturais, tão crucial na metafísica objetivista, parece assim não estar de acordo com a compreensão científica do mundo natural (Lakoff, 1987, pp. 186-187).

Recorrendo-se à teoria darwiniana da evolução, em sua interpretação mais ortodoxa, a situação se complica mais ainda. A estrutura teórica dessa teoria pode ser resumida em cinco princípios: 1) variabilidade individual; 2) herança de certos traços; 3) taxa diferencial de sobrevivência; 4) taxa diferencial de reprodução, e 5) acúmulo lento e gradual da variação dos caracteres. Dessa forma, duas lições profundas advêm do darwinismo. Primeiro, todos os seres vivos, em todas as populações, possuem diferenças intrínsecas, não havendo dois seres iguais na natureza; a variação é a regra, não a exceção. Segundo, vivemos em uma natureza sempre inacabada, dado que a evolução é um processo que ocorre sempre que forem dadas as condições de variação, herança e seleção. Portanto, dentro desse arcabouço teórico, as espécies constituem um contínuo de formas e não existe uma única forma que contenha as propriedades necessárias e suficientes da espécie.

De acordo com a biologia evolutiva específica, portanto, espécies não são tipos naturais no sentido objetivista, ou seja, não são categorias clássicas. A teoria pré-evolutiva das espécies, nomeadamente, a teoria essencialista lineana, é um exemplo de teoria clássica das categorias. No entanto, ela é inconsistente com o darwinismo. O conceito fundamental nas teorias darwinistas é o de variação. Dentro da estrutura

---

<sup>8</sup> Por definição, grupos monofiléticos são aqueles que incluem todos os descendentes de um ancestral comum.

teórica do darwinismo, as formas vivas devem ser compreendidas em sua variação intrínseca. De tal teoria, portanto, advém a implicação lógica de que uma espécie biológica não tem uma estrutura interna uniforme. Quando se trata do mundo vivo, lidamos com a infinidade das formas.

De posse do que até aqui foi dito, podemos estabelecer sete razões pelas quais falham as tentativas de qualificar categorias biológicas, interpretadas de acordo com o pensamento biológico dominante desde meados do século XIX, como categorias clássicas (Lakoff, 1987, pp. 188-192):

1. Espécies não têm estrutura homogênea, com todos os seus membros compartilhando propriedades definidoras. Somente correlações estatísticas entre as propriedades podem ser dadas.
2. Uma espécie é definida não com respeito às suas propriedades intrínsecas, mas somente com relação a outros grupos. Em uma categoria clássica, as propriedades relevantes seriam definidas intrinsecamente, com relação a cada membro, e não com relação a outros grupos.
3. Uma espécie não é definível em termos de propriedades de seus membros individuais. Por exemplo, o conceito biológico de espécie define espécie em termos de seu reservatório gênico, embora os indivíduos possuam não mais do que uma pequena parte dos genes da população. Para se ter uma idéia, cada ser humano carrega uma variedade de hemoglobina, embora já tenham sido identificadas 300 variações dessa molécula na população humana.
4. Se considerada a distribuição geográfica ampla de populações, não existe nenhum meio de distinguir exatamente onde termina uma espécie e começa outra. Frequentemente, existem gradações e formas intermediárias. Em outras palavras, espécies biológicas exibem efeito prototípico<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Se a teoria clássica de categorização fosse correta, então nenhum membro da categoria teria um status especial. A razão é que, na visão clássica, as propriedades definidoras da categoria são compartilhadas por todos os membros. No entanto, muitas categorias exigem uma assimetria entre membros e essa assimetria é chamada de "efeito prototípico", uma vez que alguns membros aparecem como melhor representante da categoria.

5. O conceito “pertence à mesma espécie de” não é transitivo. Numa categorização clássica, se A e B são do mesmo tipo e B é do mesmo tipo de C, então A e C também são do mesmo tipo. Entre as espécies biológicas, isso não ocorre. Em um determinado contínuo geográfico, podem existir espécies A, B, C, D e E, sendo que A intercrusa com B, B com C, C com D e D com E. Porém, isso não implica que A e E se inter cruzem.
6. Nenhum conceito de espécie pode ser interpretado como detentor de condições absolutamente necessárias. Todos falham em algum aspecto.
7. A existência de uma espécie distinta pode depender de localização geográfica. Na tradição objetivista, um tipo natural é definido por condições inerentemente necessárias e suficientes. Ele não pode ser definido relativamente à sua localização.

Deste modo, as espécies biológicas não podem ser interpretadas como categorias clássicas, como tipos naturais. Elas exibem características inconsistentes com a forma clássica de categorização.

A discussão sobre o conceito de espécie foi introduzida com o objetivo de solapar a maior evidência a favor dos tipos naturais. Dessa forma, mina-se um dos principais argumentos da categorização clássica e de seu sustento metafísico, o essencialismo. Esperamos ter introduzido uma linha de raciocínio que nos permitirá relativizar a idéia de definição essencialista de vida. Pretende-se assim deixar campo para o argumento de que ‘vida’ é um conceito que tem seu significado extraído de um marco conceitual mais amplo, porque parece comportar mais de uma definição e, portanto, pode-se falar de um perfil conceitual de vida.

## 1. Introdução

Entre os biólogos moleculares corre um dito jocoso segundo o qual, enquanto o filósofo angustiado procura o sentido da vida, a biologia descobriu há muito que esse é 5' → 3'. Esse é o sentido em que é feita a leitura da fita de DNA, no processo de transcrição para RNA. Valendo-se da polissemia do termo 'sentido', essa piada deixa entrever a concepção de que a compreensão dos fenômenos relacionados aos sistemas vivos é redutível à compreensão daquilo que ficou conhecido como "programa genético", um algoritmo que supostamente conteria a informação necessária para a construção de um ser vivo<sup>10</sup>. Veremos que essa concepção não esgota as possibilidades de compreensão dos fenômenos vivos, uma vez que outros enfrentamentos da definição de vida vêm sendo realizados nos últimos anos.

No presente capítulo, vamos abordar algumas tentativas de definir vida que foram feitas ao longo da história da biologia. É muito provável que concepções de vida estabelecidas na história das ciências ainda estejam disseminadas e guardadas no senso comum. Assim, na seção 1 trataremos de levantar algumas dessas concepções, para, na seção 2, tratarmos especificamente das definições construídas dentro da biologia ou em diálogo com a biologia.

### Seção I – A concepção de Vida na História da Ciência

A vida é um problema novo. Como já discutimos, antes de Lamarck e outros pensadores da virada do século XVIII para o XIX situarem tal categoria ontológica, a

---

<sup>10</sup> Muito poderia ser dito sobre o uso da expressão "programa genético". Ao que tudo indica, essa expressão foi introduzida por Monod e Jacob para caracterizar a aparente intencionalidade do desenvolvimento biológico (Keller, 2002, p. 95). No entanto, em anos recentes, muitos autores criticaram essa noção e procuraram maneiras melhores para articular o entendimento sobre o organismo vivo e o processo de desenvolvimento. Muitas dessas críticas à noção de programa genético procuram romper com as noções de programa e informação. (Ver, por exemplo, Oyama, 1985; Sarkar, 1996; Coen, 1999 e Keller, 2002, Cap. 4)

vida não existia independentemente de outras categorias. Nas cosmologias antigas e medievais, as idéias de matéria, vida e espírito estavam por demais confundidas umas com as outras para que se pudesse distingui-las; o mundo, enquanto extensão, era considerado matéria; enquanto movimento, vivo; enquanto ordem, inteligência ou espírito (Collingwood, s/d, p. 195).

No entanto, isso não impediu que muito filósofos definissem vida, como é o caso de Aristóteles, no *Da Alma*, e Hobbes, no *Leviatã*. É curioso notar que, no caso de Aristóteles, a definição está situada em um livro sobre temas hoje considerados pertinentes à Psicologia e, no caso de Hobbes, a definição aparece em um livro sobre assuntos pertinentes às Ciências Políticas. Dada a diversidade de obras em que conceitos de vida podem ser identificados, optamos por selecionar aqui algumas definições que consideramos representativas de momentos importantes na história da filosofia.

### **1. Algumas Idéias Sobre a Vida na Antiguidade e na Idade Média**

Ao que parece, a primeira definição formal de vida foi dada por Aristóteles<sup>11</sup>. Como é sabido, esse filósofo dedicou grande parte de sua obra aos seres animados, ou seja, a temas que hoje entendemos como relativos à Biologia. Entre esses tratados, destaca-se o *Da Alma*. Para Aristóteles, os seres animados se diferenciam dos demais por possuírem um princípio interior que lhes dá a vida, sendo esse princípio a alma (*psykhé*).

Para definir a alma<sup>12</sup>, Aristóteles se remete à sua doutrina hilomórfica da realidade. Segundo essa doutrina, todos os seres contêm dois princípios

---

<sup>11</sup> Apesar de a definição de vida ser um problema novo, alguns filósofos antigos trataram do tema. Este tratamento, no entanto, se deu dentro de um discurso filosófico ou metafísico. No Dicionário de Filosofia de Ferrater-Mora (2001, verbete "Vida"), a primeira referência é a Aristóteles. Abbagnano (1986, verbete "Vida") cita uma passagem de Platão. Essa citação, no entanto, consiste em uma interpretação do próprio Abbagnano do que seria o conceito de vida de Platão, uma vez que ela diz respeito, na verdade, ao que Platão considera próprio da alma: a capacidade de "mover-se por si" (Fedón, 245c).

<sup>12</sup> As doutrinas aristotélicas sobre a alma são muito complexas, tendo suscitado diversas leituras, por autores diferentes. Pelos objetivos desse trabalho, preferimos não entrar nas diversas disputas e, assim, utilizamos para nossa interpretação um conhecido e bem recomendado Dicionário de Filosofia (Ferrater-Mora, 2001)

indissociáveis, a *matéria* e a *forma*, sendo a matéria aquilo com que se faz algo e a forma o que determina a matéria de modo que esta seja algo, isto é, aquilo pelo que algo é o que é (Ferrater-Mora, 2001, Verbete “Forma”). Por exemplo, de uma cadeira de madeira, podemos dizer que ela é feita de madeira, sendo essa, portanto, sua matéria. Já a forma é o que há de universal na cadeira, que a define como o tipo de objeto que ela é. A forma, por ser inteligível, é o princípio da especificação e generalização dos seres, algo comum a todas as cadeiras<sup>13</sup>. Quanto aos seres vivos, estes também possuem um substrato material e uma forma que os define<sup>14</sup> (Lear, 1995, pp. 96-97). Diz Aristóteles, “A vida é aquilo pelo qual um ser se nutre, cresce e perece por si mesmo” (Da Alma, II, 1, 412a, 10-20). Para que possamos entender melhor, será necessária uma análise de sua filosofia da natureza. Para Aristóteles as causas dos seres são quatro: a causa material, aquilo de que o ser é feito; a causa formal, aquilo que faz com que o ser seja o que é; a causa eficiente, aquilo que fez a coisa e, por último, a causa final, aquilo para o qual o ser existe.

Aristóteles procede a uma classificação dos seres vivos, conforme sua finalidade no cosmos. Essa finalidade, segundo Aristóteles, é determinada pela alma. Assim, ele realiza uma tripartição da alma, considerando a alma vegetativa, característica dos vegetais, que seria responsável pelas faculdades de nutrição e reprodução; a alma sensitiva, característica dos animais, que traria consigo as faculdades da locomoção e da sensibilidade; e, finalmente, a alma intelectual, característica do ser humano, que também possui a faculdade da razão.

Entendemos, assim, juntamente com Wuketitis, que em Aristóteles há uma especificidade dos seres vivos, ou seja, eles *possuem* uma certa forma, sem a qual eles não são vivos. Destarte, ele poderia ser considerado o fundador da tradição

---

<sup>13</sup> São vários os problemas suscitados pela noção aristotélica de forma. Deve-se notar, no entanto, que a relação matéria-forma se aplica à realidade em um sentido mais geral. Quando se trata da realidade em movimento, ou seja, em estado de devir, o par de conceitos utilizados por Aristóteles é potência-ato (Cf. Ferrater-Mora, 2001, Verbete “Forma”).

<sup>14</sup> Deve-se notar, no entanto, que a matéria e a forma das coisas físicas são elementos discerníveis apenas pelo pensamento, mas inseparáveis na realidade. A matéria nunca existe no estado puro, mas é sempre constituída de uma forma (Ross, 1987, pp 74-75).

vitalista (Wuketits, 1999). Há que se ponderar, no entanto, que esse vitalismo aristotélico não é simples de definir, não sendo claro, por exemplo, até onde o modo de pensar aristotélico é compatível com idéias que foram posteriormente denominadas 'vitalistas'. Segundo Lear, no pensamento aristotélico, forma e matéria não são dois componentes separados. Um organismo é uma unidade, que pode ser visto como tendo aspectos formais e materiais (Lear, 1995, p. 97). Assim, utilizamos o termo vitalista, para designar a doutrina aristotélica, com bastante cautela. Ainda mais porque, como dito, para Aristóteles não é possível a separação entre forma e a matéria, no caso dos objetos naturais. As únicas formas puras (que poderiam existir sem matéria) pensáveis são, para Aristóteles, o Primeiro Motor e a razão humana (Ross, 1987, p. 75). É tentador dizer que, para Aristóteles, o que faz de algo um ser vivo não é tanto a matéria da qual ele é feito, mas um certo tipo de organização, ou seja, a forma – tal como no caso de uma cadeira, no qual não importa a matéria, pois essa pode ser madeira ou metal. Essa parece ser também a visão de Lear, quando diz que as formas são um esforço para a realização da estrutura (Lear, 1995, p. 19). É forçoso, no entanto, matizar essa visão. De fato, para Aristóteles, há diversas classes de matéria e nem todas são equivalentes. Em razão de sua teoria dos quatro elementos, a matéria para Aristóteles é sempre qualificada, pois sempre há matéria *para* certas qualidades que excluem outras qualidades. Ou seja, o bronze, por exemplo, pode ser matéria para um cinzeiro ou para uma escultura, mas não é matéria para um ser vivo. O que se pode extrair daqui é que, para Aristóteles, a vida é algo que anima e informa *um determinado tipo* de matéria.

Se a vida em Aristóteles é um princípio informador, para o filósofo neoplatônico Plotino (205 d.C – 270 d.C), ela experimenta um processo de “emanação”. Plotino acreditava que a fonte do ser era o Uno, do qual procedia uma série de emanações: a Vida, a Mente, a Alma e a Matéria (Kearney, 1970, p. 39). Para o neoplatônico Proclo (421 d.C – 485 d.C), por sua vez, “tudo o que vive tem movimento próprio por causa da vida primária” (apud Ferrater-Mora, 2001, verbete “Vida”). Em alguns

neoplatônicos, decididamente, há um hipostaseamento da vida. O mesmo ocorre com os últimos neoplatônicos e também com os sistemas do gnosticismo, especialmente quando julgam a Vida como algo gerado, junto com o *Logos*, pela conjunção da Verdade e da Inteligência. Aqui a Vida é una, ou seja, existe algo como “a Vida”, ao contrário de Aristóteles, que lhe dava um sentido orgânico-vivente. (Cf. Ferrater-Mora, 2001, verbete “Vida”).

Guardadas certas diferenças inevitáveis, o uso do termo “Vida” nos escritos do Novo Testamento se assemelha aos pressupostos do neoplatonismo. “O Caminho, a Verdade e a Vida” são as hipóstases do *Logos*, no qual estava a Vida. Ainda, a vida ressuscita, de acordo com o Novo Testamento. Assim entendida, a vida não é só o princípio de todo o vivente – “o sopro da vida” –, mas o que o salva da morte e da aniquilação. Esse sentido hipostático da vida pode também ser remontado ao Antigo Testamento — e vai persistir por toda a Idade Média. Porém, sob a influência de Aristóteles, alguns filósofos vão adotar um ponto de vista mais orgânico, como é o caso de Santo Tomás de Aquino. Santo Tomás sustentou que chamamos de “viver” àquilo que possui por si mesmo um movimento. Porém, fazendo parte de uma tradição religiosa que considera a alma imortal, Santo Tomás insiste sobre a sua independência em relação ao corpo, o que é impensável em termos aristotélicos<sup>15</sup>. (Cf. Ferrater-Mora, 2001, verbete “Vida”). Nessa concepção de Santo Tomás, portanto, está a crença de que a vida é possível graças à presença que uma alma que vem de fora.

Dessa seção, extraímos o que segue, para os propósitos de nosso trabalho: para Aristóteles a vida é um princípio informador. Em alguns neoplatônicos, há um hipostaseamento da vida e essa emana do Uno; portanto, a vida é algo que vem de fora e que tende novamente ao Uno. Na tradição cristã, a vida é referida como um

---

<sup>15</sup> Há em Aristóteles, contudo, uma ressalva em relação ao elemento mais elevado da alma humana, chamados intelecto ativo. Segundo Aristóteles, como este vem do exterior, continua e existir após a morte do corpo. Não é claro, no entanto, se essa existência se dá sob forma individual ou se imersa em uma unidade espiritual mais ampla (Ross, 1987, p. 140)

sopro ou como alma imortal. Nessa tradição, o que se compreende é que os seres vivos são “animados” por alguma coisa exterior à sua própria organização material, enquanto doação de Deus.

## **2. A Concepção de Vida no Renascimento**

Para falar do Renascimento é necessário, antes de mais nada, uma certa qualificação. Acontece que, nesse período da História, há a convivência de tradições de interpretação do mundo completamente distintas. Pela natureza de nosso trabalho, não vale a pena um esforço de descrição minuciosa das características da ciência renascentista. No entanto, para que a qualificação que temos em vista seja feita e possamos extrair alguma concepção de “vida” desse período, é necessário que nos detenhamos, brevemente, no problema. Segundo Kearney (1970), durante a revolução científica, havia ao menos três grandes tradições científicas, com longa história cada uma, que tiveram suas conquistas mais tarde incorporadas na tradição científica moderna. Seriam essas tradições o organicismo, a mágica e o mecanicismo.

Essas tradições aparecem como fontes de construções ideais ou como gramáticas de linguagens específicas (Kearney, 1970, p. 49). Dentro de cada tradição, a natureza foi interpretada de acordo com padrões e conceitos característicos, com metáforas e analogias próprias. A Ciência Moderna é fruto de um diálogo sustentado entre várias linguagens mutuamente competidoras. Porém, para fins de simplificação, trataremos as tradições organicista e mágica como representativas do renascimento e o mecanicismo como representativo da Revolução Científica, no contexto deste trabalho.<sup>16</sup>

A tradição organicista da ciência renascentista se apoiou no tripé de Aristóteles, Galeno e Ptolomeu. Essa tradição explicava o universo material servindo-

---

<sup>16</sup> Temos consciência de que isso é uma simplificação da história da ciência e que corremos o risco de contar a história da perspectiva da tradição mecanicista, a visão que predominou a partir da Revolução Científica. No entanto, acreditamos que o detalhamento maior pouco contribuiria para o êxito favorável dos objetivos da tese. Para o leitor interessado na revolução científica, indicamos Hall (1988).

se de analogias tomadas do mundo que, hoje, chamaríamos de biológico. A linguagem que os cientistas da tradição organicista utilizavam teve sua origem na observação do desenvolvimento dos organismos. O que mais impressionava a essa mentalidade não era a regularidade da natureza, mas a mudança constante; a semente que se torna uma planta adulta, o ovo que se torna uma galinha. Porém, essa mudança dava lugar a certa constância, que deveria ser justificada. Por exemplo, a semente de carvalho sempre cresce para dar origem a um carvalho. Isso levou à conclusão de que haveria em todos os fenômenos naturais uma intencionalidade que presidia o desenvolvimento.

Para ilustrar, em meio aos grandes cientistas que se situam dentro da tradição organicista, podemos citar William Harvey (1578-1657), responsável pelo primeiro modelo científico da circulação sanguínea<sup>17</sup>. A vinculação de Harvey ao aristotelismo pode ser percebida pela importância dada por ele às causas finais no universo:

(...) esses homens não levam em conta o que é primordial nas operações da natureza e na geração e nutrição dos animais; quer dizer, não reconhecem essa causa eficiente e divindade da natureza que obra sempre com uma arte, providência e sabedoria consumadas, e sempre com alguma finalidade e por algum fim bom (Harvey apud Kearney, 1970, p. 86)

No que tange aos nossos interesses, dizia Harvey que o sangue era portador de algo mais do que o alimento material dos corpos, por ser justamente o veículo de um princípio vital, identificável, segundo ele, com a alma aristotélica (Kearney, 1970, p. 87).

A segunda tradição situada na Renascença, a magia, oferecia, segundo Kearney, “uma visão científica do mundo”, na qual a natureza era considerada uma obra de arte. As analogias próprias e a linguagem dos magos procediam de uma visão da natureza na qual o belo e o engenhoso, a surpresa e o mistério eram considerados características predominantes. O papel do cientista nessa tradição era colocar-se em contato com a mensagem do universo e ser uma espécie de mago. Deus, nessa

---

<sup>17</sup> Como veremos, o modelo da circulação sanguínea proposto por Harvey, acolhido por Descartes e Hobbes, terminou por tornar-se um dos fundamentos do modelo mecanicista.

tradição, era um mago, um realizador de maravilhas, e não o primeiro motor racional de Aristóteles (Kearney, 1970, p. 37). Os cientistas dessa tradição acreditavam seguir o exemplo do Criador e, rastreando os indícios do universo material, tentavam fazer uma idéia do que poderia ser a mente do “Artista Supremo”. A ciência e a observação da natureza eram entendidas como uma forma de serviço divino, um verdadeiro vínculo com a Divindade (Debus, 1996, p. 41).

Grande parte da inspiração que deu origem a essa atitude procedia dos escritos atribuídos a um egípcio antigo e misterioso chamado Hermes Trimegisto<sup>18</sup> (Hermes três vezes grande). Segundo os ensinamentos do *corpus* hermético, o Sol era o centro do universo e a Terra girava em torno dele; a luz era a fonte da vida e o sol, um símbolo da divindade. Os tratados herméticos incluíam também alguns postulados pitagóricos que insistiam na harmonia matemática do cosmos e na idéia de que os segredos do mundo teriam sido escritos por Deus em uma linguagem matemática. Pode-se perceber, assim, a importância desses escritos para o desenvolvimento da Ciência Moderna.

Um dos maiores expoentes da tradição mágica foi, sem dúvida, Paracelso (1493-1541). Esse mago foi um reestruturador da medicina, rejeitando a idéia de que a saúde e a doença dependessem do equilíbrio ou da desordem dos quatro humores fundamentais. Em sua opinião, uma das principais causas das enfermidades se encontra em fatores externos que, semelhantes a sementes, entram no corpo por meio dos alimentos ou das bebidas. Uma outra idéia interessante de Paracelso é a de que as doenças são processos muito específicos, para os quais só funcionam remédios também específicos. A doença é específica porque todo ente e toda coisa que existem na natureza são seres vivos autônomos. Toda coisa se desenvolve a partir daquilo que ela é em si mesma. Segundo Paracelso, haveria uma força, que ele chama de *arqueu*, responsável pela propriedade da autonomia. Paracelso considera que o *arqueu*, no

---

<sup>18</sup> Estudos históricos demonstram que o homem Hermes Trimegisto nunca existiu e os escritos a ele atribuídos datam de século II d.C. Pertencem de fato esses escritos ao movimento místico e filosófico do neoplatonismo.

interior das várias sementes, estimularia o seu crescimento. O arqueu é uma espécie de forma aristotélica materializada, e aqui é considerado o princípio vital organizador da matéria. (Reale e Antiseri, 1990, vol. II, p. 207).

Outro grande expoente dessa tradição foi Giordano Bruno (1548-1600). Ele via o universo como um mundo mágico, no qual a Terra e as estrelas seriam seres vivos. Sobretudo, o Sol era considerado por ele um ser vivo que derramava sua luz como verdadeira fonte da vida, a partir do centro do universo. Bruno falava de um Intelecto Universal, de modo marcadamente imanentista, como *mente nas coisas* e precisamente como faculdade da Alma universal, da qual brotariam todas as formas que seriam imanentes à matéria, constituindo com ela um todo indissolúvel. A estrutura hilomórfica da realidade era concebida por Bruno de modo diferente do aristotelismo. Segundo Bruno, as formas são a estrutura dinâmica da matéria, porque tudo é animado, tudo é vivo. A alma do mundo está em todas as coisas. (Reale e Antiseri, 1990, vol. II, p. 164).

Nessa tradição, também se situa um dos precursores da Ciência Moderna, van Helmont (1577-1644). Helmont foi estudioso da Cabala, do misticismo e da magia. Os interesses médicos de Helmont aparecem em seus tratados sobre cálculos (renais e biliares) e sobre sangrias. Em todos os casos, ele recusava as idéias de Galeno e sua terapia repousava sobre pressupostos acerca de Deus, da Natureza e do Homem (Kearney, 1970, p. 126). Entre esses pressupostos, está o papel decisivo da fonte espiritual da vida:

A vida é uma luz e um princípio formal pelo qual os seres executam o que se lhe ordena fazer; mas esta luz é um dom do criador (...) [de quem procede] como o fogo do pedernal (Helmont apud Kearney, 1970, p. 126).

Assim, no Renascimento, o conceito de “vida” se desenvolveu num sentido muito amplo, correspondendo à idéia de um princípio que move todas as coisas, ou realidades, sendo o mundo inteiro, inclusive, freqüentemente entendido como um “grande animal” ou “grande organismo”. Vida orgânica e vida psíquica foram, nesse

período, repetidamente tidas como iguais. Essas correntes podem ser classificadas como formas de um vitalismo animista. De acordo com elas, a vida era algo interno ao próprio mundo e responsável pelo seu movimento. Assim, por exemplo, a existência de veios minerais metálicos podia ser explicada mediante a hipótese de que o metal havia “crescido” em um lugar que lhe era favorável (Kearney, 1970, p. 87). Ainda, os sete metais conhecidos eram pensados em íntima relação com os sete astros do céu de Ptolomeu<sup>19</sup>. Disso resultou a crença de que cada astro emanava sua luz sobre a Terra, sendo esse processo o gerador do metal a ele correspondente. Nesse contexto, a Terra era vista como um organismo vivo sujeito à fecundação. O processo de surgimento de um metal era semelhante àquele da gestação de um ser vivo, cumprindo a Terra o papel da mãe fecundada pelo mundo celeste (Braga et al., 2003, pp. 73-74).

### **3. A Concepção Mecanicista do Século XVII: O Mecanicismo**

#### **3.1. Introdução**

Chamamos de mecanicismo uma visão da natureza em que a metáfora predominante é a máquina. Para cientistas que trabalham nessa tradição, o principal atributo do mundo é a regularidade, o fixismo e a previsibilidade dos fenômenos naturais. O pressuposto mecanicista é o de que o universo é governado por forças mecânicas. À imagem platônica do Deus geômetra se sobrepõe a imagem do Deus “mecânico”, construtor do relógio perfeito que é o mundo<sup>20</sup>. Desse modo, Deus deixa de ser um mago ou um artista para tornar-se o Grande Engenheiro. Kenelm Digby, por exemplo, pensava o mundo como um enorme relógio, uma obra admirável do Grande Arquiteto, composto de rodas e molas, cada uma delas podendo ser separada do mecanismo, estudada e compreendida (cf. Rossi, 1989, p. 119). A representação de

---

<sup>19</sup> Os sete astros e seus metais são: Sol/ouro; Lua/prata; Mercúrio/mercúrio; Vênus/cobre; Marte/ferro; Júpiter/estanho e Saturno/chumbo.

<sup>20</sup> Para uma discussão mais ampla de como o mecanicismo demanda o teísmo, remetemos o leitor a Broad, 1925, Cap. II.

Deus como um relojoeiro em Leibniz, por exemplo, entrelaçava-se à de um Deus que governaria o mundo “como um engenheiro maneja suas máquinas” (Leibniz apud Rossi, 1989, p. 119). Nessas condições, a tarefa do cientista era a de estudar as relações de reciprocidade que existem entre as distintas partes do universo, sob a suspeita de que essas partes deveriam estar ajustadas umas às outras de modo parecido às peças de uma máquina. Assim, conhecer a realidade significava perceber o modo como funciona a máquina do mundo e esta poderia – pelo menos em princípio – ser desmontada em seus elementos individuais, para ser reconstruída a seguir, peça por peça.

Sobre as coisas da natureza indagamos da mesma forma como indagamos sobre as coisas de que nós próprios somos os autores. (...) Nas coisas da natureza em que isso é possível, fazemos uso da anatomia, da química e de todos os tipos de auxílios, a fim de entender – resolvendo até onde for possível os corpos e como que os decompondo – de que elementos e segundo quais critérios eles são compostos. (Gassendi apud Rossi, 1898, pp. 118-119)

O mecanicismo, como modo de explicação, consiste na doutrina segundo a qual uma explicação é, em última instância, uma explicação que segue um modelo causal-mecânico (El-Hani, 2000). El-Hani define explicação causal-mecânica da seguinte maneira:

Explicação de um evento ou processo em termos das forças físicas que atuam sobre as partes de um sistema ou objeto ou dos micromecanismos que produzem aquele evento ou efetuam aquele processo. A explicação mecânica de um relógio, por exemplo, é formulada em termos das forças ou mecanismos que fazem com que as peças que o compõem se movam de uma maneira específica (El-Hani, 2000, p. 19).

Assim, a máquina se torna não só objeto de conhecimento mas, inclusive, uma forma de conceber o mundo (Barbieri, 2001, p. 22).

A origem do mecanicismo muito provavelmente está ligada à revitalização das contribuições de Arquimedes ao longo do século XVI (Kearney, 1970, p. 41). Essa revitalização se deveu ao fato de os cientistas do século XVI estarem voltados para assuntos de importância prática. Para muitos cientistas do século XVI, as obras de Arquimedes continham elementos do pensamento grego que não eram nem platônicos

nem aristotélicos. Arquimedes não pertencia a uma tradição esotérica e nem estava obcecado por coisas ocultas. Também não buscava harmonias matemáticas de significações religiosas.

O mais evidente seguidor de Arquimedes, no começo do século XVI, foi Tartaglia (1499-1557). Ele se interessou por assuntos de alcance prático, tais como as trajetórias de projéteis, um problema com implicações demolidoras para a física aristotélica. Mas seu interesse maior foi pelas máquinas. Tal interesse por máquinas continuou até os dias de Galileu, por obra do *Líber Mechanicorum* (1577), de Guidobaldo, matemático e protetor de Galileu. A atenção dada a Arquimedes, desde Tartaglia até Galileu, levou a um delineamento matemático, no qual o mundo era suscetível de medição e análise. Nessa tradição, os números careciam do atrativo místico que tiveram para os platônicos e neoplatônicos (Kearney, 1970, p. 44). A adoção do modelo da máquina e a explicação das realidades física e biológica em termos de matéria e movimento levaram a uma modificação profunda do conceito de natureza. Ela não aparece mais composta por formas e essências como “qualidades” inerentes, mas por fenômenos quantitativamente mensuráveis. Todas as qualidades intraduzíveis em termos matemáticos e quantitativos foram excluídas do mundo da física (Rossi, 1898, p. 118).

Devemos entender também o significado da cosmologia copernicana no contexto deste movimento histórico. Segundo Collingwood, uma vez que a Terra fora deslocada do centro do universo, a conseqüência última virá a ser de que o mundo material não tem um centro definido. Isso pode ser considerado uma revolução na cosmologia, pois assola toda concepção do mundo natural como um organismo. Um organismo sugere a existência de órgãos diferenciados. No organismo-mundo do pensamento grego, havia a Terra no centro, depois, a água, depois, o ar, depois, o fogo e, por fim, para Aristóteles, a quintessência. No entanto, se o mundo não tiver centro, desaparece a própria base dessas afirmações. Não sendo um organismo com partes distintas, o universo é homogêneo e tanto as coisas lá de cima como as daqui

de baixo são feitas da mesma espécie de matéria e as leis que governam os céus, conseqüentemente, também se aplicam aqui na Terra. (Cf. Collingwood, s/d, p. 143). Da mesma forma, o mecanicismo é fatal para o vitalismo animista mágico. Uma máquina implica algo exterior a ela e, assim, a identificação do mundo com Deus – como ocorre no panteísmo de Bruno – dá lugar à concepção de um Deus transcendente que teria projetado e construído o mundo-máquina. Essa noção de um Deus engenheiro transcendente e de um universo-máquina criou o terreno para o florescimento da idéia de existência de duas substâncias distintas, ou seja, para o florescimento do dualismo.

O mecanicismo foi uma reação tanto à corrente mágica quanto ao organicismo. Era impossível considerar o universo como uma máquina e deixar intactas as suposições aristotélicas acerca da natureza de Deus, a revelação cristã, os milagres e o lugar reservado à finalidade no mundo. O pressuposto mecanicista é o de que o universo é governado por forças mecânicas, completamente cegas.

### **3.2. O Mecanicismo Cartesiano e a Vida**

René Descartes (1596-1650) é tido como o mais influente mecanicista do século XVII. Na história da filosofia, Descartes é considerado como o primeiro pensador crítico moderno (Ferrater-Mora, 2001, verbete Descartes). Na história da ciência, ele é reconhecido como um dos primeiros elaboradores de um sistema científico que contestava os princípios aristotélicos em quase todos os pontos. Descartes está entre os que recusaram a divisão entre mundo sublunar e celeste e a idéia de que esses mundos eram governados por leis distintas. Igualmente, recusou o princípio de que o movimento dos corpos estava dirigido a um fim. Da mesma forma, exonerou da física a distinção aristotélica entre movimentos naturais e violentos. No campo da química, opôs à teoria aristotélica dos quatro elementos a teoria das mudanças químicas como um ajustamento mecânico de partículas.

Aplicando as regras da clareza e distinção, Descartes defendeu a existência de duas substâncias: a *res cogitans* e a *res extensa*, ou seja, a substância espiritual e a substância material. A *res extensa* seria composta, para Descartes, por matéria e movimento. A variedade dos fenômenos, bem como o seu caráter dinâmico, poderia ser elucidada pela quantidade de movimento que Deus injetou no mundo quando de sua criação. Essa quantidade de movimento se conservaria constante, uma vez que não cresceria nem amainaria. O universo cartesiano é exclusivamente matéria em movimento, sendo todas as ocorrências nesse universo causadas pela colisão de partículas. O calor, a força magnética, a luz, o crescimento das plantas e toda função fisiológica são interpretados por Descartes como casos particulares dessa dinâmica do universo.

Nessa perspectiva, também os seres vivos são entendidos como máquinas, cujas operações se dariam automaticamente, em consonância com as leis da matéria em movimento. No *Tratado Sobre o Homem*, ao descrever o corpo humano ou o corpo animal como uma máquina ou um autômato natural, Descartes pretende enfatizar que seu funcionamento e suas respostas comportamentais podem ser explicados simplesmente pela estrutura meticulosamente organizada de suas partes internas<sup>21</sup>, conjugada aos estímulos externos apropriados, sem necessidade de postular qualquer princípio oculto interno. Toda sorte de atividades humanas é por ele atribuída

(...) às operações de uma máquina automovente que à semelhança de relógios ou de uma fonte artificial ou de um moinho tem o poder de funcionar em plena harmonia com seus próprios princípios internos, dependendo somente da disposição dos órgãos relevantes (Descartes apud Cottingham, 1995, p.25).

Ao considerar os seres vivos como máquinas, Descartes rompe com a tradição que havia visto nos seres vivos instâncias de uma alma animadora de suas naturezas<sup>22</sup>. Não somente a vida obedece única e exclusivamente às leis da física e

---

<sup>21</sup> Há que se mencionar que no *Tratado Sobre o Homem*, Descartes não analisa a influência da *res cogitans* sobre o comportamento humano.

<sup>22</sup> No caso do homem, Descartes acompanha a tradição, pois atribui a ele uma alma racional. Isso será um nó tanto para Descartes como para os cartesianos, pois uma vez que o corpo e a alma são

da química, mas, além disso, todo comportamento relevante pode ser explicado em termos puramente mecânicos. Ainda no Tratado sobre o homem, podemos ler:

Vemos que relógios, fontes artificiais, moinhos e outras máquinas desse tipo, mesmo sendo construídas por homens, nem por isso deixam de ter a força para se moverem sozinhas de diversos modos; e mesmo para aquela máquina, que suponho ser feita pelas mãos de Deus, não me parece possível imaginar tantos tipos de movimento, nem atribuir a ela tanto artifício, que nos impeça pensar que aí não possam ainda existir outros mais. [...] E na verdade podem-se muito bem comparar os nervos aos tubos das máquinas daquelas fontes, seus músculos e tendões aos vários outros mecanismos e molas que servem para move-las; e seus espíritos animais à água que os move e cujo coração é a fonte e cujas concavidades do cérebro são os reservatórios. Além do mais, a respiração e outras semelhantes ações naturais e ordinárias dessa máquina, que dependem do andamento dos espíritos, podem ser comparadas aos movimentos de um relógio ou de um moinho, que podem se tornar contínuos com o fluir da água (Descartes apud Rossi, 1989, p. 117).

Imediatamente poderíamos concluir que, nessa cosmologia cartesiana, a vida é uma forma de arranjo dos componentes do mundo, sendo esse arranjo submetido às leis da natureza<sup>23</sup>. Dessa forma, não haveria nenhuma diferença entre um organismo vivo e um autômato que executasse as mesmas funções que aquele organismo. No entanto, segundo Ablondi (1998), há forte evidência contra essa interpretação. No final do Tratado Sobre o Homem, Descartes fornece uma lista de funções da máquina humana. Limitando-nos às funções que são comuns a animais com coração, animais sem coração e plantas, nós temos (1) nutrição, (2) crescimento e (3) a recepção da luz pelos órgãos externos dos sentidos. Para Descartes, um corpo está vivo se possui um arranjo estrutural interno de movimento – ou seja, é um autômato – e, como um resultado disso, desempenha certas funções. Imaginando um autômato feito pelo homem que realiza as funções acima listadas, podemos perguntar qual seria sua diferença em relação a um autômato natural.

---

substâncias distintas, como é possível a atuação de uma sobre a outra? Esse ficou conhecido como o problema do “fantasma na máquina”.

<sup>23</sup> Poderia ser dito que essa também é a visão dos organicistas do século XX e que, no entanto, esses não fazem coro com os mecanicistas. Em termos epistemológicos, a diferença está no fato de que, para o mecanicismo cartesiano, a compreensão dos seres vivos pode ser atingida por análise, ou seja, que do conhecimento das partes resultaria a compreensão do todo; para os organistas, o organismo é mais do que a soma de suas partes e, portanto, sua compreensão total não viria de métodos reducionistas.

Segundo Descartes, um autômato não-natural não poderia nunca ser considerado vivo, porque ele jamais exibiria a complexidade que somente o Divino Criador seria capaz de moldar nas coisas. Um relógio tem disposições apropriadas das partes, mas não a complexidade de um autômato natural. O homem jamais poderia construir um autômato que exibisse a complexidade dos autômatos construídos por Deus. A diferença, portanto, está nos poderes humanos de construção. Como Descartes escreveu numa carta a More, autômatos produzidos por Deus “são muito mais esplendidos que aqueles artificiais” (Descartes apud Ablondi, 1998).

Apesar de sua visão mecanicista da natureza e apesar de concordar com a idéia dos antigos atomistas de que o estado presente do mundo é consequência de uma evolução que partiu de um estado inicial de caos, de acordo com leis naturais, Descartes poderia ser situado em um campo conceitual vitalista<sup>24</sup>. Embora admitindo que o vivente não possui qualquer propriedade que não seja uma propriedade mecânica, sua origem se deve, para Descartes, a um tratamento especial por parte da Divindade, pois a vida exige um tipo de organização que somente uma Entidade Divina poderia fornecer. No entanto, essa interpretação não é totalmente segura. Descartes afirma que os organismos naturais exibem uma complexidade tal que só Deus poderia fornecer. Isso faz com que nos inclinemos para a crença de que, para Descartes, haveria a necessidade de um planejamento onipotente para que o arranjo da matéria compusesse um ser vivo. No entanto, não sabemos se essa complexidade é exclusiva dos seres vivos. Em alguns momentos, Descartes reconhece também a

---

<sup>24</sup> Tal como no caso de Aristóteles, nossa utilização do termo “vitalismo” precisa ser qualificada. Segundo Toulmin e Goodfield, as formas de vitalismo são diversas, sendo possível distinguir quatro tipos de vitalismo: 1) doutrinas segundo as quais há um princípio vital, não corporal, no organismo vivo; 2) doutrinas segundo as quais há leis especiais que regulam os fenômenos vitais; 3) doutrinas segundo as quais há constituintes não químicos nos organismos vivos e 4) doutrinas segundo as quais há uma força vital diferente de forças descritas pela física e pela química, tais como afinidade e eletricidade (Toulmin e Goodfield, 1982, pp. 322-330). Poder-se-ia situar Descartes no vitalismo do tipo dois e, nesse caso, as leis especiais seriam o resultado do tratamento especial dado pela Divindade aos organismos vivos, por meio da complexidade que só Ele poderia criar. No entanto, não queremos participar de uma disputa sobre um possível vitalismo cartesiano, pois adiante optamos por seguir a interpretação padrão. Tal comentário é arrolado aqui somente a guisa de referência, pois até onde percebemos esse problema não está totalmente resolvido.

complexidade dos fenômenos físicos e, por isso, chega a admitir que não seria realista esperar alcançar explicações demonstrativas infalíveis a seu respeito. Seja como for, o mais seguro aqui é acompanhar a interpretação tradicional, que afirma consistir o mecanicismo cartesiano num contraponto ao vitalismo (Ferrater-Mora, 2001, verbete Vida).

De qualquer forma, graças ao seu mecanicismo, Descartes pôde fazer uso de um reducionismo radical: o funcionamento dos macro-fenômenos deve ser explicado somente por referência às interações das micro-partículas. Um segundo traço, intimamente relacionado ao reducionismo, é o de que o mecanicismo também permite a rejeição da necessidade de postular-se poderes e forças ocultas, pois todos os efeitos atribuídos a propriedades ocultas podem ser explicados com base na figura e no movimento das partes constituintes. Assim, com exceção do homem, que possuiria uma alma, responsável pelos fenômenos da linguagem e do pensamento, os demais seres vivos são animados por sua organização, não havendo uma força misteriosa responsável pela vida.

#### **4. Depois disso, lá na Química...**

A concepção mecanicista da natureza se espalhou rapidamente pela Europa dos séculos XVII e XVIII, porém não sem oposição. Uma parte da rejeição vinha da química, que estava nascendo. Um dos precursores dessa nova ciência, Georg Ernst Stahl (1659-1731), lançou um aberto desafio ao mecanicismo. Segundo ele, organismos não podem ser máquinas porque eles possuem uma *vis vitalis*, uma força vital, que não existe no mundo mineral, o que o situa entre os vitalistas de tipo 1, segundo a classificação de Toulmin e Goodfield (1982). Stahl foi o primeiro a fazer uma distinção clara entre química inorgânica e química orgânica. Segundo ele, as substâncias orgânicas não podiam ser produzidas de qualquer material oriundo da matéria não-viva (cf. Silver, 2003, p. 474 e Barbieri, 2001, p. 24). Um exemplo clássico

era a uréia. Dessa forma, havia uma nítida separação entre os seres vivos e os seres inanimados. Stahl lançou, então, o seguinte desafio ao mecanicismo:

- (1) nunca será possível obter a síntese de compostos orgânicos em laboratório, porque o material inorgânico é desprovido de vis vitalis;
- (2) o que ocorre dentro do organismo vivo são transformações reais de substâncias, não movimentos de roldanas, correias e polias; e,
- (3) Seres vivos não podem ser máquinas porque máquinas não sofrem.

A primeira objeção encorajou uma longa série de experimentos buscando a síntese *in vitro* de compostos orgânicos e foi falseada quando, em 1828, um químico alemão chamado Friedrich Wöhler (1800-1882) sintetizou em laboratório uma substância “viva”, a uréia.

Wöhler hesitou em publicar seus resultados, pois era um vitalista convicto e também os via como uma traição a Berzelius. Ele havia sido aluno de Berzelius, o formulador da hipótese vitalista de que as moléculas orgânicas só poderiam ser feitas por organismos vivos. Em uma carta a Berzelius, Wöhler escreveu:

Não posso mais, por assim dizer, segurar minha urina química; e eu tenho de deixar escapar que eu posso fazer uréia sem precisar de um rim, seja de homem ou de cão; o sal amoniacal do ácido ciânico é uréia (Wöhler apud Silver, 2003, p. 474).

É interessante notar que o próprio Wöhler escreveu, consternado, que ele tinha testemunhado “a grande tragédia da ciência, matando uma bela hipótese com um fato feio” (apud Barbieri, 2001, p. 25). Isso mostra que os primeiros vitalistas – diferentemente de seguidores tardios – aceitavam o princípio da falsificação experimental.

A segunda objeção de Stahl tem uma base sólida e forçou o mecanicismo a mudar a definição de “máquina viva”. No curso do século XVIII, de fato, a visão de que organismos são “máquinas mecânicas” gradualmente mudou para a idéia de que eles são “máquinas químicas”. A sutil mudança de perspectiva tem a ver com a idéia de um aparato que, por meio de reações químicas de combustão, produz movimentos

mecânicos. A terceira objeção – segundo a qual os seres vivos não podem ser máquinas porque máquinas não sofrem - continua de pé e mesmo hoje é o um grande obstáculo ao programa da vida artificial.

## 5. Vitalismos para todos os gostos

Talvez por ser o movimento o atributo mais conspícuo dos seres vivos, seja freqüente encontrar nas definições de vida a afirmação de uma propriedade intrínseca de animação, de um elemento motor que anima os seres vivos. Acontece então, com freqüência, que esse elemento motor seja tomado como separado da matéria que constitui o ser vivo, o que conduz a um dualismo favorável ao desenvolvimento de teorias vitalistas. O ser vivo é aceito, então, como tendo um corpo material e um algo mais que o anima. No estudo histórico que fizemos até aqui, o que podemos encontrar, com exceção de Descartes e, de certa forma, Aristóteles, são essas correntes vitalistas, que tendem a afirmar a especificidade dos seres vivos por meio de uma força interna não-física ou energia que lhes dá as propriedades da vida. Em todas as visões aqui estudadas, a vida é alguma coisa que vem de fora ou habita os organismos e, no caso de Aristóteles, informa o ser vivo. Nesses casos, as leis da física e da química sozinhas não poderiam explicar as funções e os processos vitais<sup>25</sup>.

Assim, as concepções de vida que conseguimos extrair desse estudo podem ser agrupadas e analisadas da seguinte forma. Primeiro, o vitalismo foi uma concepção influente ao longo da história<sup>26</sup>. Segundo, e mais importante, a animação do ser vivo foi compreendida como vindo de fora para dentro do ser vivo (digamos, um externalismo) ou então como habitando, ou interna, ao ser vivo (internalismo).

No caso de Descartes, o subterfúgio de um princípio misterioso, que explicaria os fenômenos vivos, não é necessário. Para Descartes, o fenômeno da vida pode ser

---

<sup>25</sup> Veja-se bem que, no caso de Aristóteles, estamos seguindo a interpretação de Wuketitis (1999) e, assim mesmo, com as qualificações que fizemos.

<sup>26</sup> Na análise dos resultados das entrevistas faremos uma referência a dois tipos de vitalismo que ocorrem ainda, sendo um na ciência e, o outro, atualmente com grande divulgação, nos meios não científicos.

explicado única e exclusivamente pelo arranjo das partes materiais que constituem o ser vivo. A exceção é o ser humano, por possuir linguagem e pensamento, uma vez que Descartes atribui a este uma alma racional. De qualquer forma, Descartes funda um mecanicismo que pode ser situado dentro da categoria do internalismo, pois, para ele, as funções e propriedades da vida são explicadas simplesmente pelo arranjo interno da matéria. De outra forma, a animação seria explicada pelo arranjo e interação mecânicas das micro-partículas componentes do vivente.

A seguir, faremos um estudo sobre as definições de vida nos séculos XX e XXI. Encontraremos, então, mais uma categoria nas definições de vida, que chamaremos de relacional. Antes porém, sinalizamos para o fato de não termos trabalhado com autores do século XVIII e XIX, pois em tais séculos prevalece a disputa entre o mecanicismo e o vitalismo, não acrescentando nenhuma categoria nova de vida. Exceção, no entanto, são as teorias evolutivas que aparecem neste período. Porém, como tais concepções serão analisadas significativamente quando nos referirmos às concepções que surgem dentro da teoria sintética, preferimos não sobrecarregar o texto com aquilo que já será analisado à diante.

## **Seção II – A concepção de Vida nos Séculos XX e XXI**

### **1. Introdução**

Na seção precedente, fizemos um esforço para mapear o que se entendeu por ‘vida’ ao longo da história. Temos consciência de que muitos autores foram por nós ignorados; porém, acreditamos ter tocado nas concepções centrais, bem como adquirido um quadro significativo das principais noções sobre a vida. Na presente seção, trataremos de expor algumas definições de vida elaboradas a partir da segunda metade do século XX.

Nesse período, vários esforços foram feitos para definir-se vida. Algumas definições, no entanto, só são clareadas após a análise da teoria da qual fazem parte,

pois ocorrem como ontodefinições implícitas. Devemos alertar, porém, para o fato de que a presente seção não tem a pretensão de esgotar tudo que há para se dizer sobre definições de vida, mas, como no caso anterior, buscamos escolher aquelas que nos parecem mais significativas e representativas do período. Como exemplos de ontodefinições implícitas, escolhemos aquelas que ocorrem na teoria sintética da evolução – e em seus desdobramentos – e na biossemiótica. Como ontodefinição explicitada, escolhemos a caracterização do que é vida no contexto da teoria da autopoiese. Justificamos essas escolhas da seguinte forma: a teoria sintética da evolução possui um papel central na biologia contemporânea e a teoria da autopoiese e a teoria biossemiótica se situam como importantes programas de pesquisas alternativos à teoria sintética<sup>27</sup>. Ainda mais, em um desdobramento da teoria sintética e com a concepção biossemiótica da vida, nós encontraremos uma nova categoria, que chamaremos de *categoria relacional de vida*. Analisaremos ainda o Programa da Vida Artificial, A Teoria Endossimbiótica e a Hipótese Gaia, aprofundando a caracterização dessa categoria relacional de vida.

## 2. Três Definições de Vida na Teoria Sintética da Evolução

O que se chama de teoria sintética da evolução é, na verdade, uma estrutura complexa (Thompson, 1989. p. 12), formada pela unificação da teoria darwiniana da evolução e da teoria genética da herança, formulada a partir dos trabalhos originais de Mendel. Essa teoria foi enriquecida em 1953, com a construção do modelo da estrutura do DNA, por James Watson e Francis Crick e, posteriormente, pelo desenvolvimento da genética molecular, na esteira daquela descoberta.

No bojo dessa teoria, como veremos, é possível encontrar pelo menos três definições de vida, sendo duas ligadas à versão que tem como princípio básico a idéia

---

<sup>27</sup> Como veremos, existem outras definições de vida alternativas às definições aqui estudadas. Assim, embora não nos seja possível abordar a pletera de definições elaboradas nos últimos anos, acreditamos estar lidando com as mais divulgadas atualmente.

de que o gene desempenha papel central na vida e no processo evolutivo e a outra que se preocupa especificamente com as interações entre o organismo e o meio. A elaboração do programa genético tem uma longa história no que diz respeito ao conjunto e à diversidade de contribuições. Aqui, iremos expor brevemente a formulação deste princípio básico<sup>28</sup>, para que possamos, em seguida, extrair as duas definições que mencionamos acima. A reconstrução histórica será importante até mesmo para o batismo dessas definições e, por isso, pedimos ao leitor a paciência de aguardar um pouco, seguindo-nos em nosso percurso.

Em primeiro lugar, devemos recordar a teoria darwiniana da evolução em sua formulação original. Segundo essa teoria, como visto no capítulo 3, a evolução ocorrerá quando houver seleção natural sobre variações hereditárias dentro de uma população, desde que essas variações sejam responsáveis por taxas reprodutivas diferenciais. No darwinismo original, no entanto, não havia uma teoria da herança que pudesse explicar a origem das variações genéticas. Essa teoria foi desenvolvida por G. Mendel e ficou esquecida até o começo do século XX. Ironicamente, quando as pesquisas de Mendel foram redescobertas e avaliadas no começo do século XX, muitos pesquisadores acreditaram que as leis da herança eram incompatíveis com a teoria darwiniana da evolução (Bowler, 1985, p. 202; Campbell et al., 1999, p. 428-429). Tal incompatibilidade vinha do fato de a teoria mendeliana reconhecer somente traços discretos. Os biometristas e o próprio Darwin, no entanto, haviam enfatizado a necessidade de caracteres contínuos dentro da população, principalmente devido ao fato de muitos caracteres não serem discretos (Bowler, 1989, p. 212). A reconciliação veio com o desenvolvimento da genética de populações e os reconhecimentos da extensiva variação dentro das populações e da importância dos caracteres quantitativos. A teoria sintética da evolução foi construída a partir da combinação da teoria da evolução darwiniana original e dos desdobramentos dessa teoria da herança baseada em partículas elementares, os genes.

---

<sup>28</sup> Para uma exposição mais longa e sistemática, remetemos o leitor a Blanc (1994).

Outros importantes aportes para a formulação da teoria sintética da evolução, em sua versão genecêntrica, foram os seguintes: a) os trabalhos de August Weismann, com a suposição da existência de elementos particulados, auto-reprodutores, que “determinariam” as propriedades de um organismo; e com a rejeição da hereditariedade dos caracteres adquiridos; b) o Princípio de Hardy-Weinberg, segundo o qual a frequência de cada uma das variantes de um gene, no interior de uma população, se mantém constante no decorrer das gerações, se as leis da hereditariedade de Mendel forem as únicas a entrar em jogo; c) a explicação, por Thomas Morgan, da origem da variabilidade, por meio do surgimento de novos caracteres de forma súbita, por mutação espontânea nos fatores genéticos mendelianos<sup>29</sup>; d) a demonstração matemática, por Norton, de como a frequência de uma variante de um gene no interior de uma população pode desviar-se da constância prevista pelo princípio de Hardy-Weinberg, quando a seleção está atuando; e) a formulação do postulado básico do neodarwinismo: “A evolução consiste numa mudança na composição genética das populações”, por Dobzhansky.; f) os trabalhos de G. G. Simpson, mostrando que os dados da paleontologia são compatíveis com um mecanismo de evolução como o proposto por Dobzhansky: pequenas mutações se difundem progressivamente nas populações ancestrais até virem a ser as únicas a serem representadas em tais populações, conduzindo, assim, ao aparecimento de novas espécies registradas nos estratos geológicos. (Para todo esse parágrafo, cf. Blanc, 1999, pp. 65-93).

Assim, durante as décadas de 1930 e 1940, a teoria darwinista da evolução, baseada no mecanismo da seleção natural, recebeu apoios importantes, provenientes da genética mendeliana, da observação de populações naturais, de experimentos de

---

<sup>29</sup> A importância do papel das mutações para o processo evolutivo foi levantada, inicialmente, por Hugo de Vries (1848-1935). Os trabalhos de Thomas Morgan, no entanto, foram mais influentes para a formulação da teoria da síntese, por demonstrarem que mutações espontâneas frequentemente aparecem em culturas de *Drosophilas*. Além disso, Morgan adotou uma concepção da evolução como um processo lento e gradual, diferentemente de de Vries, que elaborou uma concepção saltacionista desse processo. Como sabemos, a teoria sintética adotou a versão darwiniana original de um processo evolutivo a passos lentos.

laboratório, da paleontologia e da matemática. Basicamente, a teoria sintética da evolução repousa nessas duas proposições: a) a evolução consiste no surgimento de novas variantes de genes por mutação cega ou não-dirigida pelo ambiente, nas populações, seguida da substituição gradual, sob a ação da seleção natural, das variantes menos adaptadas pelas mais adaptadas; b) o mesmo mecanismo de modificação da composição genética das populações, a seleção natural, permite explicar como uma espécie gradualmente dá origem a outra, em consequência da diferenciação genética de uma de suas subespécies.

Neste contexto conceitual, pode-se compreender como, a partir da década de 1950, os biólogos tenham dedicado-se a demonstrar que praticamente todas as características de um organismo possuem um valor adaptativo. Com base nessa idéia, George Williams, na década de 1960, propôs uma *doutrina da adaptação* (Williams, 1966, p. 4), também conhecida pelos nomes de ultradarwinismo ou programa adaptacionista. Segundo essa teoria, "(...) toda adaptação é calculada de modo a maximizar o sucesso reprodutivo do indivíduo, em relação a outros indivíduos" (Williams, 1966, p. 160). Ou seja, uma determinada variante de uma população vai deixar mais descendentes do que outra variante caso seus caracteres lhe confirmem um valor adaptativo maior. Assumindo-se que os genes são responsáveis pelos caracteres, "é no gene que se deve buscar a compreensão mais profunda da adaptação" (Williams, 1966, p. 71). Nessa visão, o significado último da evolução consiste na transmissão dos genes mais competitivos para as gerações futuras, tendo sido lançada, desse modo, a idéia de que o gene seria a unidade de seleção, e não o organismo, como propuseram Darwin e darwinistas anteriores.

O que importa aqui é a análise da aptidão (*fitness*) do genótipo. Vejamos como isso ocorre. Imagine um gene com duas formas alternativas, *A* e *a*, que exercem efeitos diferenciais sobre a fisiologia do organismo. Os três genótipos *AA*, *Aa* e *aa* terão, então, diferentes probabilidades de sobrevivência e reprodução, que podem ser expressas numericamente como sua aptidão, convencionalmente denotadas como

$W_{AA}$ ,  $W_{Aa}$  e  $W_{aa}$ . Para uma população que tenha qualquer proporção dos três genótipos, pode-se calcular  $W$ , a aptidão média da população, com relação a todos os indivíduos, multiplicando-se a aptidão de cada genótipo pela frequência relativa desse genótipo na população e somando-se os resultados obtidos para os três genótipos. É um princípio básico da genética evolutiva que a frequência dos diferentes genótipos se modifica de tal maneira que essa média aumenta a cada nova geração até alcançar um máximo. Os genótipos mais aptos deixam mais descendentes e são representados em maior proporção em cada geração subsequente, de forma que a aptidão média da população aumenta.

Com base nessas idéias, Richard Dawkins (1979) imaginou um cenário de origem da vida no qual, do mundo pré-biótico inicial, surgiram moléculas replicadoras ou simplesmente, nos termos de Dawkins, *replicadores* (entidades que fazem cópia de si mesmas). Tais moléculas teriam surgido por meio da união espontânea de seus monômeros constituintes, que estariam na sopa primordial, e teriam a capacidade fundamental de servir de molde para a síntese de cópias de si mesmas. Na medida em que os blocos de construção para esses replicadores foram ficando mais escassos, muito provavelmente ocorreu uma competição entre essas moléculas. As moléculas que eram mais estáveis e se replicavam com maior velocidade e precisão tendiam a sobreviver, enquanto as outras tendiam, aos poucos, a se extinguirem. Desta forma, ocorria no cenário primordial uma verdadeira luta pela sobrevivência entre as linhagens de replicadores. O processo de melhoramento das moléculas era cumulativo. Aquelas moléculas capazes de aumentar sua estabilidade e de diminuir a de seus rivais eram mais eficientes. Algumas variedades podem ter encontrado uma forma de quebrar quimicamente as moléculas de linhagens “rivais”, de maneira a utilizar seus constituintes para fazer suas próprias cópias. Outros replicadores poderiam também ter encontrado meios de protegerem-se dos ataques rivais, formando uma barreira de proteínas ou lipídeos ao redor de si. A partir desse momento, os replicadores começaram a constituir envoltórios protetores, que seriam

veículos para sua existência ininterrupta. Os replicadores que sobreviveram foram aqueles que construíram as máquinas de sobrevivência mais eficazes para morarem. Esses replicadores que sobreviveram, segundo Dawkins, recebem hoje o nome de genes (Dawkins, 1979, p. 41).

A essa altura, estamos em condições de extrair nossa primeira definição de vida advinda da teoria sintética da evolução. Na visão de Dawkins, o gene é entendido como a unidade de seleção e é ele que, sofrendo a ação da seleção natural, sobrevive ao longo das gerações. Os organismos são simplesmente veículos ou *máquinas de sobrevivência* dos genes (Dawkins, 1979, p. 40). Aqui, a vida é entendida, então, como a *seleção natural de replicadores* (cf. Emmeche, 1997b e 1998; Emmeche e El-Hani, 2000). Segundo Emmeche, Dawkins encrava sua visão do gene em uma metafísica reducionista, segundo a qual somente estruturas replicantes são entidades reais da evolução, enquanto o organismo é um epifenômeno (Emmeche, 1997b). Assim, esses replicadores seriam aquilo que, na matéria, é responsável pelo processo da vida, ou que, em si, seria a própria vida e que utiliza os organismos como veículo de sobrevivência. Essa definição, portanto, faz parte da longa tradição do internalismo, uma vez que a pedra-de-toque aqui é a noção de que o replicador, aquilo que sobrevive pelas gerações, é o gene. Como vimos, a nossa categoria “internalismo” se refere às concepções nas quais vida é entendida como processos, propriedades ou objetos inerentes ao vivente. No caso da concepção de Dawkins, esse objeto é o gene.

A segunda definição de vida que podemos extrair da teoria sintética da evolução é, de certa forma, relacionada à de Dawkins, mas está mais assentada sobre os resultados da biologia e da genética moleculares. Se pensarmos na definição de evolução dada pela teoria sintética – a mudança na composição gênica da população –, podemos perceber a importância e o peso que são dados ao conceito de gene. Como veremos, a segunda definição de vida aqui encontrada está totalmente assentada sobre esse conceito e sobre o que se pensou ser um gene.

A elaboração desse segundo conceito de vida está intimamente ligada à pesquisa sobre os fatores responsáveis pela herança. Tem-se comumente que a descoberta do DNA começou com as pesquisas, em 1869, de Friedrich Miescher. Àquela época, trabalhando com leucócitos e espermatozoides de salmão, Meischer obteve uma substância rica em carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e uma porcentagem elevada de fósforo. A essa substância, Meischer chamou nucleína. Embora ele tenha arriscado afirmar que a nucleína teria algo a ver com a fertilização, ninguém suspeitava de sua real importância. Anos mais tarde, fragmentou-se essa nucleína e isolou-se um componente protéico e um grupo prostético. Esse último, por ser um ácido, foi nomeado ácido nucléico. Atribui-se que o papel do DNA foi desvendado por Oswald Avery e sua equipe que, em 1945, teriam demonstrado que o DNA era o material portador da especificidade biológica. Em 1953, James Watson e Francis Crick propuseram o modelo da dupla hélice para a estrutura do DNA e, em 1957, Crick sugeriu que o DNA funcionaria como um código para a construção de proteínas. Em seu artigo de 1957, Crick formulou a “hipótese da seqüência”:

Em sua forma mais simples, ela supõe que a especificidade de um pedaço de ácido nucléico se expressa somente pela seqüência de suas bases, e que essa seqüência é um código (simples) para a seqüência de aminoácidos de uma determinada proteína (Crick, 1957).

O físico Erwin Schrödinger, em um livro fundamental para o desenvolvimento da biologia molecular e para a própria pesquisa sobre a estrutura molecular do DNA, escrito em 1944, já havia asseverado sobre a possibilidade de existência de um código, ao dizer que

(...) são esses cromossomos, ou, provavelmente, apenas um filamento esquelético axial daquilo que realmente vemos ao microscópio como um cromossomo, que contêm, em algum tipo de código, todo o padrão do desenvolvimento futuro do indivíduo e de seu funcionamento no estado maduro (Schrödinger, 1997, p. 33).

Mas Schrödinger vai ainda mais longe, afirmando que

Ao chamar código a estrutura dos filamentos cromossômicos, queremos dizer que a mente onisciente concebida por Laplace, para a qual toda conexão causal ficava imediatamente clara, poderia dizer, a partir de

sua estrutura, se o ovo se desenvolveria, sob condições favoráveis, em um galo preto ou em uma galinha pintada, em uma mosca ou em um pé de milho, em um rodendo, besouro, camundongo ou numa mulher (Schrödinger, 1997, p. 33).

Com semelhantes noções, François Jacob e Jacques Monod propuseram, em 1961, que o genoma contém um *programa* que coordena a síntese protéica (Jacob e Monod, 1961). Ao introduzir a metáfora do programa, esses autores abriram um espaço conceitual não só para pensar-se o paradoxo do desenvolvimento – ou seja, a realização de um organismo completo a partir de um ovo – mas, principalmente, para pensar-se a própria noção de ser vivo. Na visão desses autores, um ser vivo é a “realização de um programa prescrito pela hereditariedade” (Jacob, 1983, p. 10) ou “*objetos dotados de um projeto*” (Monod, 1976, p. 21. Itálico do próprio autor).

Aqui, portanto, podemos entender a vida como um produto de um programa<sup>30</sup> codificado no genoma. A definição de vida aqui também se ancora na tradição do internalismo, pois o DNA carrega o projeto, na forma de um programa interno ao ser vivo, de construção dos organismos. É a posse desse programa que caracteriza um objeto como ser vivo, pois é esse programa que o realiza, ou seja, é ele que é seu projeto. Ainda segundo Jacob, “um organismo é apenas uma transição, uma etapa entre o que foi e o que será. A reprodução é ao mesmo tempo sua origem e seu fim, sua causa e seu objetivo” (Jacob, 1983, p. 10).

A terceira definição de vida que pode ser extraída da teoria sintética é apresentada por David Hull (Hull, 1980 e 2001). O trabalho de Hull vem em resposta à idéia fundada por G. Williams (1966), retomada e reformulada por R. Dawkins (1979), como vimos acima, de que o gene é a unidade básica de seleção. Na interpretação de Williams e Dawkins, o critério de replicação identifica o gene como agente ativo e fundamental da seleção natural (Gould, 2002, p. 615). Dessa interpretação, extraímos a concepção de vida como seleção de replicadores. No entanto, segundo Hull, existe um profundo engano nessa visão: embora genes possam ser designados

---

<sup>30</sup> Veja-se a nota 7, sobre as críticas ao conceito de programa.

apropriadamente como replicadores fundamentais, eles não podem ser confundidos como agentes causais da seleção natural. Em outros termos, a replicação é necessária para a seleção, mas não suficiente (Hull, 2001, p. 2). A argumentação de Hull busca mostrar que genes formam somente um dos níveis de organização biológica; nível este que é distinto e não pode realizar as funções de outros níveis, como organismos e espécies (Hull, 2001, p. 21). Na sua visão, na evolução biológica a seleção natural atua sobre múltiplos níveis, sendo um processo hierárquico (Hull, 2001, p. 21).

Hull, então, introduz o termo geral interator, para designar “qualquer entidade que produz replicação diferencial, interagindo como um todo coeso com o seu ambiente” (Hull, 1980). Utiliza ainda o termo replicador, em referência “a qualquer entidade que passa sua estrutura diretamente por replicação” (Hull, 1980). Segundo Hull, uma explicação da seleção natural deve incluir ambos os conceitos. Diz ele, “(...) evolução por meio de seleção natural requer uma interação entre replicadores e interatores. Ambos os processos são necessários. Nenhum é suficiente” (Hull, 1980, p. 319).

Na terminologia de Hull, não existe unidade de seleção, visto que a seleção natural é composta de dois subprocessos – a replicação e a interação –, pois replicadores estão causalmente relacionados a interatores, e a sobrevivência desses interatores é causalmente responsável pela perpetuação diferencial dos replicadores (Hull, 2001, p. 23). Pode-se dizer, então, que a seleção natural atua na interação, não na replicação (Gould, 2002, p. 615). A replicação por si mesma não é suficiente para evolução por seleção natural. Diz Hull: “Em muitos casos, quando um biólogo argumenta que entidades mais inclusivas que os simples genes atuam no processo evolutivo, eles tem a interação em mente” (Hull, 1980).

Ao estabelecer que a evolução biológica é um processo hierárquico onde a unidade seleção diz respeito ao nível de interação, Hull fornece uma definição de vida que pode ser posta em uma categoria diferente das encontradas até agora. Ao longo

do estudo sobre as definições de vida, deparamo-nos com duas grandes concepções: a vida como algo que está fora, ou tende para fora, dos seres vivos (externalismo) e a vida como processos, propriedades, objetos ou sistemas inerentes ao vivente (internalismo). Porém, não alcançáramos ainda uma concepção que definisse a vida em termos de relações. Aqui, todavia, ao se estabelecer que a evolução por seleção natural só é possível nas interações, atingimos o ponto em que a vida passa a ser compreendida nesses termos. A vida é seleção de níveis que possuem a propriedade da interação.

Hull argumenta então que para se compreender a evolução por seleção natural, devemos romper com nossas noções do senso comum, abandonando a ontologia tradicional. Segundo ele, devemos formular uma reconceitualização radical, da maneira como foi feita na física dos anos de 1920 (Hull, 1980). Em nosso entendimento, essa reconceitualização é justamente o abandono da ontologia dos níveis tradicionais (gene, organismo, população, espécie etc.) e a introdução do conceito de interator. Nessa nova ontologia, entidades mais inclusivas do que o gene são passíveis de evolução por seleção natural.

Podemos notar que essas definições que extraímos da teoria sintética ocorrem dentro de um paradigma bem preciso. Nos três casos, são formas de interpretação do mesmo paradigma e, conforme os fundamentos lógicos de validação, chegou-se a uma ou outra definição implícita de vida. Portanto, conforme vimos, podem ser consideradas ontodefinições de vida. Assim, alertamos novamente para o fato de que a descrença em relação à definição de vida não se justifica. Ontodefinições são básicas para o caráter paradigmático da investigação científica e são utilizadas na biologia contemporânea.

### 3. A Definição Autopoiética de Vida

A teoria celular se situa entre as mais importantes da biologia (cf. Barbieri, 2001, p. 13). Essa teoria pode ser apresentada em duas versões. Uma seria a versão fraca, que diz tão somente que *“todo organismo conhecido é composto de células”*. Essa versão, no entanto, tem a desvantagem de não ter nenhum poder preditivo e nenhuma consequência falseável, já que ela diz somente que os organismos conhecidos possuem células. Já a versão forte é apresentada em uma proposição quantitativamente universal, tendo maior poder preditivo e conteúdo passível de falseamento. Segundo essa versão, *“todo organismo vivo possível é feito de células”* (Barbieri, 2001, p. 21).

Proposta dessa maneira, a segunda versão declara que a célula é o componente fundamental de *toda* forma de vida que poderia existir, incluindo possíveis seres vivos extraterrestres e criaturas vivas que poderiam ser produzidas pelo programa de pesquisa em vida artificial. Nessa versão da teoria, a célula é a unidade lógica do mundo vivo, tanto quanto os átomos são as unidades lógicas do mundo físico. Em outras palavras, o que se declara aqui é que não existe vida sem células, podendo-se propor, assim, uma definição de vida: *“vida é o estado de atividade da célula e dos sistemas celulares”*. A grande questão da biologia, *“o que é vida?”*, se torna, dessa forma, equivalente à seguinte pergunta: *“o que é a célula?”* (Para todo o parágrafo, cf. Barbieri, 2001, p. 22).

Baseando-se na idéia de que a célula é a unidade fundamental da vida, Varela, Maturana e Uribe fizeram uma importante contribuição para as discussões sobre as definições de vida (Varela et col., 1974). Nesse artigo de 1974, hoje clássico, os autores introduziram a palavra *“autopoiese”* para caracterizar o ser vivo. Para tanto, utilizaram-se da história de um marciano que viria à Terra para pesquisar os tipos de vida que existem em nosso planeta. Esse marciano faria uma lista dos objetos terráqueos, mas ficaria indeciso sobre quais realmente seriam vivos; assim, pediria

ajuda a um fazendeiro, o qual rapidamente dividiria os objetos em duas colunas, vivos à esquerda e não-vivos à direita:

<b>Vivo</b>	<b>Não-Vivo</b>
Homem	Rádio
Árvore	Motor de carro
Cogumelo	Computador
Mula	Robô
Galinha	Lua
Coral	Maré

O marciano perguntaria, então, ao fazendeiro qual o aspecto que ele utilizou para identificar os seres vivos tão rapidamente. O fazendeiro pegaria dois objetos ao acaso – galinha e mula – e diria que eles são vivos por serem capazes de “movimento”. O marciano não se convenceria e explicaria ao fazendeiro que corais e árvores não são capazes de movimento. O fazendeiro então sugeriria “irritabilidade”, ou a habilidade para reagir a estímulos, como critério para a distinção dos seres vivos. Novamente sua resposta falharia. O marciano argumentaria que homem e galinha, por exemplo, reagem a uma alfinetada, mas árvores e corais permanecem indiferentes. O fazendeiro então arriscaria a característica “reprodução”. Rapidamente, no entanto, teria de mudar de idéia, visto que mulas não reproduzem. Embora suas colunas estejam corretas, o fazendeiro admite não saber por que ele dividiu os objetos nas classes de seres vivos e não-vivos dessa maneira. Então, pediria ao marciano um prazo para pensar e que esse voltasse no dia seguinte.

O fazendeiro começaria a pensar. Ele sabe que, quando entra em regime, seu corpo se torna leve e mais fino. No entanto, quando volta a comer, seu corpo retorna ao peso normal. A partir deste raciocínio, ele encontraria a resposta ao problema do marciano: Os objetos da coluna direita não são capazes de reparar a si mesmos, enquanto aqueles da esquerda são vivos precisamente por terem essa propriedade.

Agora, o marciano ficaria satisfeito, concordando com o fazendeiro. A segunda lei da termodinâmica também teria sido descoberta em Marte e o marciano sabia que os organismos devem estar em perpétuo estado de atividade, a fim de poderem continuar vivendo. Um organismo deve estar constantemente reparando-se, ou seja, ele deve ser capaz de permanente auto-produção ou *autopoiese*. Os seres vivos se definem por produzirem continuamente a si mesmos.

O que caracteriza então um ser vivo é sua organização autopoietica. Dessa forma, foge-se aqui da tradicional lista de propriedades e constrói-se um modelo da célula que procura capturar o ser vivo como um sistema e o qualifica como um tipo particular de sistema. Esse sistema especial seria uma rede de componentes nos quais os componentes produzem a própria rede que, por sua vez, produz os componentes. A intenção de Maturana e Varela fica clara na seguinte passagem:

Queremos propor uma resposta a essa pergunta [Como saber quando um ser é vivo?] de modo radicalmente distinto da tradicional enumeração de propriedades, e que simplifique o problema tremendamente (Maturana e Varela, 1995, p. 82).

Segundo eles, só o fato de perguntarmos como se reconhece um ser vivo indica que já temos uma noção de sua organização. A organização, para eles, é um conjunto de relações que precisam existir ou ocorrer para que algo exista. Por exemplo, para que possamos classificar um objeto como uma 'cadeira', precisamos reconhecer certa relação e ordenação entre as partes que nomeamos por 'pernas', 'encosto' e 'assento', de tal forma que tornem o ato de sentar-se possível. O material do qual o objeto é feito é irrelevante para sua qualificação como cadeira (Maturana e Varela, 1995, p. 83).

A célula, a unidade mínima de vida, de acordo com a teoria celular, é um sistema que se define por sua organização autopoietica. Mas podemos perguntar, especificamente, o que é essa organização autopoietica celular, esse construir-se a si mesmo?

Em primeiro lugar, dizem os autores, os componentes moleculares devem estar dinamicamente relacionados em uma rede de interações. Essa rede de interações é o que se chama de metabolismo celular e tem a peculiaridade de produzir componentes que integram a própria rede que os produzem. Em segundo lugar, alguns desses componentes constituem uma membrana, uma fronteira para essa rede de transformações. Essa membrana torna possível uma clivagem no espaço. É bom que se diga, no entanto, que essa fronteira não só limita a extensão da rede que produziu seus componentes integrantes, como também participa da rede.

Temos, portanto, uma situação muito especial no que diz respeito às relações de transformações químicas: por um lado, podemos ver uma rede de transformações dinâmicas que produz seus próprios componentes e que é a condição de possibilidade da fronteira, por outro, vemos uma fronteira que é a condição de possibilidade para a operação da rede de transformações que a produziu como unidade (Maturana e Varela, 1995, p. 85).

Assim, a característica marcante de um ser vivo é que ele é cria a si próprio e se constitui como distinto do meio circundante mediante uma dinâmica própria.

Com a teoria autopoietica, encontramos uma definição explícita de vida, que se esforça para romper com as definições baseadas em listar propriedades, tais como reprodução, crescimento, metabolismo etc. Nessa concepção, tais propriedades são fenômenos relacionados à própria dinâmica autopoietica, não havendo, inclusive, nenhum elemento hierarquicamente superior que especifique o ser vivo. De posse de sua definição de vida, Maturana e Varela estão em condições de criticar a noção de que os genes, por exemplo, constituem a “informação” que determina de modo preciso os atributos do ser vivo. Segundo eles, essa noção está errada por dois motivos: 1) confunde hereditariedade com o mecanismo de replicação do DNA e 2), ao colocar o DNA em uma posição hierarquicamente superior, termina por retirá-lo de sua inter-relação com os demais componentes da rede (Maturana e Varela, 1995, p. 107).

Como vimos fazendo, devemos agora derivar uma categoria para a definição de vida posta pela teoria autopoietica. Essa tarefa fica facilitada pelas próprias conseqüências da interpretação de Maturana e Varela. Reconhecer que aquilo que

caracteriza os seres vivos é sua organização autopoietica equivale a interpretá-los de um ponto de vista que enfatiza o fato de serem unidades *autônomas* – de que são sistemas capazes de especificar suas próprias leis<sup>31</sup> (Maturana e Varela, 1995, p. 88). É a partir dessa autonomia que os seres vivos simultaneamente se realizam e se especificam. “O ser e o fazer de uma unidade autopoietica são inseparáveis, e esse constitui seu modo específico de organização” (Maturana e Varela, 1995, p. 89).

Disso resulta que o ser vivo é um sistema fechado. Tal postura já havia sido levantada e defendida por Monod, ao definir o ser vivo como um tipo de máquina que se constrói a si mesma, não devendo quase nada ao exterior (Monod, 1976, p. 22). Dentro da categorização por nós estabelecida, podemos situar a concepção autopoietica da vida como uma espécie de *internalismo*<sup>32</sup>. A vida é um operar que impõe uma fratura espacial, cuja própria clausura faz parte do operar. Embora não haja nada que possa ser apontado, internamente ao sistema, como hierarquicamente determinante das propriedades do ser vivo, a vida é, de acordo com a teoria da autopoiese, um determinado tipo de fechamento operacional<sup>33</sup>.

#### 4. A Definição Biossemiótica de Vida

---

<sup>31</sup> A questão da autonomia, em sentido ontológico, se refere ao fato de uma realidade ser regida por leis próprias, diversas de outras leis, mas não forçosamente incompatíveis com elas. Aqui, supõe-se que a realidade orgânica seja regida por leis distintas daquelas vigentes na esfera da realidade inorgânica, sendo a primeira, assim, autônoma em relação à segunda. A referência, então, à autonomia do ser vivo aponta para a sua especificidade, como uma categoria ontológica distinta, e para uma possibilidade de definição explícita, não mais baseada na tradicional lista de propriedades.

<sup>32</sup> Pode-se defender que a concepção autopoietica enquadra-se dentro da concepção relacional, uma vez que a unidade mínima de vida, a célula, não se encontra fora de contato com o meio, havendo um acoplamento estrutural fraco entre o meio e o ser vivo (Borges, 2005). Ainda, uma rede que se produza constantemente está colocando uma relação entre seus objetos e uma ação de fazer-se. Nossa insistência, no entanto, em situá-la dentro da categoria do internalismo baseia-se na concepção de que o ser vivo é um sistema operacionalmente fechado. Além disso, ao procedermos assim, estamos sendo coerentes com a nossa metodologia de categorização, que se baseou em um referencial de análise baseado no aparecimento de formas de expressão, conforme descrito nas páginas 36 e 37, dessa tese. Conforme o que ali está, a referência à célula indica uma disposição intencionalista. Mais ainda, acreditamos ter dado uma solução para essa disputa, ao afirmarmos que o acoplamento estrutural fraco, traduzido em trocas de matéria e energia com o meio, é um pressuposto de qualquer definição de vida.

<sup>33</sup> Tudo que foi dito nessa seção tomou a célula como modelo privilegiado de descrição dos sistemas vivos. No entanto, além dos seres vivos unicelulares, há os organismos metazoários. Sobre estes, podemos perguntar se também são unidades autopoieticas. Maturana e Varela os chamam, provisoriamente, de *sistemas autopoieticos de segunda ordem* (Maturana e Varela, 1995, p. 124). Reconhecendo a dificuldade da pergunta, deixam-na em aberto e afirmam que, de qualquer forma, o que é necessário reconhecer é que também os metazoários possuem *clausura operacional*.

O que se chama 'biossemiótica' (bios = vida & semion = signo) é um campo de investigação interdisciplinar que estuda a comunicação e a significação em sistemas vivos (Sharov, 1998a). Uma característica marcante da biossemiótica é a compreensão de que as entidades vivas interagem como corpos físicos, mas não somente como corpos físicos. Elas interagem também como mensagens<sup>34</sup>. Embora a biossemiótica possa remontar aos trabalhos do médico grego Galeno (Sebeok, 1996), ela foi declarada como um novo paradigma da biologia (ou biologia teórica) somente no século XX (Kull, 1999).

Jacob von Uexküll, em um livro de 1909, intitulado "Umwelt und Innenwelt der Tiere" (*Ambiente e mundo interior dos animais*), desenvolveu uma teoria que considera os animais como intérpretes de seus ambientes. Esse ambiente seria subjetivamente interpretado somente por organismos vivos. O ambiente se refere ao mundo fenomênico do organismo, o mundo ao seu redor tal como percebido por ele. Segundo Uexküll, a habilidade dos animais de interpretar o mundo é uma condição necessária para que possam sobreviver. O trabalho de Sebeok (1972), no qual encontramos uma teoria de zoosemiótica, contribuiu para a subsequente integração da biologia e semiótica. Segundo Sebeok, signos<sup>35</sup> utilizados por animais (visuais, acústicos e químicos) são processados por seus sistemas nervosos da mesma forma como em humanos. Assim, noções da semiótica humana devem, em sua visão, ser estendidas à zoosemiótica. Estudos posteriores argumentam que a interpretação de signos não requer necessariamente um sistema nervoso. Por exemplo, Krampen (1981) sugeriu que mesmo plantas são capazes de interpretar signos. Hoffmeyer (1996) desenvolveu uma teoria de que os organismos são mensagens, que descrevem a arte de sobreviver e reproduzir, para as gerações futuras.

A biossemiótica, tal como a teoria autopoietica, é uma abordagem alternativa à teoria sintética. A biossemiótica considera a interpretação de signos a propriedade

---

<sup>34</sup> Sebeok define mensagem como "um signo ou uma cadeia de signos transmitida por um produtor de signos, ou fonte, para um receptor de signos, ou destinatário" (Sebeok, 1994, p. 6).

<sup>35</sup> O termo "signo" e seu uso serão precisados mais adiante.

fundamental dos sistemas vivos e a toma como definidora da vida (Emmeche, 1997b, 1998). Seguindo Hoffmeyer, defrontamo-nos com a concepção de que os organismos são mensagens, no sentido de que todo organismo tem uma autodescrição escrita na forma de DNA. Essa autodescrição vem de gerações passadas e sumariza as experiências dos ancestrais na arte de sobreviver. Assim, os organismos têm uma natureza dual: eles representam a eles mesmos e são mensagens expedidas às gerações futuras. Diz Hoffmeyer:

Podemos dizer que o que é vivo, o organismo, é diferente do que sobrevive, o material genético. É a versão codificada, o material genético, que é passado para as próximas gerações por meio da procriação, enquanto o organismo deve morrer. Assim, o que sobrevive de fato é o código para alguma coisa, uma imagem do objeto – não o objeto. Vida é a sobrevivência na forma de código (Hoffmeyer, 1996, p. 16).

A partir de sua definição de vida, Hoffmeyer oferece uma nova interpretação do processo evolutivo. Segundo ele, devemos enfatizar a atividade do organismo na construção de seu ambiente. O ambiente, na concepção do Hoffmeyer é “o nicho ecológico tal como o animal o apreende” (Hoffmeyer, 1996, p. 54). Assim, receitas para a construção de ambientes são incluídas no genótipo e são transferidas seletivamente para as gerações futuras. Nessa acepção, o processo evolutivo não é simplesmente uma mudança na forma dos organismos, mas notadamente uma mudança nas relações destes com o mundo. A maior tendência evolutiva, segundo Hoffmeyer, é a seleção de ambientes cada vez mais complexos, que aumentam a liberdade semiótica dos organismos (Hoffmeyer, 1996, p. 61). Essa liberdade semiótica é entendida como

o aumento na riqueza e ‘profundidade’ de significados que podem ser comunicados: dos feromônios ao canto dos pássaros e dos anticorpos às cerimônias japonesas de hospitalidade (Hoffmeyer, 1996, p. 61).

Um dos problemas básicos do paradigma biossemiótico é o de se entender como surgiram sistemas capazes de interpretar o mundo (Sharov, 1998b). Em organismos menos complexos, a interpretação é sempre reduzida a alguma ação simples. Por exemplo, para uma mariposa, o som de um morcego significa “fuja”; já

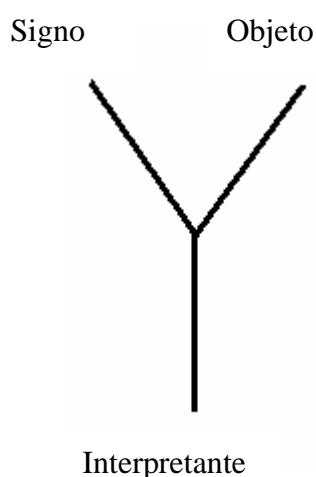
para uma alga unicelular, uma fonte de luz significa “mova para cá” (Sharov, 1998b). De acordo com Sharov (1998b), muitos acreditam que a atividade de um organismo esteja predeterminada em sua estrutura. Mas isso é somente metade da resposta, dado que a ação e a estrutura fazem parte do que se chama “organização”. Dessa forma, a ação e a estrutura estão integradas em um organismo. Faz-se necessária, então, uma outra noção, que nos permita entender o fenômeno da interpretação.

Tal noção é introduzida, para Sharov, com o termo valor. Valores podem ser aplicados a vários tipos de atividades: comer, dormir, mover, crescer, reproduzir etc. Avaliando objetos e processos, o organismo interpreta subjetivamente o mundo e a ele mesmo e, ao fazê-lo, constrói seu ambiente (Sharov, 1998a). Deve-se compreender, porém, que o valor não é uma qualidade nem do organismo nem do objeto. Por exemplo, preferimos uma barra de ouro a um copo d’água. Porém, em uma situação extrema, o copo d’água pode ser muito mais preferível, por exprimir a diferença entre a vida e a morte. O valor se situa, assim, na relação entre o objeto e o organismo.

Assim, a noção de valor é muito importante para entender-se o fenômeno da vida. Componentes do ambiente podem ter valor positivo ou valor negativo para um organismo. Por exemplo, recursos têm valores positivos, e objetos perigosos (por exemplo, inimigos) têm valores negativos. Também podem ser aplicados valores a vários tipos de atividade: comer, dormir, comover, crescer, reproduzir etc. A ação do organismo em relação a objetos externos, então, se torna incorporada à organização (ação-estrutura). Como resultado, o organismo desenvolve seu ambiente ao associar objetos externos a ações específicas, ou seja, ao interpretar o mundo.

No paradigma biossemiótico, o foco não é a organização de moléculas e nem a seleção natural de moléculas replicadoras, mas a comunicação de signos na natureza (Emmeche, 1998). É a relação de signos em várias escalas biológicas que deve ser encarada como objeto próprio da Biologia, pois a vida é fundamentalmente comunicação (Pattee, 1982).

Aqui, então, encontramos mais uma vez a definição relacional de vida. A compreensão de que a vida é relação é melhor alcançada quando levamos em consideração a própria natureza do signo. Sendo a vida compreendida como comunicação, pode-se então dizer que a unidade de estudo da biologia é a relação sógnica, mais do que relações entre moléculas. Charles Peirce definiu essa relação como uma relação triádica entre o signo, o objeto do signo e o interpretante do signo (figura 1). O signo, definido de maneira bastante simplificada, “é aquilo que, sob certo aspecto ou modo, representa algo para alguém” (Peirce apud Santaella, p. 12) independentemente de seu significado; o objeto do signo é aquilo a que o signo se refere; e o interpretante o signo produzido por aquele signo primeiro. A figura 1 representa essa relação triádica. Para ser um signo no sentido peirceano, todos esses três componentes da relação devem estar presentes.



**Figura 1. O signo peirceano é uma relação triádica.**

Assim, da noção de que a unidade de estudo da biologia é a relação sógnica, podemos extrair que a vida não é algo possuído ou doado a uma determinada instância material e, portanto, uma substância no mundo – pois fundamentalmente, a vida se dá nas relações semióticas entre os organismos e o ambiente. Aqui temos duas coisas importantes. Primeiro, temos mais uma vez a busca de uma definição para além das listas de propriedades. Segundo, ao estabelecer que a vida é

comunicação, encontramos novamente a categoria relacional de vida, com qual já havíamos nos deparado com o trabalho de David Hull.

Nesta seção II, até agora, nos esforçamos para extrair cinco definições de vida que foram elaboradas a partir da segunda metade do século XX, recorrendo a três paradigmas: a teoria sintética da evolução, a autopoiese e a biossemiótica. No que segue, continuaremos com nossa investigação sobre as concepções e definições de vida, tratando de analisar três tradições recentes dentro das ciências. A importância dessas tradições, no contexto desta pesquisa, reside no fato de que elas fornecem concepções que chocam frontalmente com aquilo que, no senso comum, consideramos e muitas vezes apontamos como vida. Especificamente, trataremos da Hipótese Gaia (HG), da Teoria Endossimbiótica (TE) e do Programa da Vida Artificial (PVA). Além disso, o PVA oferece um desafio à biologia no sentido de pretender constituir-se como um campo que investiga não só a vida como a conhecemos, mas também a vida em todas as suas formas possíveis – ou seja, o PVA coloca para a biologia o desafio de torná-la uma ciência verdadeiramente universal.

## **5. A Concepção de Vida na Hipótese Gaia**

A HG foi elaborada a partir da necessidade de se encontrar um experimento universal de detecção de vida. Como relata Lovelock, seu idealizador, a questão surgiu da demanda prática da pesquisa sobre existência de vida em outros planetas (Lovelock, 1989, pp. 17-18). Lovelock era consultor da NASA, no início da década de 1960, quando estavam sendo traçados os primeiros planos para a detecção de vida em Marte. Sua função era a de dar pareceres sobre a concepção de instrumentos para esse fim.

Naquela ocasião, planejavam-se experimentos para a detecção de vida baseando-se nos pressupostos de que as provas de vida em Marte seriam muito similares às da vida na Terra. Propunha-se então uma série de experiências para

avaliar a presença de bactérias, fungos e outros microorganismos, além de testes que indicassem a presença de substâncias químicas tais como proteínas, aminoácidos, carboidratos etc. No entanto, segundo Lovelock, algumas dúvidas começaram a se insinuar: como podemos estar certos de que as formas de vida em Marte são suficientemente similares às formas de vida na Terra, de modo que tais experimentos realmente funcionassem? O que é vida e como seria possível seu reconhecimento? (Lovelock, 1989, p. 18).

Dessas dúvidas, surgiu então o problema da elaboração de um *experimento universal para a detecção de vida* (Lovelock, 1989, p. 21). A partir dessas idéias, podemos retirar algumas lições. Em primeiro lugar, percebemos que a vida em outros locais do universo, caso ela exista, não tem necessariamente as mesmas formas ou os mesmos padrões da vida existente na Terra; segundo, a busca de respostas para a pergunta “o que é vida?” está relacionada à questão prática de como seria possível o reconhecimento de vida em situações distintas daquelas encontradas na Terra, no caso, em outro planeta. E, terceiro, elas desafiam a biologia a constituir-se não só como uma ciência da vida tal como nós a conhecemos, mas a de tornar-se uma ciência da vida tal como ela poderia ser – uma ciência da vida possível.

A primeira sugestão de Lovelock foi a de que o experimento universal para detecção de vida deveria basear-se na procura de uma redução da entropia, visto dever ser esta uma característica geral de todas as formas de vida (Lovelock, 1989, p. 20). Por exemplo, Schrödinger ([1944] 1997) já havia entendido os sistemas vivos como sistemas capazes de diminuir a sua entropia interna à custa de substâncias e de energia retiradas do meio e posteriormente excretadas numa forma decomposta. Um organismo vivo é uma estrutura que sofre mudanças contínuas, envolvendo milhares de reações químicas, e, ao mesmo tempo, consegue manter a estabilidade estrutural. O equilíbrio termodinâmico é atingido quando todos esses processos cessam. Em outras palavras, um organismo em equilíbrio é um organismo morto. Sistemas vivos

(de células até comunidades biológicas) se mantêm vivos apenas em um estado afastado do equilíbrio.

Segundo Lovelock, essa visão dos seres vivos, como sistemas afastados do equilíbrio, aponta para uma direção correta, mas de difícil detecção (Lovelock, 1989, p. 21). Porém, partindo-se do princípio de que a vida, em qualquer lugar do universo, é dependente da utilização de meios fluidos – oceanos, atmosfera, ou ambos – como sistemas de transmissão de matérias-primas e resíduos, é esperado que atividades relacionadas com a redução da entropia interfiram nesses meios fluidos, alterando sua composição. Assim, a atmosfera de um planeta vivo, por exemplo, seria diferente da de um planeta estéril.

A análise de nossa própria atmosfera mostra que essa contém ao mesmo tempo metano e oxigênio. Com a luz do Sol, esses dois gases se envolvem numa reação química que produz dióxido de carbono e vapor d'água. Para manter sempre a mesma quantidade de metano presente na atmosfera, é necessária a introdução anual de um bilhão de toneladas deste gás. Além disso, deve existir uma forma de substituir o oxigênio consumido na oxidação do metano, o que requer a produção de pelo menos o dobro do oxigênio, relativamente à quantidade de metano. Outros gases reativos também fazem parte da constituição da atmosfera terrestre. A presença de óxido nítrico e amoníaco é tão anômala quanto a de metano. Mesmo o nitrogênio na sua forma gasosa ( $N_2$ ) possui taxas anômalas, visto que seria de se esperar que encontrássemos esse elemento na forma química estável do íon de nitrato, dissolvido no mar. A análise da atmosfera de nosso planeta, portanto, mostra uma composição química altamente improvável. Trata-se de um sistema que se mantém afastado do equilíbrio (Lovelock, 1989, pp. 22-23).

As descobertas de Lovelock e colaboradores se afastaram dos conhecimentos da geoquímica predominantes em meados da década de 1960. A maior parte dos geoquímicos considerava a atmosfera um produto acabado. A vida se limitava a recorrer aos gases da atmosfera e a devolvê-los inalterados. Segundo a proposta de

Lovelock, no entanto, a análise da composição dos gases atmosféricos mostra que a atmosfera terrestre é uma extensão dinâmica da própria biosfera.

O resultado desta abordagem foi a elaboração da HG, ou seja, a hipótese de que a Terra é uma entidade complexa que abrange a biosfera, a atmosfera, os oceanos e o solo da Terra. Na sua totalidade, ela constitui um sistema cibernético ou de realimentação que mantém um meio físico-químico óptimo para a vida. A busca de um experimento universal para a detecção de vida levou Lovelock a crer que, sempre que se conseguir vislumbrar profundos desequilíbrios, em escala geral, ter-se-á conseguido detectar algo de dimensões globais capaz de manter e alimentar essa distribuição altamente improvável de moléculas: uma estrutura mantida por complexos processos fisiológicos, que ele chamou de Gaia.

Que concepção de vida pode-se extrair desta teoria?<sup>36</sup> Em uma análise sistemática, aplicando o princípio de parcimônia, Lima-Tavares (2000) e Lima-Tavares e El-Hani (2001) concluem que a caracterização da Terra como viva, com base na teoria da autopoiese, não se sustenta<sup>37</sup>. Segundo estes autores, a inferência de que a Terra é um ser vivo com base, por exemplo, na observação de que ela é coberta por uma camada de seres autopoieticos não pode sustentar-se diante de uma aplicação do princípio da parcimônia. É mais parcimonioso afirmar-se que a Terra, como um todo, não é um ser vivo, mas está coberta por seres vivos, e a biota é capaz de regular o ambiente físico-químico, por estar intimamente acoplada a ele.

Seria possível vincular a HG a outro conceito de vida, que não o autopoietico? Concordamos com a análise de Lima-Tavares e El-Hani quanto à inadequação da HG ao conceito de seleção de replicadores. A seleção natural atua sobre populações, e não sobre indivíduos. A idéia de que a Terra poderia satisfazer a condição de evolução biológica somente pode ser adequada dentro de um paradigma que entenda a

---

<sup>36</sup> A análise do conceito de vida na HG é terreno espinhoso e não poderia ser levada a efeito no âmbito deste trabalho. Aqui, trataremos somente de categorizar a noção de vida que está subjacente à hipótese.

<sup>37</sup> Para uma análise mais minuciosa desse argumento, remetemos o leitor ao artigo de Lima-Tavares e El-Hani (2001).

evolução como um processo transformacional, que explica a evolução com base na transformação individual de cada organismo em sua história de vida – como o lamarckiano, por exemplo. Em contraste, o paradigma da seleção de replicadores explica a evolução como um processo variacional que implica uma mudança na distribuição das frequências das características fenotípicas e das frequências gênicas nas populações ao longo do tempo (Darwin, 1985; Mayr, 1982 e 1988). Ora, a ‘evolução’ de Gaia envolveria apenas a transformação das características de uma entidade individual, uma vez que, até onde sabemos, Gaia não pertence a uma população replicadora e é, no mínimo, muito difícil conceber qual seria essa população.

Como vimos, nós extraímos uma definição de vida assentada sobre o paradigma da biologia e da genética moleculares: a vida como um programa codificado no genoma. Esse paradigma não é analisado por Lima-Tavares e El-Hani (2001). De qualquer forma, a adequação da HG a esse quadro conceitual também seria impraticável. Dentro de nossa interpretação, seria necessário um programa doador de vida habitando Gaia. Porém, a que corresponderia o genoma de Gaia?

E quanto ao paradigma biossemiótico? Seria possível a HG cair sob seu conceito de vida? Como vimos, o paradigma biossemiótico define vida como interpretação funcional de signos em sistemas materiais. Segundo Lima-Tavares e El-Hani (2001), no entanto, para que a HG satisfaça o conceito biossemiótico de vida, seria necessário que se especificasse quais seriam os sistemas de reconhecimento e interpretação de signos do planeta como um todo. Afirmando que seria muito difícil fazer tal especificação, lançam o desafio de que

(...) talvez alguém se sinta motivado (...) a tentar descrever sistemas de reconhecimento e interpretação de signos supostamente existentes na Terra como um todo (Lima-Tavares e El-Hani, 2001)

Embora seja tentador, acreditamos não ser aqui o lugar para aceitar um desafio de tal envergadura. A prudência indica que o melhor é concordarmos com as dificuldades apontadas pelos autores e deixarmos o desafio para momento mais

aceitável. No entanto, a título de nota, algo deve ser dito. Até onde conseguimos perceber, a única solução para o problema é o argumento de que Gaia seria um sistema auto-referente, e o problema reside justamente aqui. A questão da auto-referência é um nó na filosofia, porque acaba suscitando aquilo que tecnicamente se chama de “paradoxos semânticos”. Um bom exemplo é o conhecido paradoxo de Russell: considere a classe de todas as classes que não são membros de si mesmas. Esta classe é um membro de si mesma? Se é, então não é; e se não é, então é. É bem provável que esse paradoxo também se manifeste no caso de uma Gaia auto-referente.

O que importa para nossos propósitos aqui, no entanto, é a percepção de Lovelock de que, em qualquer planeta, os sistemas vivos teriam de utilizar seus fluidos – atmosfera, oceanos, lagos e rios – para reciclar os elementos necessários à manutenção da vida. Nutrientes devem ser fornecidos e resíduos, eliminados. O ajuste da temperatura e da atmosfera deve ocorrer em escala global e tais condições devem ser ativamente controladas. Assim, o que Lovelock propôs foi que a vida mantém seu ambiente. Utilizando-se de um termo da fisiologia, Lovelock afirmou que o ambiente é, em um planeta com vida, *homeostático*. Em termos de engenharia, a temperatura, por exemplo, é ajustada em torno de pontos determinados por meio de realimentação negativa. Assim, “Gaia” seria um termo econômico para o que realmente Lovelock queria dizer: “sistema cibernético de tendência homeostática conforme detectado por anomalias químicas na atmosfera da Terra” (Margulis, 2001, p. 111).

Dessa forma, aqui, mais uma vez, a vida não é uma propriedade que vem de fora e nem uma propriedade ou entidade habitando o interior da matéria. A vida aqui pode ser categorizada dentro do que vimos chamando de categoria relacional de vida. A vida não está apenas nos seres vivos, mas também nas relações que eles estabelecem entre si e com seu meio. E mais, essa relação é capaz de produzir esse próprio meio como aquele ótimo à manutenção da vida. Veremos agora uma outra

definição relacional de vida, no contexto da Teoria Endossimbiótica da evolução. Veremos ainda como essa concepção de vida, de certa forma, está relacionada à HG.

## 6. A Concepção de Vida na Teoria Endossimbiótica

A TE foi desenvolvida por Lynn Margulis, nos anos 1960, e publicada em 1967 (Sagan, 1967)<sup>38</sup>, com o intuito de resolver um dos maiores problemas da biologia evolutiva: o aparecimento da célula eucariota. Partindo do fato de que existem curiosas similaridades entre células procariotas e algumas organelas de células eucariotas (quadro 7), Margulis reviveu uma teoria, proposta em 1910 pelo biólogo russo Mereschowsky e em 1920 pelo norte-americano Ivan Wallin, sobre os possíveis ancestrais das mitocôndrias e dos cloroplastos (cf. Fenchel, 2002, p. 84).

A teoria propõe que as mitocôndrias resultaram de endocitose de bactérias aeróbicas e os cloroplastos, de endocitose de bactérias fotossintetizantes, por um ancestral das células eucariotas. Essa relação se tornou mutuamente benéfica para as células (simbiose). A simbiose se deu a partir do momento que a atmosfera começou a apresentar uma concentração substancial de oxigênio e organismos aeróbios com uma maior produção de energia surgiram na Terra. Segundo a hipótese de Margulis, a bactéria aeróbica teria manipulado o oxigênio tóxico para a bactéria anaeróbica e a bactéria anaeróbica ingeriria comida para a bactéria aeróbica.

**Quadro 7. Similaridades e diferenças entre células procariotas, células eucariotas, mitocôndrias e cloroplastos.**

	Procariotas	Eucariotas	Mitocôndria	Cloroplasto
DNA	1 cromossomo circular	Múltiplos cromossomos lineares compartimentalizados dentro do núcleo	1 cromossomo circular	1 cromossomo circular
Ribossomo	70 S <sup>39</sup>	80 S	70 S	70 S
Cadeia transportadora de elétrons	Encontrada na membrana plasmática em	Não encontrada na membrana plasmática em torno da célula	Encontrada na membrana em torno da	Encontrada na membrana plasmática em

<sup>38</sup> O artigo foi publicado enquanto Lynn Margulis ainda usava o sobrenome do marido Carl Sagan.

<sup>39</sup> Coeficiente de sedimentação, em ultracentrífuga, expresso em unidades Svedberg (S). O valor de S aumenta com o peso molecular da partícula.

	torno da célula	(encontrada somente na mitocôndria e no cloroplasto)	mitocôndria	torno do cloroplasto
Tamanho (aproximado)	~1-10 microns	~50 - 500 microns	~1-10 microns	~1-10 microns
Aparecimento sobre a Terra	Bactéria anaeróbica: ~3.8 bilhões de anos atrás. Bactéria fotossintética: ~3.2 bilhões de anos atrás. Bactéria aeróbica: ~2.5 bilhões de anos atrás.	~1.5 bilhões de anos atrás.	~1.5 bilhões de anos atrás.	~1.5 bilhões de anos atrás.

Fonte: modificado a partir de <http://www.biology.iupui.edu/biocourses/N100/2k2endosymb.html>

A teoria endossimbiótica apresenta muito mais detalhes e evidências do que seria recomendável expor aqui, visto o que estamos procurando são apenas as suas conseqüências para uma definição de vida<sup>40</sup>. Assim, importa que, segundo Margulis, a teoria endossimbiótica se refere à origem não só de novos organismos, mas até de novas espécies por meio da simbiose permanente ou de longo prazo (Margulis, 2001, p. 13). Na concepção de Margulis, a simbiose é decisiva para o entendimento da inovação evolutiva e da origem das espécies. Segundo ela,

“(...) creio que a própria noção de espécie requer a simbiose. As bactérias não têm espécies. Não existiam espécies antes que as bactérias se juntassem para formar células maiores, incluindo os ancestrais de plantas e animais” (Margulis, 2001, p. 14)

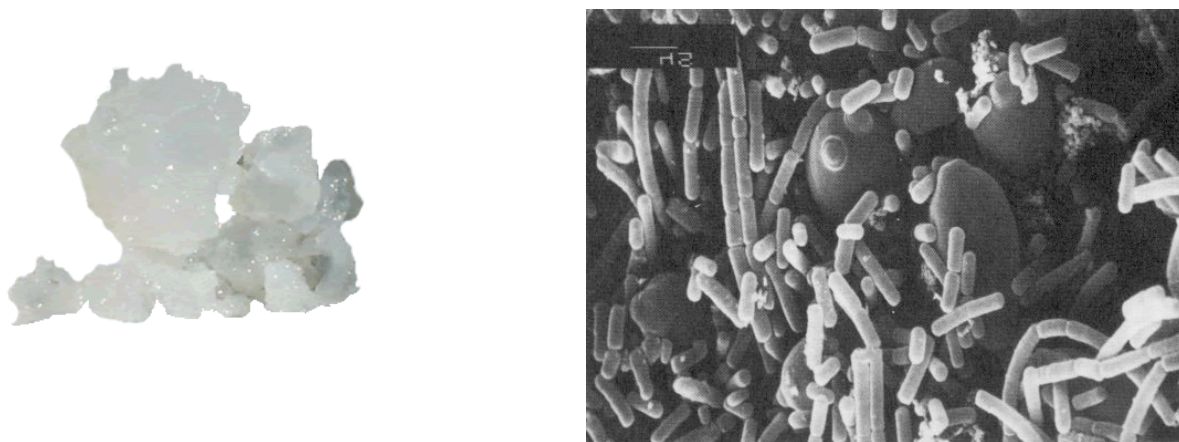
Indo ao que importa, no contexto de nosso trabalho, resta extrair uma possível definição de vida da TE e referi-la a uma de nossas categorias de vida. Em texto recente, Margulis analisa os componentes do coalho do kefir. A figura. 2 mostra grânulos do kefir. A palavra ‘kefir’ se refere tanto à bebida Láctea como ao coalho e os grânulos que fermentam o leite, produzindo a bebida. Assim como os ancestrais de todos os eucariotas evoluíram a partir de simbioses entre bactérias, indivíduos de kefir

<sup>40</sup> Para maiores detalhes, ver Sagan (1967), Price (1996) e Fenchel (2002).

evoluíram a partir da união de cerca de trinta microrganismos diferentes, pertencentes a dois reinos diferentes, Monera e Fungi (Margulis, 2002, p. 85).

Essas bactérias e leveduras específicas precisam reproduzir-se em conjunto – por intermédio de divisão celular coordenada e sem a ocorrência da fertilização ou de qualquer outro aspecto de sexo meiótico – para manter a integridade do indivíduo que é o coalho do kefir (Margulis, 2002, p. 87).

Ao longo das gerações, os habitantes do Cáucaso, ao selecionarem as melhores “sementes” para a fabricação da bebida, criaram uma nova forma de vida. Os microrganismos que compõem o kefir estão completamente integrados num novo ser. Segundo Margulis, assim como o kefir, nós e todos os organismos feitos de células nucleadas, de amebas a baleias, não somos apenas indivíduos, mas agregados simbióticos de outros indivíduos (Margulis, 2002, p. 90).



**Figura 2. Acima, o complexo "indivíduo de kefir". Ao lado, parte da flora microbiana que compõe o kefir. (Fonte: modificado a partir de <http://biotech.szbk.u-szeged.hu>).**

Aqui, portanto, podemos dizer o seguinte: embora não tenhamos uma definição clara do que seja vida na TE, podemos, pelos menos, entender que, para Margulis, a vida existe na relação. Repetindo suas palavras, “a vida é uma rede de alianças cruzadas entre reinos (Margulis e Sagan, 2002, p. 201)”. Assim, encontramos mais

uma vez a categoria relacional de vida. Na próxima seção, trataremos da definição de vida no Programa da Vida Artificial.

## **7. A Concepção de Vida no Programa da Vida Artificial**

Vida Artificial (VA) é um programa de pesquisa que usa conceitos da teoria da informação e simulações de computador para estudar a vida, em geral, e a vida terrestre, em particular (Boden, 1996a, p. 1). Segundo Langton, a biologia, na prática, é o estudo da vida baseada na química do carbono. Isso ocorre simplesmente porque esse é o único tipo de vida conhecido até o momento. Mas, em princípio, não há nada que restrinja a biologia a esse tipo de estudo, dado que nada impede que a vida possua outras bases materiais. Assim, a biologia teórica poderia ser entendida como o estudo da forma dinâmica da vida, sem referência ao substrato material (Langton, 1987, p. 2).<sup>41</sup> Assim, a VA segue os passos da proposta anterior da Inteligência Artificial, assumindo uma orientação funcionalista, segundo a qual as propriedades dos sistemas vivos são consequência de uma determinada organização e não de sua materialidade (Cf. Moreno e Fernández, 2000).

Na concepção de Langton, torna-se muito difícil encontrar princípios gerais definidores de vida, porque temos, por assim dizer, somente um exemplo de vida. Todos os seres vivos da Terra compartilham a mesma base bioquímica e, com raríssimas exceções, o mesmo código genético. Mais ainda, todos eles evoluíram em resposta a acidentes históricos locais. Por isso, a biologia teórica tem enfrentado o problema da impossibilidade de derivar teorias gerais de um único exemplo, uma vez que uma definição de vida não pode ser restrita à forma de vida terrestre, baseada na química do carbono (Ray, 1996, p. 111). Segundo Langton, a Vida Artificial, através da síntese de novos sistemas reconhecíveis como formas alternativas de vida, pode auxiliar na busca de construção de uma teoria e de uma definição universal de vida.

---

<sup>41</sup> Esse é o artigo fundador do programa de pesquisa e da agenda da Vida Artificial (Boden, 1996, p. 1)

Nesses termos, o programa da VA faz uma distinção entre a *vida-tal-como-ela-é* e a *vida-tal-como-ela-pode-ser*, constituindo assim uma biologia do possível (Langton, 1987, p. 2). Dessa forma, uma motivação central para os estudos em VA é estender a biologia a uma classe mais ampla de formas vivas do que aquelas que encontramos sobre a Terra, bem como expressar os princípios da biologia nos termos mais amplos possíveis. Uma crítica à biologia dirigida pelo programa da VA, portanto, é a de que ela viria desenvolvendo um conceito de vida de maneira essencialmente empírica, levando às problemáticas listas de propriedades, sem que seja de fato fornecida definição de vida alguma. Como vimos, porém, tentativas explícitas de definir vida podem ser encontradas na biologia atual.

Pode-se colocar em dúvida, contudo, se as realizações do programa da VA contam realmente como formas de vida. Moreno e Fernández (2000), por exemplo, argumentam que, para considerarmos um sistema como vivo, não basta que ele apresente determinadas características. No entender desses autores, é necessário levar-se em conta a maneira como esses sistemas são gerados, ou seja, é preciso considerar sua origem evolutiva. Sistemas artificiais, por exemplo, teriam alto grau de planejamento deliberado, o que configuraria sistemas idealizados. No entanto, uma das características da vida é sua capacidade de gerar a partir dela mesma seu comportamento. Assim, haveria uma contradição fundamental entre os conceitos de “vida” e “artificial”.

Vamos nos ater, no entanto, ao que dizem os defensores da VA. Langton vê a vida como um fenômeno abstrato, um conjunto de funções que pode ser implementado em várias bases materiais e não necessariamente em sistemas orgânicos. Para ele, a vida consiste de processos dinâmicos, organizados de uma determinada maneira. Da mesma forma, Thomas Ray afirma que a vida é um processo, um padrão complexo de matéria e energia. O que importa não é o tipo de matéria ou energia, mas o padrão, o processo, a forma. Segundo Ray, o computador pode implementar os processos vivos tão bem que o resultado não é simplesmente

uma imitação ou uma imagem teórica da vida. Os padrões na tela do computador são, para ele, novos exemplos de como os processos vitais podem tomar forma: eles são vida sintética (Ray, 1996, p. 112). Por isso, Ray prefere o termo biologia sintética a Vida Artificial. Nessa visão, os padrões na tela do computador deixam de ser modelos de vida e se tornam exemplos de vida.

A idéia de uma biologia sintética foi introduzida por Stéphane Leduc (1853-1939), que procurou explicar a origem e o desenvolvimento da vida por meio da construção de organismos artificiais que eram semelhantes a organismos reais. Empregando uma variedade de sais metálicos e silicatos alcalinos e ajustando suas proporções, Leduc foi capaz de produzir uma variedade de estruturas que exibiam uma grande semelhança com formas vivas ordinárias. Os crescimentos osmóticos exibiam todas as propriedades convencionalmente atribuídas aos organismos vivos: crescimento, reprodução, assimilação e eliminação (Keller, 2002, p. 28). Assim, Leduc pôde interpretar seus experimentos como indicando a possibilidade de obter-se vida em laboratório.

Podemos ver que o Programa da Vida Artificial faz parte de uma tradição que entende a vida como uma propriedade da organização da matéria e, com base nisso, procura sintetizá-la em outros meios, como no caso das simulações computacionais. O pano de fundo dessa agenda, portanto, é a idéia de que não há uma lacuna intransponível ou um hiato radical entre o mundo orgânico e o inorgânico. Sendo assim, não haveria a possibilidade de demarcação entre uma biologia natural e uma biologia artificial, entre uma biologia dos biólogos e uma biologia dos engenheiros.

O conceito de vida não é um tópico para muitos cientistas da Vida Artificial. Langton mesmo está satisfeito em enumerar “princípios gerais” da vida: auto-organização, auto-replicação, emergência, evolução e imprevisibilidade entre genótipo e fenótipo (Boden, 1996a, p. 8). Outros, no entanto, se dedicam resolutamente ao propósito de definir vida. Aqui apresentaremos o conceito de vida de um dos filósofos da Vida Artificial, Mark Bedau.

Segundo Bedau (1996), o fenômeno da vida dá origem a uma série de questões controversas. Por exemplo, casos de fronteira, como vírus, levantam a questão, colocada nos termos do que estabelecemos no capítulo 3, de se vida é uma categoria clássica ou uma categoria que admite gradações no grau de pertencimento; casos de organismos multicelulares levantam a questão de se o conceito de vida se aplica a vários níveis do fenômeno vivo – tais como célula, órgãos, organismos, ecossistemas. Como vimos, o Programa da Vida Artificial coloca uma terceira questão: a essência da vida diz respeito à matéria ou à forma? Para respondermos a essas questões, Bedau sugere que precisamos primeiro compreender o fenômeno da vida e, para tal, precisamos romper com a atitude de simplesmente propor lista de propriedades. Listas de propriedades devem ser, antes, explicadas em função de alguma definição de vida, e não o contrário. Devemos ter em mente ainda que os exemplos ou modelos da vida cotidiana e nossos estereótipos do fenômeno da vida não são bons guias para uma definição universal de vida. Nossa concepção ordinária de vida pode nada ter a ver com uma definição científica de vida. Dessa forma, segundo Bedau, “nós queremos saber o que a vida é, não o que as pessoas *pensam* que a vida seja” (Bedau, 1996, p. 334. Ênfase no original).

Após comparar algumas definições de vida, principalmente aquelas baseadas em lista de propriedades, Bedau (1996) afirma que vida é um tipo natural e propõe uma definição evolucionária radical, segundo a qual vida é “adaptação flexível” (*supple adaptation*). Normalmente as definições de vida estão focadas sobre algum tipo de individualidade (seja ela a célula, o organismo, o gene ou até mesmo a Terra como um todo, como na hipótese Gaia, discutida acima). No entanto, sistemas vivos estão continuamente explorando seus nichos e trocando materiais, energia e informação com seus ambientes locais. Assim, Bedau, ao invés de focar na individualidade, afirma que um sistema capaz de adaptação às contingências de um ambiente imprevisível (adaptação flexível) deveria ser considerado como a forma de vida primária. Um

sistema exibe adaptação flexível<sup>42</sup> quando produz e alcança novos tipos de respostas significativas a novos tipos de desafios e oportunidades adaptativas (Bedau, 1998). Pode se compreender um sistema que exibe adaptação flexível como uma população, ou um ecossistema, ou, finalmente, toda a biosfera, entendidos todos eles em suas múltiplas interações (Bedau, 1998).

Na visão de Bedau, componentes particulares dentro de um sistema que exibe adaptação flexível, como um único organismo, por exemplo, não são capazes de evolução – pois essa é uma propriedade de populações – e, por não serem capazes de evolução, não podem ser entendidos como vivos. O componente deve ser qualificado como vivo – forma secundária de vida – somente em virtude de suas relações dentro do sistema que exibe um processo evolutivo de contínua adaptação às mudanças ambientais. A mula, por exemplo, é qualificada como ser vivo em função de participar de uma população reprodutiva, mas deve ser entendida como forma secundária de vida. Como já dito, a população reprodutiva mais ampla é que é a forma primária de vida (Bedau, 1998).

Assim, em nossa busca da categorização do conceito de vida, podemos dizer que encontramos, com a definição de Bedau, mais uma vez, a categoria relacional de vida. A vida, nessa abordagem, deve ser compreendida como uma relação, basicamente porque sistemas que exibem adaptação flexível pressupõem, no mínimo, relações entre entidades e dessas entidades com o meio. Sendo assim, por ser essencialmente relação, a vida existe em diferentes níveis de organização e a distinção entre vivo e não-vivo é uma questão de grau, e não uma distinção tudo-ou-nada. Por exemplo, um organismo multicelular é considerado uma forma de vida por participar de uma população reprodutora que exibe adaptação flexível. Isso não significa que não se possa atribuir algum grau de vida às suas células componentes.

---

<sup>42</sup> Flexibilidade deve ser entendida aqui como a capacidade de produzir novas soluções face a mudanças imprevisíveis, que desafiam a sobrevivência e a reprodução.

O Programa da Vida Artificial não buscou uma definição unificada ou consensual de vida. Enquanto alguns ignoram a necessidade de uma definição, outros, como Bedau (1996 e 1998) e Emmeche (1997a e 1997b), a consideram fundamental para levar adiante a agenda da pesquisa sobre VA. O que há de comum, no programa de pesquisa da VA, é o entendimento de que o estudo da vida não deve ser restrito ao exemplo terrestre por nós conhecido, mas deve abranger uma diversidade de formas possíveis de vida, constituindo uma biologia de toda vida possível. As implicações dessa idéia de constituição de uma biologia universal para um ensino mais integrado de biologia serão discutidas no final desta tese.

### **1. Introdução**

Este capítulo se divide em duas partes. A primeira é uma revisão dos estudos que focam os trabalhos sobre as concepções de ser vivo e de vida de estudantes. Esses trabalhos se situam no horizonte das pesquisas sobre concepções alternativas e trazem importantes contribuições para o entendimento do que os alunos normalmente entendem como vida. A segunda parte traz uma síntese da seção, discutindo os principais resultados encontrados e suas contribuições para este trabalho. No escopo do trabalho como um todo, esse capítulo procura levantar informações relacionadas ao domínio ontogenético, conforme relatado na Introdução dessa tese.

### **2. Análise dos Trabalhos sobre Concepções de Vida em Estudantes**

Desde os estudos clássicos realizados por Piaget, em 1929, que focavam a evolução do conceito de “ser vivo” nas crianças, realizaram-se alguns outros trabalhos procurando conhecer as características que estudantes de distintas idades atribuem a organismos vivos. Jean Piaget foi o primeiro pesquisador a realizar estudos sobre a evolução do conceito de ser vivo na criança<sup>43</sup>. Segundo ele, a criança, nos primeiros estágios de seu desenvolvimento cognitivo, teria uma visão animista generalizada do mundo material, isto é, elas atribuiriam vida e consciência a objetos inanimados (Piaget, 1976). Tal característica do pensamento da criança seria devida ao fato de elas não terem ainda a capacidade de raciocinar em termos físicos e causais. Com o

---

<sup>43</sup> Cabe lembrar que o estudo de Piaget refere-se à evolução de ser vivo e não de vida. Para as implicações desta distinção, veja as páginas 28 e 29, desta tese.

desenvolvimento do pensamento, no entanto, essa noção animista seria substituída por um conceito adulto de vida, que restringiria seu alcance. Piaget (1976) afirma que o desenvolvimento do conceito de vida ocorre seqüencialmente, obedecendo quatro estágios. As idades indicadas para cada estágio são aproximadas. No primeiro estágio, que acontece entre quatro e seis anos de idade, a criança considera vivo qualquer objeto que tenha alguma atividade, utilidade ou função. No segundo estágio, entre os seis e oito anos, a criança atribui vida a tudo que se move. No terceiro estágio, entre oito e dez anos, a criança passa a considerar ser vivo tudo que tem movimento próprio e espontâneo. Finalmente, no quarto e último estágio, que ocorre após os 11 anos, a criança atribuiria vida somente a plantas e animais. Freitas (1989) cita vários trabalhos que se contrapõem aos achados de Piaget sobre a evolução do conceito de vida por estágios. Esses trabalhos argumentam que a noção animista de vida não seria um traço genético inerente ao pensamento infantil. Segundo Freitas, alguns resultados de pesquisas indicariam que a distinção entre seres vivos e objetos inanimados seria atos de tentativas de reconhecimento do mundo. Esses trabalhos destacam que a criança iniciaria esse processo de diferenciação desde os primeiros meses de vida.

Em seu próprio trabalho, com crianças de 7 a 13 anos, Freitas encontrou que a maioria vê como atributos essenciais dos seres vivos as características clássicas de vida (nascer, crescer, respirar, alimentar-se, reproduzir-se e morrer). Ainda, a quase totalidade das crianças considerou os seres vivos como sendo constituídos por elementos materiais diferentes dos seres inanimados. Segundo Freitas, a distinção entre ser vivo e ser inanimado é mais um problema de concepções alternativas sobre a dicotomia orgânico/inorgânico do que uma consequência da evolução do animismo para um conceito adulto de vida, como postulava Piaget. Além disso, segundo ele, o estudo longitudinal parece indicar que essa forma de abordar os seres vivos resiste ao ensino escolar formal.

Lucas e colaboradores (Lucas et al., 1979) encontraram que alunos de 8 a 16 anos utilizam critérios baseados em estruturas externas e internas, bem como funções fisiológicas para caracterizar o ser vivo. Ressalta-se, em seu trabalho, a esmagadora preferência dos alunos por critérios comportamentais. Segundo os autores, é importante notar que a maioria dos estudantes utilizou combinações de critérios para vida. A análise do padrão de respostas, em relação às diversas categorias utilizadas pelos alunos, aponta para uma diminuição da importância do movimento como categoria caracterizadora de ser vivo. Os autores assinalam que esse tipo de resposta, que claramente minimiza o valor do movimento, tem sido ignorado pelos estudos sobre animismo. Lucas e colaboradores afirmam, assim, que seu trabalho se soma àqueles que levam a uma modificação das idéias piagetianas, dado que mostram que o contexto dos dados colhidos pode ter um importante efeito sobre as respostas obtidas.

Os resultados de Tamir et al. (apud Freitas, 1989), apontam para o uso da lista clássica de propriedades quando se trata de definir vida. Em estudos com crianças israelitas, em idades escolares equivalentes de 5ª à 8ª séries de nosso ensino fundamental, concluíram que o movimento e o crescimento são os indicadores mais freqüentes para a atribuição de vida a um determinado objeto.

O trabalho de Brumby (1982), com estudantes universitários ingleses, também demonstra a utilização da lista de propriedades para a definição de vida. Os estudantes foram submetidos a questões que os compeliavam a explicitar sua definição de vida. Os resultados indicam que, entre os entrevistados, existe uma preferência pelas características tradicionais da vida para a construção de suas explicações. Segundo ela, são sete as características clássicas que os alunos citam quando questionados: crescimento, reprodução, respiração, nutrição, excreção, irritabilidade e locomoção.

Ochiai (1989), trabalhando com crianças de 6 anos de idade, encontrou que estes utilizam os critérios de comer, andar, respirar e correr. Em pesquisa com alunos

universitários, os critérios encontrados por Ochiai foram: crescimento, morrer, respirar e reproduzir.

Alonso e colaboradores (Alonso et al., 1998), trabalhando com alunos universitários, encontraram que os critérios utilizados para definir vida podem ser categorizados em fisiológicos e estruturais. Os fisiológicos, segundo eles, são alimentação e nutrição, respiração, movimento, resposta a estímulos, crescimento e reprodução. A análise qualitativa das respostas fisiológicas mostrou que os alunos se baseiam principalmente em aspectos macroscópicos e perceptíveis – alimentação, respiração etc. –, sendo mínimas as respostas fundamentadas na fisiologia celular, tissular ou nos processos em nível de órgãos. Os critérios estruturais dizem respeito à presença de sistemas e órgãos, presença de células e composição química. Essas respostas, no entanto, foram mínimas e, segundo os autores, são em geral ambíguas, imprecisas e indiretas. Os resultados, ainda segundo os autores, indicam que a grande maioria dos estudantes se baseia em descrições e observações qualitativas diretas, centrando-se fundamentalmente em aspectos perceptíveis ou macroscópicos, o que, segundo os autores, coloca manifesto a utilização de um pensamento cotidiano, mesmo entre os alunos universitários de biologia.

Castaño et al (1997), trabalhando com crianças de 5,5 a 8 anos de idade, encontraram que, para crianças de 5,5 anos, o vivo é composto de objetos que se movem ou podem fazê-lo de alguma forma. Aparecem termos como “crescer” e “alimentar”. As crianças de 7 anos consideram vivos os animais e pensam que as plantas não são vivas. As crianças de 8 anos identificam o vivo com animais e plantas ou só com animais. Para a caracterização de vida, aparecem designações tais como “o que se move”, “a natureza”, “o que sente e dói”, “energia”.

Estudos sobre concepções de vida também foram realizados com alunos brasileiros. Wykrota (1998), trabalhando com alunos do ensino fundamental e do ensino médio, encontrou que os alunos estabelecem o movimento como um critério

mínimo para distinguir-se a vida. Respiração, reprodução, sensibilidade e ciclo vital também são critérios para se caracterizar o ser vivo.

Ribeiro e Santos (2000), trabalhando com alunos do Ensino Médio, encontraram que as respostas dos alunos, à questão “o que é um organismo vivo?”, podem ser agrupadas nas categorias “características” (nascer, crescer, reproduzir e morrer), “célula”, “funcionamento” (funções vitais), “classificação” (baseada no fato de os seres vivos serem classificados de acordo com regras taxonômicas).

Bruzzo (2000), trabalhando com licenciandos de biologia, mostra que grande parte dos sujeitos revelou dificuldades em articular uma explicação sobre vida; houve uma predominância da escolha de explicar a vida fazendo-se referência ao conceito de célula e, finalmente, poucos conseguiram falar sobre a vida sem explicá-la no nível molecular.

Outro estudo sobre definições de vida entre alunos foi executado por Dorvillé (2002). O pesquisador realizou sua pesquisa com 837 alunos do Ensino Médio de três escolas estaduais, sendo uma delas um colégio de aplicação vinculado à Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Segundo o autor, os seres vivos são caracterizados como aqueles capazes de “respirar” e “reproduzir”. Tais caracterizações encontram-se amplamente distribuídas por todas as turmas das três instituições. Trata-se do mesmo caso das definições que recorrem a ações como nascer, crescer, morrer e da capacidade de alimentar-se. Menos freqüentes, mas comuns também em muitas turmas, são as respostas relacionadas à “presença de órgãos ou sistemas” e “sensibilidade”. O autor cita que algumas respostas foram quase totalmente restritas a uma das instituições, tais como aquelas que vinculam a vida à “homeostase” e ao “metabolismo”. O conceito de evolução foi registrado apenas em seis turmas de duas escolas. Segundo o autor, nessas escolas, foram encontradas respostas que faziam referência a conceitos necessários para a compreensão do paradigma darwiniano como unificador da biologia, conforme proposto por Emmeche e El-Hani (2000). A

presença de material genético como critério para a vida foi encontrada nas respostas de sete turmas.

Cunha e colaboradores (Cunha et al, 2003), trabalhando com uma turma de graduação em ciências biológicas, localizaram 15 critérios usados pelos alunos para caracterizar vida. Os mais utilizados foram metabolismo, 50% das respostas; composição (DNA, proteínas etc.), 53% das respostas; e reprodução, que apareceu em 60%. As categorias metabolismo e composição, juntas, foram utilizadas em 27% das respostas; metabolismo e reprodução, em 30%; reprodução e composição, em 27%. As três juntas – metabolismo, composição e reprodução - apareceram em 13% das respostas. Excetuando-se 2 alunos que não responderam e 1 que respondeu que vida “é o antônimo de morte”, todos os demais fizeram uso de pelo menos uma das três categorias mais mencionadas. A categoria evolução foi mencionada por somente 1 aluno. Os autores concluem que as respostas dos alunos se limitam a um âmbito fenomênico, e não em termos de um marco teórico mais abstrato.

No trabalho de Silva (2003), com alunos da terceira série do Ensino Médio, 26% dos alunos utilizam a “clássica lista de propriedades” (reprodução, respiração, nutrição, excreção, irritabilidade e locomoção) para definir vida. O autor encontrou ainda outras categorias definidoras de vida. Segundo ele, 42% dos entrevistados recorrem a “definições finalistas” (apresentação da realidade como um conjunto organizado, segundo planos bem definidos e quase sempre centrados na atividade humana – cada coisa tem a sua função), 32% recorrem a “definições artificialistas” (atribuição de um agente fabricante, geralmente Deus ou o ser humano, à origem das coisas), 18% se valem de “definições animistas” (atribuição de vida e consciência e, muitas vezes, de propriedades antropomórficas aos objetos inanimados), e 11% de “definições fenomenistas” (estabelecimento de laços de casualidade entre fenômenos contíguos no tempo ou no espaço). Com base em Emmeche e El-Hani (2000), o autor sugere que seus achados indicam a ausência de um paradigma biológico que oriente as definições de vida, estando estas, portanto, relacionadas ao pensamento cotidiano

ou à clássica lista de propriedades que, por sua vez, também padece da ausência de um paradigma que oriente a escolha das propriedades definidoras.

### **3. Consolidando os resultados da literatura em concepções dos estudantes**

A análise da literatura sobre o conceito de vida entre estudantes deve ser feita com muita cautela. Primeiro, os autores trabalharam com referenciais teóricos e objetivos diferentes do que é proposto em nosso trabalho. Em segundo lugar, estamos trabalhando com dados de segunda mão, uma vez que as análises das respostas já nos foram trazidas pelos autores dos trabalhos aqui arrolados. São exceções os trabalhos de Cunha et al (2003) e Silva (2003), que foram realizados por nós ou sob nossa orientação. O trabalho de Silva (2003), no entanto, utilizou as categorias do fenomenismo e do animismo, que nesta tese não foram consideradas.

Dito isso, passemos adiante acrescentando o seguinte: nossa análise será inicialmente feita utilizando as categorias expandidas (agente, artificialismo, essencialismo macro, essencialismo micro, finalismo, mecanismo e racionalismo). Posteriormente, faremos a análise através das categorias reduzidas (internalismo, externalismo e relacional). O leitor deve estar atento ao fato de que, embora os resultados dessa revisão dos trabalhos sobre concepções dos estudantes seja analisado a luz das categorias definidas no capítulo 2, esses mesmos estudos foram considerados, primeiramente, na própria definição dessas categorias. Eles fazem parte do domínio ontogenético, de acordo com a sugestão vygotskyana de trabalhar com diferentes domínios genéticos, que definimos no capítulo 2.

Embora o trabalho de Piaget (1976) não visasse a concepção de “vida”, mas estabelecer a evolução do conceito de “ser vivo” nas crianças, nós podemos perceber uma percepção tanto animista como fenomenista do vivo, pelas crianças, por meio da utilização dos critérios de atividade, movimento a função. Os resultados de Piaget podem ser interpretados, em termos de nossas categorias, como uma passagem progressiva da categoria externalismo para a categoria internalismo, em que as

categorias expandidas agente e finalismo, próprias dos primeiros estágios, evolui para um essencialismo macro, na qual a criança atribui vida a plantas e animais baseada numa lista de propriedades desses seres. Os resultados de Freitas (1989) apontam para a forte utilização da categoria do essencialismo macro e, em menor grau, do essencialismo micro, visto que há referência à composição diferente dos seres animados em relação aos inanimados. Da mesma forma, o trabalho de Lucas et al. (1979), que mostra a preferência por critérios baseados em estruturas externas e internas, apontam para a utilização das formas de essencialismo macro e micro. O trabalho de Ochiai (1989) apontam para a utilização da categoria do essencialismo macro, pois a preferência é por propriedades macroscópicas. Também os dados de Tamir (1989), Brumby (1982), Alonso (1998) e Castaño (1997) indicam a utilização do essencialismo macro como categoria preferencial para caracterização dos seres vivos. Os critérios utilizados pelos entrevistados de Wykrota (1998), Ribeiro e Santos (2000), Dorvillé (2002) e Cunha et al. (2003) pertencem às categorias do essencialismo macro e do essencialismo micro, pois foram utilizados critérios e propriedades microscópicas e macroscópicas, como inerentes aos seres vivos. Por sua vez, os entrevistados de Bruzzo, que fizeram preferencialmente referência ao conceito de célula, utilizaram a categoria do essencialismo micro. Já os dados de Silva (2003) indicam uma forte preferência pelo que ele denomina “definições finalistas” e “definições artificialistas”. Também houve presença significativa da utilização de propriedades macroscópicas. Muitos questionários situaram suas respostas dentro das categorias do animismo e fenomenismo<sup>44</sup>. Fazendo uma correspondência com nossas categorias, podemos dizer que o trabalho de Silva (2003) aponta para a utilização das categorias finalista, artificialista e essencialismo macro. A categoria denominada por ele animismo pertence à nossa categoria do artificialismo; a categoria do fenomenismo não

---

<sup>44</sup> Como já dito, o trabalho de Silva (2003), uma monografia de especialização, foi realizado sob nossa orientação. Portanto, utilizou algumas das categorias que víamos desenvolvendo, ainda que de forma incipiente. Isso explica a coincidência de alguns termos.

apareceu em nosso trabalho. O quadro 8 resume esses dados de uma forma diferente, apresentando-os dados pelo nível de escolarização do entrevistado.

**Quadro 8. Categorias preferenciais por nível potencial de escolarização**

NÍVEL DE ESCOLARIZAÇÃO	AUTOR	CATEGORIA
Educação Infantil	Piaget (1976)	Agente e Essencialismo macro
Ensino Fundamental	Lucas et al (1979)	Essencialismo macro Essencialismo micro
	Ochiai (1989)	Essencialismo macro
	Tamir et al (1989)	Essencialismo macro
	Freitas (1989)	Essencialismo macro Essencialismo micro
	Castaño et al (1997)	Essencialismo macro
	Wykrota (1998)	Essencialismo macro Essencialismo micro
	Wykrota (1998)	Essencialismo macro Essencialismo micro
Ensino Médio	Ribeiro e Santos (2000)	Essencialismo macro Essencialismo micro
	Dorvillé (2002)	Essencialismo macro Essencialismo micro
	Silva (2003)	Essencialismo macro Finalismo Artificialista
Educação Superior	Brumby (1982)	Essencialismo macro
	Alonso et al (1998)	Essencialismo macro
	Ochiai (1989)	Essencialismo macro
	Bruzzo (2000)	Essencialismo micro
	Cunha et al (2003)	Essencialismo micro Essencialismo macro

Como dissemos, e pelos motivos expostos, esses dados devem ser analisados com muita cautela e, mesmo assim, não sugerem grandes inferências. Tomando então

a precaução de nada afirmar categoricamente, podemos dizer que a análise que fizemos dos trabalhos sugere que há uma tendência para o essencialismo macro nos indivíduos com idade correspondente à nossa educação infantil. Aqueles com idades correspondentes ao nosso ensino fundamental utilizaram uma concepção de vida dentro do essencialismo macro e do essencialismo micro. As pesquisas feitas no Ensino Médio e na educação superior também apontam para uma concepção de vida dentro dessas duas categorias. Nota-se, no entanto, a ausência de categorias tais como agente, finalismo e artificialismo, que estão bastante difundidas em quase todas as culturas. Por isso, não é cansativo repetir, os dados aqui devem ser analisados com bastante cuidado.

Tratando os resultados dentro das categorias reduzidas, teremos os resultados conforme segue. Quanto à análise dos 12 trabalhos sobre concepções de vida e atribuições de vida, a zona internalista aparece em todos os 12. A zona externalismo aparece em 1 e a relacional não aparece em nenhum. No que concerne à utilização de nossas categorias, elas se mostraram ferramentas úteis para a análise da literatura sobre a concepção de vida. Fomos capazes de ordenar os resultados dos trabalhos sobre atribuições e concepções de vida. De modo geral, nossa análise sobre concepções de vida indica a forte utilização da zona do internalismo.

### **1. Introdução**

Como já dito, o objetivo principal desse trabalho foi elaborar uma metodologia para a construção do perfil conceitual de vida e determinar as zonas que constituem esse perfil conceitual. Inicialmente, partiu-se da hipótese de que o conceito de vida, por sua variedade de usos na vida cotidiana, deveria manifestar diversas zonas em seu perfil. Os três domínios genéticos investigados nesse trabalho corroboraram essa hipótese. No domínio sociocultural, a análise da literatura mostrou como o conceito de vida foi entendido de diferentes maneiras ao longo da história e em diferentes paradigmas, mesmo que como ontodefinição implícita. A análise da literatura em Educação em Ciências também corroborou a hipótese, mostrando uma certa dispersão dos estudos pelas zonas consideradas, ainda que com uma concentração importante no internalismo.

Neste capítulo, apresentaremos os resultados da pesquisa empírica feita junto aos alunos da graduação em biologia e das pós-graduações em ecologia e genética, da UFMG. Como já foi assinalado no capítulo 2, colhemos os dados por meio de um questionário, junto aos alunos de graduação, e de entrevistas envolvendo respostas a situações-problema, junto aos alunos de pós-graduação. Esses dados permitem aprofundar análise no domínio ontogenético, pois o questionário foi aplicado aos diferentes períodos do curso, o que possibilita a investigação das mudanças no perfil conceitual que um curso de biologia potencializa. Já as entrevistas permitem a análise da elaboração conceitual dos indivíduos num curto período de tempo, característica do domínio microgenético. Como já dissemos, a análise posterior desses dados à luz das categorias definidas não significa que essas categorias pré-existiam aos dados. Estes, na verdade, constituíram uma das três fontes para a definição das categorias. As outras duas são os dados da literatura em história e filosofia da biologia e da educação

em ciências. A apresentação da análise dos dados faz parte, portanto, da construção do argumento que permite a demonstração da nossa hipótese de trabalho, de que o conceito de vida é plural e pode ser perfilado.

Na apresentação dos dados, começaremos por demonstrar como os questionários permitiram a emergência dos perfis, o que constitui-se em importante passo para a validação do instrumento de coleta de dados. Em seguida usaremos as respostas do questionário para construir o perfil de cada aluno, por período. Esses dados nos mostrarão como o conceito de vida comporta zonas variadas exibindo, portanto, um perfil conceitual. Mais ainda, perceberemos como as zonas são acessadas e usadas pelos informantes, e também a evolução dos perfis ao longo do curso de graduação, garantindo assim um ponto de partida para estudos posteriores. Finalmente, com as entrevistas, percebermos os momentos de tomada de consciência, por parte dos alunos, de seus perfis conceituais.

## ***2. Os Dados do Questionário***

Como se verá, o questionário se mostrou uma importante ferramenta para a detecção das zonas do perfil. Como vimos, inicialmente, encontramos sete categorias, que foram, posteriormente, reduzidas a três zonas do perfil conceitual. Analisaremos, primeiramente, os dados por período, no que diz respeito à possibilidade das questões fazerem emergir as categorias que constituirão as zonas do perfil, o que permite demonstrar que o instrumento utilizado possibilitou detectar um perfil de concepções diferenciadas para o conceito vida. Alertamos para o fato de que os dados do segundo período tiveram de ser desprezados, porque houve aí um baixíssimo retorno de questionários respondidos.

O quadro 9 mostra a frequência, ou seja, o número de vezes em que as categorias expandidas apareceram, por questão, no primeiro período da graduação. Nesse período, trinta e dois alunos responderam ao questionário ( $n = 32$ ). Observe

que o número de categorias em cada questão é maior que o número de alunos. Algumas respostas foram divididas em dois segmentos que foram categorizados independentemente um do outro. Desta forma, nosso foco de análise, nesta seção, está sobre os enunciados categorizados e não sobre os estudantes individualmente. Na questão 1, predominaram as categorias essencialismo macro e relacional; na questão 2c, predominou o essencialismo micro, seguido de perto pelo essencialismo macro; e, na questão 3, predominaram as categorias do essencialismo micro e relacional. A categoria artificialismo não apareceu na questão 2c. Na questão 3, não apareceram o finalismo e o mecanismo. A questão que favoreceu o aparecimento de todas as categorias foi a 1. Nas questões 2c e 3 aparecem seis das sete categorias.

**Quadro 9. Frequência de categorias, por questão, no primeiro período (n = 32).**

Categorias	Questão 1	Questão 2c	Questão 3
Agente	04	05	04
Artificialismo	05	00	01
Essencialismo macro	10	09	05
Essencialismo micro	03	11	13
Finalismo	05	04	04
Mecanismo	02	01	00
Relacional	09	02	13
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>32</b>	<b>40</b>

O quadro 10 mostra o número de vezes em que as categorias aparecem, por questão, no terceiro período da graduação. Neste período, dezoito alunos responderam ao questionário (n = 18). Na questão 1, predominou a categoria relacional, seguida de perto pelo essencialismo macro; na questão 2, predominou a categoria essencialismo macro; e, na questão 3, novamente, a relacional, sendo essa a categoria mais freqüente nesse período. A categoria agente não apareceu na questão 2c e o artificialismo não apareceu nas questões 1 e 2c, aparecendo uma única vez na questão 3. O mecanismo não apareceu nas questões 1 e 3 e apareceu

uma única vez na questão 2c. A questão que mais favoreceu o aparecimento de categorias, no terceiro período, foi a questão 3.

**Quadro 10. Frequência de categorias, por questão, no terceiro período (n = 18).**

Categorias	Questão 1	Questão 2c	Questão 3
Agente	03	00	02
Artificialismo	00	00	01
Essencialismo macro	06	09	01
Essencialismo micro	04	04	05
Finalismo	04	05	02
Mecanismo	00	01	00
Relacional	07	01	08
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>19</b>

O quadro 11 mostra o número de vezes em que as categorias apareceram, por questão, no quarto período da graduação. Neste período, 29 alunos responderam ao questionário (n = 29). Nas questões 1 e 2c; tivemos uma maior frequência da categoria essencialismo macro. Na questão 2c, também houve uma grade ocorrência da categoria essencialismo macro. A questão 3 também possibilitou uma alta frequência dessa categoria, juntamente com essencialismo micro e a categoria relacional. Na questão 1, não apareceram as categorias agente e mecanismo; na questão 2c, não apareceu a categoria relacional e, na questão 3, não apareceu o mecanismo. Nesse período, as questões que mais favoreceram o aparecimento de categorias foram a 2c e a 3.

**Quadro 11. Frequência de categorias, por questão, no quarto período (n = 29).**

Categorias	Questão 1	Questão 2c	Questão 3
Agente	00	02	02
Artificialismo	01	01	02
Essencialismo macro	15	15	09
Essencialismo micro	07	13	09
Finalismo	05	01	01
Mecanismo	00	02	00
Relacional	08	00	08

<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>31</b>
--------------	-----------	-----------	-----------

O quadro 12 mostra o número de vezes em que as categorias apareceram, por questão, no quinto período da graduação. Neste período, 29 alunos responderam ao questionário (n = 29). A questão 1 favoreceu, neste período, o aparecimento das categorias do essencialismo micro, em maior frequência, e do essencialismo macro; o mesmo ocorrendo com as questões 2c e 3. Na questão 1, não apareceu a categoria agente. Nas questões 2c e 3, não apareceram as categorias finalismo e mecanismo. Em todas as questões, apareceram cinco categorias.

Quanto à pós-graduação<sup>45</sup>, o quadro 13 mostra o número de vezes em que as categorias apareceram, por questão. Trata-se de uma amostra de 11 alunos (n = 11), sendo a turma composta de nove alunos da pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre e dois da pós-graduação em Genética. Os dados são aqui analisados sem levar em consideração essa distinção. As questões 1 e 3 favoreceram o aparecimento das categorias essencialismo macro, com maior frequência, e essencialismo micro. A questão 2c favoreceu o aparecimento da categoria essencialismo micro. A questão 1 foi a que favoreceu o maior número de categorias e a questão 3, a que favoreceu o menor. Nenhuma questão favoreceu o aparecimento do mecanismo.

**Quadro 12. Frequência de categorias, por questão, no quinto período (n = 29).**

Categorias	Questão 1	Questão 2c	Questão 3
Agente	00	01	02
Artificialismo	01	02	05
Essencialismo macro	12	15	06
Essencialismo micro	15	19	16
Finalismo	02	00	00
Mecanismo	00	00	00
Relacional	10	02	04
<b>Total</b>	<b>40</b>	<b>39</b>	<b>33</b>

<sup>45</sup> Devemos alertar o leitor de que a amostra da pós-graduação é muito pequena e que, portanto, os dados devem ser analisados com muita cautela. Estes dados servem somente para reforçar a interpretação, como se verá, da tendência de aumento da zona internalista.

**Quadro 13. Frequência de categorias, por questão, na pós-graduação (n = 11).**

Categorias	Questão 1	Questão 2c	Questão 3
Agente	02	03	00
Artificialismo	00	00	02
Essencialismo macro	06	03	07
Essencialismo micro	04	06	05
Finalismo	02	00	00
Mecanismo	00	00	00
Relacional	01	01	00
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>14</b>

O quadro 14 mostra a frequência de respostas, por questão, independentemente do período ou do nível de formação. Esse quadro expressa o universo amostral do questionário (n = 119), o que configura uma população amostral ampla (Heath, 1979, p. 38). Nela, podemos ver que, com exceção da questão 3, em que não aparece a categoria mecanismo, todas as demais questões possibilitaram a manifestação de todas as categorias.

**Quadro 14. Frequência de categorias, por questão, no universo amostral (n = 119).**

Categorias	Questão 1	Questão 2c	Questão 3
Agente	09	11	10
Artificialismo	07	03	11
Essencialismo macro	49	51	28
Essencialismo micro	33	53	48
Finalismo	18	10	07
Mecanismo	02	04	00
Relacional	35	06	33
<b>Total</b>	<b>153</b>	<b>138</b>	<b>137</b>

O quadro 15 mostra a média, por questão, em que cada categoria aparece, levando-se em conta suas frequências em todas as questões. As categorias que tiveram maior média de aparecimento foram os essencialismos micro (44.67 vezes) e macro (42.67 vezes), seguidos das categorias relacional (24.67 vezes), agente (10.00

vezes), finalismo (11,67 vezes) e artificialismo (7.00 vezes). A categoria mecanismo teve baixíssima média de aparecimento (2.00 vezes).

**Quadro 15. Média das categorias, por questão.**

Categorias	Média
Agente	10.00
Artificialismo	07.00
Essencialismo macro	42.67
Essencialismo micro	44.67
Finalismo	11.67
Mecanismo	02.00
Relacional	24.67

Sem aprofundar em tratamentos estatísticos, o que configuraria uma pesquisa quantitativa – que não é a metodologia elegida nesta tese –, pode-se fazer inferências importantes, a partir dos quadros 14 e 15. A análise do quadro 14 à luz do quadro 15 permite que percebamos a tendência de freqüência das categorias e avaliar esse instrumento quanto ao seu poder de fazer com que estas emerjam. Em primeiro lugar, independentemente da questão, as categorias do essencialismo macro e micro são encontradas com boa freqüência. A questão 2c, no entanto, mostrou uma tendência maior de favorecer o aparecimento destas categorias, sendo que a questão 3 favoreceu menos o aparecimento do essencialismo macro e a questão 1 favoreceu menos o aparecimento do essencialismo micro. Segundo, as três questões manifestaram a categoria do agente de forma muito próxima à média de seu aparecimento. O artificialismo foi favorecido na questão 3, mas também apareceu de forma significativa na questão 1. Na questão 2c, sua freqüência se desvia bastante, diminuindo em relação à média. A categoria finalismo foi favorecida na questão 1 e menos favorecida na questão 3. Na questão 2c, sua freqüência se encontra na média. A questão 3 não deu vez ao aparecimento da categoria mecanismo. Finalmente, a categoria relacional teve valores altos nas questões 1 e 3, tendo, no entanto, valor baixíssimo na questão 2c.

A questão 3 não favoreceu o aparecimento das categorias mecanismo, permitiu o aparecimento da categoria artificialismo e teve valor alto na categoria relacional. A questão 1 quase não favoreceu o aparecimento da categoria mecanismo e a questão 2c não favoreceu as categorias artificialismo e relacional. Assim, o que podemos inferir é que o conjunto das três questões foi importante para permitir que essas categorias se manifestassem. No entanto, como se viu, cada questão favoreceu mais uma ou outra categoria, o que é coerente com a idéia do perfil conceitual de que as zonas do perfil são usadas em contextos específicos. Assim, por exemplo, o fato de que a categoria relacional apareça fortemente nas questões 1 e 3 e apareça fracamente na 2c é um indício disso. Não se pode deixar de notar, também, que mesmo para o essencialismo, que parece dominar a categorização, esse efeito se manifesta, pois o essencialismo micro foi mais fraco na questão 1 e o essencialismo macro na 3.

Outro dado importante é a representatividade da amostra ( $n = 119$ ) em relação ao número total de alunos do curso. Se levarmos em conta que cada período do curso de ciências biológicas tem quarenta alunos, trabalhando com os cinco primeiros períodos, teríamos duzentos alunos no total. Assim, a nossa amostra, mesmo desprezando os dados do segundo período, é mais da metade do número total de alunos.

Uma vez demonstrada a potencialidade das questões para possibilitar respostas em todas as categorias identificadas, passaremos a examinar que perfis conceituais essas questões revelam entre os alunos da amostra.

No capítulo 2, vimos como essas sete categorias podem ser reduzidas a três zonas do perfil conceitual de vida. Vamos analisar, agora, com base nestas três zonas, a ocorrência de perfis individuais por turma. Para essa análise, utilizaremos os quadros 16, 17, 18, 19 e 20. Para a construção dos perfis, por aluno, contamos o número de vezes em que o informante utilizou as categorias que compõem a zona. Assim, o número no quadro, localizado abaixo da zona do perfil, indica essa contagem e, quanto mais alto o seu valor, maior é a extensão dessa maneira de ver individual.

Chamamos a esse valor de *extensão da zona no perfil* e damos a ele a sigla EZP. Assim, valores muito altos de EZP representam menores chances de o indivíduo apresentar um perfil e mais forte essa característica no perfil do conceito.

Para maior clareza, vamos mostrar como se fez a contagem para o estabelecimento da EZP. Tome-se, por exemplo, a situação onde o aluno respondeu às questões 1 e 2c fazendo uso da categoria do essencialismo macro e respondeu à questão 3 fazendo uso da categoria dos essencialismos macro e micro. Ao se trabalhar com as categorias reduzidas, esse aluno apresentaria somente a zona internalista com uma EZP igual a 4. Outra situação: um indivíduo que tenha respondido às questões 2c e 3 fazendo uso das categorias do essencialismo macro e micro, em ambas às questões, e à questões 1 e também a 3 fazendo uso da categoria relacional, apresentaria um perfil conceitual com zona internalista com EZP igual a 4 e zona relacional com EZP igual a 2.

Como se verá, encontramos um valor máximo de EZP igual a cinco, na graduação, e um valor máximo de 6, na pós-graduação. Os quadros 16, 17, 18, 19 e 20 encontram-se classificadas por número de zonas apresentadas e altura da EZP, em ordem crescente. Para facilitar a visualização, os símbolos U, D e T indicam alunos que apresentaram, respectivamente, uma, duas ou três zonas do perfil.

O quadro 16 apresenta os perfis dos alunos do primeiro período da graduação. Um número significativo dos alunos (doze) apresentou somente uma zona do perfil, sendo que, destes, nove apresentaram a zona internalista, dois apresentaram a zona externalismo e um a relacional. Dezesete alunos apresentaram duas zonas do perfil e somente três alunos manifestaram as três zonas.

Quadro 16. Perfis do 1º período da graduação.

Internalismo (EZP)				Externalismo (EZP)				Relacional (EZP)			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
							U				
			U								
									U		
	U										
	U										
	U										
		U									
	U										
			U								
		U									
			U								
				U							
							D		D		
				D					D		
	D								D		
		D		D							
		D						D			
			D						D		
					D				D		
	D				D						
		D		D							
	D								D		
				D				D			
D							D				
D				D							
D				D							
D								D			
D				D							
D									D		
T					T			T			
T							T	T			
T					T				T		

O quadro 17 apresenta os perfis dos alunos do terceiro período. Aqui, quatro alunos apresentaram somente uma zona do perfil, sendo que, destes, três apresentaram a zona internalismo e um apresentou a zona relacional. Dez alunos apresentaram duas zonas e quatro apresentaram as três zonas.

**Quadro 17. Perfis do 3º período da graduação.**

Internalismo (EZP)			Externalismo (EZP)			Relacional (EZP)		
1	2	3	1	2	3	1	2	3
								U
		U						
		U						
		U						
				D			D	
				D				D
		D				D		
	D		D					
D						D		
D				D				
D						D		
D							D	
D				D				
D						D		
	T		T			T		
	T				T	T		
	T			T		T		
T			T				T	

O quadro 18 apresenta os perfis dos alunos do quarto período. Quatorze alunos manifestaram somente uma zona, sendo que 12 apresentaram somente a zona internalismo e 2 somente a zona externalismo. Somente 2 alunos apresentaram as três zonas. Os demais - 14 alunos - apresentaram duas zonas.

Quadro 18. Perfis do 4º período da graduação.

Internalismo (EZP)					Externalismo (EZP)					Relacional (EZP)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
								U						
			U											
			U											
				U										
			U											
						U								
		U												
		U												
		U												
		U												
	U													
	U													
	U													
U														
			D		D									
				D	D									
		D			D									
		D								D				
		D								D				
	D									D				
	D									D				
	D									D				
	D									D				
											D			
							D							
											D			
											D			
											D			
	T				T					T				
T					T						T			

O quadro 19 apresenta os perfis conceituais dos alunos do quinto período. Neste período, onze alunos apresentaram somente uma zona do perfil, sendo que, destes, dez apresentaram a zona internalismo e um a zona relacional. Cinco alunos apresentaram as três zonas. Os demais, ou seja, treze alunos, apresentaram duas zonas.

Quadro 19. Perfis do 5º período da graduação.

Internalismo (EZP)					Externalismo (EZP)					Relacional (EZP)				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
			U											
			U											
			U											
			U											
				U										
										U				
			U											
			U											
		U												
		U												
	U													
				D						D				
				D						D				
				D						D				
			D		D									
			D							D				
		D			D									
	D				D									
	D									D				
	D									D				
	D				D									
	D									D				
D											D			
D										D				
		T			T					T				
T					T					T				
T								T		T				
T						T				T				
T					T					T				

O quadro 20 apresenta os perfis dos alunos da pós-graduação. Quatro alunos apresentaram somente uma zona do perfil, sendo que, destes, três apresentaram a zona internalismo e 1 apresentou a zona externalismo. Sete alunos apresentam duas zonas. Nenhum aluno apresentou as três zonas.

Quadro 20. Perfis da pós-graduação.

Internalismo (EZP)						Externalismo (EZP)						Relacional (EZP)					
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
							U										
				U													
			U														
					U												
			D			D											
		D				D											
		D				D											
	D											D					
	D											D					
D						D											
D							D										

Assim, o que podemos ver é que o conceito de vida exhibe perfis e, em nosso estudo, fomos capazes de construir perfis conceituais individuais. Além disso, os perfis de vida são extremamente diversificados. Os dados mostrados nos quadros 16, 17, 18, 19 e 20 permitem, nesse sentido, inferências importantes. Em primeiro lugar, chama a atenção a grande variedade de perfis exibida pelos informantes. No primeiro período, encontramos 21 tipos de perfis; no terceiro período, encontramos 13; no quarto, encontramos 17; e, no quinto período, 16 tipos de perfis. Na pós-graduação, encontramos 9 tipos de perfis. Somando-se os tipos de perfis encontrados na amostra, atingimos um total de 44 perfis diferentes, em 119 alunos.

Em segundo lugar, no primeiro período, encontramos um valor máximo para a EZP igual a 4; no terceiro período, esse valor é igual a 3; e, no quarto e no quinto períodos, a EZP máxima tem valor 5. Na pós-graduação, este valor chega a 6. Porém, não há uma uniformidade na distribuição desses valores, por período. Pelo contrário, no quarto período, somente a zona internalismo exibiu EZP igual a cinco. Neste período, a zona externalismo atingiu uma EZP igual a 3, em um aluno, e a zona relacional teve valor máximo de 2. No quinto período, somente a zona internalismo, novamente, atingiu uma EZP igual a cinco. O valor máximo da zona externalismo foi de 4, em um aluno. Nenhum aluno teve EZP igual a três e somente um aluno exibiu uma EZP para o externalismo igual a 2. Os demais alunos exibiram uma EZP igual a

1. A zona relacional teve valor máximo de 2, em um aluno. Na pós-graduação, evidencia-se mais ainda a utilização de uma zona internalista. Aí, a EZP do internalismo chega a 6, em um aluno. A zona externalismo teve valor máximo de 2 e a relacional, valor máximo de 1. Note-se que, quanto maior o valor de EZP para uma determinada zona do perfil, menor a tendência de um perfil comportar um número mais variado de zonas.

Podemos, com base nos quadros 16, 17, 18, 19 e 20, traçar os perfis mais comuns que encontramos em nossa amostra. O quadro 21 mostra os seis tipos de perfis mais comuns (TP), encontrados ao longo do curso. Este quadro mostra ainda a ocorrência destes perfis por período (OP) e suas ocorrências totais (OT), ao longo do curso. Levando-se em conta o que trabalhamos com 119 informantes, deve-se considerar que a ocorrência desses seis perfis corresponde a 44.16% dos perfis encontrados. Há que se notar, neste quadro, que a zona externalista não apareceu em nenhum dos tipos mais comuns; a zona internalista apareceu, com EZP variada, nos seis tipos de perfil, e a zona relacional, com EZP máxima de 2, em três tipos de perfis. No entanto, os dois tipos mais comuns, que correspondem ao perfil de 27,50% dos alunos, só apresentam a zona internalista.

**Quadro 21. Perfis mais comuns.**

Zonas do Perfil																									
TP	Internalismo (EZP)						Externalismo (EZP)						Relacional (EZP)						OP					OT	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1º	3º	4º	5º	Pós		
1				X																3	0	2	6	1	12
2			X																	2	3	4	2	0	11
3		X												X						2	0	5	3	2	12
4		X																		4	0	2	1	0	07
5	X													X						1	3	0	1	0	05
6	X														X					1	1	3	1	0	06

Pelo quadro 21, ainda, podemos ver que o perfil tipo 1 tem sua ocorrência máxima no quinto período, não tendo se expressado no terceiro período. O perfil tipo 2 tem ocorrência máxima no quarto período, tendo desaparecido na pós-graduação. O

perfil tipo 3 tem ocorrência máxima também no quarto período, não tendo aparecido no terceiro período. O perfil tipo 4 tem ocorrência máxima no primeiro período e não aparece no terceiro período e na pós-graduação. O perfil tipo 5 tem ocorrência máxima no terceiro períodos e não aparece no quarto período e na pós-graduação. O perfil tipo 6 tem ocorrência máxima no quarto período, não aparecendo na pós-graduação.

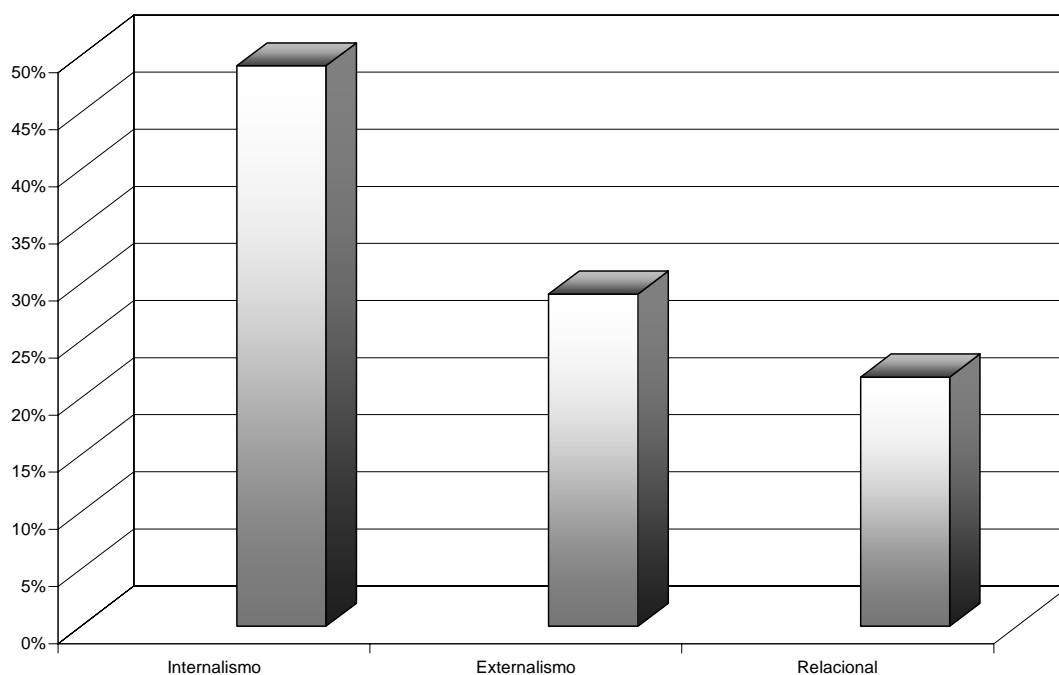
No quadro 22, mostramos o número de zonas (NZ) apresentadas por alunos, por período. Esse quadro mostra que 45 alunos, na amostra total, tiveram suas respostas classificadas em apenas uma zona, não apresentando, portanto, uma perfilação do conceito vida, pelo menos em relação às 3 perguntas do questionário utilizado. Dos 75 alunos que apresentaram mais de uma zona para o conceito, 61 tiveram suas respostas classificadas em duas zonas e 14 em três zonas. Há, no entanto, uma tendência geral, em quase todos os períodos considerados, de um número maior de alunos exibir um perfil, predominantemente com duas zonas.

**Quadro 22. Número de zonas, por aluno, por período.**

NZ	1°	3°	4°	5°	Pós	Total
1	12	04	14	11	04	45
2	17	10	14	13	07	61
3	03	04	02	05	0	14

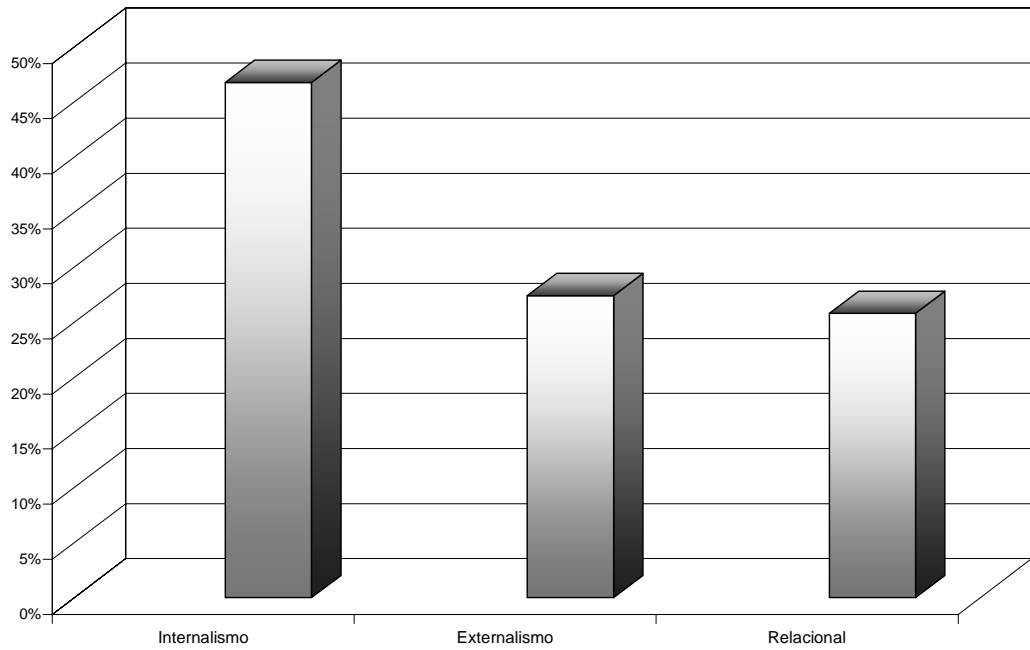
A análise dos dados revela também que os perfis predominantes vão modificando-se à medida que avançamos nos períodos do curso de ciências biológicas. Para mostrar essa evolução de forma mais clara, optamos por tentar traçar um perfil para o conjunto dos dados obtidos em cada período. Apesar de a noção de perfil conceitual ter sido definida em relação ao indivíduo, o que de certa forma poderia invalidar a tentativa de atribuir um perfil a um grupo, essa estratégia possibilita a identificação das tendências na evolução dos perfis conceituais. Assim, nosso próximo passo será observar as mudanças nas freqüências das zonas que compõem o perfil conceitual de vida quando comparamos os diferentes períodos do curso.

Nesse sentido, o gráfico 1 mostra a freqüência, em porcentagem, das zonas do perfil, no primeiro período<sup>46</sup>. A zona internalismo teve freqüência de 49%, a zona externalismo de 29% e a zona relacional de 22%. No terceiro período (gráfico 2) a zona internalismo teve freqüência de 47%, a zona externalista de 27% e, a relacional, de 26%. Já no quarto período (gráfico 3) a zona internalismo atinge uma freqüência de 69%, a zona externalismo cai para 15% e a relacional, para 16%. No quinto período (gráfico 4) essas zonas exibem as seguintes freqüências: a internalista sobe para 74%, a externalista cai ainda mais, indo para 12% e a relacional cai para 14%. Na pós-graduação, essa tendência de uma maior freqüência da zona internalismo se confirma. O gráfico 5 mostra que esta zona se mantém com uma freqüência de 74%, a zona externalista sob para 21% e a relacional praticamente desaparece, indo para 5%. O conjunto dos gráficos mostra que, à medida que se avança nos períodos, as zonas externalista e relacional vão ficando menos significativas no perfil.

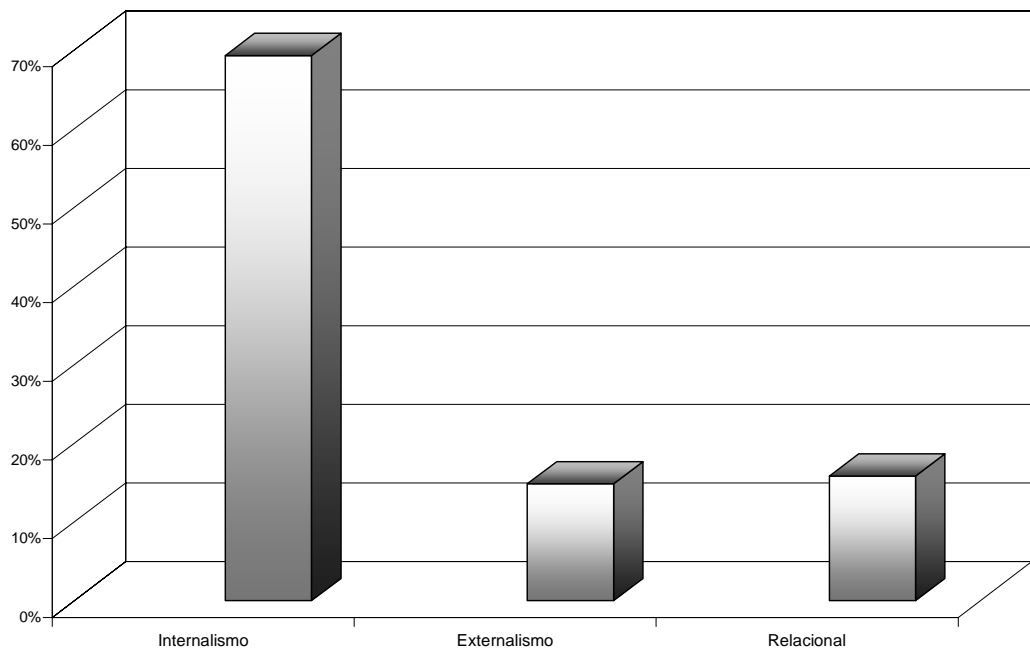


**Gráfico 1. Percentual de aparecimento das zonas do perfil, no 1º período.**

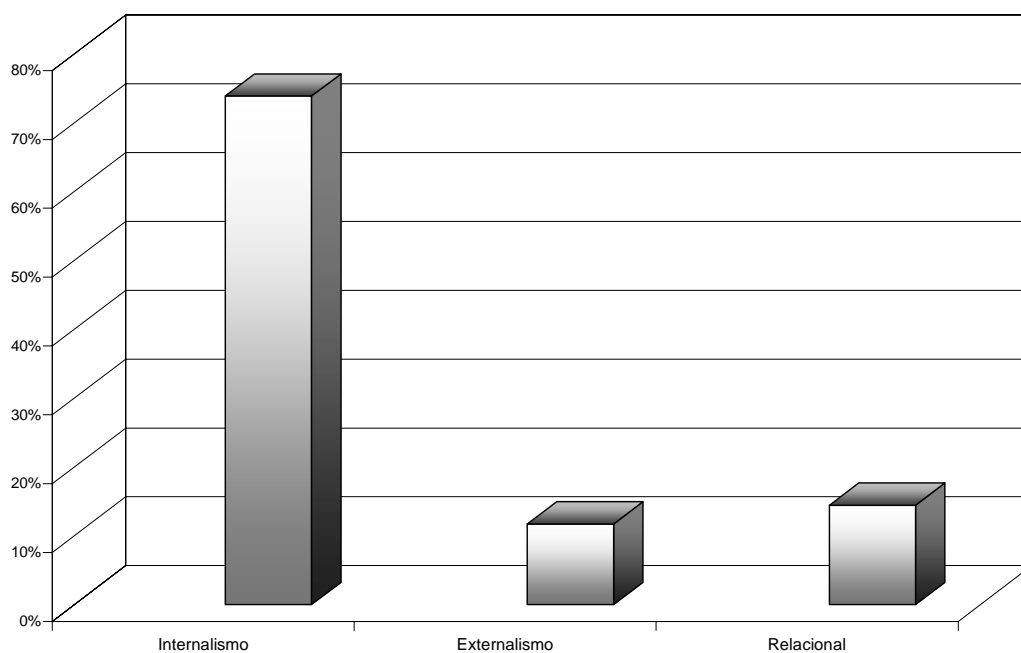
<sup>46</sup> As porcentagens dos gráficos sempre dizem respeito ao número de alunos do período analisado.



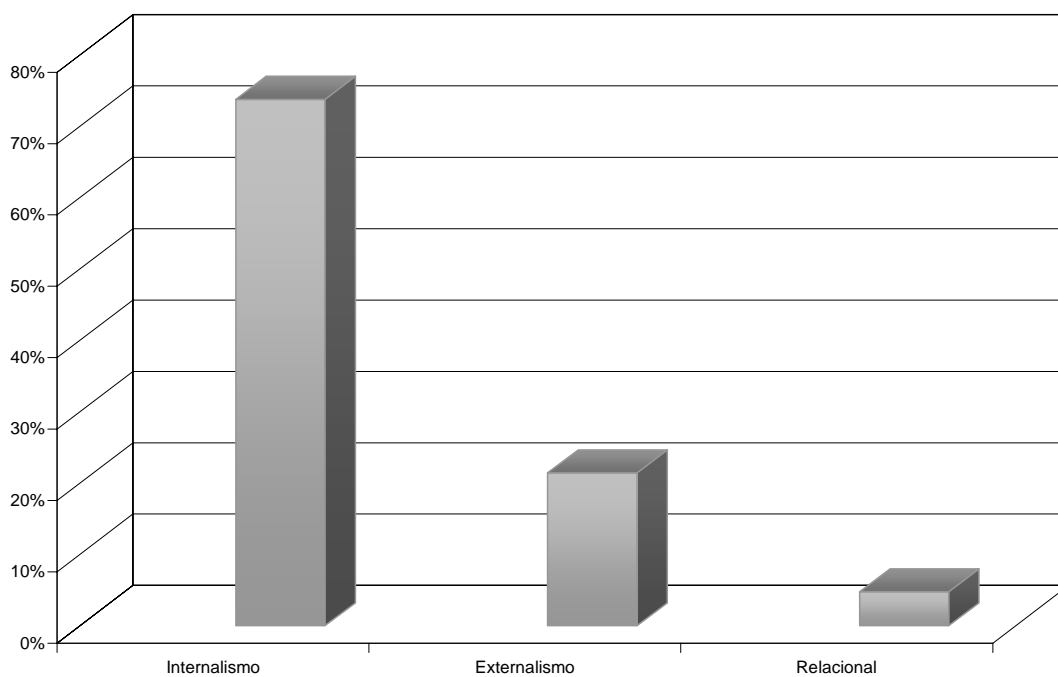
**Gráfico 2. Percentual de aparecimento das zonas do perfil, no 3º período.**



**Gráfico 3. Percentual de aparecimento das zonas do perfil, no 4º período.**



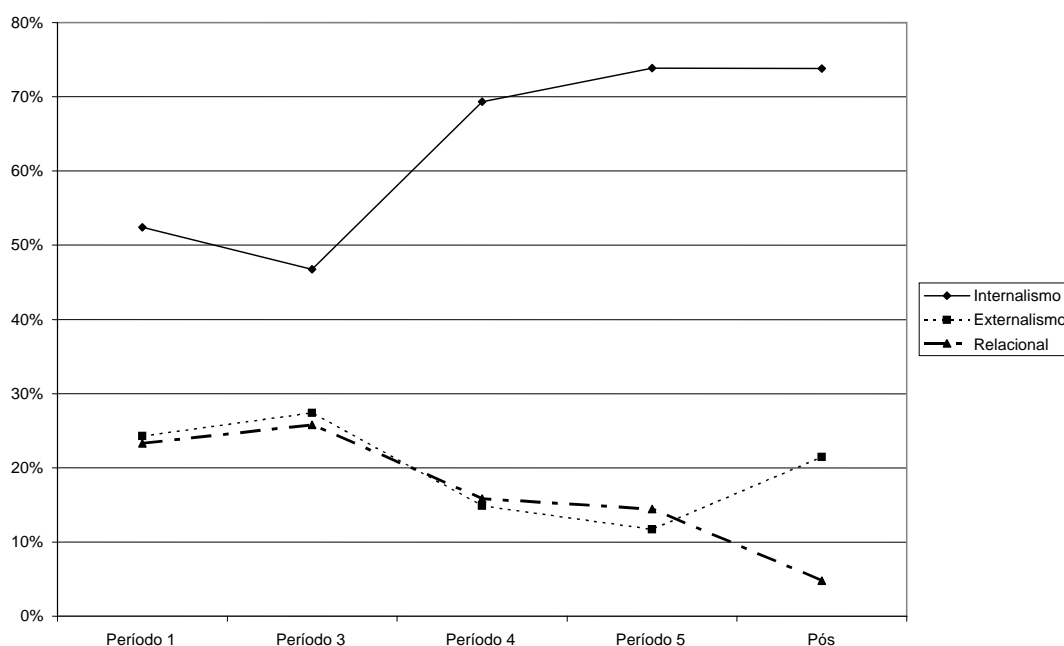
**Gráfico 4. Percentual de aparecimento das zonas do perfil, no 5º período.**



**Gráfico 5. Percentual de aparecimento das zonas do perfil, na pós-graduação.**

O gráfico 6 permite visualizar a evolução das freqüências das zonas do perfil, do primeiro período à pós-graduação. A zona do internalismo parte de uma freqüência de 52%, no primeiro período, e atinge 74% na pós-graduação. A zona externalismo

tem uma frequência de 24% no primeiro período e 21% na pós-graduação. A zona relacional sofre queda notável, partindo de 23%, no primeiro período, para atingir 5% na pós-graduação. Interessante notar que há uma separação entre as categorias externalismo e relacional, a partir do quinto período.

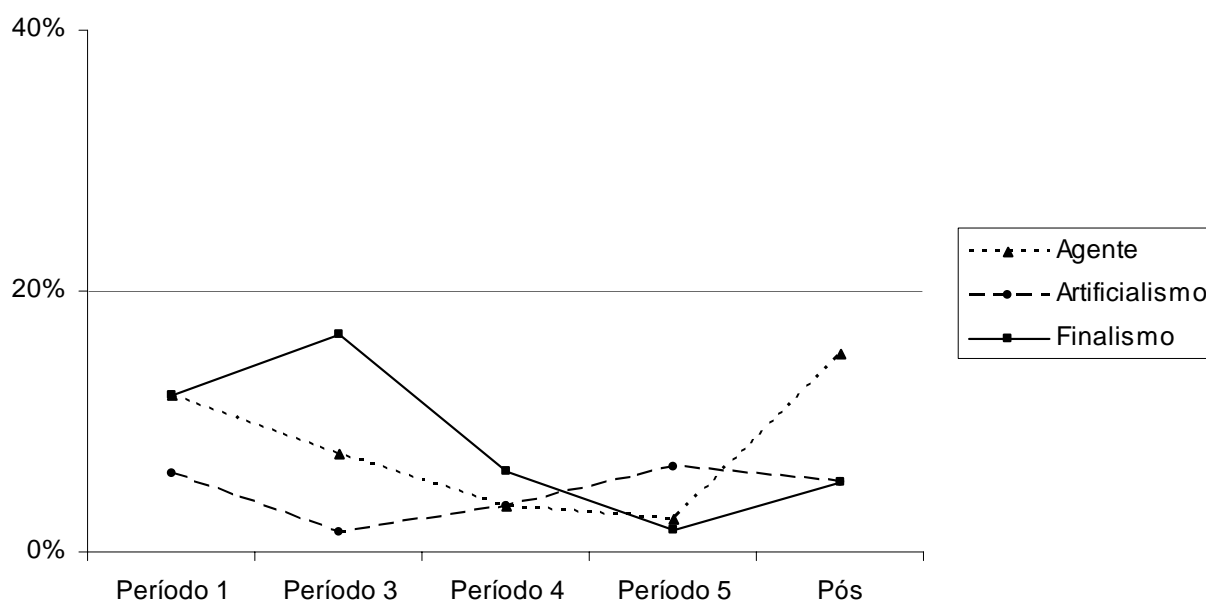


**Gráfico 6. Evolução das zonas do perfil conceitual, do primeiro período à pós-graduação.**

Como dissemos, essas zonas foram construídas a partir da redução das sete categorias iniciais, com que começamos a trabalhar. As categorias agente, finalismo e artificialismo formaram a zona externalismo; as categorias essencialismo macro, essencialismo micro e mecanismo formaram a zona internalismo e, em relação à categoria relacional, não há categorias expandidas. Assim, torna-se importante uma análise da evolução das categorias expandidas que formaram as zonas do perfil conceitual, o que é feito nos gráficos 7, 8 e 9.

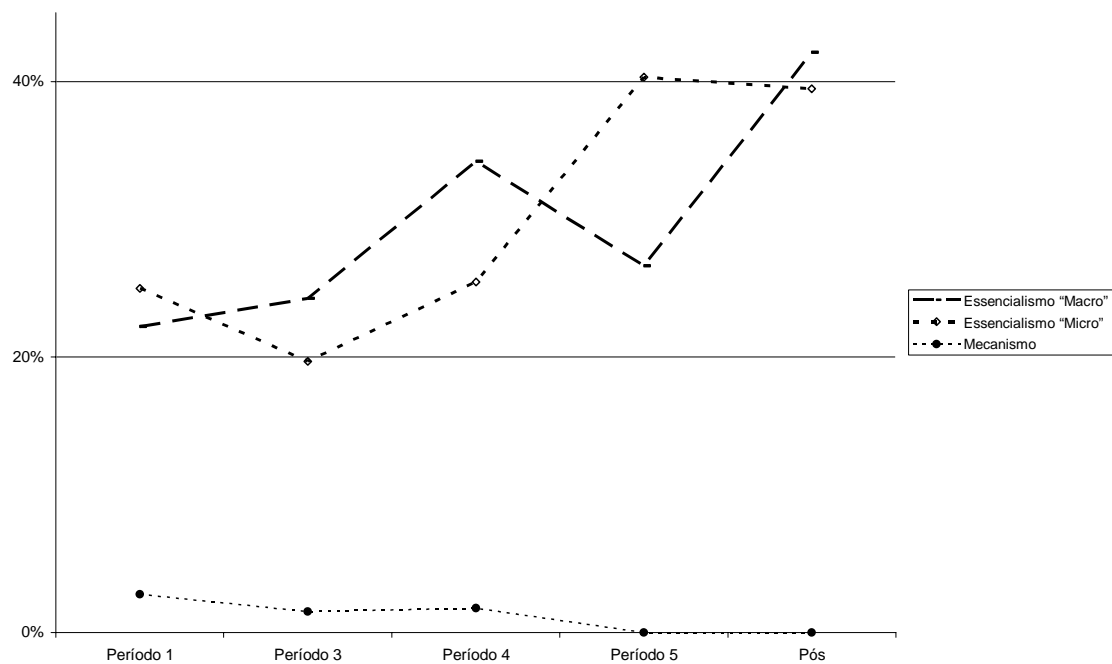
O gráfico 7 mostra a evolução das categorias que compõem a zona externalista. Nesse gráfico podemos ver que a categoria agente partiu de uma frequência de 12%, no primeiro período, chegando aos mesmos 12%, na pós-graduação, tendo sua maior queda no quinto período. A categoria artificialismo

começou com 5% e terminou com os mesmos 5%, na pós-graduação, após ter chegado a 2%, no terceiro período. A categoria finalismo tinha, no primeiro período, uma frequência de 12% e passou a ter, na pós-graduação, frequência de 5%. É notável, no entanto, o fato de essa categoria ter mostrado um aumento súbito no terceiro período, atingindo aí 17% de frequência.



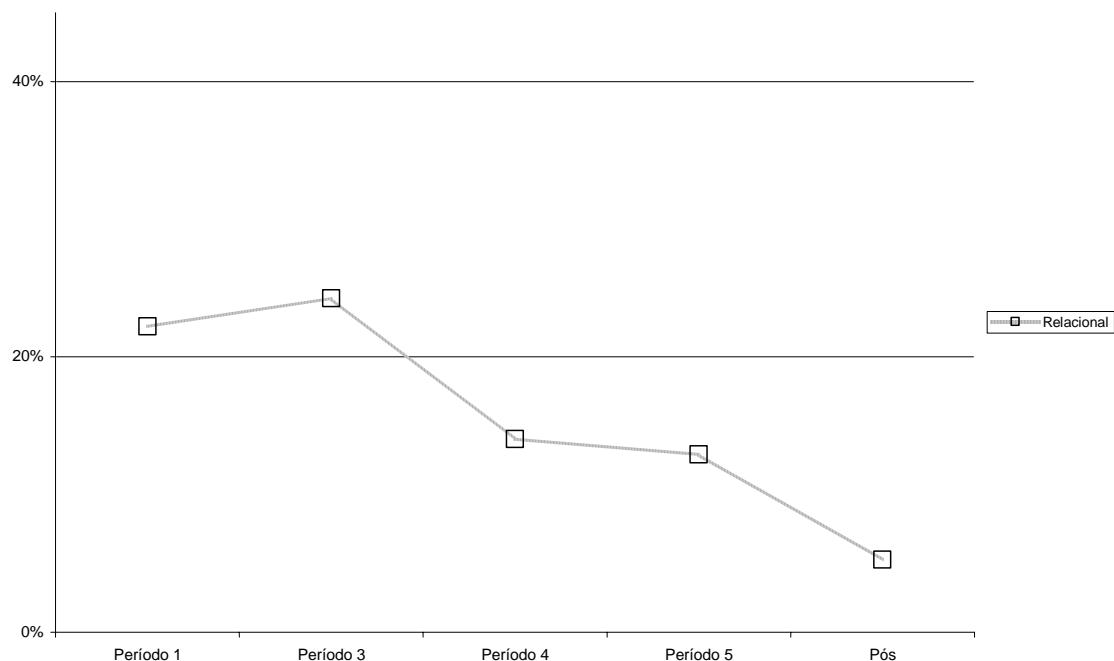
**Gráfico 7. Evolução da zona externalista.**

O gráfico 8 mostra a evolução das categorias que compõem a zona internalista. A categoria essencialismo macro, com frequência de 22%, no primeiro período, evoluiu para 42%, na pós-graduação. Essa categoria manteve uma tendência de aumento da frequência, com exceção do quinto período, quando caiu para 27%, mesmo assim mantendo um aumento em relação ao primeiro período. O essencialismo micro começou com 25%, no primeiro período, e chegou, na pós-graduação, a 39%, após ligeira queda no terceiro período, mantendo, porém, uma tendência de aumento. A categoria mecanismo, com frequência de 2% no primeiro período, desapareceu no quinto período. Esta foi a única categoria a desaparecer.



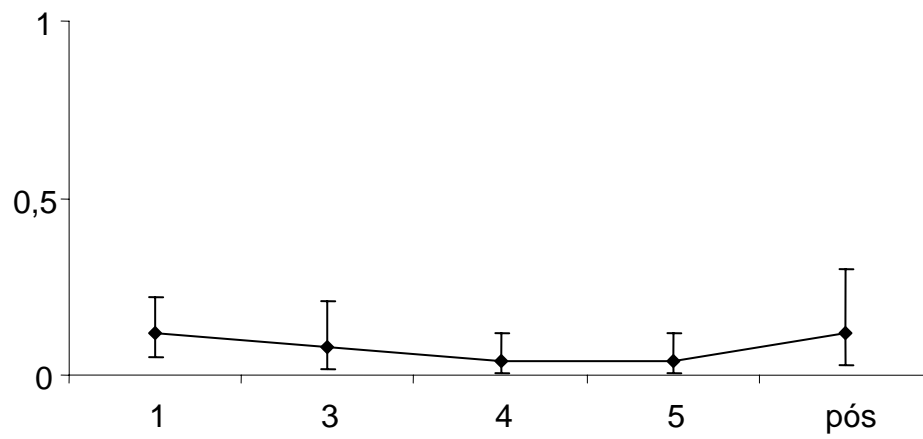
**Gráfico 8. Evolução da zona internalista.**

O gráfico 9 mostra a evolução da categoria relacional. Esta categoria tinha, no primeiro período, freqüência de 22%, passando a ter, na pós-graduação, uma freqüência de 5%, após ligeira subida para 24%, no terceiro período. Ao longo dos períodos, essa categoria apresentou a tendência geral de queda.

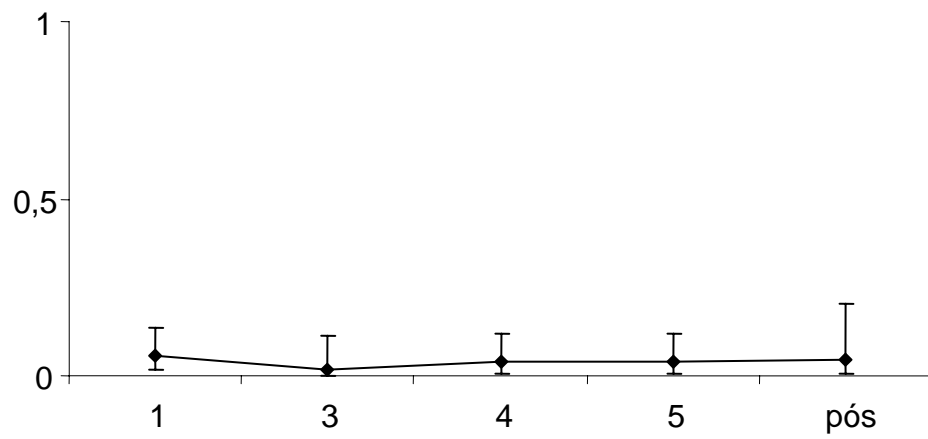


**Gráfico 9. Evolução da zona relacional.**

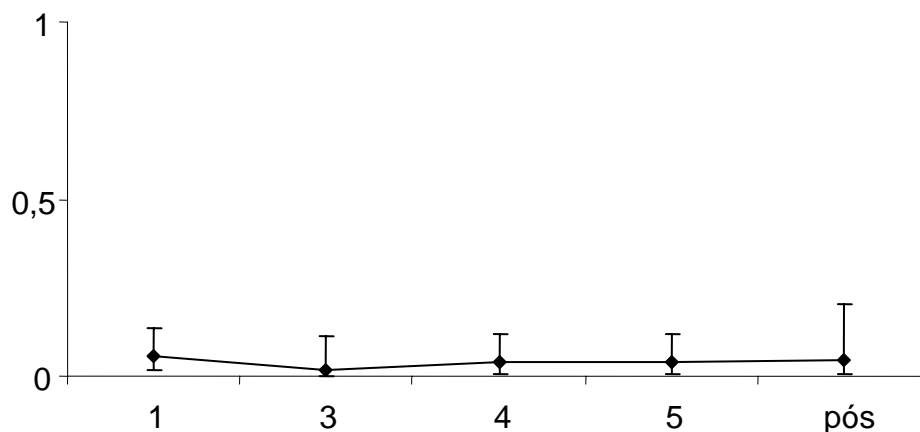
Uma forma visualizar a evolução das categorias que compõem as zonas do perfil é por meio de gráficos da probabilidade da classe da categoria estar ocupada ao longo dos períodos, como nos gráficos de 10 a 16. Nestes gráficos representamos o valor pontual da estimativa, numericamente igual à proporção observada, e o intervalo de confiança de 95% para a probabilidade. Esse intervalo indica o intervalo de valores em que encontraríamos a probabilidade de 95 de cada 100 amostras de enunciados similares. Os gráficos 10, 11 e 12 mostram estas probabilidades para a zona externalista. Neles podemos ver que a categoria agente demonstra uma tendência de queda. A categoria artificialismo possui tendência de aumento e a categoria finalismo apresenta uma tendência de queda.



**Gráfico 10. Barra de erro da categoria agente**

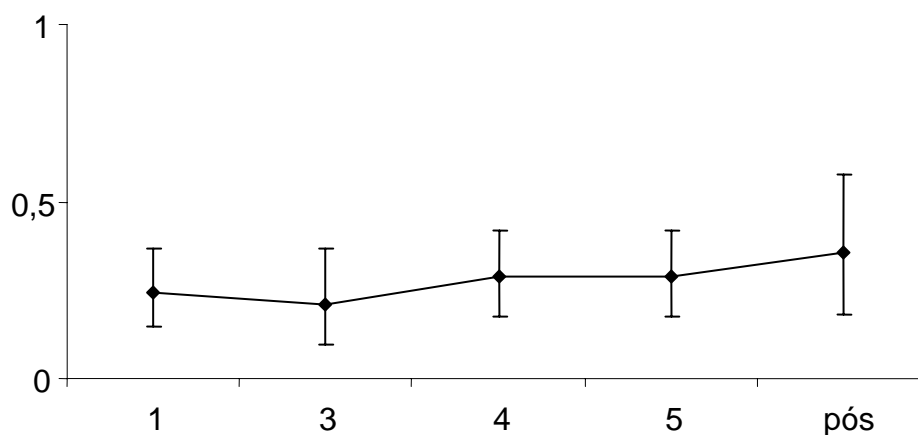


**Gráfico 11. Barra de erro da categoria artificialismo.**

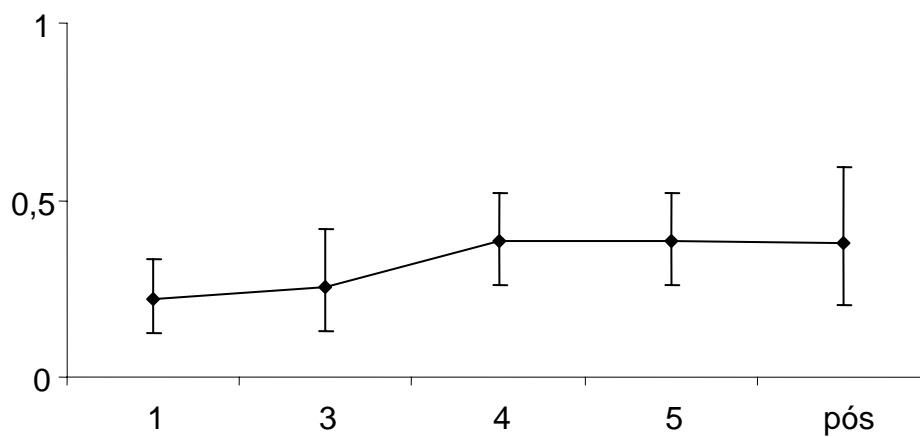


**Gráfico 12. Barra de erro da categoria finalismo.**

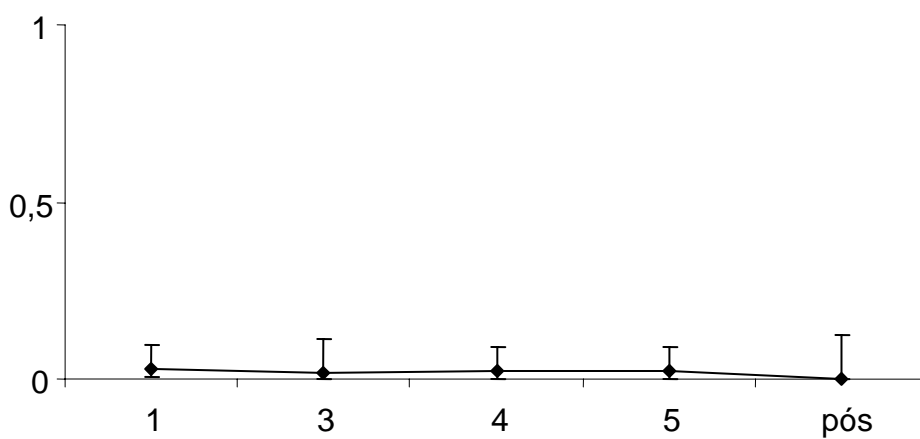
Os gráficos 13, 14 e 15 apresentam as probabilidades das categorias que compõem a zona internalista. Neles podemos perceber que a categoria do essencialismo macro possui tendência de aumento, a categoria do essencialismo micro possui tendência de aumento e a categoria do mecanismo possui tendência de decréscimo.



**Gráfico 13. Barra de erro da categoria essencialismo macro.**

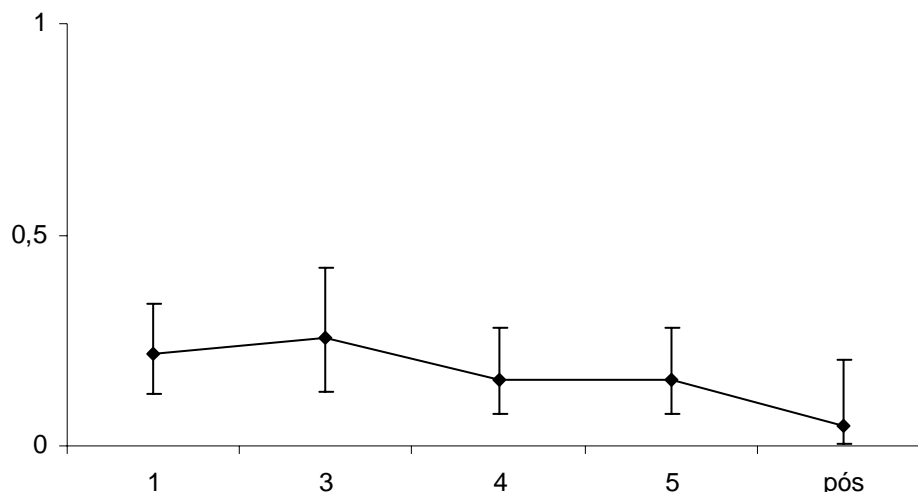


**Gráfico 14. Barra de erro da categoria essencialismo micro.**



**Gráfico 15. Barra de erro da categoria mecanismo.**

O gráfico 16 mostra a evolução da categoria relacional e sua tendência de decrescimento.



**Gráfico 16. Barra de erro da categoria relacional.**

Analisando a evolução das zonas do perfil em função das categorias que as compõem, podemos perceber o seguinte. A zona relacional, por não ser uma junção de categorias, tem uma evolução própria e demonstra, ao longo do curso, tendência de decréscimo.

A análise da zona externalista, em relação às suas categorias de composição, mostra que esta zona tende a cair ao longo da graduação, o que é acompanhado da queda das categorias agente e finalismo. A categoria artificialismo variou pouco ao longo dos períodos estudados, porém, com tendência de aumento. Assim, inferimos que a evolução da zona externalista está relacionada principalmente à evolução das categorias agente e finalismo. Pelos dados, é provável que o fator mais influente tenha sido a evolução da categoria agente.

A evolução da zona internalista sofreu, ao longo do curso, um aumento em sua frequência, depois de uma queda no terceiro período. Analisando a evolução das categorias que compõem essa zona, vemos que as categorias essencialismo macro e essencialismo micro tenderam a aumentar à medida que se avança nos períodos analisados e a categoria mecanismo apresenta tendência ao decréscimo, inclusive tendendo ao desaparecendo. Portanto, a evolução do internalismo está mais ligada à

evolução das formas de essencialismo – macro ou micro – do que à categoria mecanismo.

Em relação ao conjunto das categorias e às três zonas do perfil, na medida em que se avança nos períodos do curso de ciências biológicas, podemos notar que, de maneira geral, há um aumento na zona internalista, em função do aumento das suas formas macro e micro, uma diminuição da zona externalista, principalmente pela diminuição da categoria agente, e uma diminuição da zona relacional. Passaremos, a seguir, aos dados das entrevistas.

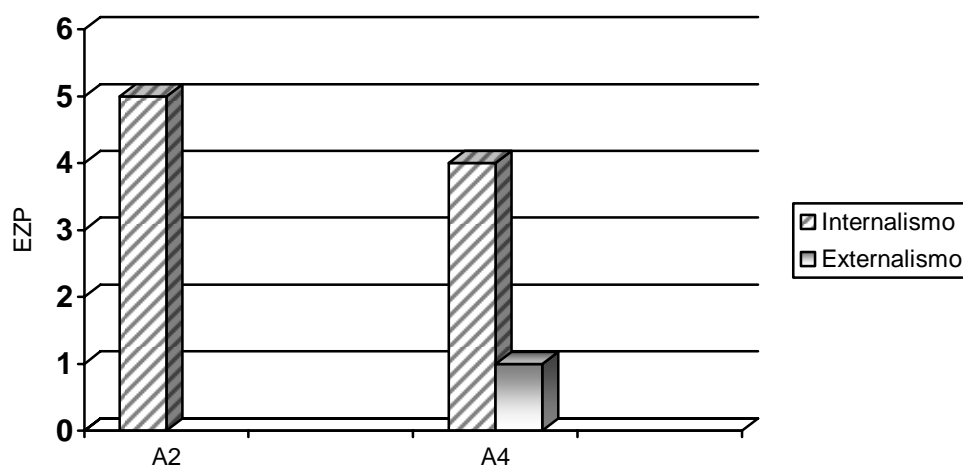
### **3. Os Dados das Entrevistas**

Como dissemos, as entrevistas foram realizadas com o objetivo de aferir a permanência ou não das zonas do perfil e a sua tomada de consciência pelo sujeito, após todo o processo de escolarização e término de um curso superior em Biologia. Assim, entrevistamos oito alunos da pós-graduação em ecologia e genética, sendo quatro alunos de cada programa. A escolha desses dois programas se baseia na intuição inicial de que haveria zonas diferentes nessas duas áreas, uma vez que as formas de lidar com os seres vivos são diferentes em cada uma delas. Em uma área, a ecologia, há uma preocupação maior com as relações e, na outra, a genética, a preocupação está mais voltada para o conteúdo informacional. Como não seria possível trabalhar com todas as áreas, consideramos essa escolha a mais viável e produtiva.

Há que se notar que não se esperava que os informantes das entrevistas fossem os mesmos do questionário. No entanto, esse caso ocorreu com dois entrevistados, o que acabou sendo uma feliz coincidência. Mais feliz ainda é o fato de um deles ser aluno do mestrado em ecologia e o outro do mestrado em genética. Após notar esse fato, adotamos a seguinte estratégia. Em primeiro lugar, como já temos o perfil desses sujeitos traçados, vamos nos aprofundar na análise das transcrições de suas respostas para avaliar a permanência das zonas do perfil e o caso de

aparecimento de novas zonas. Segundo, utilizaremos os demais resultados para aferir o surgimento de novas zonas e a tomada de consciência do perfil conceitual.

Os alunos que já haviam respondido ao questionário são os alunos identificados como 2, do mestrado em genética e 4, do mestrado em ecologia, no gráfico 5. Por aquele gráfico, vemos que o aluno 2 apresenta somente a zona internalismo, com EZP igual a 5, e o aluno 4 apresenta a zona internalista, com EZP igual a 4, e zona externalista, com EZP igual a 1. Nenhum manifestou a zona relacional. Seus perfis são mostrados no gráfico 8.



**Gráfico 17. Perfil de dois alunos da pós-graduação entrevistados, que também haviam respondido ao questionário.**

Antes de proseguirmos, alertamos para duas coisas. Primeiro, muitas vezes, os entrevistados fazem referências a algum amigo ou professor. Nesses casos, utilizamos uma letra maiúscula seguida de três pontos para indicar referência a essa terceira pessoa, a qual tratamos de omitir. Nomes só são arrolados quando se tratam de autores. O nome do entrevistador é identificado pelo apelido “Chico”. Segundo, chamamos de trecho uma parte da conversa reproduzida neste trabalho e chamamos fragmento uma parte do trecho, analisada separadamente. Finalmente, a referência aos trechos nem sempre segue a ordem do tempo da entrevista. Nestes casos, o leitor será alertado.

Vamos começar nossa análise com o aluno 2. A presença de uma alta EZP da zona internalista, revelada pelo questionário, também se manifestou na entrevista, como pode ser visto no trecho 1, extraído durante conversa sobre a questão 1. Nesse trecho, o aluno utiliza a categoria do essencialismo micro, que compõe a zona internalista. No trecho 2 da conversa, o aluno utiliza a categoria do essencialismo macro, como pode ser visto no fragmento 1.

---

Trecho 1	CHICO. Para você a unidade mínima de vida é célula?
(A2)	A2. Pra mim é o DNA, né? [Risos]. Pois é, e o RNA? Eu até brinco com o S... . Ele é do mundo RNA, ele e o R... Mas porque não considerar o vírus que tem só o material genético?
Trecho 2	CHICO. Vamos supor que te colocassem em uma nave e te mandassem procurar vida por aí. Em cada planeta que você chegasse, que tipo de sistema ou que tipo de atividade você procuraria?
(A2)	A2. Pois é, a gente relaciona muito com movimento, talvez com crescimento (frag.1), interação, interdependência. Nenhuma... Espera aí, deixa eu pensar antes de falar bobagem. Mas nenhum organismo que a gente considera vivo é completo e totalmente independente de qualquer coisa. Aliás, mesmo os não vivos, né? Tipo uma chama, né?, Que precisa do oxigênio pra alimentar... Num sei! Acho que seria talvez interação, interdependência, é... Alguma coisa de... Mesmo... bact... Como é que chama? Quem precisa de comida? Auto... Auto...?
	CHICO. Autotrófico?
	A2. Mesmo os autotróficos completamente independentes do ambiente. Não têm aquele sistema de retro-alimentação completo. Procuraria bem troca energética e outras coisas. Que é bastante difícil de procurar isso, né? Ver. Oh! Estou vendo isso! [Risos].

---

Porém, este trecho 2 deixa entrever outra coisa. Na seqüência, o aluno utiliza o termo “interação” e passa a definir vida a partir de uma zona relacional, definindo vida basicamente como interação. Antes de chegarmos a esse ponto da conversa, em um tempo anterior, no início da discussão sobre a situação-problema 2, o aluno havia tomado consciência de seu perfil conceitual e de que esse não dava conta da complexidade de definir vida. Tal tomada de consciência está no trecho 3, abaixo, e, ao que parece, enquanto o aluno seguia a entrevista buscava uma nova forma de definir vida, visto que termina o trecho 2 com a frase: “Oh! Estou vendo isso! [Risos]”.

---

Trecho 3 A2. Como é que é? Nossa! Pode compartimentalizar? Nossa! A primeira parte aí você já  
(A2) arrumou um furão para o meu conceito de vida, porque o conceito que a gente tem de vida é completamente nossa visão e, pro meu gosto, bastante antropocêntrica.

---

Como vimos, esse aluno não havia manifestado a zona relacional no questionário. No entanto, no momento em que ele toma consciência desta zona, passa a utilizá-la constantemente. Tal fato acabou convergindo para o trecho 4 da nossa conversa. No fragmento 1 desse trecho, ele define explicitamente vida em termos de relação. Em seguida, no entanto, o fato de ainda estar tomando consciência dessa zona e de sua forma de utilização é bastante notável, como pode ser visto na fala “Acho que minhas idéias são bastante contraditórias, Chico”.

---

Trecho 4 CHICO. Você já usou a palavra relação...  
(A2) A2. Umas vinte mil vezes, né?  
CHICO. Por que...  
A2. [Risos]. Você vai lá na minha psicóloga e pergunta [Risos]. É! Mas eu acho que minha concepção de vida é... Bem aquilo que eu te falei... É interação (frag1). Acho que minhas idéias são bastante contraditórias, Chico. Mas, eu acho que eu nunca perdi muito tempo... Nunca perdi, não! Nunca ganhei muito tempo em ficar endoidando assim. Meu Deus do céu! (frag2)

---

Outro aspecto a ser destacado em relação ao aluno 2 é que ele, ao responder às questões do questionário, recorrendo unicamente às categorias da zona internalista, aparentemente não apresentava um perfilamento do conceito de vida. No entanto, a entrevista fez surgir outras zonas, o que nos leva a explorar a idéia de que os 45 alunos que apresentaram apenas uma zona do perfil, conforme o quadro 22, realmente poderiam exibir as outras zonas para o conceito de vida ou até mesmo zonas diferentes das que foram encontradas. Isso evidencia que os perfis apresentados são fortemente ligados aos contextos criados pelas questões. Como numa entrevista há mais tempo para reflexão e há retro-alimentação por parte do entrevistado, esse contexto favorece o aumento da dispersão conceitual.

Quanto ao aluno 4, o questionário havia mostrado um perfil com EZP alta para a zona internalista, baixa para a zona externalista e nula para a zona relacional. Na entrevista, a zona internalista se manifestou novamente, uma vez que o aluno definiu vida, basicamente, como metabolismo. Porém, mais adiante, na entrevista, conversando sobre a questão 2, a zona relacional foi explicitada, como pode ser visto na afirmação “que tudo que é vida interage com o que tiver ao lado dele, pode ser o meio ou pode ser outro ser vivo”, no trecho 5. O aluno, no entanto, voltou à zona internalista, ao definir vida em termos de célula (trecho 6), enquanto conversávamos sobre a questão três e discutíamos se vida artificial é ou não vida. Também, discutindo sobre a questão 4, essa mesma zona foi acessada (trecho 7).

---

Trecho 5 CHICO. Isso. Eu gostaria que você me desse uma definição de vida que fosse universal e  
(A4) como reconhecer vida

A4. Hum, hum! [Longa pausa silenciosa]. Eu tenho por princípio, Chico, não sei se por causa de minha formação mais ecológica, de que tudo que é vida interage com o que tiver ao lado dele, pode ser o meio ou pode ser outro ser vivo. Então, eu acho que qualquer coisa, entre aspas, que eu conseguir identificar qualquer tipo de interação, talvez eu pudesse classificar como vida.

---

Trecho 6 A4. Mas, pra começar, um ser vivo é conjunto de células, que têm função determinada.  
(A4) Então, partindo desse pressuposto, eu já excluiria, porque eu não acho que o computador tem células biológicas. Pra mim não seria vida. (...) Ai volto à grande questão de que, como terrestre, o ser vivo tem que necessariamente metabolizar compostos orgânicos e esses bichos, ess... ess.. essas criaturas ai não têm compostos orgânicos, não metabolizam e, pra mim, não são vivas.

---

Trecho 7 A4. Eu acho, entendo que a célula é a unidade de vida básica. Ela seria a unidade mínima  
(A4) de vida.

---

Esse aluno havia, no questionário, manifestado a zona externalista. Essa zona apareceu fortemente na entrevista. Quando discutíamos a questão 5, o aluno se afirmou “totalmente criacionista”. As categorias que compõem esta zona, ou seja,

agente, finalismo e artificialismo, podem ser vistas, respectivamente, nos trechos 8, 9 e 10, destacadas em itálico.

---

Trecho 8 (A4)	<p>CHICO. Tá. Mas eu não estou questionando isso. Ele é o único. Mas ai o Criador possibilitou que sua criatura um dia criasse vida.</p> <p>A4. Mas é disso que eu discordo. Acho que Ele é O Criador. <i>Ninguém mais pode criar vida, além Dele.</i></p>
------------------	--

---

Trecho 9 (A4)	<p>A4. <i>Então, eu acho que Deus criou todos os mecanismos que fazem com que o universo funcione da forma que funciona, inclusive os mecanismos que permitem que as espécies mudem, que as coisas aconteçam.</i> Às vezes, sou tachado de evolucionista, e eu acredito na evolução, mas mesmo assim eu acho que a evolução acontece porque algum criador maior interferiu alguma vez na história e fez com que ela pudesse ir para frente. <i>O motor dessa roda toda, na verdade, é alguém que foi lá e deu... jogou o querosene e jogou fogo, senão ela não rodava.</i> Eu acho.</p>
------------------	---

---

Trecho 10 (A4)	<p>A4. (...) <i>é uma questão sentimental e espiritual que a vida artificial não pode ter e que a vida biológica tem.</i></p> <p>CHICO. Toda a vida biológica tem esse sentimento?</p> <p>A4. Acho que sim.</p>
-------------------	---

---

Assim, o que podemos ver é que esse aluno manteve uma forte zona internalista e a entrevista também revelou sua zona externalista, só que com mais força do que no questionário. Porém, o trabalho com a entrevista acabou por possibilitar a manifestação de uma zona relacional que não havia aparecido no questionário. Nesta entrevista, embora o informante tenha manifestado as três zonas do perfil, não fomos capazes de perceber uma tomada de consciência clara do perfil conceitual. Talvez isso se deva justamente à característica do entrevistado que, durante o processo, respondia de forma muito incisiva, deixando pouco espaço para discussão. Esse espaço só foi aberto no final da entrevista, quando o assunto rumou para questões religiosas e, graças a isso, pudemos acessar a zona externalista.

Vamos passar agora a analisar as outras entrevistas. Nessa análise, procuraremos confirmar a existência das zonas já mostradas neste trabalho e as tomadas de consciência do perfil, mas procuraremos também examinar a manifestação de novas zonas.

As zonas encontradas nos questionários foram confirmadas pelas entrevistas analisadas até agora<sup>47</sup>. Em outras entrevistas, também podemos ver o aparecimento dessas zonas. Por exemplo, a zona externalista pode ser vista claramente no trecho 11, da entrevista com o aluno 6. Ali ele fala que “a vida depende de algo maior (...). Essa criação”. Mais adiante, na entrevista, o informante fala da entrada de um componente sobrenatural, que explicaria as “lacunas” em nossas teorias sobre a origem da vida (trecho 12).

---

Trecho 11 (A5) A5. Não sei se isso já aconteceu, mas também invariavelmente, uma coisa que certamente você vai esbarrar, se é que você já não esbarrou, é a questão da vida transcender um pouco a lógica... biológica, evolutiva, energética, física, e tudo mais. E aí, a gente entra até um pouquinho pro campo etéreo, espiritual. Ai, vem uma coisa que é crença e pura e simples fé, uma coisa que não se discute, né? Mas ai tem o outro lado... ai, é uma coisa pessoal de concepção, que a vida depende de algo maior, né? Essa criação.

---

Trecho 12 (A5) CHICO. Você acha que na origem da vida, ou em algum momento, haveria alguma coisa de sobrenatural?

A5. Quando eu dou aula de origem da vida, uma coisa assim.... a gente tem que ler muito e tem uma coisa que até muita gente evita de falar, por causa do grande buraco que existe no meio dessa história. Então, a gente sabe algo do anterior, né? A vida apareceu há 3,8 bilhões de anos, o que se sabe é isso. A gente sabe das condições pré-bióticas, o que pode ter acontecido. Um punhado de experimento já provou de inerte pode aparecer micromolécula orgânica, condensa, forma molécula orgânica, coacervado, pa, pa, pa, pa! Agora, isso vai crescendo de uma maneira tal até chegar numa lacuna. É um gap que existe e que ninguém, absolutamente ninguém, nunca foi convincente suficiente para explicar esse gap, que é justamente o estado que originou vida. Como é que esse bando de molécula foi surgindo isso já está claro, já foi demonstrado até experimentalmente. Mas como é que isso passou, como é que isso ligou? Como é que isso passou a funcionar? Como é que isso adquiriu capacidade de duplicação? E, de repente, é nesse momento que tá entrando esse outro componente, né?

---

<sup>47</sup> Na Considerações finais deste trabalho, no entanto, apontamos algumas deficiências do questionário.

A manifestação da zona internalista pode ser vista, por exemplo, no trecho 13, da entrevista com o aluno 1, quando ele se refere à reprodução como constituinte da definição de vida. Os trechos 14 e 15, da entrevista com o aluno 7, também mostram a manifestação dessa zona, quando ele se refere à reprodução, à informação, porque é esta que permite a auto-referência e o metabolismo. Para ele, a célula é a unidade fundamental da vida e os vírus não são vivos por falta-lhes uma característica essencial, que seria o metabolismo.

Trecho 13 (A1)	CHICO. Então, se você tivesse que definir vida, você usaria essa, essa... A1. Capacidade de duplicação, de alguma certa fidelidade... Entendeu? Mantendo as características...
Trecho 14 (A7)	A7. Eu considero vida um processo de reprodução auto-referencial. Nisso aí tá envolvido o metabolismo que tá servindo para essa reprodução auto-referencial.
Trecho 15 (A7)	CHICO A unidade básica de vida para você é célula. A7. Célula. CHICO. Então vírus pra você... A7. Vírus não é vida porque não tem metabolismo pra servir à replicação dele.

A zona relacional também apareceu em outras entrevistas e não apenas nos casos dos alunos 2 e 4, como já vimos. Ela também pode ser vista no trecho 16, quando o aluno 6 diz que um ser vivo “acaba tendo que interagir” e que a “interação é uma coisa fundamental”.

Trecho 16 (A6)	A6. Então, eu acho que um ser vivo ele é um organismo que ele é capaz de funcionar de alguma maneira, quimicamente, metabolizar alguma coisa, dependendo dele mesmo ou de outro, né? e que, conseqüentemente, seja nessa dependência de outro ou seja no seu próprio funcionamento, ele acaba tendo que interagir, com outros organismos ou com o ambiente físico. A interação é uma coisa que é fundamental.
-------------------	---

No entanto, duas zonas que não haviam se manifestado, com o uso do questionário apareceram nas entrevistas. Essas zonas também não haviam sido descritas na revisão que fizemos. Uma dessas zonas encara a vida como um fenômeno histórico, a que poderíamos chamar de zona temporal, e, embora não

tenhamos feito esse comentário anteriormente, está implícita na visão evolucionista da vida, sendo explicitada, por exemplo, por Gould (1997). Assim, um exemplo da manifestação desta zona está nos trechos 16 e 17, respectivamente dos alunos 1 e 2. Interessante notar que essa zona aparece, nos dois alunos, no momento em que argumentam contra a idéia da possibilidade de se definir organismos artificiais como vivos, tal como faz o projeto da vida artificial forte.

---

Trecho 16 (A1)	A1. Eu acho o seguinte... que isso é uma questão temporal, né? Então, tudo bem. Agora, eu acho também que o nosso sistema tem modificações muito grandes, mas numa escala de tempo muito maior do que o que acontece dentro do hardware, dentro do computador... Entendeu?
-------------------	--

---

Trecho 17 (A2)	A2. Talvez eu não concordasse, pelo fato dele não ter evoluído com toda a história da Terra, desde o início.
-------------------	--

---

Com o uso das situações-problema, encontramos também uma categoria nova que nos parece pertencer à zona internalista, que faz referência à complexidade irreduzível dos seres vivos. Essa categoria foi utilizada pelo aluno 6, no trecho 18, no momento em que estava argumentando contra a idéia de vida artificial. Segundo ele, os organismos vivos possuem uma complexidade que não pode ser reproduzida por meios artificiais, sendo essa limitação “inerente à nossa capacidade”. Este foi o único caso em que apareceu essa categoria.

---

Trecho 18 (A6)	A6. Eu tava falando daquela questão de complexidade, uma coisa que a gente vê muito em modelo, né?, Qualquer que seja ele, é que qualquer sistema complexo é composto por variável demais e a gente não é capaz de replicar tudo. Até hoje não foi e, eu pra te ser bem honesto, eu duvido que seja. É uma limitação que é inerente à nossa capacidade. Então, é muita força de barra acreditar que você vai reunir todos os elementos necessários para construir vida, por mais super poderoso que seja seu computador.
-------------------	--

---

No entanto, é interessante notar que o argumento da complexidade irreduzível tem sido utilizado pelos defensores do *design inteligente* (Cf. Behe, 1997), segundo os quais o universo foi projetado por uma inteligência superior. Isso se mostra ainda mais interessante, porque esse aluno se declarou religioso e defendeu a idéia de um Deus interventor na origem da vida.

Assim, o uso das situações-problema confirmou as categorias encontradas no questionário e permitiu o aparecimento de duas novas categorias. Ainda, na entrevista com o aluno 2, pudemos notar os momentos de tomada de consciência do perfil conceitual. Este fato ocorreu também com os entrevistados 1 e 5. Com o aluno 1, a tomada de consciência do perfil se deu quando discutíamos a questão 4, como está transcrito no trecho 19.

---

Trecho 19 CHICO. O vírus! Ele é um ser vivo?

(A1) A1. Ele é, uai! Ele é tão vivo quanto a organela lá. Só que a organela não sai pra fora da célula e o vírus sai... e depois entra de novo. Quer dizer, ele se duplica e se espalha por outras células, da mesma forma.

CHICO. Acho que temos de conseguir um conceito de vida mais abrangente, pra colocar a mula e a hemácia...

A1. A hemácia pra mim tá resolvido. Ela é parte do organismo vivo. Ela é parte. Ela não é uma coisa individualizada. Agora, a mula, o diabo da mula [Risos]... Ela é um organismo vivo, né? Não tem como falar que ela não é [Risos].

CHICO. Por que que não tem?

A1. Eu vou falar que ela tá morta? [Risos]. Fica atrás dela pra você ver! [Risos] Vai levar um coice [Risos]. É! Depende de seu conceito, mas... Isso é problemático...

CHICO. Dentro do seu conceito de ser vivo...

A1. Ela não é um ser vivo, exatamente...

CHICO. E um vírus de computador é.

A1. É! Não sei como resolver isso, não. Teria que pensar mais tempo, nisso.

CHICO. Claro...

A1. Ela não é uma espécie, isso com certeza ela não é uma espécie. Agora, que é muito difícil... às vezes é mais difícil definir o que é uma espécie do que definir o que é vida. [Risos]. Nesse caso da mula a gente sabe que ela não é uma espécie. Pelo menos nesse fica mais fácil. E ela é um ser vivo, mas aí você tem que usar um outro conceito de vida. Eu acho que o maior problema é que quando a gente usa um conceito original de vida, que fala o que é ser vivo e o que não é, a pedra e o passarinho, né? Você imagina o bicho em atividade, como a planta crescendo, respirando, reproduzindo, fazendo uma série de atividades, né? E se você pica essas atividades, você tem alguns organismos que fazem só até aqui ou fazem só até ali, aí fica muito complicado. Agora, porque que você não englobaria tudo isso como vida? Porque, de repente, poderia gerar uma confusão, né? Começar a incluir as pedras, começar a incluir outras coisas que não são vida.

CHICO. Agora, se você estivesse dando aula e um aluno seu te perguntasse o que é vida, o que você diria a ele?

A1. Eu acho que eu ia falar o.. o... eu ia falar o clássico mesmo, né. Eu ia incluir não só a reprodução, mas o crescimento, o desenvolvimento, o metabolismo... Mas com uma certa dependência de alguns casos, né? Por exemplo, o caso do vírus que depende de um arcabouço celular etc...

---

Neste trecho, podemos notar que a tomada de consciência se dá quando é fornecido um contra-exemplo à definição que o informante vinha utilizando. Ele havia definido vida basicamente com reprodução e ao ser lembrado do caso da mula, ele diz “É! Depende de seu conceito”. Nesse momento, o aluno percebe que o pertencimento a uma categoria como vida é dependente da definição que se dá à categoria. Importante ainda notar que, quando perguntado sobre como ele explicaria o que é vida, a seus alunos, o entrevistado responde: “Eu acho que eu ia falar o.. o... eu ia falar o clássico mesmo, né. Eu ia incluir não só a reprodução, mas o crescimento, o desenvolvimento, o metabolismo.” Ou seja, ele apelaria para a clássica lista de propriedades, dando a entender que essa é a maneira mais fácil e rápida de definir vida. Mas mesmo aí ele mostra consciência do perfil ao relativizar a afirmação: “ Mas com uma certa dependência de alguns casos, né?”

Com a aluna 5, a tomada de consciência do perfil ocorreu quando discutíamos a questão 2. No trecho 20, podemos perceber que foi novamente o exemplo da mula que acionou o entendimento de que o conceito de vida que ela vinha usando, ou seja, reprodução, não dava conta de todos os exemplos de vida conhecidos.

---

Trecho 20 (A5)	<p>CHICO. Então deixe-me abrir outro parênteses. Mula, por exemplo? A mula não replica. Como nós fazemos com a mula?</p> <p>A5. [Risos]. [Longa pausa silenciosa]. Vai ter que ficar como exceção. [Risos].</p> <p>CHICO. Então, vida é tudo que replica, com exceção de vírus... Mula e algumas coisas que replicam...</p> <p>A5. [Risos]. Algum dia a mula se reproduziu? Será? Não? Nunca?</p> <p>CHICO. Não. Ela é um híbrido estéril. Não é o único exemplo. A gente cita a mula porque é o exemplo mais divulgado. Existem também plantas, de enxerto, que não reproduzem.</p> <p>A5. [Risos]. Vou ter que mudar meu conceito de vida. [Longa pausa silenciosa]. Nossa! Agora eu vou demorar... Isso quebra todo aquele conceito de vida ... [Risos].</p> <p>CHICO. Suponhamos que você está dando aula. Ai, um aluno te pergunta “professora, a senhora é bióloga, está dando aula de biologia, mas o que é vida?”.</p> <p>A5. [Longa pausa silenciosa]. Eu acho que não sei o que é vida, não! [Risos]. [Longa pausa silenciosa].</p>
-------------------	---

---

Neste trecho, inicialmente ela gostaria que a mula ficasse como exceção, mas ao perceber que o número de exceções estava muito grande, toma consciência de que

seria necessária uma nova definição de vida, dizendo “Isso quebra todo aquele conceito de vida”. Ao final do trecho, diz não saber então, o que é vida.

#### **4. Concluindo o Capítulo**

Diante do que foi apresentado neste capítulo, podemos considerar que nossa hipótese inicial de que o conceito de vida comporta zonas variadas e que, portanto, exibe um perfil conceitual, se viu confirmada. Tal hipótese já havia sido referendada pelo estudo histórico do conceito e o trabalho empírico contribuiu em muito para fortalecer os resultados da análise histórica. Mais ainda, tanto por meio do questionário quanto das entrevistas, pudemos perceber como as zonas são acessadas e usadas pelos informantes, o que nos garante um ponto de partida para estudos posteriores.

A análise dos dados empíricos nos mostrou também que há uma evolução do conceito de vida, da graduação à pós-graduação, em um curso de ciências biológicas. Tal evolução ocorreu no sentido de predomínio da zona internalista.

Percebemos também que as questões de nosso questionário funcionaram bem, no sentido de darem conta da diversidade de concepções dos informantes. No entanto, conforme pudemos perceber, o recurso único ao questionário não é suficiente. Ao final, a utilização de entrevistas baseadas em situações-problema, que possibilitam outros modos de fala aos informantes, mostrou-se um importante complemento ao nosso trabalho. Tais entrevistas permitiram o aparecimento de novas zonas e sugeriram a possibilidade de emergência de zonas diversas, em alunos que manifestaram somente uma zona ao responderem ao questionário. De qualquer forma, a utilização dessas entrevistas, baseadas em situações-problema, acabou por confirmar muito dos dados do questionário. Assim, confirmamos que o perfil conceitual é dependente de contexto e, por isso, às vezes essa disparidade entre os resultados de um e outro instrumento de pesquisa. Como já dissemos, a entrevista permite a

retro-alimentação entre entrevistador e entrevistado, aumentando os contextos disponíveis e favorecendo, assim, o aparecimento de mais zonas.

Finalmente, as entrevistas em que houve a possibilidade de uma discussão maior revelaram a possibilidade de tomada de consciência, por parte dos alunos, de seus perfis conceituais. As conseqüências disso serão analisadas na conclusão a este trabalho.

A seguir, apresentaremos a análise de alguns livros didáticos, utilizados no curso de Ciências Biológicas analisado, e sua articulação com os dados do questionário e das entrevistas.

### **1. Introdução**

Este capítulo analisa livros de biologia geral e alguns manuais de formação específica, utilizados na graduação em biologia, do curso analisado. No escopo geral desta tese, esta análise tem por objetivo explorar algumas das informações que circularam entre os alunos durante o curso e que podem, dessa forma, ajudar a entender a evolução dos perfis detectada no capítulo 6.

Essa análise parte do trabalho de Kawasaki e El-Hani (2002), que analisa oito livros didáticos de biologia do Ensino Médio, utilizados no Brasil<sup>48</sup>. Segundo os autores, todos os livros falam a respeito da complexidade e da dificuldade em definir vida. No entanto, todos os livros analisados por Kawasaki e El-Hani propõem alguma caracterização dos seres vivos, seja por meio de listas de propriedades, seja mediante uma caracterização geral de atributos particulares de grupos de seres vivos. Em seis livros, as listas são tidas por esses autores como essencialistas, porque pretendem apresentar condições necessárias e suficientes para a designação de uma entidade como pertencente à classe dos seres vivos. Em dois livros, as listas de propriedades podem ser interpretadas por mediante uma visão paradigmática da definição de vida, conforme sugerido por Emmeche e El-Hani (2000). Ainda, segundo os autores, a unidade da vida é destacada nos níveis celular e molecular, não havendo empenho de unificação da compreensão dos seres vivos em níveis de organização superiores ao celular. Há mesmo a sugestão de que o fenômeno da vida é mais bem compreendido na medida em que avançam os conhecimentos sobre níveis microscópicos. Outro achado dos autores se refere à visão informacional da vida em alguns livros. De acordo com essa visão, imagina-se a existência de centrais que informam ou

---

<sup>48</sup> Wykrota (1999) também fez análise de livros didáticos. No entanto, para evitar redundância, analisamos aqui somente o trabalho de Kawasaki e El-Hani (2002). Esta escolha é feita com base de este último ser mais recente.

comandam toda a atividade celular. Quando os livros tratam da origem da vida, estabelecem noções que poderiam ser tratadas a partir do referencial teórico da autopoiese, mas nenhum livro analisado explorou essa possibilidade. Um dos livros tece considerações sobre a vida a partir de seu contra-exemplo, a morte. Os achados de Kawasaki e El-Hani apontam para a predominância do essencialismo micro, nos livros didáticos.

Seguindo a linha de trabalho de Kawasaki e El-Hani (2002), resolvemos também analisar dois livros de biologia geral e treze manuais de formação específica utilizados na graduação em biologia. Entre os livros de biologia geral, que abrangem os conteúdos tradicionalmente abordados pela biologia, escolhemos Purves et al. (2002) e Campbell et al. (1999). São livros didáticos que expõem um panorama geral da biologia, mas que abordam os assuntos de maneira mais profunda do que livros do Ensino Médio. Muitas vezes são utilizados pelos alunos da graduação, segundo fomos informados por alguns alunos, com o objetivo de ter uma visão mais geral de um tema, ou mesmo da biologia como um todo. Entre os manuais específicos, escolhemos Darnell et al. (1990), Ruppert e Barnes (1996), Ricklefs (1993), Griffiths et al. (1996), Price (1996), Futuyma (1998), Brasileiro Filho (1998), Alberts et al. (1999), Wolpert et al. (2000), Nelson e Cox (2000), Berg et al. (2002), Aberts et al. (2002) e Lodish et al. (2002). A escolha dos manuais específicos procurou abranger as diversas áreas da biologia e contemplou livros citados por alunos como a bibliografia utilizada por eles. Na época de coleta de dados, a análise de livros não fazia parte do desenho metodológico da tese. A consulta aos alunos, portanto, foi realizada informalmente e com amostragem pequena, mas esses foram os livros citados pelos alunos.

Vamos proceder, a seguir, a uma análise dos livros mencionados, com base em nossas próprias categorias. Nela procuraremos situar uma coerência das categorias por nós encontradas, os dados do estudo empírico com o questionário e as entrevistas e as informações que circulam entre os alunos do curso de graduação pesquisado.

## **2. A Análise**

Purves et al. (2002) não fornecem uma definição explícita de vida. Porém, no capítulo que trata da origem da vida, mencionam o que eles chamam de “características essenciais da vida”: toda vida é celular; a vida é baseada em soluções aquosas; os principais átomos em todas as células são Carbono, Hidrogênio, Nitrogênio, Oxigênio, Fósforo e Enxofre; as reações químicas acontecem dentro das células; a invariância estrutural básica das proteínas, RNAs, DNAs, carboidratos e lipídeos; a centralidade do ATP no fluxo de energia; a centralidade do DNA e do RNA como fonte da tradução de polipeptídeos; a presença de ribossomos como locais da síntese protéica; a presença de proteínas catalisadoras em reações que ocorrem rápido; e, finalmente, a presença de fenótipos alterados, em cada geração, como resultados de genótipos mutados (Purves et al, 2002, p. 451). O livro descreve a vida tal como nós a conhecemos, ou seja, enfoca a forma de vida terráquea. Essa visão já é reforçada no início do livro, quando os autores afirmam que “um requisito absoluto para a vida é a água” (p. 17). Há que se notar, no entanto, que o livro, em seu Capítulo 1, se propõe a considerar a evolução como unificadora dos temas tratados no livro. No entanto, a caracterização da vida, em termos de “seleção”, “adaptação” e “evolução”, que indicaria a adoção de um paradigma evolucionista estruturador, não aparece nem uma vez. A única indicação de evolução é a referência a fenótipos alterados a cada geração. Isso, no entanto, por si só, não é sugestivo do processo evolutivo, porque a variância fenotípica sem seleção não é suficiente para que haja evolução. De qualquer forma, o que importa aqui é que a compreensão da vida se limita, nesse livro, a uma descrição de propriedades e estruturas microscópicas dos sistemas vivos conhecidos. Tais autores, portanto, compreenderiam a vida dentro da categoria do essencialismo micro.

Campbell et al (1999) afirmam que “a evolução é o tema central da biologia” (p. 12). Porém, também não assumem uma definição de vida nesses termos, preferindo a

visão de que “vida resiste a uma definição simples, porque está associada a numerosas propriedades emergentes” (p. 4). Segundo eles, “nós reconhecemos vida pelo que a vida faz” (p. 4). Tal postura indica uma concepção de vida dentro da categoria do agente. Em seguida, passam a listar as propriedades características da vida. Segundo eles, entre as principais propriedades da vida estariam: *ordem, reprodução, crescimento e desenvolvimento, utilização de energia, respostas ao ambiente, homeostase e adaptação evolutiva* (p. 5). Assim, Campbell e colaboradores preferem definir vida recorrendo à lista de propriedades, o que configura, por sua lista, os essencialismos micro e macro. O livro não explora a possibilidade de conectar os temas da biologia a partir do paradigma evolucionista.

Há que se notar que, em ambos os livros, os autores afirmam que a célula é a unidade básica da estrutura e função dos organismos, ou seja, a célula seria a unidade básica da vida. Tal noção, como afirmam Kawasaki e El-Hani (2002), poderia ser tratada a partir do referencial teórico da autopoiese, mas estes dois livros não exploram essa possibilidade. Pelo contrário, o termo autopoiese não aparece nem uma vez nos dois livros.

Quanto aos manuais específicos, Darnell et al. (1990), um manual de biologia molecular, não define vida de forma explícita. Afirmam, no entanto, que “toda a matéria viva é construída de pequenas unidades, ou células” (p. 109). Assim, podemos deduzir que, para os autores, vida é célula. A teoria celular, segundo eles, foi importante inclusive para a derrubada do pensamento vitalista, porque propunha que o todo de um organismo pode ser explicado pelo comportamento celular e, uma vez que células individuais crescem e se dividem, elas são os objetos para o estudo dos organismos vivos (p. 4). Aqui, portanto, há a noção de que a compreensão do organismo, como um todo, pode ser atingida pelo estudo da célula. No entanto, nenhuma definição de célula é proposta no livro. Porém, podemos situar esse manual dentro da categoria do essencialismo micro.

Em Ruppert e Barnes (1996), um manual de zoologia de invertebrados, não encontramos qualquer definição de vida. No entanto, falando especificamente de animais e sobre princípios e padrões emergentes (p. 10), eles afirmam que os animais “devem resolver os mesmos problemas de existência” e esses estariam relacionados à alimentação, à respiração, à homeostase, ao metabolismo e à reprodução. Afirmam ainda que o ‘*design*’ do corpo necessário para responder a esses problemas está relacionado, em grande parte, a quatro fatores: ambiente, tamanho do animal, modo de existência (livres ou presos e sésseis) e restrições do genoma. O que podemos ver aqui, pelo menos para os animais, é que os organismos vivos são entendidos como entidades dinâmicas e em íntima relação com seus ambientes e outros organismos. Embora não haja nesse livro uma definição de vida, podemos afirmar que a noção apresentada se aproxima de uma definição relacional.

Ricklefs (1996), um livro de ecologia, não traz uma definição explícita de vida. Como era de se esperar, pela abordagem tradicional dos conteúdos em ecologia, também não trata da origem da vida. Afirmar, no entanto, que

O organismo é a unidade mais fundamental da ecologia. Nenhuma unidade menor em biologia, tais como o órgão, a célula ou a molécula, tem uma vida separada no meio ambiente (embora, no caso dos protistas e bactérias unicelulares, células e organismos sejam sinônimos) (p. 2).

Essa citação expressa uma concepção não celular da vida, fazendo referência ao organismo, que é uma unidade hierarquicamente superior, nos níveis de organização biológica. No entanto, imediatamente, o autor já afirma que tanto a estrutura quanto o funcionamento dos organismos são determinados por um conjunto de instruções genéticas herdadas dos seus pais. Utilizando-se a estratégia de recorrer à definição de evolução, na tentativa de perceber a visão do autor sobre o significado da mudança evolutiva, encontramos que, para ele, evolução é “a mudança nos atributos hereditários dos organismos através da substituição dos genótipos numa população” (p. 446). Ora, o que se vê aqui é que o organismo é referenciado

simplesmente como uma unidade de estudo, porém a centralidade do processo evolutivo cabe ao material genético. Assim, o que temos aqui é uma concepção de vida dentro da categoria do essencialismo micro. Porém, isso é uma surpresa, visto que, sendo um livro de “ecologia”, era de se esperar uma visão mais relacional da vida. Essa expectativa se origina da visão que está incorporada ao significado original do termo ecologia, que foi fixado por Ernst Haeckel, criador do termo: “ecologia é o estudo de todas as complexas relações referidas por Darwin como as condições de luta pela existência” (*apud* Ricklefs, 1996, p. 1). Porém, como não há, no livro, situações que corroborem uma tensão entre uma visão mais molecular da vida e uma visão mais relacional, situamos Ricklefs dentro da categoria essencialismo micro.

Griffiths et al. (1996), um manual de genética, também não propõe nenhuma definição explícita de vida. No entanto, segundo os autores, a genética, “o estudo do gene” (p. 2), é “unificadora das ciências biológicas” (p. 1). Em sua visão, a biologia é uma ciência enorme, que está “dividida em diversas disciplinas, cada uma analisando a vida em diferentes níveis” (p. 7). No entanto, segundo eles, as descobertas da genética forneceram os fios conceituais que ligam todas as disciplinas da biologia, da bioquímica à ecologia, passando pela morfologia, fisiologia, taxonomia etc., sendo a molécula de DNA o mais importante desses fios (p. 7). O DNA, segundo eles, “é a base de todos os processos e estruturas da vida”. (p. 7). Essa molécula tem uma estrutura que explica, segundo eles, as duas propriedades básicas da vida, a replicação e a geração de forma (pp. 7-8) e, dessa forma, “a dissecação genética<sup>49</sup> é um poderoso modo de descobrir os componentes de qualquer processo biológico” (p. 18). Embora não haja no livro uma definição de vida, podemos perceber aqui a utilização de um paradigma implícito. Os autores determinam, como as duas propriedades básicas da vida, a replicação e a geração da forma, e essas propriedades são devidas à função do DNA. A concepção de vida aqui é o da

---

<sup>49</sup> Técnica que consiste em descobrir qual gene influencia uma estrutura ou um processo biológico (Griffiths et al, 1996, p. 8)

informação genética: a vida é entendida como um programa codificado no genoma. Tal visão se situa dentro da categoria do essencialismo micro.

Em Price (1996), um manual de evolução orgânica, não há uma definição explícita de vida. Como se trata de um livro de evolução, é de se esperar que trabalhe dentro do paradigma da teoria sintética – ainda mais que o autor a chama de “a verdadeira síntese da história natural” (p. 55) –, utilizando ou o conceito de vida como seleção de replicadores ou entendendo a vida como programa codificado no genoma. Como não há qualquer sugestão explícita sobre isso, analisamos, baseados na metodologia de Kawasaki e El-Hani (2002), o capítulo sobre origem da vida. Nesse capítulo, Price afirma que durante milênios houve “uma evolução pré-biótica gradual de moléculas e agregados de moléculas, a qual eventualmente resultou em um agregado complexo molecular auto-replicante – a própria vida” (p. 100). Portanto, a vida é entendida como um agregado molecular auto-replicante. Analisando o conceito de evolução apresentado no livro, encontramos que evolução é “mudança genética hereditária em uma ou mais características da população ou da espécie através do tempo” (p. 52). Podemos então dizer que a concepção de vida de Price está associada ao paradigma da teoria sintética e que a vida é conceitualizada como evolução de replicadores. Por isso, categorizamos Price dentro do essencialismo micro.

Futuyma (1998), outro livro de evolução, afirma que “vida” é difícil de definir, mas que, indubitavelmente, o seu aspecto conspícuo é sua habilidade de fazer cópias de si mesma, aumentando em número e produzindo formas variantes (p. 166). O livro também compreende evolução como mudança nas propriedades genéticas da população (p. 4) e explicitamente afirma que a evolução é a teoria unificadora da biologia (p. 3). Da mesma forma que em Price (1996), a concepção de vida aqui está associada ao escopo da teoria sintética, sendo a vida entendida como evolução de replicadores. Tal visão, novamente, se situa dentro de nossa categoria do essencialismo micro.

Brasileiro Filho (1998), um manual de patologia geral, não apresenta qualquer definição de vida. Ainda, não encontramos definições de gene, evolução e nem qualquer referência à origem da vida. Por ser um livro de patologia, esperávamos encontrar uma definição técnica de morte e, assim, poderíamos contrapor-la à definição de vida. Porém, essa expectativa foi frustrada. Encontramos, no entanto, uma descrição de morte celular. Quando define a necrose – a morte celular no organismo vivo –, o autor afirma que essa ocorre quando a agressão interrompe os processos vitais, ou seja, a produção de energia e as sínteses celulares (p. 48). Assim, podemos perceber que a morte é o fim do metabolismo e vida, portanto, estaria intimamente ligada à função celular do metabolismo. Na introdução ao livro, encontramos uma definição de adaptação segundo a qual essa é uma propriedade geral dos organismos vivos, que se traduz pela propriedade da irritabilidade e de produzir respostas bioquímicas e fisiológicas (p. 1). Aqui, há uma indicação de definição de vida em termos de lista de propriedades. A noção que surge é a de vida enquanto metabolismo, adaptação e irritabilidade. Assim, aqui se manifestam as categorias dos essencialismos tanto micro quanto macro.

Alberts e colaboradores (1999), um livro de biologia molecular, não traz qualquer definição explícita de vida, mas afirma que “todas as criaturas vivas são constituídas de células” e que “as células são as unidades fundamentais e é para a biologia celular que devemos olhar para responder à questão do que é a vida e como ela funciona” (p. 1). Células são entendidas como

pequenas unidades envolvidas por membrana e preenchidas por uma solução aquosa de agentes químicos, dotadas com uma extraordinária capacidade de criar cópias de si mesmas pelo crescimento e posterior divisão (p. 1)

Aqui, portanto, a vida é célula e a célula é esse sistema fechado capaz de fazer cópias de si mesmo. Tal concepção poderia ser associada ao paradigma da autopoiese. Não há, no entanto, uma exploração dessa concepção visando uma abordagem mais unificada da biologia. No entanto, o que importa para nossos propósitos, é a aposta de

que a vida é compreendida pelo estudo da célula, o que configura a categoria do essencialismo micro.

Em Wolpert et al. (2000), um livro de biologia do desenvolvimento, não há definição de vida e, obviamente, também não há nenhum tratamento da origem da vida. No entanto, é dito que

(...) nada na biologia faz sentido a não ser quando analisado à luz da evolução<sup>50</sup>. Certamente, seria muito difícil encontrar sentido em muitos aspectos do desenvolvimento sem uma perspectiva evolutiva (p. 443).

Embora não haja uma definição de evolução, os autores deixam entrever que evolução é, para eles, mudança na composição genética, pois afirmam que as mudanças “são devidas a alterações nos genes que controlam o desenvolvimento” (p. 443). Tal interpretação é reforçada ainda mais pelo peso que o livro dá ao papel dos genes como controladores da ontogenia, afirmando, por exemplo, que, embora as proteínas tenham um papel ativo, atuando diretamente no comportamento celular, “os genes controlam o desenvolvimento principalmente determinando que proteínas são feitas, em que células e quando” (p. 13). Tudo isso é indicativo da utilização de uma noção de vida baseada no paradigma da teoria sintética, principalmente na versão que entende a vida como programa codificado no genoma, apontando para a categoria do essencialismo micro.

Berg et al. (2002), um livro de bioquímica, não define vida e nem aborda o tema de sua origem de forma mais ampla. No entanto, em uma pequena passagem, os autores comentam os passos para a origem da vida. Segundo eles, o primeiro estágio foi o aparecimento de moléculas-chave da vida, tais como ácidos nucleicos, proteínas, carboidratos e lipídeos, por processos não biológicos. O segundo estágio foi a transição de um sistema químico pré-biótico para um sistema replicante. Com o aumento da complexidade desse sistema, chegou-se ao terceiro estágio, que seria um sistema capaz de conversão de energia para dirigir as reações químicas (p. 19). Assim, a vida surgiu quando se uniram um sistema replicante e um sistema

---

<sup>50</sup> Trata-se de uma citação de famosa frase de Dobzhansky.

metabólico, formando uma célula. Porém, segundo os autores, o registro do que ocorreu com os organismos está escrito no genoma e o conhecimento do genoma e dos mecanismos da evolução nos capacitará a compreender a história da vida na Terra (p. 38). Há aqui uma noção da vida como célula, mas também a primazia do genoma como fonte de informação e, portanto, como o código da vida. Portanto, podemos categorizar a visão de vida destes autores dentro do essencialismo micro.

Nelson e Cox (2000), também um livro de bioquímica, tem todo um capítulo dedicado à “lógica molecular da vida”. Os autores iniciam o capítulo fornecendo uma lista de propriedades que distingue os organismos vivos dos objetos inanimados. Segundo eles, tais propriedades seriam: complexidade e organização; metabolismo e auto-replicação (p. 3). Chama a atenção, no entanto, o fato de que, segundo os autores, cada componente em um organismo vivo, inclusive os componentes moleculares, possui uma função. “A coleção de moléculas realiza um programa, cujo resultado final é a reprodução do programa e autoperpetuação da coleção de moléculas, ou seja, da vida” (p. 4). Assim, a vida é essa coleção de moléculas que realiza o seu próprio programa. Aqui há uma forte semelhança com a concepção autopoietica da vida. Essa interpretação é reforçada quando os autores afirmam que a célula é a unidade estrutural e funcional de todos os organismos vivos. Assim, a vida é célula realizando um programa de autoperpetuação. Tal concepção se enquadra dentro do essencialismo micro.

Alberts et al. (2002), um livro de biologia molecular, não apresenta qualquer definição explícita de vida. Já no começo, afirma-se que vida é difícil de ser definida e que “as coisas vivas são feitas de célula e que essas unidades da matéria viva compartilham a mesma maquinaria e as mesmas funções básicas” (p. 3). Assim, vida é célula, porque ela é a unidade mínima de auto-reprodução e veículo da informação genética de todas as espécies vivas (p. 13). Ainda, afirmam os autores, as células possuem uma diversidade assombrosa, mas nós podemos compreendê-las graças ao código comum no qual as especificações de todos os seres vivos estão escritas (p. 3).

Assim, a noção de vida aqui está relacionada a existência de um programa de autopropagação. Entendemos tal concepção dentro do essencialismo micro.

Lodish et al. (2002), um livro de biologia molecular, também não traz uma definição de vida. Afirmando, no entanto, que a unidade primária da vida é a célula (p. 3). Além disso, segundo os autores, “nos próximos dez anos, uma nova visão da biologia surgirá à medida que o maciço esforço atual de seqüenciar o genoma humano esteja completo” (p. 13) e que

(...) os jovens pesquisadores de hoje podem atingir o objetivo iniciado em 1973 por François Jacob em *A lógica da vida: 'interpretar as propriedades do organismo através da estrutura de seus componentes moleculares'* (p.13).

Ainda segundo esses autores, até mesmo as funções integradas do organismo, tais como a aprendizagem, o comportamento e o envelhecimento, devem ser analisadas e compreendidas em termos dos componentes e arranjos moleculares da célula (p. 13). Podemos situar esse livro dentro da concepção do essencialismo micro.

### **3. Concluindo o Capítulo**

O trabalho de Kawasaki e El-Hani (2002) mostrou que todos os livros analisados, apesar de apontarem a complexidade de definir vida, propõem alguma caracterização dos seres vivos. A unidade da vida é destacada nos níveis celulares e moleculares. Portanto, sugere-se aqui que esses livros lidam com a vida dentro das concepções do essencialismo macro e do essencialismo micro. Em relação ao estudo que nós mesmos fizemos, com livros de biologia geral e manuais específicos do ensino superior de biologia, os resultados podem ser vistos no quadro 23.

Dos livros analisados, nenhum definiu vida explicitamente. A categoria relacional apareceu somente em Ruppert e Barnes (1996). Apenas dois livros fizeram uso da categoria do essencialismo macro e todos os livros, mesmo o de ecologia analisado, fizeram uso da categoria do essencialismo micro. Portanto, trabalhando com a redução das categorias, que constituem as zonas do perfil conceitual de vida

por nós estabelecida, temos a seguinte situação: dos 15 livros por nós analisados, a zona internalista aparece em todos os livros, a zona externalista foi utilizada em 1 livro e a zona relacional manifestou-se em 1 livro.

**Quadro 23. Análise de livros de biologia geral e de manuais específicos utilizados no ensino superior de biologia.**

AUTOR	ESPECIALIDADE	DEFINIÇÃO	CATEGORIA
Purves et al (2002)	Biologia Geral	Não	Essencialismo micro
Campbell et al (1999)	Biologia Geral	Não	Essencialismo micro Essencialismomacro Agente
Darnell et al (1990)	Biologia Molecular	Não	Essencialismo micro
Ruppert e Barnes (1996)	Zoologia dos invertebrados	Não	Essencialismo micro Essencialismo macro Relacional
Ricklefs (1996)	Ecologia	Não	Essencialismo micro
Griffiths et al (1996)	Genética	Não	Essencialismo micro
Price (1996)	Evolução	Não	Essencialismo micro
Futuyma (1998)	Evolução	Não	Essencialismo micro
Brasileiro Filho (1998)	Patologia Geral	Não	Essencialismo micro Essencialismo macro
Alberts (1999),	Biologia Molecular	Não	Essencialismo micro
Wolpert et al (2000)	Biologia do Desenvolvimento	Não	Essencialismo micro
Berg (2002)	Bioquímica	Não	Essencialismo micro
Nelson e Cox (2000)	Bioquímica	Não	Essencialismo micro
Alberts et al (2002)	Biologia Molecular	Não	Essencialismo micro
Lodish (2002)	Biologia Molecular	Não	Essencialismo micro

No que diz respeito ao estudo que fizemos sobre os livros de biologia geral e sobre os manuais específicos da área de biologia, as classificações, a partir das

“disposições ontológicas<sup>51</sup>” para as quais essas categorias apontam (célula, composição molecular, reprodução, informação etc.), mostraram-se extremamente úteis na busca de indicadores de concepções de vida. Mais ainda, notamos uma importante co-ocorrência entre os dados dos questionários e os dados obtidos a partir das informações que circulam entre os alunos, na forma de livros e manuais didáticos. Como pudemos perceber, durante o curso de graduação houve um aumento na utilização da zona internalista. Nossa análise mostra que os livros são, na sua grande maioria, internalistas.

---

<sup>51</sup> Com a expressão, queremos fazer referência à idéia de que, toda vez que usamos uma zona do perfil, há nesse uso um compromisso tácito com algum tipo de compromisso ontológicos (entidade, processo ou evento do mundo).

Neste trabalho, propomos um perfil conceitual para vida, a partir de questionários aplicados a alunos da graduação em biologia. A construção desse perfil também utilizou a análise do conceito de vida na história da ciência, na literatura sobre ensino de biologia e nos manuais gerais e de formação específica da graduação em biologia. Utilizamos esse perfil como instrumento de análise dos modos de fala, sobre o conceito de vida dos alunos de graduação em ciências biológicas e de pós-graduação em ecologia e genética.

Na literatura, a noção de perfil conceitual tem sido utilizada como instrumento para análise da estruturação de idéias relativas a conceitos nas áreas de física e química. A nossa proposta contribuiu para ampliar os usos da noção de perfil conceitual, utilizando-a como instrumento de análise da heterogeneidade de significados da ontodefinição mais geral da biologia, o conceito de vida. A noção de perfil conceitual também é utilizada na literatura para acompanhar a evolução das idéias dos indivíduos. Nossa proposta mostrou como a noção perfil conceitual se presta à análise da evolução do conceito por meio de um corte transversal, ao compararmos os diferentes “perfis” encontrados em cada período do curso. Essa evolução pode ser conseqüência do processo de ensino-aprendizagem em um curso superior.

Nossa análise apontou ainda para como os manuais didáticos do curso de graduação contribuem para a elaboração e evolução das zonas do perfil. Thomas Kuhn (1974), diz que, uma vez que a comunidade científica adota um paradigma, este deve ser transmitido à futura geração de cientistas. É o paradigma que os jovens estudantes aprendem durante sua iniciação profissional, por meio da leitura de manuais especializados. O processo de educação científica difunde o que a comunidade científica alcançou até aquele momento. São as soluções técnicas, uma

maneira particular de ver o mundo e de praticar ciência, que os jovens cientistas absorvem e que, mais tarde, vão indicar como devem realizar seu trabalho de pesquisa.

À medida que se engaja na resolução de problemas, o estudante vai adquirindo uma concepção de mundo e aprende a trabalhar sobre eles com critérios que a comunidade científica estabelece como válidos. Por meio desse tipo de prática, o estudante assimila o modo de ver global do seu grupo profissional. Enfim, por meio desse tipo de iniciação, adere de maneira profunda a uma maneira de ver o mundo e de nele praticar ciência (Cf. KUHN, 1974, p. 58). Como pudemos ver, os manuais didáticos, bem como livros de referência, utilizados pelos informantes de nossa pesquisa, fazem uso quase exclusivamente da zona internalista. Esses manuais, portanto, devem em muito contribuir para tendência de utilização da zona internalista, por parte dos alunos pesquisados.

A caracterização das zonas do perfil foi feita a partir de um jogo dialógico que levou em consideração o estudo prévio da literatura sobre o conceito de vida e os dados empíricos obtidos no questionário. Posteriormente, essa caracterização foi confrontada com a literatura sobre concepções espontâneas de alunos, com manuais didáticos e com a história da ciência. Assim estudamos os domínios sociocultural e ontogenético, com o intuito de articular a análise dos dados da literatura, os dados empíricos do questionário e a reconstrução histórica do conceito. Tal articulação foi confrontada com as entrevistas dos alunos da pós-graduação, que permitiu a articulação também com o domínio microgenético, pois as entrevistas revelaram muito de elaboração conceitual num curto período de tempo. Não houve aqui a tentativa de traçar paralelos entre os domínios estudados, mas de elaborar uma visão mais ampla da ontodefinição por nós estudada e, ao mesmo tempo, aferir a consistência de nossas categorias. Esse estudo mais amplo, como se viu, se mostrou extremamente vantajoso, uma vez que as entrevistas desvelaram mais duas categorias do perfil,

contribuindo inclusive para articular as próprias zonas do perfil conceitual do pesquisador.

Nosso estudo resultou então na proposta para um perfil conceitual da ontodefinição de vida. A abordagem foi feita considerando-se a intuição de que vida seria compreendida como uma das seguintes possibilidades: a) vida é uma entidade que vem de fora e habita a matéria, a que chamamos de zona externalista; b) vida é um processo relativo à organização da matéria ou a componentes da matéria, a que chamamos internalismo; c) vida é uma relação entre entidades do mundo, a que chamamos de visão relacional.

Como tivemos a oportunidade de constatar na identificação das zonas do perfil, ao longo do curso houve uma tendência de aumento da manifestação da zona internalista. Os dados da pós-graduação, embora com a ressalva da pequena amostragem, também apontam para essa tendência. Porém, como havíamos visto na reconstrução histórica do conceito de vida, existem hoje paradigmas concorrentes na biologia, que entendem vida de maneiras diferentes. Essa disputa paradigmática não se reflete nos dados que obtivemos. Pelo contrário, há a tendência de consolidação, ao longo do curso, da visão internalista de vida. Com muita cautela, diríamos que, provavelmente, essa tendência está ligada aos sucessos da biologia molecular e genética, que tendem a conceber a vida como consequência de uma organização intrínseca da matéria ou à residência de um programa informacional interno à matéria. Interessante notar como essa tendência se manifesta até mesmo nos questionários dos alunos da pós-graduação, que constituem uma amostra composta quase totalmente por alunos de ecologia.

Em termos dos fundamentos da noção de perfil conceitual, que admite o processo de ensino/aprendizagem como um fenômeno de “enculturação” (Driver *et al.*, 1994b), podemos dizer que o que se percebe é uma tendência à enculturação rumo a uma única concepção, a internalista. Levando-se em conta a análise de Kuhn sobre a educação científica, os dados apontam para a eficácia do curso em formar

egressos mais ortodoxos. Se o que a comunidade científica quer de um paradigma é uma orientação para a prática, as discussões sobre paradigmas concorrentes e inconsistências paradigmáticas dificilmente devem fazer parte da formação do jovem estudante. Deve-se formar o cientista de forma rápida e segura, expondo o paradigma vigente sem vacilar com discussões que poderia abalar a fé do noviço na ciência que pratica. Desse modo, na formação científica parece valer ainda como norma o preceito de A. Whitehead de que "uma ciência que hesita em esquecer seus fundadores está perdida" (Whitehead, 1929, p. 162)

Assim, no processo de ensino/aprendizagem, em um curso superior, o que parece ocorrer é que há algo mais que um simples processo de transposição dos conceitos e das discussões científicas para o contexto escolar. O discurso científico não é simplesmente transposto, por meio de processos facilitadores, para o ambiente escolar, mas trata-se de uma construção diferente, que poderia ser chamada de ciência escolar. Neste sentido, a análise de Bernstein (1985 e 1990) do discurso pedagógico e dos processos de transmissão e aquisição do conhecimento é uma sugestão inspiradora. De acordo com Bernstein, a construção da ciência escolar é caracterizada por um processo de mudança de contexto, no qual os significados dos conceitos científicos se tornam operativos. Ele usa o termo "recontextualização" (*recontextualization*) para distinguir entre o "contexto primário", que se refere à produção do conhecimento científico, e o "contexto secundário", para se referir ao processo de suas reproduções. Bernstein considera a escola como o principal sítio de recontextualização.

Os estudos de Bernstein sobre a natureza do conhecimento escolar se referem à educação básica. Porém, colocamos aqui a sugestão de que essa é também a natureza do discurso científico de uma instituição de ensino superior. Tão sugestão é ainda mais válida quando levarmos em conta a análise feita por Kuhn, relatada acima, sobre a educação de jovens cientistas. Na visão de Kuhn, a adoção de um paradigma e sua difusão por meio da educação científica esgota as discussões entre escolas em

competição, implicando numa drástica restrição nas discussões sobre os fundamentos da ciência.

Nota-se ainda que, mesmo observando-se uma tendência de diminuição, faz parte do perfil de alguns alunos a zona externalista. Hoje, não consideraríamos essa zona como científica, não sendo encontrada em nenhum dos paradigmas contemporâneos analisados. Tal achado corrobora a idéia de que as zonas do perfil não são abandonadas, em função do processo de escolarização científica. Mas sua manifestação mostra também que muitos alunos, ao longo deste processo, não tomaram consciência sobre os contextos de uso das zonas do perfil. A persistência dessa zona pode estar vinculada a estratégias de ensino que não articularam idéias científicas com idéias informais.

Chama à atenção a tendência de a zona relacional se tornar pouco significativa, ao longo do curso. Essa tendência se manifestou também nos questionários da pós-graduação, na qual os informantes eram em sua maioria do programa de ecologia. Acreditamos que tais achados se devam, muito possivelmente, ao fato de o curso de graduação reforçar uma maneira de categorização clássica. Em tal forma de categorização, as entidades não são definíveis em função uma das outras, mas em função de terem certas propriedades que as colocam dentro ou fora de uma determinada categoria. Como vimos, os manuais didáticos também reforçam essa visão. E ela está bem qualificada, por exemplo, na fala do aluno A1 da pós-graduação, no trecho 18, quando perguntado sobre qual definição de vida daria a seus alunos: “Eu acho que eu ia falar o.. o... eu ia falar o clássico mesmo, né. Eu ia incluir não só a reprodução, mas o crescimento, o desenvolvimento, o metabolismo...”

Outra consideração a ser feita diz respeito à tomada de consciência do perfil, que notamos nas entrevistas com os alunos da pós-graduação. Tal ocorrência levanta a possibilidade de adoção de estratégias de ensino que favoreçam as discussões relativas a pontos de vistas diferentes sobre o conceito de vida, ao longo da graduação. Tal discussão permitiria o contato com paradigmas orientadores da

biologia, favorecendo uma visão mais integrada do conhecimento biológico e a possibilidade de escolha, pelo jovem professor ou pesquisador, da abordagem científica. Tal sugestão é fundamentada no documento orientador dos cursos de graduação de biologia. Segundo os Padrões de Qualidade dos Cursos de Graduação em Ciências Biológicas,

O biólogo se caracteriza por ser um profissional atualizado, com formação sólida dos princípios e teorias da biologia, capaz de lidar tanto em nível técnico quanto experimental com a elaboração e execução de projetos, capaz de relacionar ciência, tecnologia e sociedade, analisando as implicações sociais da Ciência e dos produtos tecnológicos. A sua formação deve assegurar conhecimentos básicos de física, química, matemática e estatística e permitir abertura para inovações futuras, com habilidade de leitura e interpretação de artigos científicos na área da biologia.

O professor de biologia e de ciências deve, além do perfil descrito acima, se caracterizar por compreender e ser capaz de intervir no processo de aprendizagem de seus alunos, articulando o discurso epistemológico sobre a ciência; ser consciente de seu papel na formação de cidadãos críticos e ser capaz de analisar a realidade, contextualizando nela sua atividade educativa (Brasil, 1997).

Desse documento, decorre que se considera qualidade, tanto na formação do biólogo como na do professor de biologia, o sólido conhecimento dos princípios e das teorias da biologia, bem como a articulação do discurso epistemológico. Tal objetivo de qualidade só pode ser atingido com uma visão integrada das ciências biológicas e esta só pode ocorrer com a explicitação de paradigmas estruturantes da biologia. Assim, uma discussão sobre a ontodefinição mais geral da biologia seria momento oportuno para o contato com esses paradigmas e, mais ainda, para a aquisição de um discurso epistemológico sobre as ciências biológicas. Tal discussão, no entanto, deveria fazer menção explícita às zonas do perfil de vida, porque são estas que sugerem os diversos contextos de uso do conceito de vida. Com essa abordagem, o ensino favoreceria a conscientização do aluno sobre os vários significados que podem estar envolvidos em um único conceito, permitindo que situasse o seu próprio ponto de vista dentro do ponto de vista científico. Nessa perspectiva, as discussões históricas e epistemológicas ganham sentido e articulação.

Além disso, na formação do professor essas discussões tornam-se ainda mais significativas, uma vez que o professor, em seu ambiente de sala de aula, constantemente se deparará com a complexidade das relações envolvidas no processo de aprendizagem, oriunda da diversidade das formas de pensar e falar sobre o mundo. Uma formação que favoreça a percepção do domínio e amplitude de seus próprios perfis conceituais para conceitos estruturadores, como é o caso do conceito de vida, e a percepção da dispersão das zonas dos perfis considerados poderia, em muito, promover ou facilitar a gestão, pelo professor, dos processos de construção de novos significados dentro de sala de aula, uma vez que, como já dito no Capítulo 2 dessa tese, tais processos são sempre de natureza dialógica.

O olhar em retrospectiva de nosso trabalho faz-nos perceber os limites do questionário que utilizamos para coleta de dados. Como vimos, muitos alunos, por meio desse questionário, apresentaram somente uma zona do perfil. Isso não quer dizer que tal seja o caso. Muito provavelmente isso indica que as questões formuladas não foram capazes de acessar ou fazer emergir as zonas em tais alunos. Como vimos também, duas novas zonas apareceram durante as entrevistas gravadas. Isso muito provavelmente se deve ao fato de a entrevista criar um contexto de diálogo diferente, que permite novas trocas de significados. Assim, a replicação de nosso trabalho, a partir de uma reformulação do questionário que ampliasse o número e a estrutura das questões, seria um passo importante para o que aqui se iniciou.

Ainda, nossos dados empíricos se referem a um contexto cultural muito específico, que é o universo cultural acadêmico voltado para a formação de biólogos. Esse corte amostral muito provavelmente favorece o aparecimento de determinadas zonas, pois possui um gênero de discurso próprio que impõem a disposição para determinados tipos de respostas. Assim, ampliação do estudo aqui realizado para outras áreas, como cursos da área de ciências humanas e ciências exatas, e a ampliação para acessar o senso-comum poderia contribuir em muito para se

estabelecer a possibilidade de novas zonas do perfil ou para se avaliar o caso de a tendência para o internalismo ser geral.

De toda maneira, finalmente, esperamos que o trabalho aqui realizado possa contribuir para estratégias de ensino na área de biologia. Ao longo deste trabalho, enfrentamos um dos conceitos mais gerais e, por isso mesmo, dos mais controversos das ciências naturais. O enfrentamento desse conceito, com base na noção de perfil conceitual, se mostrou bastante produtivo, uma vez que fomos capazes de estabelecer zonas para sua compreensão. Tais zonas definem discursos heterogêneos sobre vida, na medida em que esses discursos se fundamentam em ontologias e epistemologias diversas.

Assim, sugerimos que um ensino integrado de biologia, no nível superior, seria facilitado pela introdução de discussões sobre filosofia da biologia, guiadas pela concepção geral de que um único conceito comporta diversas possibilidades de entendimento e compreensão. Nessa sugestão, portanto, está implícita a idéia de que a noção de perfil conceitual ultrapassa uma teoria de ensino/aprendizagem, constituindo um guia de reconstrução racional dos conceitos científicos, tal como fizemos com a reconstrução histórica do conceito de vida.

Ainda mais, a noção de perfil conceitual nos ensina que não há regra única de ensino/aprendizagem de um determinado campo científico, visto que para cada conceito, uma vez identificadas suas zonas componentes, uma diversidade de estratégias próprias a cada zona pode ser estabelecida. Assim, se um conceito é heterogêneo, também deve ser o seu processo de ensino/aprendizado. Sem assumir compromissos com o relativismo e dizendo isso de forma bastante prudente, é sempre bom que nós professores tenhamos em mente a velha proposição de Aristóteles: “quando a coisa é indefinida, a regra também é indefinida” (Aristóteles, 1973, livro 5, cap. 10, 1137b, 30).

- 
- ABBAGNANO, N. 1986. *Diccionario de filosofia*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- ABLONDI, F. 1998. *Autómata, living and non-living: Descartes' mechanical biology and his criteria for life*. Biology and Philosophy, 13: 179-186.
- ALBERTS, B., BRAY, D., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K. and WALTER, P. 1999. *Fundamentos da biologia celular*. Porto Alegre: Artmed.
- ALBERTS, B., JOHNSON, A., LEWIS, J., RAFF, M., ROBERTS, K. and WALTER, P. 2002. *Molecular biology of the cell*. New York: Garland Science.
- ALONSO, M. M., LOSADA, C. M. y GARCÍA, S. B. 1998. *Criterios que utilizan los alumnos universitarios de primer ciclo para definir ser vivo*. Enseñanza de las Ciencias, 16 (3); 399-408.
- AMARAL, E. M. R. 2004. *Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações químicas: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do Ensino Médio*. Belo Horizonte: Faculdade de Educação da UFMG (Tese de Doutorado).
- ARISTÓTELES, 1973. *Ética a Nicômaco*. São Paulo: Abril Cultural.
- ATRAN, S. 1990. *Cognitive Foundations of Natural History: Towards an Anthropology of Science*. Cambridge: Maison des Sciences de L'Homme and Cambridge University Press.
- ATRAN, S. 1999. *The Universal Primacy of Generic Species in Folkbiological Taxonomy: Implications for Human Biological, Cultural, and Scientific Evolution*. In: WILSON, R. A. (Ed.). *Species: New Interdisciplinary Essays*. Cambridge: MIT Press.
- AUSTIN, J. L. 1961. *Philosophical Papers*. Oxford: Oxford University Press.
- AUSUBEL, D., NOVAK, J. e HANESIAN, H. 1980. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- BACHELARD, G. 1978. *A filosofia do não*. São Paulo: Abril Cultural (Col. Os Pensadores).
- BAKHTIN, M. M. 1981. *The dialogic imagination*. Trans. by Caryl Emerson and Michael Holquist. Austin: University of Texas Press.
- BARBIERI, M. 2001. *The organic codes*. Ancora: Pequod.
- BARRAS, R. 1984. *Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology*. Journal of Biological Education, 18, 201-206.
- BEDAU, M. 1996. *The nature of life*. In: BODEN, M. 1996b, pp. 332-357.
- BEDAU, M. 1998. *Four puzzles about life*. Artificial Life, 4 (2):125-140.
- BEHE, M. 1997. *A caixa preta de Darwin*. Rio de Janeiro: J. Z. E.
- BERG, J. M., TYMOCZKO, J. L. and STRYER, L. 2002. *Biochemistry*. New York: W. H. Freeman and Company.
- BERNSTEIN, B. 1985. *On pedagogical discourse*. In: RICHARDS, J. (Ed.). *Handbook of theory and research for the sociology of education*. London: Greenwood Press.
- BERNSTEIN, B. 1990. *Class, Codes and Control: The Structuring of Pedagogic Discourse*. London: Routledge.

- BLACKBURN, S. 1997. *Dicionário Oxford de filosofia*. Rio de Janeiro: J.Z.E.
- BLANC, M. 1994. *Os herdeiros de Darwin*. São Paulo: Scritta.
- BODEN, M. 1996a. *Introduction*. In: BODEN, M. 1996b, pp. 1-35.
- BODEN, M. (Org.) 1996b. *The philosophy of artificial life*. Oxford: Oxford University Press.
- BORGES, O. N. 2005. *Comunicação pessoal*.
- BOWLER, P. J. 1985. *El eclipse del darwinismo*. Barcelona: Editorial Labor.
- BOWLER, P. J. 1989. *Evolution: the history of an idea*. Berkely: University of California Press.
- BOWLER, P. J. 1998. *Historia Fontana de las ciencias ambientales*. México: Fondo de Cultura Econômica.
- BRAGA, M. GUERRA, A. e REIS, J. C. 2003. *Breve história da ciência moderna*. Vol1. Rio de Janeiro: J.Z.E.
- BRASIL, 1997. *Descrição da área e padrões de qualidade dos cursos de graduação em ciências biológicas*. Brasília: Mec/SeSu.
- BRASILEIRO FILHO, G. 1998. *Patologia geral*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- BROAD, C. D. 1925. *Mind and Its place and nature*. DiText: <http://www.ditext.com/broad/mpn-con.html>
- BRUMBY, M. N. 1982. *Students' perceptions of the concept o life*. Sci. Educ., 66 (4): 613-622.
- BRUZZO, C. 2000. *A representação da vida entre licenciados de biologia ou de como se comunicar com um ET*. VII Encontro "Perspectivas do Ensino de Biologia". Coletânea. São Paulo: Faculdade de Educação da USP. pp. 274-277.
- BUCHLER, J. 1955. *Philosophical writings of Peirce*. New York: Dover.
- CAMPBELL, N. A., REECE, J. B. MITCHELL, L. G. 1999. *Biology*. New york: Addison Wesley Longman.
- CASTAÑO, N. C., LEUDO, M. y LOPES-TORRIJOS, C. 1997. *Los niños y su pensamiento acerca de lo vivo. Implicaciones para la enseñanza primaria. Un proyecto de práctica pedagógica*. VI Encontro "Perspectivas do ensino de biologia". Coletânea. Campinas: Gráfica Central – UNICAMP.
- COEN, E. 1999. *The art of genes: how organisms make themselves*. Oxford: Oxford University Press.
- COOLINGWOOD, R. G. s/d. *A idéia de natureza*. Lisboa: Presença.
- CORREA, M. S. 1997. *Higiene Pessoal: das Concepções e Práticas Aos Treinamentos*. Belo Horizonte: UFMG/Faculdade de Educação (Dissertação de Mestrado).
- COTTINGHAM, J. 1995. *Dicionário Descartes*. Rio de Janeiro: J. Z. E.
- COUTINHO, F. A. e MARTINS, R. P. 2002. *Uma ciência autônoma*. Ciência Hoje, v. 32, n. 188: 65-67.
- CRICK, F. 1957. *On protein synthesis*. Symp. Soc. Exp. Biol. 12: 138-163.
- CROMBIE, A. C. 1953. *Augustine to Galileo: The history of Science*. Cambridge: Harvard University Press.
- CHAO, L. 2000. *The Meaning of Life*. BioScience, 50 (3): 245-250.

- CHAUVET, F. 1994. *Construction d'une compréhension de la couleur intégrant sciences, techniques et perception: principes d'élaboration et évaluation d'une séquence d'enseignement*. Tese de Doutorado. Université Paris VII.
- CHO, H.; KAHLE, J. and NORDLAND, F. 1985. *An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics*. Science Education, 69, 707-719.
- CUNHA, M. C C; RUBINSTEIN, R. O. T ; COUTINHO, F. Â.; EL-HANI, C. N. e MORTIMER, E. F. 2003. *Critérios que os alunos de Ciências Biológicas utilizam para vida. Uma análise a partir do programa de pesquisa da vida artificial (VA)*. In: 55ª REUNIÃO ANUAL DA SBPC. Recife. Anais. São Paulo: SBPC/UFPE, 2003. v. 1. CD.
- DARNELL, J. LODISH, H. and BALTIMORE, D. 1990. *Molecular Cell Biology*. New York: Scientific American Books.
- DARWIN, C. 1985 (1859). *A Origem das Espécies*. Belo Horizonte/São Paulo: Itatiaia/EDUSP.
- DAWKINS, R. 1979. *O gene egoísta*. Belo Horizonte: Itatiaia; São Paulo: Editora da USP.
- DEBUS, A. G. 1996. *El hombre y la naturaleza en el renacimiento*. México: Fondo de Cultura Económica.
- DORVILLÉ, L. M. F. 2002. *Conceitos e idéias dos alunos do Ensino Médio de três escolas públicas sobre a definição de vida*. Coletânea do VIII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia. São Paulo: USP. CD-ROM.
- DRIVER, R., and EASLEY, J. 1978. *Pupils and paradigms: a review of the literature related to concept development in adolescent science students*. Studies in Science Education, 5, 61-84.
- DRIVER, R., SQUIRES, A., RUSHWORTH, P. and WOOD-ROBINSON, V. 1994a. *Making sense of Secondary Science*. London: Routledge.
- DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. and SCOTT, P. 1994b. *Constructing Scientific Knowledge in the Classroom*. Educational Researcher, 23, 05-12.
- DUPRÉ, J. 1996. *The disorder of things: metaphysical foundations of the disunity of science*. Cambridge: Harvard University Press.
- EDWARDS, D. and MERCER, N. 1987. *Common Knowledge: The development of understanding in classroom*. London: Routledge.
- EL-HANI, C. N. 2000. *Níveis da ciência, níveis da realidade: evitando o dilema holismo/reducionismo no ensino de Ciências e Biologia*. São Paulo: Faculdade de Educação da USP (Tese de Doutorado).
- EL-HANI, C. N. & KAWASAKI, C. S. 2000. *Contribuições da biologia teórica para o ensino de biologia. I. É possível definir vida?* In: Coletânea do VII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia e I Simpósio Latino-Americano da IOSTE (International Organization for Science and Technology Education). São Paulo:FE-USP. pp. 27-31.
- EL-HANI, C. N. e VIDEIRA, A. A. P. (Orgs.), 2000. *O que é vida? Para Entender a Biologia do Século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará.
- EMMECHE, C. 1997a. *Autopoietic systems, replicators, and the search for a meaningful biologic definition of life*. Ultimate Reality and Meaning 20 (4): 344-364.

- EMMECHE, C. 1997b. Defining life explaining emergence. Texto eletrônico em: <http://www.nbi.dk/~emmeche/cePubl/97e.defLife.v3f.html>
- EMMECHE, C. 1998. *Defining life as a semiotic phenomenon*. Cybernetics & Human Knowing 5 (1): 3-17.
- EMMECHE, C. e EL-HANI, C. N. 2000. *Definindo Vida*. In: EL-HANI, C. N. e VIDEIRA, A. A. P. (Orgs.), pp. 31-56
- FENCHEL, T. 2002. *Origin and early evolution of life*. Oxford: Oxford University Press.
- FERRATER-MORA, J. 2001. *Dicionário de filosofia*. São Paulo: Loyola. (4 volumes).
- FEYERABEND, P. 1994. *Against method*. London: Verso.
- FOGLE, T. 1990. *Are genes units of inheritance?* Biology and Philosophy, 5:349-371.
- FOUCAULT, M. 2002. *As palavras e as coisas*. São Paulo: Martins Fontes.
- FREITAS, M. 1989. *Distinção entre ser vivo e ser inanimado: uma evolução por estádios ou um problema de concepções alternativas?* Revista Portuguesa de Educação, 2 (1): p. 33-51,
- FUTUYMA, D. J. 1998. *Evolutionary biology*. Sunderland: Sinauer Associates.
- GARNETT, P. J., and HACKLING, M. W. 1995. *Student's alternative conception in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning*. Studies in Science Education, 25, 69-95.
- GILBERT, J. and SWIFT, D. 1985. *Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs*. Science Education, 69, 681-696.
- GOBARA, S. e GREA, J. 1997. *Un outil theorique pour caracteriser l'apprentissage des eleves: le profil conceptuel – un application à la notion de périodicité chez les élèves de 4<sup>ème</sup> e t 3<sup>ème</sup>*. Sixieme Seminaire National de Recherche en Didactique de la Physique, de la Chimie et de la Technologie. Lyon. (pp. 186-196).
- GOOD, R. 1991. *Editorial*. Journal of Research In Science Teaching, 28, 387.
- GOULD, S. J. 1979. *A quahog is a quahog*. Natural History, 86 (7): 18-26.
- GOULD, S. J. 1992. *A Galinha e Seus Dentes*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- GOULD, S. J. 1997. *“O que é vida?” como um problema histórico*. In: MURPHY, M. P. e O'NEILL, L. A. J. (Orgs.). *O que é vida? 50 Anos Depois*. São Paulo: UNESP/Cambridge.
- GOULD, S. J. 2002. *The structure of evolutionary theory*. Cambridge: The Belknap Press of Harvard University Press.
- GRIFFITHS, A. J. F., MILLER, J. H., SUZUKI, D. T. LEWONTIN, R. C. And GELBART, W. M. 1996. *An introduction to genetic analysis*. New York: W. H. Freeman and Company.
- HALL, A. R. 1988. *A revolução na ciência. 1500-1750*. Lisboa: Edições 70.
- HANSON, N. R., 1965. *Patterns of discovery*. Cambridge, Cambridge University Press.
- HASHWEH, M. Z. 1988. *Descriptive studies of students' conceptions in science*. Journal of Research In Science Teaching, 25, 121-134.
- HEATH, O. V. S. 1979. *A estatística na pesquisa científica*. São Paulo: E.P.U./EDUSP.
- HIETT, P. J. 1998. *The place of life in our theories*. BioSystems, 47: 157-176.

- HOFFMEYER, J. 1996. *Signs of meaning in the Universe*. Bloomington: Indiana University Press.
- HULL, D. 1980. *Individuality and selection*. Ann. Rev. Ecol. Systematics 11: 311-332.
- HULL, D. 1981. *Units of evolution: a metaphysical essay*. In: JENSEN, U. J. and HARRÉ, R. (Eds). *The Philosophy of Evolution*. New York: St. Martin's Press, pp.23-44.
- HULL, D. 2001. *Science and selection*. Cambridge: Cambridge University Press.
- JACOB, F. 1983. *A lógica da vida*. Rio de Janeiro: Graal.
- JACOB, F. e MONOD, J. 1961. *Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins*. J. Molec. Biol. 3: 318-356.
- KAUFFMAN, S. A. 1993. *The Origins of Order: self-organization and selection in evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- KAFATOS, F. C. and EISNER, T. 2004. *Editorial: unification in the century of biology*. Science, 303, p. 1257.
- KAWASAKI, C. S. e EL-HANI, C. 2002. *Uma análise das definições de vida encontradas em livros didáticos de biologia do Ensino Médio*. Coletânea do VIII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia. São Paulo: USP. CD-ROM.
- KEARNEY, H. 1970. *Orígenes de la ciencia moderna, 1500-1700*. Madrid: Guadarrama.
- KEARNEY, M. 1984. *World View*. Novato: Chandler & Sharp.
- KELLER, E. F. 2000. *O século do gene*. Belo Horizonte: Crisálida.
- KELLER, E. F. 2002. *Making sense of life. Explaining Biological Development With Models, Metaphor, and Machines*. Cambridge: Harvard University Press.
- KOSHLAND Jr., D. 2002. *The seven pillars of life*. Science 295 (22 Mar.), pp. 2215-2216.
- KRAMPEN, M. 1981. *Phytosemiotics*. Semiotica, 36 (3/4): 187-209.
- KUHN, T. 1978. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo, Perspectiva.
- KUHN, T., 1974. *A função do dogma na investigação científica*. In DEUS, J. D., (Org). *A crítica da ciência: sociologia e ideologia da ciência*. Rio de Janeiro, Zahar.
- KULL, K. 1999. *Biosemitics in the twentieth century: a view from biology*. Semiotica, 127 (1/4): 385-414.
- LAKOFF, G. 1987. *Women, Fire, and Dangerous Things*. Chicago: The University of Chicago Press.
- LANGTON, C. G. 1989. *Artificial Life*. In: Langton, C. G. (Ed.) *Artificial Life: The proceedings of an interdisciplinary workshop on the synthesis and simulation of living systems*. Santa Fe Institute Studies in the Science of Complexity, Vol. VI. Redwood City: Addison-Wesley.
- LAWSON, A. 1988. *The acquisition of biological knowledge during childhood: cognitive conflict or tabula rasa?* Journal of Research In Science Teaching, 25, 185-199.
- LAWSON, A. E. and THOMPSON, L. D. 1988. *Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection*. Journal of Research In Science Teaching, 25, 733-746.
- LEAR, J. 1995. *Aristotle: the desire to understand*. Cambridge: Cambridge University Press.

- LIMA-TAVARES, M. 2000. *A Terra é viva? Hipótese Gaia e definições de vida*. Monografia (Bacharelado). Salvador: Instituto de Biologia da UFBA.
- LIMA-TAVARES, M. e EL-HANI, C. N. 2001. *Um olhar epistemológico sobre a transposição didática da teoria Gaia*. Investigações em Ensino de Ciências. Texto eletrônico em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n3/v6n3a4.htm>
- LINDER, C. J. 1993. *A challenge to Conceptual Change*. Science Educaion, 77, 293-300.
- LODISH, H., BERK, A., ZIPURSKY, S. L., MATSUDAIRA, P., BALTIMORE, D. and DARNELL, J. 2002. *Biologia celular e molecular*. Rio de Janeiro: Revinter.
- LOVELOCK, J. 1989. *Gaia: um novo olhar sobre a vida na Terra*. Lisboa: Edições 70.
- LUCAS, A. M. LINKE, R. D. and SEDGWICK, P. P. 1979. *Schoolchildren's criteria for "alive": a content analysis approach*. The Journal of Psychology, 103:103-112.
- MAHNER, M. 1998. *Operationalist Fallacies in Biology*. Sci. & Educ. 7: 403-421.
- MARGULIS, L. 2001. *O planeta simbiótico*. Rio de Janeiro: Rocco.
- MARGULIS, L. 2002. *Do kefir à morte*. In: BROCKMAN, J. e MATSON, K. *As coisas são assim*. São Paulo: Cia das Letras.
- MARGULIS, L. e SAGAN, D. 2002. *O que é vida?* Rio de Janeiro: J.Z.E.
- MARTINS, R. P. e COUTINHO, F. 2001. A. *As origens da barbárie do especialismo e a necessidade da interdisciplinaridade*. Sete Lagoas, Revista da FEMM, 8, p. 43-51.
- MATURANA, H. e VARELA, F. 1995. *A árvore do conhecimento*. Campinas: Whorkshopsy.
- MAYR, E. 1982. *The growth of biological thought*. Cambridge: Harvard University Press.
- MAYR, E. 1988. *Toward a New Philosophy of Biology*. Cambridge: Harvard University Press.
- MAYR, E. 1997. *This is biology: the science of the living world*. Cambridge: Harvard University Press.
- MCLAUGHLIN, P. 2002. *Naming biology*. J. Hist. Biol., 35: 1-4.
- MINTZES, J. J., TROWBRIDGE, J. E., ARNAUDIN, M. and WANDERSEE, J. H. 1991. *Children's biology: studies on conceptual development in the life sciences*. In: GLYNN, S., YEANY, R. and BRITTON, B. (eds.), *The Psychology of Learning Science*. Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum, 179-202.
- MONOD, J. 1976. *O acaso e a necessidade*. Petrópolis: Vozes.
- MORENO, A. e FERNÁNDEZ, J. 2000. *A vida artificial como projeto para a criação de uma biologia universal*. In: EL-HANI, C. N. e VIDEIRA, A. A. P. (Orgs.). Pp. 257-272.
- MORTIMER, E. F. 1994. *Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. São Paulo, Faculdade de Educação da USP. (Tese, Doutorado).
- MORTIMER, E. F. 1995a. *Addressing obstacles in the classroom: an example from theory of matter*. Paper presented at European Conference on Research in Science Education, Leeds, U. K., 07 a 11 de abril de 1995.
- MORTIMER, E. F. 1995b. *Conceptual Change or Conceptual Profile Change?* Science and Education, 4, 267-285.
- MORTIMER, E. F. 1996. *Construtivismo, mudança conceitual e o ensino de ciências: para onde vamos?* Investigações em Ensino de Ciências, 1:20-39.

- MORTIMER, E. F. 1997. *Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química*. Química Nova, 20(2): 200-207.
- MORTIMER, E. F. 1998. *Sobre Chamas e Cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o ensino de ciências*. In: LOPES, A. R. C., MOREIRA, A. F. B. and CHASSOT, A. (Orgs.). *Ciência, Ética e Cultura na Educação*. São Leopoldo: Ed. Unisinos.
- MORTIMER, E. F. 2000. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG.
- MORTIMER, E. F. 2001. *Perfil conceptual: formas de pensar y hablar en las clases de ciencias*. Infancia Y Aprendizaje, 24 (4): 475-490.
- MORTIMER, E. F. and AMARAL, L. O. F. 1999. *A conceptual Profile for Molecule and Molecular Structure*. In: PSARROS, N. and GAVROGLU, K. (Ed.) *Ars Mutandi: Issues in Philosophy and History of Chemistry*. Leipzig: Leipziger Universitätsverlag GmbH.
- MORTIMER, E. F. and CARVALHO, A. M. P. 1996. *Referenciais Teóricos Para Análise do Processo de Ensino de Ciências*. Cadernos de Pesquisa 96, 5-14.
- NELSON, D. L. and COX, M. M. 2000. *Lehninger principles of biochemistry*. New York: Worth.
- NEWMAN, D.; GRIFFIN, P. and COLE, M. 1989. *The construction zone: Working for cognitive change in school*. Cambridge: Cambridge University Press.
- NEWTON, R. G. 1997. *A verdade da ciência*. Lisboa: Dinalivro.
- NIEDDERER, H., GOLDBERG, F. and DUIT, R. 1991. *Towards Learning Process Studies: A review of the Workshop on Research in Physics Learning*. In DUIT, R., GOLDBERG, F. and NIEDDERER, H. (Eds.). *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*, IPN, Kiel., 10-28.
- OCHIAI, M. 1989. *The role of knowledge in the development of the life concept*. Human Development, 32 (2): 72-78.
- OYAMA, S., 1985. *The Ontogeny of Information: Developmental Systems and Evolution*. Cambridge: Cambridge University Press.
- PÁLIY, G., ZUCCHI, G. and CAGLIOTI, L. 2002. *Introduction*. In: PÁLIY, G., ZUCCHI, G. and CAGLIOTI, L. (Eds). *Fundamentals of life*. Paris: ELSEVIER.
- PARDINI, M. I. M. C. GUIMARÃES, R. C. 1992. *A Systemic Concept of the Gene*. Revista Brasileira de Genética, 15: 713-721.
- PATTEE, H. H. *Cell psychology: an evolutionary approach to the symbol-matter problem*. Cognition and Brain Theory, 5: 325-341.
- PATY, M. 1995. *A material roubada*. São Paulo: Editora da USP.
- PFUNDT, H. & DUIT, R. (1992). *Bibliography - Student's Alternative Frameworks and Science Education*. Kiel: IPN.
- PIAGET, J. 1934. *La causalidad física em el niño*. Madrid: Espasa-Calpe.
- PIAGET, J. 1976. *A representação do mundo pela criança*. Rio de Janeiro: Editora Record.
- PICKETT, S. T. A., J. KOLASSA and C. G. JONES. 1994. *Ecological Understanding. The Nature of Theory and the Theory of Nature*. New York: Academic Press.

- POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. and GERTZOG, W. A. 1982. *Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education*, 66. 211-227.
- PRICE, P. W. 1996. *Biological evolution*. Fortworth: Saunders College Publishing.
- PURVES, W. K., SADAVA, D., ORIAN, G. H. and HELLER, H. C. 2002. *Vida: a ciência da biologia*. Porto Alegre: Artmed.
- RAY, T. 1996. *An approach to the synthesis of life*. In: BODEN, M. (Org.) 1996b, pp. 111-145.
- REALE, G. 1994. *História da filosofia antiga* (Cinco volumes). São Paulo: Loyola.
- REALE, G. e ANTISERI, D. 1990. *História da filosofia*. (Três volumes). São Paulo: Paulinas.
- RESCHER, N. 2002. *Process philosophy*. Stanford Encyclopedia of Philosophy. Texto eletrônico In: <http://plato.stanford.edu/entries/process-philosophy/>
- RIBEIRO, A. B. B., SANTOS, A. L. N. 2000. *O conceito de organismo vivo entre alunos da 2ª série do segundo grau*. VII Encontro "Perspectivas do Ensino de Biologia". Coletânea. São Paulo: Faculdade de Educação da USP. pp. 573-576.
- RICKLEFS, R. E. 1993. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- RIZZOTTI, M. 1996. *Defining life (foreword)*. In: M. RIZZOTTI, M. (Ed.). *Defining life: the central problem in theoretical biology*. Padova: Universidade de Padova.
- ROMANELLI, L. I. 1992. *Concepções do professor sobre o seu papel mediador na construção do conhecimento do conceito de átomo*. Campinas, Faculdade de Educação da UNICAMP. (Tese, Doutorado).
- RORTY, R. 1988. *A filosofia e o espelho da natureza*. Lisboa: Dom Quixote.
- ROSS, D. 1987. *Aristóteles*. Lisboa: Dom Quixote.
- ROSSI, P. 1989. *Os filósofos e as máquinas*. São Paulo: Companhia da Letras.
- RUPPERT, E. E. and BARNES, R. D. 1996. *Zoologia dos invertebrados*. São Paulo: Roca.
- SAGAN, L. 1967. *On the origin of mitosing cells*. Journal of Theoretical Biology, 14: 225-274.
- SANDERS, M. 1993. *Erroneous ideas about respiration: the teacher factor*. Journal of Research in Science Teaching, 30, 919-934.
- SANTAELLA, L. 2000. *A teoria geral dos signos*. São Paulo: Pioneira.
- SANTOS, M.-E., 1998. *Mudança conceitual na sala de aula*. Lisboa: Livros Horizontes.
- SARKAR, S. 1996. *Biological information: A skeptical look at some central dogmas of molecular biology*. In: Sarkar, S. (Ed.). *The Philosophy and History of Molecular Biology: New Perspectives*. Dordrecht: Kluwer.
- SCOTT, P. H. 1992. *Planning Secondary School Teaching with Children's thinking in Mind*. Paper presented at BERA, Stirling, August.
- SCRIBNER, S. 1984. *Studying working intelligence*. In: ROGOFF, B. & LAVE, J. (Eds.). *Everyday cognition*. Cambridge: Harvard University Press.
- SCHRÖDINGER, E. 1997 (1944). *O que é vida?* São Paulo: Editora da UNESP.
- SEBEEK, T. A. 1972. *Perspectives in zoosemiotics*. Mouton: Hague.

- SEBEEK, T. A. 1994. *Signs: an introduction to semiotics*. Toronto: University of Toronto Press.
- SEBEEK, T. A. 1996. *Galen in medical semiotics*. Interdisciplinary Journal for Germanic Linguistics and Semiotic Analysis, 1(1): 89-111.
- SHAROV, A. 1998a. *What is biossemiotics?* Texto eletrônico In: <http://www.gypsymoth.ento.vt.edu/~sharov/biosem/geninfo.html>
- SHAROV, A. 1998b. *From cybernetics to semiotics in biology*. Semiotica, 120: 403-419.
- SHAROV, A. 1998c. *Signs and values*. Texto eletrônico In: <http://www.ento.vt.edu/~sharov/biosem/txt/isas98.html>
- SHAROV, A. 1999. *The origin and evolution of signs*. Texto eletrônico In: <http://www.ento.vt.edu/~sharov/biosem/txt/orisign.html>
- SILVA, F. A. R. 2003. *A contribuição teórica da noção de perfil conceitual para o ensino de Biologia – um estudo realizado com alunos do Ensino Médio sobre o conceito de vida*. Belo Horizonte: Faculdade de Educação/UFMG. Monografia de Especialização em Ensino de Ciências.
- SILVER, B. L. 2003. *A escalada da ciência*. Florianópolis: UFSC
- SOLOMON, J. (1983). Learning about energy: how pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, 5(1): 49-59.
- SOLSONA, N., IZQUIERDO, M. and DE JONG, O. 2002. *Exploring the development of students' conceptual profiles of chemical change*. International Journal of Science Education, 25 (1): 3-12.
- STERELNY, K. and GRIFFITHS, P. E. 1999. *Sex and Death: An Introduction to Philosophy of Biology*. Chicago: Chicago University Press.
- SUPPE, F. 1977. *Afterword*. In: SUPPE, F. (Ed.). *The Structure of Scientific Theories*. Pp. 617-730. Urbana: University of Illinois Press.
- THOMPSON, P. 1989. *The structure of biological theories*. New York: State University of New York Press.
- TOULMIN, S. and GOODFIELD, J. 1982. *The architecture of matter*. Chicago: Chicago University Press.
- VARELA, F. MATURANA, H. URIBE, R. 1974. *Organization of living systems, its characterization and a model*. Biosystems, 5: 187-196.
- VIDEIRA, A. A. P. 2000. *Para que servem as definições?* In: EL-HANI, C. N. e VIDEIRA, A. A. P. (Orgs.), 2000.
- VIEGA, M., COSTA PREIRA, D. and MASKILL, R. 1989. *Teachers' language and pupils' ideas in science lessons: can teachers avoid reinforcing wrong ideas?* International Journal fo Science Education, 11, 465-479.
- VOLOSHINOV, V.N. (1973) *Marxism and the philosophy of language*. trans. L. Matejka and I.R. Titunik. (New York: Seminar Press). Originally published in 1929.
- Von BERTALANFFY, L. *The theory of open systems in physics and biology*. *Science*, V. 111:23-29, 1950.
- WANDERSEE, J. H. and MINTZES, J. J. 1987. *Children's biology: a content analysis of conceptual development in the life sciences*. In NOVAK, J. D. *Proceeding of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. New York: Cornell University.

- WERTSCH, J.V. 1985. *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge, MA: Havard University Press.
- WERTSCH, J.V. & STONE, C.A. 1985. The concept of internalization in Vygotsky's account of the genesis of higher mental functions. In J. Wertsch (Ed.), *Culture, communication and Cognition: Vygotskian Perspectives*. Cambridge: Cambridge University Press.
- WHITEHEAD, A. N. 1929. *Aims of Education*. New York: Macmillan.
- WILLIAMS, G. C. 1966. *Adaptation and natural selection*. Princeton: Priceton Universtity Press.
- WITTGENSTEIN, L. 1979 (1953). *Investigações Filosóficas*. São Paulo: Abril Cultural (Col. Os Pensadores).
- WOLPERT, L. BEDDINGTON, R. B., BROCKES, J., JESSELL, T. LAWRENCE, P. and MEYEROWITZ. 2000. Porto Alegre: Artmed.
- WUKETITS, F. M. 1999. *The history of the concept of life: a game of mind*. In: LOMBARDO, R. G. CONTRERAS, J. M y CORTÉS, J. L. V (Eds). *Estudios en historia y filosofía de la biología*. México: CEFPSVLT.
- WYKROTA, J. L. M. 1998. *Análise crítica do ensino de ciências a partir do estudo da elaboração do conceito de vida*. Belo Horizonte: UFMG/Faculdade de Educação (Dissertação de Mestrado).
- YIP, D. Y. 1994. *Common misconception in Biology (II)*. *School Science Newsletter*, 38, 1-8. Hong Kong: Education Department.
- YIP, D. Y. 1998a. *Teachers' misconceptions on the circulatory system*. *Journal of Biological Education*, 32, 1.
- YIP, D. Y. 1998b. *Identification of misconception in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning*. *Int. J. Sci Educ.*, 20, 462-477.