
Artigo Científico

Obstáculos epistemológicos entre pós-graduandos de bioquímica

Epistemological obstacles amongst graduate students in biochemistry

Ariane Leites Larentis^{a,✉}, Manuel Gustavo Leitão Ribeiro^{b,✉}, Lucia Moreira Campos Paiva^{c,✉}, Lucio Ayres Caldas^{d,✉}, Marcelo Hawrylak Herbst^{e,✉}, Marcelo Victor Holanda Moura^c, Gilberto Barbosa Domont^{c,✉} e Rodrigo Volcan Almeida^{c,✉}

^aCentro de Estudos da Saúde do Trabalhador e Ecologia Humana (CESTEH), Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil;

^bDepartamento de Biologia Celular e Molecular, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Rio de Janeiro, Brasil; ^cDepartamento de Bioquímica, Instituto de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil; ^dInstituto de Biofísica Carlos Chagas Filho (IBCCF), UFRJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil; ^eDepartamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil

Resumo

A partir do estudo da epistemologia de Bachelard na disciplina Lógica e Filosofia da Ciência da Pós-Graduação em Bioquímica do Instituto de Química/Universidade Federal do Rio de Janeiro (IQ/UFRJ), buscou-se identificar obstáculos epistemológicos entre pós-graduandos em bioquímica e áreas correlatas. Um questionário com perguntas e excertos de artigos científicos de revistas de alto fator de impacto foi respondido, anonimamente, por pós-graduandos de diferentes cursos da UFRJ e de outras universidades, que nunca cursaram disciplina relacionada à epistemologia. Foi possível identificar concepções vitalistas (animismo) tanto nas respostas às perguntas como na aceitação ou não identificação deste obstáculo nos excertos. O obstáculo pragmático e unitário foi identificado através de uma concepção teleológica dos processos evolutivos, em afirmações como a existência de objetivos/finalidades na adaptação dos organismos. Verificou-se a presença de figuras de linguagem, metáforas e analogias (obstáculo verbal) na explicação da evolução e do sistema imune, também encontradas nos excertos dos artigos. Foram também identificados obstáculos associados à observação primeira e generalização prematura. A partir deste diagnóstico verificou-se a necessidade de enfatizar o caráter objetivo, material, não teleológico da bioquímica, em disciplinas oferecidas desde a graduação. © Cien. Cogn. 2012; Vol. 17 (2): 076-097.

Palavras-chave: Bachelard; obstáculos epistemológicos; vitalismo; teleologia; verbalismo; empirismo.

✉ - A.L. Larentis – Av. Leopoldo Bulhões, 1480, CESTEHE, ENSP, Fiocruz, Manguinhos, Rio de Janeiro, RJ 21.041-210, Brasil. E-mail para correspondência: arianelarentis@fiocruz.br; M.G.L. Ribeiro - Outeiro de São João Batista, s/n, Campus Valonguinho, Departamento de Biologia Celular e Molecular, Instituto de Biologia, UFF, Centro, Niterói, RJ 24.020-140, Brasil. E-mail para correspondência: ribeiro@vm.uff.br; M.H. Herbst - BR 465, km 47, Campus Universitário, Departamento de Química, Instituto de Ciências Exatas, UFRRJ, Seropédica, RJ 23.070-200, Brasil. E-mail para correspondência: herbst@ufrj.br; L.A. Caldas – Av. Carlos Chagas Filho, 373, Centro de Ciências da Saúde, IBCCF, UFRJ, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ 21.941-902, Brasil. E-mail para correspondência: lucio@biof.ufrj.br; L.M.C. Paiva, M.V.H. Moura, G.B. Domont, R.V. Almeida – Av. Athos da Silveira Ramos, 149, Bloco A, 5º andar, Departamento de Bioquímica, Instituto de Química, CT, UFRJ, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ 21.941-909, Brasil. E-mails para correspondência: lpaiava@iq.ufrj.br; domont@iq.ufrj.br; volcan@iq.ufrj.br.

Abstract

Through the study of Bachelard's epistemology in the discipline Logic and Philosophy of Science from the Biochemistry Graduate Program at Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), the aim of this work was to identify epistemological obstacles amongst graduate students in biochemistry and related areas. A questionnaire containing questions and selected excerpts of scientific papers from high impact factor journals was anonymously answered by graduate students from different courses at UFRJ and other universities, which never attended epistemology classes. It was possible to identify vitalistic conceptions (animism) in the answers and also in the acceptance or not recognition of this obstacle in the excerpts. The unitary and pragmatic obstacle was identified through a teleological approach of the evolution processes, expressed in apologies of immanent purposes in organisms' adaptation. The presence of figures of speech, metaphors and analogies (verbal obstacle) were verified in explaining the evolution and the immune system, also found in the excerpts. Obstacles associated to the first observation and to the premature generalization were also identified. Considering these facts, it is clear the necessity to emphasize the material, non-teleological character of biochemistry, in disciplines offered since under-graduate courses. © Cien. Cogn. 2012; Vol. 17 (2): 076-097.

Keywords: *Bachelard; epistemological obstacles; vitalism; teleology; verbalism; empiricism.*

1 Introdução

Este trabalho surgiu do estudo da epistemologia de Gaston Bachelard na disciplina Lógica e Filosofia da Ciência da Pós-Graduação em Bioquímica do Instituto de Química da UFRJ. A partir de sua noção de *obstáculo epistemológico*, apresentada em 1938 em “*A Formação do Espírito Científico*”, Bachelard discute que é em termos de obstáculos no próprio ato de conhecer que o problema do conhecimento científico deve ser colocado, como causas de estagnação e até de regressão da ciência (Bachelard, 1938/1996). Os obstáculos epistemológicos identificados por Bachelard são experiência/observação primeira, generalização prematura, verbalismo, conhecimento unitário e pragmático, substancialismo e animismo (Bachelard, 1938/1996).

Neste trabalho, buscou-se identificar os obstáculos ao desenvolvimento do conhecimento científico presentes nas concepções e na prática de pós-graduandos em bioquímica e áreas correlatas, dando ênfase à presença de concepções vitalistas (animismo) e teleológicas (obstáculo pragmático e unitário).

Bachelard (1938/1996) caracteriza o obstáculo animista ao analisar a interferência de noções do campo da biologia no entendimento de fenômenos da física e da química. Influenciado pela epistemologia de Bachelard, Michel Pécheux, em “*Sobre a História das Ciências*” (Pécheux & Fichant, 1971) discute que o animismo toma em biologia o nome de vitalismo. Segundo Bachelard, a noção de *vida* impede um estudo objetivo dos fenômenos físicos:

“Em suma, aos entraves quase normais que a objetividade encontra nas ciências puramente materiais, vem juntar-se uma intuição ofuscante que considera a vida como um *dado* claro e geral.” (Bachelard, 1938/1996, p. 185) (...) “*Vida* é uma palavra mágica. É uma palavra valorizada. Qualquer outro princípio esmaece quando se pode invocar um princípio *vital*.” (Bachelard, 1938/1996, p. 191)

Partindo de outros pressupostos epistemológicos, o biólogo Ernst Mayr mostra que, para os vitalistas, as manifestações de vida em um organismo são controladas por uma “*força vital*” (*vis vitalis*). Mayr (2005) também discute que o tratamento dos fenômenos biológicos

como meramente físico-químicos seria um reducionismo, resultando em um entrave ao desenvolvimento da biologia. Segundo este autor, o reducionismo não se aplica à biologia, pois as propriedades de um sistema biológico não podem ser interpretadas a partir da soma das propriedades químicas e físicas das suas menores partes constituintes (Mayr, 2005).

Com relação ao conhecimento unitário e pragmático, Bachelard mostra que este obstáculo é unitário no sentido da busca de unidade dos processos naturais, como se construído por uma inteligência suprema; pragmático porque todos estes processos teriam uma finalidade, um uso, uma utilidade, que em geral é traduzida pela interpretação humana. Este obstáculo resulta em uma concepção finalista (teleológica) dos fenômenos, interrompendo o raciocínio científico e o aprofundamento no estudo, uma vez que, desta forma, bastaria achar o elo que conduz à unicidade e à utilidade que o processo de conhecimento atingiria seu objetivo. Em estudo prévio (Ribeiro *et al.*, 2011), mostrou-se que o obstáculo do conhecimento unitário e pragmático se relaciona com as categorias de teleologia propostas por Mayr (2005) e representa o fundamento das discussões atuais em torno da noção de *função* em biologia. Desta forma, foi proposta a noção de “obstáculo teleológico”, que entendemos ser de grande importância para o desenvolvimento da biologia e possivelmente para outras ciências.

O obstáculo epistemológico chamado por Bachelard de verbalismo procura identificar hábitos de natureza verbal que são instituídos no processo de construção da ciência. A falsa explicação obtida com a ajuda de uma palavra constitui um obstáculo verbal. De acordo com Bachelard, faz-se necessário que a linguagem corresponda à ciência contemporânea e acompanhe o desenvolvimento das teorias e do pensamento científico. Para alcançar a objetividade, é possível, inicialmente, utilizar-se de imagens, analogias e metáforas, sendo necessária a ruptura com estes obstáculos para avançar no processo de construção do conhecimento científico, como discutido por Alice Lopes (Lopes, 2007).

Bachelard (1938/1996) faz uma crítica à experiência primeira/conhecimento comum (empirismo) e à generalização prematura/conhecimento geral, defendendo a união de razão e experiência. A ciência opõe-se à opinião, ao senso comum, antes de tudo é preciso destruí-lo; este é o primeiro obstáculo a ser superado (experiência/observação primeira). Se não há pergunta bem formulada, não pode haver conhecimento científico. A experiência primeira é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica, é a experiência situada antes e acima da crítica, captando o imediato, o subjetivo, abordando fenômenos complexos como se fossem fáceis. Segundo Bachelard, há ruptura, e não continuidade, entre a observação e a experimentação. É preciso voltar-se para o abstrato e ir dele até a experiência, a fim de ordená-la.

Por outro lado, outro obstáculo epistemológico é a tendência a generalizações que visam englobar os fenômenos mais diversos sob o mesmo conceito. Bachelard mostra que a generalização prematura é inadequada à ciência, pois dá uma falsa clareza sobre os fenômenos. A generalização leva à formação de conceitos esclerosados, impede a proliferação dos conceitos e imobiliza o pensamento. A busca apressada da generalização leva muitas vezes a generalidades mal colocadas, quando determinado fenômeno é observado e, a partir dele, é derivada a explicação dos demais. Para Bachelard, o conhecimento geral é quase fatalmente conhecimento vago (Bachelard, 1938/1996).

Entendemos que a categoria de obstáculo epistemológico é central para compreender o desenvolvimento de qualquer disciplina científica. A partir desta categoria, torna-se fundamental identificar os obstáculos que entram no desenvolvimento do conhecimento e avançar na compreensão científica da realidade, reafirmando o caráter materialista das ciências.

2 Metodologia

Um questionário com perguntas e excertos de artigos científicos de revistas de alto fator de impacto, desenvolvido pelo Grupo Interinstitucional e Interdisciplinar de Estudos em Epistemologia, foi entregue aos estudantes da disciplina Lógica e Filosofia da Ciência, da Pós-Graduação em Bioquímica do Instituto de Química da UFRJ, que repassaram a pós-graduandos de diferentes cursos da UFRJ e outras universidades brasileiras. Os questionários foram aplicados na condição de nenhum dos pós-graduandos ter cursado uma disciplina relacionada à epistemologia ou filosofia das ciências, além da garantia de anonimato e esclarecimento sobre a utilização dos dados obtidos a partir das análises das respostas aos questionários.

O questionário foi elaborado com o objetivo de identificar os obstáculos epistemológicos presentes nas respostas dos pós-graduandos às seguintes questões:

- 1) “*Você vê diferença entre um sistema químico e um sistema bioquímico? Em caso afirmativo, qual(is) diferença(s) você apontaria?*”; 2) “*Quais as principais dificuldades que você apontaria no trabalho com sistemas bioquímicos?*”;
- 2) “*Quando você se depara com uma frustração experimental, qual a sua conclusão/ação?*”.

Além disso, o questionário buscou verificar se os pós-graduandos concordavam ou conseguiam identificar as concepções vitalistas e teleológicas presentes nos excertos de artigos científicos de revistas de qualidade reconhecida e nas questões elaboradas a seguir:

“Comente os seguintes excertos levando em consideração a sua opinião sobre as diferenças entre sistemas químicos e bioquímicos. De acordo com a sua opinião existem contradições nestes parágrafos? Quais?” (Quadro 1)

Quadro 1. Excertos apresentados nos questionários para os pós-graduandos em bioquímica.

a) “Os microrganismos têm personalidade”.

b) “É bem conhecido que a infecção com *T. gondii* pode afetar a cognição e o comportamento de roedores. Tais estudos começaram no final dos anos 1970 quando Piekarki e Witting em Bonn começaram estudos sobre os possíveis efeitos de *T. gondii* latente em camundongos e ratos. O ímpeto para seus estudos parece ter sido o reportado efeito comportamental de outras infecções por parasitas e a conhecida associação de *T. gondii* congênita com retardo mental. Piekarski e Witting relataram que *T. gondii* causou prejuízos de aprendizagem em camundongos e ratos e prejuízos de memória em camundongos. Baseando-se nestes resultados, Hay et al. estudaram camundongos infectados com *T. gondii* e relataram que, comparado aos controles não infectados, o camundongo infectado apresentou atividade aumentada, especialmente em explorar novos ambientes. Estes estudos mais recentes levaram os pesquisadores a formular a hipótese de manipulação. Esta hipótese coloca que o parasita pode alterar o comportamento de seus hospedeiros para aumentar sua taxa de transmissão. O parasita rex de Zimmer fornece intrigantes ilustrações sobre este fenômeno. Webster e colaboradores, inicialmente em Oxford e agora no Imperial College em Londres, souberam dos estudos recentes citados acima e levaram eles adiante. Começando em 1994, eles publicaram uma série de estudos demonstrando que ratos infectados com *T. gondii* foram mais ativos e menos neofóbicos à urina de gatos do que os controles; as respostas à urina de animais não predadores tais como coelhos não foram alteradas pela infecção toxoplasmática. Estas alterações levariam o rato a ser mais facilmente comido pelo gato, assim completando o ciclo de vida do *T. gondii* e sendo um exemplo da hipótese de manipulação.”
Yolken, Dickerson e Fuller Torrey (2009)

c) “O objetivo de todos os organismos é viver”.

d) “Muitas bactérias patogênicas escondem-se e crescem em compartimentos intracelulares ligados à membrana, chamados fagossomos, onde elas são protegidas do sistema imune e ainda recebem nutrientes da célula infectada. Esta situação coloca um problema para o hospedeiro. Desta forma a célula hospedeira toma medidas para destruir o patógeno, o qual, obviamente, tenta se defender. Em uma clássica “corrida armamentista” evolucionária, ambos, patógeno e células hospedeiras têm desenvolvido um arsenal de armas, e esta corrida certamente não está terminada ainda.” Kuijl e Neefdjjes (2009)

e) “Parasitas intracelulares usam várias estratégias para invadir as células e subverter as rotas de sinalização celular e, assim, ganhar uma posição contra as defesas do hospedeiro. Entrada eficiente, habilidade para explorar nichos intracelulares, e persistência fazem destes parasitas patógenos traiçoeiros.” Siebley (2004)

Cabe ressaltar que os títulos das revistas foram omitidos nos questionários para não induzir as respostas dos estudantes. Foram analisados os questionários de 29 pós-graduandos não identificados (13 mestrandos e 16 doutorandos) que, obrigatoriamente, trabalham na área de bioquímica ou correlatas. A disciplina e a aplicação dos questionários ocorreram no segundo semestre de 2009.

3 Resultados

Os pós-graduandos que responderam aos questionários atuavam na prática científica da área de bioquímica, incluindo o período anterior à pós-graduação, entre 2 e 10 anos (tempo médio de 3 anos para mestrandos e 6,5 anos para doutorandos). A amostragem obtida incluiu desde iniciantes até concluintes dos respectivos cursos, além de mostrar uma distribuição equilibrada com relação ao tempo de experiência na área de bioquímica: 41% entre 1 e 3 anos; 28% entre 4 e 6 anos; e 31% entre 7 e 10 anos. A formação superior e programa onde os pós-graduandos desenvolvem suas pesquisas estão sistematizados na Tabela 1.

Graduação		Pós-graduação	
Curso	Nº estudantes	Programa	Nº estudantes
Biologia	10	Bioquímica/ UFRJ	14
Microbiologia	5	Microbiologia/ UFRJ	3
Farmácia	4	Tecnologia Processos Quím Bioq/ UFRJ	2
Biomedicina	5	Química Biológica/ UFRJ	2
Química	3	Genética e Bioquímica/ UFU	2
Engenharia Química	1	Biologia Parasitária/ Fiocruz	1
Engenharia Agrônômica	1	Biologia Celular e Molecular/ Fiocruz	1
		Ciência de Alimentos/ UFRJ	1
		Patologia Molecular/ UnB	1
		Biologia Molecular/ UnB	1
		Programa Eng Química/ COPPE/ UFRJ	1

Tabela 1 - Identificação da amostra dos questionários.

Todos os obstáculos epistemológicos discutidos por Bachelard (1938/1996) foram identificados nas respostas dos pós-graduandos aos questionários. A presença de vitalismo e mecanicismo na análise das diferenças entre sistemas químicos e bioquímicos, assim como as concepções vitalistas (animismo) e teleológicas (obstáculo pragmático e unitário) entre os pós-graduandos, foram discutidas preliminarmente em trabalhos do Grupo Interinstitucional e Interdisciplinar de Estudos em Epistemologia (Almeida *et al.*, 2010a, b).

3.1 Diferenças entre sistemas químicos e bioquímicos

Os questionários iniciavam com a pergunta: “*Você vê diferença entre um sistema químico e um sistema bioquímico? Em caso afirmativo, qual(is) diferença(s) você apontaria?*”. Dos 29 pós-graduandos, apenas 5 (sendo 3 de mestrado e 2 de doutorado) responderam que não vêem diferença entre um sistema químico e um bioquímico (17% do total). Os demais disseram haver diferenças, que poderiam ser relacionadas à origem do

reagente utilizado (origem sintética ou biológica), ao sistema bioquímico ser menos nocivo ao ambiente que o químico ou à complexidade das reações. Os sistemas bioquímicos foram relacionados pelos pós-graduandos a reações químicas que ocorrem em organismos vivos. Foi descrita a existência de um maior número de variáveis influenciando os sistemas biológicos, muitas delas difíceis de serem previstas, tornando-os mais complexos em comparação aos sistemas químicos. Para ilustrar este posicionamento, destacam-se as colocações de um dos estudantes de doutorado:

“Um sistema bioquímico é, em geral, mais complexo que um sistema químico. Mas não deixa de ser uma série de reações químicas que ocorrem em um sistema biológico. O que o torna tão complexo é a interligação destes vários processos químicos.”

A noção de “*complexidade*” foi atribuída aos sistemas bioquímicos por muitos estudantes. Para um deles, a atribuição de complexidade foi suficiente para a diferenciação dos dois sistemas, a partir da resposta: “*Sim, sistemas bioquímicos são mais complexos.*”

Em algumas respostas foi identificada uma diferenciação entre um sistema bioquímico “vivo” e um sistema químico “não vivo”, como se isto por si só fosse suficientemente claro, o que caracterizaria um obstáculo animista/vitalista:

“Um sistema químico pode ser representado por uma interação entre reagentes, equipamentos de laboratório e forças químicas. Nos sistemas bioquímicos, por sua vez, as reações químicas acontecem em organismos vivos, estando expostas a diversas outras variáveis.”

“A principal diferença está na característica do sistema, se biológico (bioquímico) ou não biológico (químico).”

“O sistema químico ao sofrer alterações de pH, temperatura, oxigenação ou qualquer outra interferência, responde a essas mudanças de uma maneira única. Já o sistema bioquímico tem a capacidade de se adaptar a certas condições, metabolizar substâncias, se defender e, portanto apresenta várias respostas para um mesmo estímulo, por exemplo.”

“Os sistemas puramente químicos ocorrentes na natureza são randômicos e, aparentemente, não seguem uma lógica ou objetivo final. Os sistemas bioquímicos têm reações extremamente ordenadas, encadeadas e reguladas, tendo objetivos finais bem definidos, como evolução e perpetuação daquele ser vivo no meio ambiente.”

Destaca-se a concepção finalista/teleológica presente nesta resposta, ao afirmar existirem “*objetivos finais bem definidos*”, obstáculo ao conhecimento científico identificado por Bachelard como conhecimento unitário e pragmático. Além disso, é interessante que nenhum dos pós-graduandos tenha citado reações bioquímicas *in vitro* fora do ambiente celular na comparação dos dois sistemas. Ainda, parece estar muito arraigada nos estudantes uma visão simplificadora dos processos “puramente químicos”, pois inúmeros processos que poderiam ser assim classificados, não foram mencionados pelos estudantes (*e.g.* formação e crescimento de cristais, algumas reações de síntese, entre outros exemplos). Isto sugere que o simples prefixo “*bio*” é, assim como “*vida*” em Bachelard (1938/1996), uma palavra mágica, valorizada, que invoca um princípio vital que esmaece qualquer outro princípio. Por outro lado, foi verificada uma dificuldade por parte dos estudantes em delimitar as fronteiras desses

sistemas (Almeida *et al.*, 2010b), o que pode evidenciar um dos aspectos que caracterizam a visão reducionista dos fenômenos biológicos, conforme discutido por Mayr (2005).

3.2 Dificuldades de trabalho com sistemas bioquímicos

Ao serem questionados sobre as dificuldades encontradas no trabalho com sistemas bioquímicos, os pós-graduandos afirmaram haver muitas variáveis a serem controladas em um sistema bioquímico, diferentemente de um sistema químico onde existem menos variáveis, portanto, mais fácil de ser controlado. Mencionaram a imprevisibilidade, facilidade de contaminação e baixa reprodutibilidade dos processos. Foram citadas as dificuldades no isolamento de vias metabólicas específicas dentre tantas que se encontram interligadas, a padronização de técnicas, o longo tempo de acompanhamento dos experimentos, além da estreita faixa de condições de trabalho (temperatura, pH, entre outras). Algumas colocações em relação ao questionamento realizado são destacadas:

“Muitas vezes o que se aplica a um sistema bioquímico não é válido para outro devido às várias particularidades dos organismos vivos que compõem estes sistemas.”

“Justamente a possibilidade de responder de diferentes formas a uma dada condição, necessitando de um conhecimento mais amplo de todo o funcionamento celular para o entendimento e interpretação do fenômeno.”

“A complexidade do sistema, muitas vezes, torna impossível repetir o processo de maneira artificial.”

“Muitas vezes os resultados não são aqueles esperados.”

A baixa reprodutibilidade do processo foi uma das dificuldades mais apontadas, como na resposta: “*Não reprodutibilidade do processo!*” Não devemos negligenciar as especificidades do trabalho com sistemas biológicos e bioquímicos, principalmente com o grande número de variáveis envolvidas, o que reflete, em geral, uma maior variância nas análises que são utilizadas para caracterizar estes processos. Contudo, caracterizar este problema como interno somente a estes sistemas é um equívoco, como ressaltado acima. Além disso, esta generalização prematura pode representar um obstáculo na compreensão de sistemas bioquímicos diferentes. A generalização pode levar à formação de conceitos equivocados, dificultando a reflexão sobre os motivos da baixa reprodutibilidade.

No caso da resposta de um dos questionários, observa-se a concepção de que o resultado de seu experimento tem que corresponder ao que é esperado: “*Manter as condições ótimas para que o organismo responda ao esperado.*”. Essa concepção pode representar um obstáculo, pois cria uma limitação: uma vez que se chegue a um resultado diferente do aguardado, ele será considerado errado. O que nem sempre é verdadeiro, pois outras inferências podem ser feitas a partir desse resultado, levando, inclusive, a novos questionamentos. Nesse caso a pergunta pode estar errada, e não a resposta. Uma vez que, segundo Bachelard (1938/1996), “o ato de conhecer dá-se *contra* um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos” (p. 17), é possível que uma oportunidade de avançar no conhecimento científico seja perdida ao se desconsiderar um resultado por este ser diferente do que se esperava.

3.3 Ação diante de uma frustração experimental

A pergunta seguinte questionava sobre a reação do estudante frente a uma frustração experimental: “Quando você se depara com uma frustração experimental, qual a sua conclusão/ação?”. De forma complementar aos resultados obtidos no item anterior, as primeiras ações destacadas diante de uma frustração experimental, por todos os pós-graduandos, foram a repetição do experimento e a busca por erros de manipulação ou da metodologia utilizada. A maioria dos estudantes prefere repetir o experimento “até dar certo” do que buscar uma nova explicação para o resultado, considerando-o como erro e não como uma nova possibilidade de respostas e/ou de novas hipóteses a serem comprovadas. Desta forma, o objetivo inicial, na maioria dos casos, não é a compreensão do novo resultado. O resultado ‘correto’, de acordo com as expectativas do experimentador, é tido como meta.

Nesta questão foram observadas respostas interessantes e também concepções conflitantes de um mesmo pós-graduando:

“Depende. Se a frustração for devido a resultados inesperados concluo que nem sempre o esperado é o correto. (...) Se os erros forem constantes dou um tempo no experimento e parto para outro.”

Embora o estudante tenha concluído que nem sempre o esperado é o correto, nota-se que não existe intenção de investigar o porquê do surgimento de resultados inesperados ou diferentes do esperado. Assim, é possível que quando esse experimento for retomado a “frustração” ocorra novamente, pois não foi suscitada uma investigação/análise mais aprofundada para a compreensão científica do problema.

Em muitas respostas, os pós-graduandos sugeriram a investigação do fato, análise e novas tentativas, para testar tal resultado, mas as estratégias utilizadas diante da frustração experimental foram direcionadas a reparar possíveis erros experimentais, pela reformulação da metodologia, que levaram aos resultados inesperados obtidos:

“Primeiramente, algo pode ter sido feito errado ao longo das etapas do experimento. Segundo, o experimento deve ser repetido com a máxima atenção.”

“Fiz algo errado. Vou revisar as etapas para identificar o erro.”

“Pensar onde poderia estar o erro e me planejar para repetir o experimento.”

“Revejo os resultados e tento avaliar em que ponto da elaboração do experimento ou andamento desde ocorreu falha, para então repetir o ensaio.”

“Fico com raiva do experimento e frustrado, porque terei de repeti-lo, mas logo me acalmo e o repito exaustivamente até obter resultados válidos e reprodutíveis, logo, confiáveis.”

A preocupação com a revisão da metodologia e de procedimentos experimentais na busca por possíveis equívocos na realização do experimento é importante, principalmente quando ainda não se domina uma técnica. Como discute Bachelard (1938/1996), o erro é positivo, pois, quando retificado, conduz à objetividade científica. Foram identificados principalmente nestas respostas os obstáculos epistemológicos da experiência primeira e unitário e pragmático. Um resultado experimental imprevisto foi visto, na maioria das vezes,

como um erro e não como a possibilidade de surgimento de um novo problema científico, dificultando a análise objetiva dos próximos resultados, fazendo com que a primeira atitude seja da busca de formas para justificarem o resultado “*incorreto*”. Observa-se nestas colocações uma aproximação com o que Bachelard descreveu para o espírito pré-científico: “Não é concebível que a experiência se contradiga ou seja compartimentada. (...) À mínima dualidade, desconfia-se de erro.” (Bachelard, 1938/1996, p. 107). Como uma segunda reação, foi apresentada a busca de explicações na literatura que justifiquem os resultados inesperados obtidos, até a revisão dos conceitos envolvidos:

“Num primeiro momento, eu repito o experimento para verificar se aquele é o resultado real e procuro erros na manipulação também. Se o resultado se repetir, então não seria uma frustração, mas sim um resultado inesperado que exige uma pesquisa mais acurada para uma nova discussão. Também posso optar por adotar novas estratégias, ou seja, novas metodologias que confirmem essa ‘frustração experimental’.”

“Quando isso ocorre, é necessário rever os conceitos experimentais que estão sendo realizados e buscar na literatura alguma explicação; assim tentar modificá-los para obter o resultado satisfatório.”

“Quando o resultado do experimento não é o esperado, minha primeira ação é repetir o mesmo. Caso o resultado se mantenha procuro correlações na bibliografia disponível e converso com outros estudantes e pesquisadores.”

“Isso depende do que a pessoa encara como sendo uma frustração experimental. Para mim, frustração experimental não é resultado inesperado, e sim impossibilidade de estudar algo de maneira fiel por falta de metodologia ajustada ou conhecimentos prévios. Bom, quando esse é o caso, fazemos o que podemos, mesmo que não seja o ideal. Muitas vezes é necessário gastar um tempo testando seu próprio experimento. Se não for possível, paciência.”

“Tentar olhar o problema por outro ângulo, ou refazer a questão norteadora.”

“Que a linha de raciocínio e metodologia usada por mim para realização dos meus experimentos esteja errada faltando alguns ajustes.”

3.4 “Os microrganismos têm personalidade”

Com relação às questões do Quadro 1, as concepções vitalistas presentes explicitamente na afirmação: “*Os microrganismos têm personalidade*” foram identificadas por mais da metade dos pós-graduandos, de diferentes formas. Entretanto, alguns criticaram explicitamente a afirmação, como as respostas:

“Quem tem personalidade são os seres humanos.”

“Quem tem personalidade são os pesquisadores. Os microrganismos apenas respondem de forma previsível ao meio ambiente.”

“Não acredito que personalidade possa ser atribuída a microorganismos.”

Alguns pós-graduandos direcionaram seus comentários no sentido de considerar o termo “personalidade” como um sinônimo da diversidade metabólica e de mecanismos utilizados para a colonização de ambientes de tão grande diversidade. Em uma das respostas, o pós-graduando substituiu o conceito científico de “espécie”, tão caro e discutido na biologia (Mayr, 2005), pela vaga atribuição de “personalidade” dos organismos:

“Personalidade é um conceito aplicável a animais com um cérebro desenvolvido. Assim, a rigor, os microrganismos não têm ‘personalidade’. No entanto, a nível de espécie, as características gênicas e metabólicas únicas garantem um fenótipo também único, e esse fenótipo pode ser interpretado com uma “personalidade” do microrganismo.”

Outros estudantes, ao procurar questionar o termo “personalidade”, utilizaram termos com caráter animista/vitalista similar, atribuindo aos microrganismos uma competência inexistente. Destacam-se as respostas:

“Personalidade talvez seja um pouco forçado. Acredito que eles tenham mecanismos de defesa e de proliferação inerentes aos organismos vivos. Podemos dizer talvez que os microrganismos sejam estrategistas.”

“Personalidade significa ter caráter próprio de uma pessoa ou uma individualidade consciente. Os microrganismos têm ‘consciência’ do que é bom ou ruim para sua sobrevivência.”

Foram identificados, ainda, pós-graduandos que concordaram com a concepção de que os microrganismos possuem personalidade, apoiando-se em observações primárias (senso comum) como, por exemplo, comportamento diferente do esperado e alterações nos resultados de experimentos, mesmo com aparente manutenção das condições experimentais usuais. Este obstáculo entrava/limita o entendimento dos fenômenos e processos e pode influenciar na condução da investigação de como eles ocorrem:

“Na minha opinião sim. Nem sempre eles se comportam da forma que esperamos.”

“Devido a alguns fatores como fazer o mesmo experimento com os mesmos controles e eles apresentarem resultados diferentes, dependendo do dia, portanto faz sentido a personalidade.”

“Estou de acordo, pois até mesmo quando se seguem as condições necessárias para um experimento, algo surpreendente pode acontecer.”;

“Por que não? Acho que tem sim, acho inclusive que se comunicam entre si.”; “Por questões genéticas, estruturais ou bioquímicas alguns organismos são de mais difícil manipulação. No entanto se você estiver com energias negativas isso passará para o microrganismo e o experimento como um todo aumentando enormemente as chances de dar errado.”

Nas demais afirmativas, principalmente nos excertos dos artigos, o padrão de resposta foi de concordância, sem a identificação de obstáculos/concepções vitalistas e teleológicas, presentes na “hipótese de manipulação”, na sentença “*O objetivo de todos os organismos é*

viver”, na descrição da “*corrida armamentista*” evolucionária e na atribuição dos “*patógenos traiçoeiros*”.

3.5 Hipótese de manipulação

Em uma avaliação crítica sobre o excerto que descreve a hipótese de manipulação, pode-se inferir que ele induz à concepção do microorganismo ter a “*intenção*” de manipular seu hospedeiro para completar seu ciclo de vida. Alguns pós-graduandos relataram dificuldade para interpretá-lo. Na análise dos comentários, foi possível observar que a maioria atribuiu à infecção pelo parasita uma “*intenção*” de perpetuar o seu ciclo de vida. Foram identificadas concepções vitalistas e teleológicas, pois em muitos casos destacou-se o “*objetivo*” do *T. gondii* no planejamento de sua taxa de transmissão. Seis respostas criticaram o excerto, das quais foram destacadas as duas mais críticas:

“O provável é que a infecção afete os sensores olfativos dos camundongos. Desta forma eles não são capazes de identificar o odor do predador e por isso não evitam os locais. Trata-se apenas de uma adaptação eficiente destes microorganismos e não algo habilmente calculado.”

“Muito interessante esse exemplo de seleção natural. Para mim parece óbvio que uma forma parasitóide que leva o hospedeiro a aumentar sua taxa de transmissão, será bem sucedida e selecionada. No entanto, o fato do parasita possuir a capacidade de causar tais prejuízos no comportamento do hospedeiro, isso, foi mero acaso.”

O pós-graduando cuja resposta é apresentada abaixo questionou a hipótese levantada pelo excerto do artigo, mas não identificou o vitalismo e teleologia presentes:

“Não seria uma hipótese coerente devido ao que deve ser analisado ser o ciclo do microorganismo e não a análise pela cadeia alimentar.”

A maioria dos pós-graduandos não só concordou com o excerto, mas reforçou o seu caráter teleológico, de que há objetivos muito claros no processo de evolução/adaptação dos organismos:

“Se tal hipótese for realmente verdadeira, é uma estratégia e tanto para sobrevivência da espécie. Creio eu que seja possível, uma vez que já foi comprovado que a infecção provoca retardo mental e que o objetivo dos organismos, por menores e mais simples que sejam, seja se perpetuar.”

“Este estudo demonstra o interesse do parasita em sobreviver, usando o seu hospedeiro, de certa forma, até manipulando o hospedeiro a promover a sua procriação.”

“O parasita causa no hospedeiro apenas o que lhe é viável, sendo que neste caso, era mais viável causar alterações no hospedeiro que o deixasse mais vulnerável ao seu predador e, desta forma, o parasita conseguiria completar seu ciclo, já que isso lhe seria bem útil.”

“Mais um exemplo de processo adaptativo e inteligente que leva os patógenos ao clã de organismos estrategistas em busca de sobrevivência, mas nem sempre um processo ‘consciente’.”

Em uma das respostas, apresentada a seguir, o estudante utiliza o excerto retirado da revista para reafirmar o comentário anterior de que “*Os microrganismos têm personalidade*”:

“Esta matéria exemplifica a afirmação feita acima sobre a personalidade/consciência de um microrganismo. Neste caso ocorre uma manipulação para que o mesmo complete o seu ciclo de vida.”

3.6 “O objetivo de todos os organismos é viver”

Este padrão de respostas foi observado com a concordância de todos os pós-graduandos de que “*O objetivo de todos os organismos é viver*”. Algumas respostas utilizaram “*sobreviver*”, “*reproduzir-se*”, “*dar continuidade à espécie*”, “*passar seus genes adiante*” como equivalentes a “*viver*” ou mesmo em substituição/correção da afirmação:

“Sim, o objetivo de todos os organismos é viver, afinal o que nós não fazemos para sobreviver em determinadas situações? E quanto às relações parasita-hospedeiro onde o parasita não causa a morte do hospedeiro se isso não lhe propiciar algo vantajoso? Portanto, podemos dizer que esta é uma afirmativa com total fundamento.”

“Sem sombra de dúvidas, e a comprovação disso são as várias adaptações ao meio, dos organismos para sua sobrevivência, e a seleção natural das espécies.”

“Mais que isso, a continuidade de sua espécie.”

“Os organismos possuem mecanismos bioquímicos que os fazem instintivamente evitar situações de risco à sua vida, defender-se diante da ameaça e reproduzir-se para dar continuidade à espécie.”

“Acho que o objetivo de todos os organismos é de se reproduzir, viver é apenas uma consequência.”

“Sim, desde os unicelulares até os mamíferos o objetivo é sempre a vida, por isso os micro-organismos apresentam uma fantástica capacidade de adaptação.”

“A princípio sim e além disso passar seus genes adiante. No entanto, existem os comportamentos altruístas como uma espécie de pinguins que havendo uma superpopulação e competição acirrada intraespecífica cometem suicídio coletivo para o bem da espécie (se jogam do penhasco). O interessante é que em uma população de microorganismos, quando o ambiente encontra-se desfavorável e/ou com poucos nutrientes há sinalizações externas que disparam a cascata de sinalização para apoptose em alguns indivíduos. O que para um organismo unicelular é o equivalente a um suicídio.”

A noção de necessidade de sobrevivência de todos os organismos vivos parece arraigada nas concepções dos estudantes. A noção de “*vida*” como sendo algo de valor

“*especial*” é tão presente no senso comum, que parece impossível qualquer afirmativa que vá de encontro ao axioma de que o “*objetivo de todos os organismos é viver*”. Bachelard discute sobre a influência desses valores inconscientes na base do conhecimento científico e como se constituem de obstáculos ao desenvolvimento da ciência. É preciso questionar a própria noção de “*vida*” para que seja possível alcançar alguma objetividade na averiguação de uma afirmativa como essa.

É possível que conceitos animistas/vitalistas presentes na análise dos fatos tenham induzido os pós-graduandos a interpretar o mesmo de forma a entender que o objetivo incluía um “*plano arquitetado*” por tais microorganismos. Do ponto de vista da teoria da seleção natural das espécies, é equivocado considerar como intencionais ou planejadas as adaptações dos organismos ao meio, mutações e transmissão de seus caracteres. A teleologia é explícita nas respostas:

“Sem dúvida a luta pela sobrevivência é inerente a qualquer ser vivo. Caso contrário não haveria sentido algum em existir vida.”

“Entendo que se não fosse para viver não teria outro motivo deles existirem.”

“Uma realidade, visto que nenhum organismo vivo teria como objetivo morrer, e isso é justificado pelos diferentes processos de adaptação e evolução já descritos.”

3.7 Corrida armamentista

No excerto que trata da “*corrida armamentista*”, alguns pós-graduandos interpretaram o processo com base na evolução e adaptação entre patógeno e células hospedeiras:

“Há uma constante co-evolução entre patógenos e hospedeiro, pois sem esta o primeiro não sobreviveria. O mecanismo de defesa do hospedeiro funciona como uma pressão evolutiva.”

“São os processos ocorridos de adaptação ao meio tanto do patógeno quanto do hospedeiro que levam a corroborar a hipótese.”

“Ao longo da evolução sobreviveram apenas aqueles organismos com os melhores mecanismos de sobrevivência, por exemplo, as células que possuem mecanismos eficazes para eliminar patógenos, bem como os patógenos com mecanismos eficientes para invadir as células. E como a evolução não pára, todos os organismos continuam se adaptando para se defender com novos mecanismos. Me parece que existe apenas defesa e que o ataque é também uma forma de defesa, defesa do espaço, do alimento, da própria vida, etc.”

O termo “*corrida armamentista*” do excerto empregado para descrever fenômenos biológicos, não foi questionado, mas reforçado por termos empregados na “*metáfora da guerra*”, comumente usados para descrever o funcionamento do sistema imune, mas também fortemente influenciados pelo senso comum, como “*guerra armamentista biológica*”, “*armas para poder sobreviver*”, “*se defender do sistema imune*”, “*mecanismo de ataque e contra-ataque*”, atribuindo uma racionalidade (inexistente) aos organismos neste processo:

“Ao longo dos anos os organismos precisaram criar escapes para fugir dos sistemas

imunológicos dos hospedeiros. Com isto, alguns hospedeiros desenvolveram estratégias mais eficazes, e com isto nessa ‘guerra armamentista biológica’, fatores seletivos iram selecionar os seres mais bem adaptados.”

“Sempre existirão novos microrganismos com novas ‘armas’ para poder sobreviver e o sistema imune do hospedeiro sempre irá de alguma maneira defender-se.”

“O organismo quer sobreviver, e para isso tem que se defender do sistema imune.”

“Tal mecanismo de ataque e contra-ataque faz parte da economia evolucionária da natureza.”

“Enfim, células infectadas, assim como seus parasitas, certamente estão em uma constante ‘corrida armamentista’. Ambos estão em busca de melhores condições de sobrevivência; patógenos tentam se proliferar e desviar das defesas do hospedeiro, enquanto células hospedeiras buscam eliminar estes parasitas, evitando sua morte.”

Na primeira das respostas acima, os termos “criar” e “desenvolver” podem ser interpretados de duas maneiras distintas. Por um lado, é possível que o estudante tenha uma compreensão correta do processo evolutivo, em que eventos aleatórios possuem um papel preponderante. Por outro lado, a *linguagem teleológica* aqui utilizada também pode demonstrar a concepção equivocada, mas bastante comum, de que o organismo em questão desenvolve características para se adaptar ao meio e não que o ambiente cria pressões seletivas sobre os organismos, ou seja, uma visão teleológica do processo de evolução. É importante ressaltar, conforme apontado por Richard Lewontin (1997), que os organismos constroem e modificam seu ambiente e que este não existe sem os organismos.

Num extremo de descrever os fenômenos biológicos empregando uma metáfora dos processos que ocorrem na sociedade, um doutorando respondeu que: “*O que ocorre em escala micro é um espelho do que acontece em escala macro.*”. Neste comentário devemos ressaltar outro aspecto do pensamento unitário e pragmático, o de unidade dos processos naturais. Como ressalta Bachelard:

“Para o espírito pré-científico, a unidade é um princípio sempre desejado, sempre realizado sem esforço. Para tal, basta uma maiúscula. As diversas atividades naturais tornam-se assim manifestações variadas de uma só e única Natureza. (...) O que é verdadeiro para o grande deve ser verdadeiro para o pequeno, e vice-versa.” (Bachelard, 1938/1996, p. 107)

Um dos pós-graduandos, por outro lado, fez uma crítica a esta visão de processo como “*ataque e defesa*”:

“Muito se sabe sobre as estratégias criadas e usadas pelos patógenos e pelos hospedeiros. Porém, não se sabe tudo. Para mim, o processo de ataque e rebate é muito mais complexo do que vias descritas na forma de mapas altamente didáticos.”

3.8 Patógenos traiçoeiros

Com relação ao último excerto, alguns estudantes analisaram a interação parasita-hospedeiro como um processo evolutivo, conforme as respostas:

“Nada mais simples do que a seleção do mais bem adaptado!”

“Mais uma vez a ilustração da evolução dos seres vivos com o objetivo de aprimorar suas condições de vida, ou de seus descendentes. Tanto a vida de organismos parasitas quanto hospedeiros estão em equilíbrio dinâmico.”

“A grande capacidade de adaptação dos parasitas a situações adversas promovidas pelo hospedeiro.”

Nos dois exemplos acima, as respostas contêm termos que expressam a percepção da existência de mecanismos de adaptação do microrganismo com objetivos finalistas. A expressão “*patógenos traiçoeiros*” foi naturalizada, não sendo questionado o uso de um termo de caráter animista/vitalista (como “*traiçoeiros*”) para explicar fenômenos biológicos, mas, contrariamente, este obstáculo foi amplamente reforçado nas afirmações de que os parasitas são “*estrategistas*”, “*eficientes*”, “*inteligentes*”, “*habilidosos*”, “*especialistas em tirar vantagens das situações*”, “*suicidas*”, desenvolvendo “*estratégias*” para “*atacar*” e o hospedeiro para se “*defender*”:

“O que faz desses parasitas ‘traiçoeiros’ é sua própria natureza. O vírus é um exemplo.”

“Cada microrganismo tem específicas estratégias para invadir as células do hospedeiro e assim completar o seu desenvolvimento.”

“Patógenos traiçoeiros é uma conclusão do ponto de vista das células invadidas. Do ponto de vista do patógeno, estes são muito eficientes.”

“Muitas vezes se utilizam de uma estratégia bastante eficiente: a mutação. Traiçoeiros, acabam por levar sua célula hospedeira à morte.”

“Não sei se ‘traiçoeiros’ seria o adjetivo melhor aplicado a estes parasitas patógenos, mas talvez ‘inteligentes’.”

“Traiçoeiros para o hospedeiro mas ‘inteligentes’ para sua espécie.”

“Traiçoeiros pois para o hospedeiro, após a contaminação por parasitas deste tipo, a eliminação torna-se um processo difícil.”

“Os parasitas intracelulares necessitam de uma célula hospedeira para sobreviver e, além disso, precisam escapar do ‘ataque’ do sistema de defesa do hospedeiro. Por isso os parasitas dos mais traiçoeiros são aqueles que conseguem se adaptar a este tipo de condições mais “adversas”. São bem habilidosos para escapar ‘da morte’ e continuar o seu ciclo de vida.”

“Na natureza, um organismo que desperdiçar a oportunidade de obter recursos estará em desvantagem evolutiva e tenderá a desaparecer após gerações. Todos os organismos que existem hoje são especialistas em tirar vantagens das situações e resistir ao predador ou hospedeiro, a menos que ele se envolva em alguma relação mutualística.”

“É notável a capacidade que determinados patógenos possuem de usar mecanismos celulares do próprio hospedeiro para se reproduzir. Um exemplo é o vírus da AIDS. No entanto, estratégias extremistas como esta acabam sendo ‘suicidas’, pois dentro de algum tempo o hospedeiro acaba morrendo. Fato este que não é interessante para o microorganismo.”

A “*metáfora da guerra*” também foi utilizada nos comentários sobre este excerto, como em uma das respostas acima: “*Os parasitas intracelulares (...) precisam escapar do ‘ataque’ do sistema de defesa do hospedeiro.*”. Um doutorando respondeu que este fragmento é uma reafirmação do fragmento “*O objetivo de todos os organismos é viver*”. Não só os pós-graduandos não identificaram os obstáculos presentes nos excertos retirados das revistas científicas, como utilizaram estes exemplos para reforçar, comprovar as duas frases apresentadas sem qualquer referência, retiradas do senso comum, da prática de sala de aula e dos laboratórios de bioquímica.

4 Discussão

Os obstáculos epistemológicos foram identificados nas respostas ao questionário, independentemente da área de formação superior ou do curso de pós-graduação dos estudantes, do tempo de experiência ou entre mestrandos e doutorandos. Não foi observada correlação entre os obstáculos encontrados e a formação dos estudantes (possivelmente o tamanho da amostra empregada não tenha permitido verificar nuances nas respostas de pós-graduandos das diversas áreas). Observou-se que as concepções dos pós-graduandos, de forma geral, não estão relacionadas com suas diferentes formações, pois os mesmos demonstram compartilhar conceitos semelhantes, e muitas vezes demonstram sinais de um mesmo obstáculo. O mesmo pode ser dito em relação ao tempo de experiência com a área de bioquímica, pois tanto os estudantes que estão envolvidos com a disciplina há mais tempo, quanto os menos experientes, demonstram ter visões e conceitos semelhantes sobre os assuntos abordados.

As concepções vitalistas/animistas e teleológicas (obstáculo unitário e pragmático) foram discutidas na disciplina Lógica e Filosofia da Ciência como aquelas que mais influenciam nos campos da biologia e bioquímica. As concepções de “*vida*” empregadas para diferenciar um sistema químico e um sistema bioquímico entre a maioria dos estudantes, assim como a concordância com a maioria dos excertos presentes no Quadro 1, comprovaram que estes obstáculos estão presentes e arraigados na prática científica dos pós-graduandos que responderam ao questionário. Para Bachelard, a noção de “*vida*” impede um estudo objetivo dos fenômenos físicos: “*Vida é uma palavra mágica*” (Bachelard, 1938/1996, p. 191). O obstáculo animista trata “a vida como um *dado* claro e geral” (Bachelard, 1938/1996, p. 185), o que seria suficiente, por si só, para diferenciar os sistemas químico e bioquímico. Segundo Pécheux (Pécheux & Fichant, 1971), o papel desempenhado pelo animismo nas ciências físicas não é o mesmo que o do vitalismo na biologia. No campo da física, o animismo funciona no âmbito das imagens. O mesmo não ocorre na biologia. Pécheux, ao discutir o vitalismo no campo das ciências biológicas, mostra que ele representa uma posição conceitual nesta ciência: “Em biologia, o vitalismo representa uma *posição conceitual* que interveio efectivamente em certos momentos da constituição desta ciência.” (Pécheux & Fichant, 1971, p. 45).

Para a concepção animista/vitalista, a noção de “*vida*” apresenta-se como um valor indiscutível. Este raciocínio surge como um obstáculo à objetividade, a “*vida*” elevada ao patamar de conceito é um entrave ao desenvolvimento do conhecimento científico. O

obstáculo animista/vitalista constitui um entrave à apropriação dos conceitos científicos e sua compreensão, exigindo, portanto, uma ruptura com estas concepções. Contudo, uma visão mecanicista foi verificada na análise das diferenças entre sistemas químicos e bioquímicos, remetendo à discussão de Mayr (2005) sobre o entrave ao desenvolvimento da biologia representado na simples redução mecanicista de um sistema biológico a um sistema químico. De fato, a complexidade dos sistemas biológicos, enfatizada por alguns pós-graduandos, é uma propriedade que emerge da organização destes sistemas e não simplesmente das propriedades físico-químicas dos seus componentes. Esta organização é, em última instância, o resultado do histórico evolutivo dos organismos e não um processo visado pelo organismo para sobreviver ou se reproduzir, conforme muitas respostas afirmaram.

Com relação às concepções finalistas, Mayr (2005) defende que o pensamento teleológico/teleologia provavelmente tenha sido a ideologia que mais profundamente influenciou a biologia. As afirmações teleológicas identificadas em muitas respostas dos pós-graduandos corroboram os argumentos de Mayr (2005) e de Bachelard (1938/1996). Segundo este último, para um espírito pré-científico, verdade e utilidade estão associadas (“o verdadeiro deve ser acompanhado do útil”, p. 117), uma vez que no obstáculo pragmático e unitário não é possível conceber um fenômeno que não seja “*útil*” na Natureza (“a justificação pelo útil era a mais natural”), não é possível admitir uma “*inutilidade*” (Bachelard, 1938/1996, p. 116). Bachelard alerta sobre o perigo da explicação pela *unidade* da natureza, pela *utilidade* dos fenômenos naturais:

“Em todos os fenômenos, procura-se a utilidade humana, não só pela vantagem que pode oferecer, mas como princípio de explicação. Encontrar uma utilidade é encontrar uma razão.” (Bachelard, 1938/1996, p. 114-115)

Mayr (2005) discute que não há nenhum apoio para a teleologia na teoria de Darwin apresentada em “*Origem das Espécies*” (ainda que em correspondências, particularmente em seus últimos anos, ele tenha sido por vezes descuidado com sua linguagem); que Darwin era teleologista no princípio de seus estudos, mas rompeu com a teleologia mediante a adoção da seleção natural como mecanismo de mudança evolutiva. Para Mayr, depois que Darwin estabeleceu o princípio da seleção natural, esse processo foi amplamente interpretado como teleológico (tanto por adeptos quanto por opositores); a evolução era com frequência considerada um processo teleológico porque levaria a um “melhoramento” ou “progresso” (Mayr, 2005, p. 81). Entretanto, esta visão deixa de ser razoável quando se considera a natureza variacional da evolução darwiniana, que não tem meta final e (re)começa a cada nova geração. A evolução leva frequentemente a “becos sem saída fatais” e resultam num “movimento irregular em zigue-zague na mudança evolutiva” (Mayr, 2005, p. 81):

“Decerto é a seleção natural um processo de otimização, mas não tem meta definida, e, considerando o número de restrições e a frequência de eventos aleatórios, seria por demais equivocado chamá-la de teleológica. (...) A seleção natural lida com propriedades de indivíduos de determinada geração; ela simplesmente carece de uma meta de longo alcance, embora assim pareça quando se olha para trás, abrangendo uma longa série de gerações. É lamentável que alguns autores, mesmo na literatura mais recente, pareçam dotar a evolução de uma capacidade teleológica.” (Mayr, 2005, p. 81-82)

Ou, como resume Stephen Jay Gould: “A extinção é o destino da maioria das espécies (...)” (Gould, 1977/1999, p. 84). Como alerta Mayr, mesmo recentemente a evolução é vista de forma teleológica por muitos pesquisadores e professores (Ribeiro *et al.*, 2010; Larentis *et al.*, 2011). As concepções teleológicas, ensinadas e apreendidas tanto no ensino médio quanto no ensino superior, podem ficar arraigadas quando os estudantes chegam à pós-graduação, interferindo na compreensão e na prática científica dos mesmos, como mostrado nas respostas aos questionários. Portanto, considerando o conhecimento atual dos processos evolutivos, as concepções teleológicas agem como obstáculos ao avanço do conhecimento científico, não havendo motivos racionais para a permanência do pensamento teleológico no processo de ensino. Até mesmo os apologistas do uso da teleologia somente como ferramenta pedagógica mostram-se presos a uma concepção (equivocada) linear da evolução, além de enxergarem uma mudança evolutiva como dotada de uma (não confessada) essência funcional. Termos como “função” e “propósito” (ou “objetivo”) poderiam ser substituídos por termos como “consequência” ou “resultado”, que indicam ausência de direção. Da linearidade e funcionalidade evolutivas deriva a noção subjacente – e equivocada – de que a sobrevivência das espécies é mais importante que a eliminação.

Ao avaliar as respostas dos pós-graduandos às questões colocadas, é possível perceber que os obstáculos animista/vitalista são difíceis de separar do que Bachelard (1938/1996) chama de obstáculo verbal (verbalismo). Exemplos podem ser dados pelos próprios excertos presentes em artigos científicos de revistas de qualidade reconhecida, que utilizam figuras de linguagem, metáforas e analogias na explicação científica dos processos evolutivos e do sistema imunológico (Quadro 1). Conforme se identificou nas respostas dos pós-graduandos, nem sempre estas analogias procedem. A análise dos questionários mostra que estas figuras de linguagem ultrapassam o limite do obstáculo verbal e passam a se incorporar como conceitos na prática científica, fazendo com que os pós-graduandos não questionassem o seu uso nos excertos. Na imunologia, por exemplo, a “metáfora da guerra” não é apenas um obstáculo verbal, mas, à luz da epistemologia bachelardiana, pode-se dizer que este “modelo” tornou-se um obstáculo à compreensão do sistema imune, embora possa ter permitido determinados avanços em outro momento histórico. Segundo Adel Mahmoud, o desenvolvimento de novas vacinas, assim como o conhecimento acerca dos mecanismos pelos quais estas atuam, está estagnado atualmente porque “a metáfora da guerra – nós contra eles – falhou não apenas devido ao desenvolvimento de resistência [a antibióticos], mas, mais importante, porque a prevenção e o controle necessitam de estratégias multifacetadas” (Mahmoud, 2010, tradução nossa), o que não é permitido por este “modelo”. Marly Bulcão discute que, para Bachelard, as metáforas constituem obstáculos que “parecem simplificar a explicação científica, (...) mas impedem construções racionais mais precisas” (Bulcão, 1981, p. 51). A autora mostra que, ao admitir o desenvolvimento da ciência como descontínuo, com ruptura entre conhecimento passado e presente, a linguagem também deve ser retificada para se adequar aos novos conhecimentos:

“Sendo mais lento o processo de renovação da linguagem do que o da ciência, surgem muitas vezes palavras que em lugar de expressarem os fenômenos vão ser obstáculos à explicação científica.” (Bulcão, 1981, p. 51)

Com relação aos obstáculos associados à experiência primeira (empirismo) e à generalização prematura, identificados nas respostas dos pós-graduandos, Bachelard propõe que a ciência se desenvolve pelo “esforço de racionalidade e de construção” (Bachelard, 1938/1996, p. 22). Em “*A formação do espírito científico*”, Bachelard indica que:

“Vamos fornecer inúmeras provas da fragilidade dos conhecimentos primeiros, mas desejamos, desde já, mostrar nossa nítida oposição a essa filosofia fácil que se apóia no sensualismo mais ou menos declarado, mais ou menos romanceado, e que afirma receber suas lições diretamente do *dado* claro, nítido, seguro, constante, sempre ao alcance do espírito totalmente aberto. Eis, portanto, a tese filosófica que vamos sustentar: o espírito científico deve formar-se *contra* a Natureza, contra o que é, em nós e fora de nós, o impulso e a informação da Natureza, contra o arrebatamento natural, contra o fato colorido e corriqueiro. O espírito científico deve formar-se enquanto se reforma.” (Bachelard, 1938/1996, p. 29) (...) “Aliás, mesmo nas ciências experimentais é sempre a interpretação racional que põe os fatos em seu devido lugar. É no eixo experiência-razão e no sentido da racionalização que se encontram ao mesmo tempo o risco e o êxito. Só a razão dinamiza a pesquisa, porque é a única que sugere, para além da experiência comum (imediate e sedutora), a experiência científica (indireta e fecunda).” (Bachelard, 1938/1996, p. 22)

A maior dificuldade nas análises das respostas dos pós-graduandos é que as noções não-científicas, fruto do senso comum, das generalizações e das concepções teleológicas e animistas presentes nas metáforas, analogias e figuras de linguagem, estão misturadas com termos relacionados à ciência, como a evolução das espécies e os mecanismos envolvidos nela. Daí porque diz Bachelard que os obstáculos não são externos ao problema do conhecimento científico, mas aparecem no próprio ato de conhecer:

“Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que *é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado*. E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos. O conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras. Nunca é imediato e pleno.” (Bachelard, 1938/1996, p. 17)

Problematizando a noção de obstáculos epistemológicos, autores (Brousseau, 2002; Galli & Meinardi, 2011) discutem que obstáculo é um conhecimento, uma concepção e não, como muitos pensam, uma dificuldade ou falta de conhecimento. Esse conhecimento é capaz de produzir respostas adaptadas a certos problemas, mas também produz respostas falsas em outros tipos de problema. Ele é um tipo de conhecimento que resiste às contradições com as quais é defrontado, bem como ao estabelecimento de um conhecimento melhor, isto é, apresenta resistência a toda modificação, caracterizando-se por se manifestar de forma recorrente. A rejeição desse conhecimento e a conseqüente superação do obstáculo levará a um novo saber (conhecimento). Desta forma, assim como não se pode ter uma visão unilateral dos obstáculos epistemológicos, é preciso perceber até que ponto as concepções representam um progresso para o conhecimento dos processos ao permitir uma explicação dos mesmos, ainda que “simulando-os através de máquinas” (Pêcheux & Fichant, 1971, p. 34), no caso do mecanicismo, ou através da “*metáfora da guerra*”. É preciso identificar em qual estágio do desenvolvimento do conhecimento científico estas concepções passam a obstaculizar o desenvolvimento de conceitos mais precisos, sendo esta a preocupação principal de que trata a epistemologia de Bachelard, daí sua importância.

5 Conclusões

Foram identificadas concepções vitalistas (animismo) e teleológicas/finalistas (obstáculo pragmático e unitário) nas respostas dos pós-graduandos de todas as áreas de formação, programas de pós-graduação e diferentes tempos de experiência investigados neste trabalho. Aliada ao vitalismo foi identificada uma visão pragmática e teleológica do processo de evolução, em afirmações como a existência de objetivos/finalidades na adaptação dos organismos. Em muitas respostas verificou-se a presença de figuras de linguagem, metáforas e analogias na explicação dos processos evolutivos e do sistema imunológico, que ao não serem questionadas ao longo da formação, ultrapassam o limite de um obstáculo verbal e vão sendo sedimentadas, interferindo fortemente no entendimento destes processos. Também foram identificados os obstáculos associados à experiência primeira ou conhecimento comum (empirismo) e à generalização prematura.

A partir deste diagnóstico verifica-se a necessidade de enfatizar com os estudantes o caráter objetivo/material e não teleológico das ciências tanto no âmbito do ensino de graduação quanto em disciplinas oferecidas na pós-graduação. Evidentemente, os professores devem ser mais bem preparados para esta tarefa, preferencialmente através da inclusão de disciplinas que promovam discussões epistemológicas nos cursos de licenciatura e bacharelado. Além disso, acreditamos que seja fundamental discutir com os estudantes, de forma sistemática e preferencialmente institucionalizada, sobre a influência que a utilização de uma linguagem inadequada para expressar conceitos científicos pode ter sobre a interpretação dos processos bioquímicos/biológicos. Desta forma, esperamos com este trabalho, contribuir para um debate necessário relacionado à construção e desenvolvimento do conhecimento científico, em particular na bioquímica e áreas correlatas.

Agradecimentos

Aos pós-graduandos dos Programas de Pós-Graduação em Bioquímica (PPGBq) e em Ciências de Alimentos (PPGCA) do Instituto de Química da UFRJ: Alyson Gomes Pereira, Bruno da Cunha Cabral, Carlos Henrique Saraiva Garcia, Daniel Passos da Silva, Fabio Cesar Sousa Nogueira, Graziela Jardim Pacheco, Lívia Vieira de Araújo, Márcio Antônio de Barros Sena, Rachel Santos Levy, Thales de Paula Ribeiro, pela distribuição dos questionários e pelas discussões resultantes da disciplina Lógica e Filosofia da Ciência do IQ-UFRJ.

6 Referências bibliográficas

- Almeida, R.V.; Larentis, A.L.; Araújo, L.V.; Cabral, B.C.; Caldas, L.A.; Da Silva, D.P.; Garcia, C.H.S.; Herbst, M.H.; Kaercher, L.E.; Levy, R.S.; Mannarino, S.C.; Moura, M.V.H.; Nogueira, F.C.S.; Pacheco, G.J.; Paiva, L.M.C.; Pereira, A.G.; Ribeiro, M.G.L.; Ribeiro, T.P.; Sena, M.A.B.; Tavares, L.F.D.; Domont, G.B. (2010a). Vitalism as an Epistemological Obstacle to Biochemical Knowledge (K-19) [Resumo]. Em: Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular, *Program and Index - Educação em Bioquímica, XXXIX Annual Meeting of SBBq* (p. 82). Foz do Iguaçu: SBBq.
- Almeida, R.V.; Larentis, A.L.; Araújo, L.V.; Cabral, B.C.; Caldas, L.A.; Da Silva, D.P.; Garcia, C.H.S.; Herbst, M.H.; Kaercher, L.E.; Levy, R.S.; Mannarino, S.C.; Moura, M.V.H.; Nogueira, F.C.S.; Pacheco, G.J.; Paiva, L.M.C.; Pereira, A.G.; Ribeiro, M.G.L.; Ribeiro, T.P.; Sena, M.A.B.; Tavares, L.F.D.; Domont, G.B. (2010b). Vitalismo e Mecanicismo nas Concepções das Diferenças entre Sistemas Químicos e Bioquímicos entre Pós-graduandos [Resumo expandido]. Em: Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química

- Instituto de Química da Universidade de Brasília, *Resumos, XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ)*. Brasília: SBQ/UnB.
- Bachelard, G. (1996). *A Formação do Espírito Científico: Contribuição para uma psicanálise do conhecimento* (Abreu, E.S., Trad.). Rio de Janeiro: Contraponto. (Original publicado em 1938).
- Brousseau, G. (2002). Epistemological obstacles, problems, and didactical engineering. Em: *Theory of Didactical Situations in Mathematics* (pp. 79-116) (Balacheff, N.; Cooper, M.; Sutherland, R.; Warfield, V., Ed. e Trad.). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Bulcão, M. (1981). *O Racionalismo da Ciência Contemporânea: uma Análise da Epistemologia de Gaston Bachelard*. Rio de Janeiro: Edições Antares.
- Galli, L.M.G.; Meinardi, E.N. (2011). The Role of Teleological Thinking in Learning the Darwinian Model of Evolution. *Evolution: Education Outreach*, 4, 145-152.
- Gould, S.J. (1999). *Darwin e os grandes enigmas da vida* (Martinez, M.E., Trad.). São Paulo: Martins Fontes. (Original publicado em 1977).
- Kuijl, C.; Neefjes, J. (2009). New insight into the everlasting host-pathogen arms race. *Nature Immunol.*, 10 (8), 808-809.
- Larentis, A.L.; Caldas, L.A.; Ribeiro, M.G.L.; Herbst, M.H.; Garcia, T.C.; Nicolau, C.; Trevisol, E.; Einsfeldt, K.; Castro, F.; Girão, L.F.C.; Andrade, R.A.; Domont, G.B.; Almeida, R.V. (2011). Vitalismo e teleologia na comunidade bioquímica brasileira: um estudo de caso. Em: Associação Brasileira de Pesquisa e Educação em Ciências (Org.), *Anais, VIII Encontro Nacional de Pesquisadores em Ensino de Ciências (VIII ENPEC) e I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias (I CIEC)* (pp. 1-12). Campinas: ABRAPEC/Unicamp.
- Lewontin, R.C. (1997). Genes, ambiente e organismos. Em: Silvers, R.B. (Org.). *Histórias esquecidas da ciência* (pp. 93-109) (Souza, G.C.C., Trad.). São Paulo: Editora Paz e Terra. (Original publicado em 1995).
- Lopes, A.C. (2007). *Currículo e Epistemologia*. Ijuí: Editora Unijuí.
- Mahmoud, A. (2010). Vaccines at crossroads. *Global Health, The Magazine*. Retirado em 27/06/2011, no: http://www.globalhealthmagazine.com/top_stories/vaccines_at_crossroads.
- Mayr, E. (2005). *Biologia, Ciência Única: Reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica* (Leite, M., Trad.). São Paulo: Companhia das Letras. (Original publicado em 2004).
- Pécheux, M.; Fichant, M. (1971). *Sobre a História das Ciências* (Bairrão, F., Trad.). Lisboa: Editorial Estampa. (Original publicado em 1969).
- Ribeiro, M.G.L.; Larentis, A.L.; Caldas, L.A.; Kaercher, L.E.; Herbst, M.H.; Almeida, R.V.; Cabral, L.M. (2010). Teoria Darwinista da Evolução: identificação de concepções teleológicas entre estudantes do primeiro período de graduação em Ciências Biológicas. Em: Associação Brasileira de Ensino de Biologia (Org.), *Anais, III Encontro Nacional de Ensino de Biologia (III ENEBIO) e V Congresso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales* (pp. 1-11). Fortaleza: SBEnBio/UFC.
- Ribeiro, M.G.L.; Larentis, A.L.; Caldas, L.A.; Garcia, T.C.; Terra, L.L.; Herbst, M.H.; Volcan, R.V. (2011). De Gaston Bachelard a Ernst Mayr: a noção de “obstáculo teleológico”. Em: Programa de Pós-Graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza, Universidade Federal do Rio de Janeiro (Org.), *Livro de Anais (ISSN 2176-1248), Scientiarum Historia IV - 4º Congresso de História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia* (pp. 1-7). Rio de Janeiro: HCTE/CCMN/UFRJ.
- Siebley, L.D. (2004). Intracellular Parasite Invasion Strategies. *Science*, 304 (5668), 248-253.
- Yolken, R.H., Dickerson, F.B. & Fuller Torrey, E. (2009). Toxoplasma and schizophrenia. *Parasite Immunol.*, 31 (11), 706-715.

Nota

(1) Os autores Ariane Leites Larentis, Manuel Gustavo Leitão Ribeiro, Lucio Ayres Caldas, Marcelo Hawrylak Herbst e Rodrigo Volcan Almeida participam do Grupo Interinstitucional e Interdisciplinar de Estudos em Epistemologia (www.epistemologia.ufrj.br).