



## Perfil epistemológico do conceito sistema imune humano: Delineamento e contribuições para o Ensino de Imunologia

<sup>1</sup>Viviane Abreu de Andrade, <sup>2</sup>Tania Cremonini de Araújo-Jorge, <sup>3</sup>Robson Coutinho Silva

<sup>1</sup>Docente de Biologia: Centro de Educação Tecnológica Celso Sukcow da Fonseca (CEFET/RJ – UnED Nova Iguaçu) e Doutoranda em Ensino em Biociências e Saúde. <sup>2</sup>Laboratório de Inovações em Terapias, Ensino e Bioprodutos, Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde; <sup>3</sup>Laboratório de Imunofisiologia, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho – Universidade Federal do Rio de Janeiro; Espaço Ciência Viva; Programa de Pós-Graduação em Ensino em Biociências e Saúde. Instituto Oswaldo Cruz, FIOCRUZ/RJ. Rio de Janeiro, Brasil.

### ARTICLE INFO

Received: 27 October 2017

Accepted: 6 May 2018

Available on-line: 6 May 2018

**Keywords:** Sociodemographic, factors, high school, biology.

**E-mail:** kange@uol.com.br

ISSN 2007-9842

© 2018 Institute of Science Education.

All rights reserved

### ABSTRACT

To recognize scientifically a natural event is to recognize it as phenomenon and number, analytically and orderly, deeply and according to diverse philosophical propositions. Therefore, under the scientific pluralism perspective, knowledge can be build (conceived) in different forms, with different explainable supports inserted along the way and, consequently, the understanding of it can be associated to different levels of complexity. These variations of conceptions about a given knowledge present relations with learning processes, construction and concepts' interaction that motivated our study. Hence, in this work we organized different conceptions (contextualized) as elements of the Bachelardian hierarchy of philosophical doctrines to elaborate an epistemological profile of the human immune system concept (HIS). Accordingly, we propose which would be the constitutional elements (knowledges) of realistic, empirical, rationalist, applied technical/rationalist materialism and materialist discourse of HIS. We structured a philosophical schools hierarchy related to different current conceptions about SIH aiming to present one view (not, necessarily, the only one) of the epistemological progress of this concept. Through these developed reflections we understand that the realization and constitution of Epistemological Profile on human immune system can collaborate to the fulfillment of learning processes and to the understanding of construction processes and aspects of the SIH concept made by learners.

Conhecer cientificamente um evento natural é conhecê-lo concomitantemente como fenômeno e como número, de forma ordenada e analítica, com profundidade e segundo diversas proposições filosóficas. Desse modo, sob a perspectiva do pluralismo científico, o conhecimento pode ser construído (concebido) de diferentes formas, com diferentes aportes explicativos inseridos ao longo do tempo e, conseqüentemente, a compreensão do mesmo pode ser associada a diferentes níveis de complexidade. Essas variantes de concepções acerca de um dado conhecimento apresentam relações com processos de aprendizagem, de construção e de interações entre conceitos e por esta razão interessamos em estudá-las. Portanto, neste trabalho organizamos diferentes concepções (contextualizadas) como elementos da hierarquia bachelardiana de doutrinas filosóficas para elaborar um perfil epistemológico do conceito sistema imune humano (SIH). Assim, propomos quais seriam os elementos (conhecimentos) constituintes das concepções realista, empirista, racionalista, materialista técnico/racionalista aplicado e materialista discursivo de SIH. Estruturamos uma hierarquia de escolas filosóficas relacionadas a diferentes concepções correntes sobre SIH com o intuito de apresentar uma visão (não necessariamente a única) do progresso epistemológico desse conceito. Mediante as reflexões desenvolvidas entendemos que a constituição e o reconhecimento do perfil epistemológico do sistema imune humano venham colaborar para a realização de processos de ensino e para a compreensão dos aspectos e dos processos de construção do conceito de SIH realizados por estudantes.

## I. INTRODUÇÃO

A epistemologia ou filosofia da ciência trata-se de uma ideia mais ampla acerca da forma como são concebidas a ciência e a produção do conhecimento científico. Ou seja, é o estudo da natureza, da abrangência e da justificação do conhecimento científico (MOREIRA, MASSONI, 2011).

Segundo Canguilhem (1994, apud LOPES, 1996), uma epistemologia surge do questionamento filosófico da história das ciências. A epistemologia busca identificar os padrões e regras dos pressupostos explicativos do processo de fazer ciência e do progresso científico (MOREIRA, MASSONI, 2011). (Neste trabalho, assumiremos a epistemologia de Gaston Bachelard (1971) para subsidiar o delineamento do perfil epistemológico do conceito de sistema imune humano e das possíveis contribuições deste para a discussão acerca dos processos de ensino e de aprendizagem de Imunologia).

### I.1 Epistemologia de Gaston Bachelard

Segundo Bachelard (1971), o pensamento científico oscila entre a teoria e a prática, entre a razão e a realidade física, e, entre a matemática e a experiência. Para este epistemólogo, o fazer ciência encontra-se em um espectro epistemológico<sup>1</sup> (Figura 01) que é constituído do idealismo (ingênuo) até o realismo (ingênuo). Por esta razão, a ciência é considerada plural e a sua filosofia é aberta (não rígida), uma vez que seus princípios podem ser múltiplos, distintos e passíveis de mudanças e suas verdades não são totais e acabadas.



**FIGURA 1. Espectro epistemológico segundo Bachelard (1971, p. 122).**

Contudo, de maneira geral, o fazer ciência encontra-se concentrado no racionalismo aplicado (conhecimento produzido racionalmente com a aplicação matemática e/ou experimental) e no materialismo técnico (conhecimento que é mediado por uma técnica). Desse modo, conhecer cientificamente um evento natural é conhecê-lo concomitantemente como fenômeno e como número, de forma ordenada e analítica, com profundidade, segundo diversas proposições filosóficas (BACHELARD, 1971).

O pluralismo científico leva ao que Bachelard (1971) denomina perfil epistemológico. Ou seja, as diferentes formas de conhecimento, influenciadas pelas diferentes filosofias, acerca de um evento natural, ao longo do tempo e com

<sup>1</sup>Trata-se de uma organização linear bidirecional opositora de filosofias que subsidiam o pensamento científico. O ponto de partida para ambas direções é o Racionalismo Aplicado e/ou Materialismo Técnico. Segundo Bachelard (1971), todas as filosofias do conhecimento científico se ordenam valendo-se do Racionalismo Aplicado.

a inserção de aportes explicativos indicativos de diferentes níveis de sofisticação (MOREIRA, MASSONI, 2011).

Para Bachelard (1971), o conhecimento é sempre aproximado, nunca definitivo. Por isso, a verdade é sempre provisória e a formação do espírito científico se dá pela reforma. Assim, o conhecimento se amplia somente quando se diz não para as teorias primeiras pela busca constante de teorias melhores, aquelas que se aproximam mais da verdade.

Em geral, a primeira explicação para um determinado fenômeno é inadequada sob a perspectiva científica. Não se pode ser ingênuo em acreditar que ao se deparar com algo pela primeira vez, você será capaz de explicá-lo. De acordo com os pressupostos de Bachelard (1971), no processo de formação do espírito científico a experiência primeira, a opinião sobre o desconhecido, é um obstáculo epistemológico (entrave para compreensão de algo = um fato mal interpretado que gera um contra pensamento) enfrentado pelo homem para entender cientificamente um fenômeno. Dessa maneira, o senso comum se configura como a pior base para a compreensão de algo e o primeiro obstáculo epistemológico a ser enfrentado pelo indivíduo.

Em suma, o espírito científico sempre diz não à experiência primeira e sempre está em busca constante de explicação porque não aceita as respostas. As teorias sempre são consideradas erradas. Porém, o erro não é negado. Este é entendido como uma explicação insuficiente. Por isso, valendo-se das teorias atuais há sempre movimento para a construção de melhores explicações sob a orientação da dita Filosofia do não para a formação do espírito científico.

Neste contexto o erro é importante, pois este é a base (motivação) para o início do movimento de busca por teorias melhores. A busca pelo aperfeiçoamento do conhecimento sobre o real é constante. Desse modo, sob esta perspectiva epistemológica, o sujeito adota uma postura ativa e crítica sobre o conhecimento que já está posto (MOREIRA, MANSSONI 2011).

Além do senso comum, o substancialismo e/ou coisismo<sup>2</sup>, o animismo<sup>3</sup> e o imagismo<sup>4</sup> também podem funcionar como obstáculos para compreensão de determinado conhecimento (BACHELARD, 1971). Por isso, é crucial que, no ensino de ciências, as representações e as metáforas sejam apresentadas em conjunto com as suas limitações e com o registro explícito de que tratam somente de representar um determinado conhecimento. Deve-se destacar que este, de fato, não é exatamente igual à representação apresentada. A sonegação da informação e a ausência de ênfase de que as representações utilizadas no processo de ensino não são fiéis aos elementos representados consistem em enganar os alunos e reforçar determinados obstáculos epistemológicos. O mesmo acontece quando se transmitem as teorias e o conhecimento como verdades acabadas e últimas (MOREIRA, MASSONI, 2011).

Os obstáculos epistemológicos podem gerar problemas sérios para os processos de ensino e de aprendizagem de ciências. A compreensão de um conhecimento depende da “cabeça” do sujeito que pode estar cheia de obstáculos epistemológicos. Estes podem impedir que o indivíduo atribua sentido aos objetos de ensino e de aprendizagem. Desse modo, o aluno pode, por exemplo, não entender uma explicação, mesmo que esta tenha sido apresentada de forma irretocável, pois o aluno chega à sala de aula com os obstáculos já acumulados pela vida cotidiana, por exemplo. Para a superação destes obstáculos é necessário, em geral, mais do que uma ‘boa’ aula. Destaca-se que esta situação pode gerar um obstáculo pedagógico. Ou seja, a não compreensão por parte do professor dos motivos da não compreensão de um tema e/ou de uma aula pelo aluno após a realização do ensino (MOREIRA e MASSONI, 2011; BACHELARD, 1971).

A incompreensão da situação pode levar o professor à repetição da explicação e a manutenção do insucesso dos processos de ensino e de aprendizagem.

Destaca-se que, comumente, o espírito humano tende a considerar como ideia mais clara aquela que lhe serve mais frequentemente. Por isso, há a valorização demasiada e, por vezes, indevida de uma ideia em relação a outras ideias e/ou valores.

<sup>2</sup>Substancialismos e/ou coisismo significa representar por meio do recurso da materialização. Ex: imaginar um leucócito como um indivíduo fardado e com uma arma nas mãos para combater um agente exógeno.

<sup>3</sup>Animismo significa dar vida à matéria. Atribuir atividades vitais a objetos. Ex.: Anticorpos com mãos e desmontando, partindo, arrancando partes do antígeno.

<sup>4</sup>Imagismo é o uso excessivo de imagens para apresentar algo que não necessariamente deva ser representado por imagens. A imagem pode promover efeitos fixadores, limitadores e/ou bloqueadores da aprendizagem e do desenvolvimento da capacidade de imaginar.

A ideia dominante pode polarizar o pensamento e o instinto formativo humano e torná-los inertes ao crescimento (ampliação) cognitivo.

Neste cenário, o espírito humano conservador se sobrepõe. O indivíduo passa a gostar e usar mais o que confirma o seu saber do que o contradiz.

Assim, prefere as suas respostas às novas perguntas e, com isso, a conservação prevalece sobre o crescimento cognitivo que dessa maneira pode cessar (BACHELARD, 1971).

Com base nestes pressupostos é possível entender parte da complexidade envolvida nos atos de ensinar e de aprender. Além da necessidade de se dizer não à experiência antiga para emergir numa experiência nova (sob uma nova visão com base em diferentes princípios e/ou filosofias), para crescer cognitivamente por meio da diferenciação e da reconciliação construtivista integrativa do conhecimento. A Filosofia do não trata de negar algo e utilizá-lo como apoio para ampliar o conhecimento por meio da busca por novas experiências, novos modelos, novas teorias para crescer cientificamente de maneira relacional. Dessa forma, evita-se a estagnação do conhecimento, faz-se ciência e desenvolve-se o espírito científico, segundo Bachelard (1971). É a busca contínua para resolver novos problemas e, também, a busca por soluções melhores para problemas já resolvidos. Esta filosofia é uma forma de crítica para a não aceitação de verdades científicas definitivas. É a filosofia da desilusão, na qual paulatinamente se desilude com as teorias vigentes e se busca novas teorias para explicar mais e melhor um fenômeno.

## **I.2. O processo de delineamento do perfil epistemológico do conceito sistema imune humano**

Para delinear o perfil epistemológico de um determinado conceito, deve-se pesquisar sobre as visões historicamente construídas sobre o referido conceito. Portanto, a história e filosofia da ciência e o conjunto de conhecimentos sobre as concepções alternativas relacionado ao dado conceito são relevantes para este tipo de proposição (MARTINS, 2004).

A epistemologia de Bachelard é histórica e racionalista. Histórica porque se baseia na história da ciência, em sua fundamentação. Os conceitos derivam da história julgada que analisa e explica o progresso da ciência pela constatação e superação dos erros do passado. Por isso, o conhecimento (o pensamento científico) é um produto retificado. A superação do obstáculo epistemológico possibilita o avanço do conhecimento.

Assim, a compreensão dos aspectos referentes ao processo histórico de construção do conceito sistema imune humano se faz relevante para que seja possível desenvolver um perfil conceitual amplo, com a apresentação explícita da evolução conceitual e das reformas realizadas ao longo do tempo em prol da organização de melhores explicações relacionadas ao conceito.

Neste contexto, a epistemologia bachelardiana pode ajudar a compreender a especificidade da construção do conhecimento científico acerca do sistema imune humano (SIH).

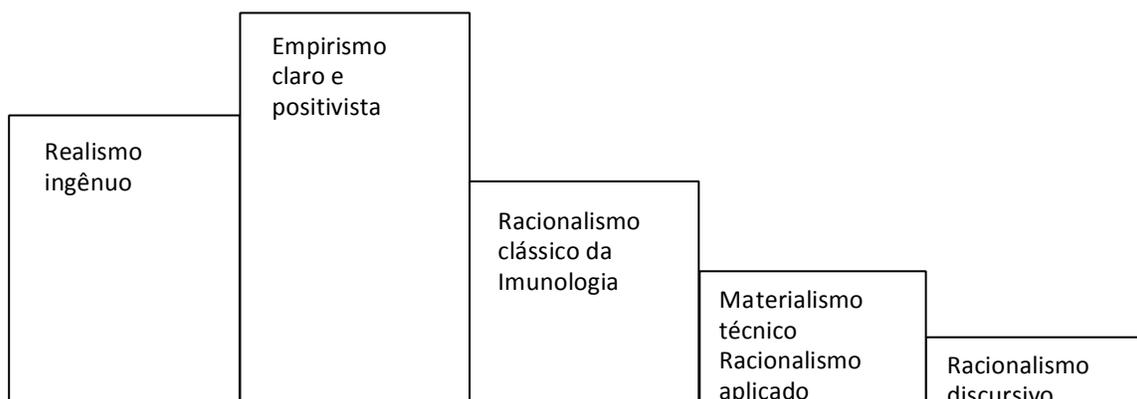
Para a constituição do perfil epistemológico do tema SIH recorreremos a 5 (cinco) proposições filosóficas do espectro epistemológico proposto por Bachelard (1971) para relacionar os conhecimentos construídos historicamente sobre o SIH.

Adotamos a representação gráfica apresentada por Bachelard (1971). Segundo esta as proposições filosóficas por nós elencadas (Realismo ingênuo, Empirismo claro e positivista, Racionalismo clássico, Materialismo técnico/Racionalismo aplicado e Racionalismo discursivo) foram organizadas em um gráfico com colunas, em formato de barra, dispostas lado a lado (Figura 2).

A representação esquemática do perfil epistemológico construído para o tema SIH apresenta diferenças na altura das distintas colunas. Esta se deve à frequência de utilização (do manejo) da(s) filosofia(s) para definir o conceito em questão por um indivíduo em seu cotidiano.

Para a definição da altura de cada coluna recorreremos a nossa experiência no ensino do tema para acessar e estimar às concepções que circulam nos discursos discentes e que são frequentemente acessadas pelos alunos nas aulas, nas atividades didáticas e avaliativas e nos recursos didáticos e pedagógicos.

Destaca-se que o nível de sofisticação do conceito, aumenta na direção da esquerda para a direita da figura (Figura 2). Desse modo, cada coluna (barra) do perfil epistemológico examina um estágio particular da cultura.



**FIGURA 2. Proposta de um perfil epistemológico de uma típica noção pessoal sobre a ação do sistema imune humano.**

O perfil epistemológico tem relação com a produção do conhecimento e com o ensino, pois, por meio dele é possível identificar o percurso de como um conceito evolui e de como este é compreendido e usado por um indivíduo (MOREIRA, MASSONI, 2011).

### **I.3 Perfil epistemológico da conceptualização do sistema imune humano.**

Organizamos as distintas conceptualizações, de acordo com a correspondência de suas características, pelas filosofias elencadas para apresentar a construção histórica do conhecimento sobre o sistema imune humano. Por meio do perfil epistemológico organizado buscamos marcar as rupturas históricas da elaboração do conceito do tema e apontar os obstáculos que se teve que superar para alcançar o constructo científico de SIH atual e mais amplo. Contudo, em conformidade com Bachelard (1971), apontamos que cada filosofia fornece uma banda do espectro nocional (de noção) do conhecimento acerca do SIH. Portanto, uma única filosofia, em geral, não fornece a explicação ampla do tema.

Entretanto, há filosofias que em determinadas áreas de conhecimento não exercem influência na concepção científica atual, ou seja, são praticamente inexistentes. Já em outras áreas, estas filosofias apresentam poder explicativo relevante. Desse modo, o poder explicativo das diferentes filosofias não pode ser generalizado.

No caso das percepções acerca do sistema imune humano observa-se que em geral, segundo o perfil epistemológico proposto o realismo ingênuo refere-se à definição bruta e simplista. Segundo esta, inserimos a ideia (concepção) de que o organismo (especificamente, o sistema imune humano) se defende contra os agentes (microrganismos) exógenos. Esta filosofia foi a adotada historicamente pelos chineses, indianos, ordenhadoras de vacas do século XIX e pelas práticas de Mary Montagu. Esta concepção circula amplamente pela população em geral até os dias de hoje. Esta é uma visão animista do SIH. Sabe-se hoje que esta concepção do SIH é limitada, pois a visão e a compreensão metafórica do sistema imune humano como de ação defensiva e protecionista (DANIEL-RIBEIRO e MARTINS, 2009), não explica inúmeros fenômenos imunológicos como a tolerância, a presença de anticorpos (produção de imunoglobulinas) em animais *germ free* e *antigen free*, a resposta e a memória imunes, além das alergias.

Esses processos apontam para ações que não se adéquam e não são devidamente explicados pelo paradigma protecionista defensivo (VAZ e CARVALHO, 2009; VAZ et al., 2011).

Para os imunologistas e os pesquisadores de vanguarda a adoção de ideias teleológicas de cunho protecionista surge somente para confundir os processos com os resultados que esses processos geram. Eles entendem a interpretação protecionista de natureza bélica como uma maneira de invocar o futuro para explicar o presente e como a materialização da tentação do pensar de forma finalista, fora da operacionalidade sistêmica e biológica (BOTELHO, 2011; MPODOZIS, 2011a). Portanto, segundo Mpodozis (2011a), a defesa no contexto imunológico trata-se de uma metáfora ruim, como a que refere o gene como elemento que contém informação genética.

Em termos operacionais as metáforas supracitadas, assim como a metáfora cognitiva (de reconhecimento, estranhamento e memória exercidos pelo SI), não tem valor para a compreensão dos eventos porque não se referem aos processos, às matrizes estruturais, operacionais e de situações de complementaridade de eventos. O conhecimento da matriz dos processos torna desnecessária a utilização de metáforas explicativas (MPODOZIS, 2011a; VAZ, 2011b).

Portanto, a concepção defensiva do SIH pode se configurar como um obstáculo epistemológico, já que um fato mal interpretado em uma determinada época para Bachelard (1971) é um contra pensamento que pode dificultar a compreensão de algo e, conseqüentemente, a aprendizagem ampla de um tema. Caso esse conhecimento derivado da má interpretação seja empírico e construído valendo-se de uma primeira experiência proveniente da vida cotidiana, a concepção resultante deste será resistente à evolução e por isso se caracterizará como o primeiro obstáculo a ser superado pelo sujeito.

Observa-se que o conceito de SIH, segundo o empirismo claro e positivista, pode ser associado à defesa do organismo contra a ação de um agente gerador de doença por meio da inoculação de determinadas quantidades de partes deste ou do agente exógeno enfraquecido. Sob a óptica desta escola filosófica o conhecimento advém da experiência e dos resultados observáveis. Assim, é entendido que é possível estimular o SIH a defender o organismo contra a ação de agentes exógenos geradores de doença. Esta filosofia orientou os trabalhos desenvolvidos por Edward Jenner, Louis Pasteur, Robert Koch e outros que estudaram e desenvolveram processos de imunizações.

Sob a perspectiva desta concepção a metáfora bélica protecionista revela a abordagem do operar do SIH apresentando o organismo como uma caixa preta, em que ocorrem processos ainda desconhecidos e na qual entram antígenos e saem anticorpos específicos. Vaz (2011c) destaca que esta proposição denota a influência da forma de pensar dominante na época do franco desenvolvimento dos processos de imunizações. Este mesmo autor destaca que este pensamento perdurou até o período do franco desenvolvimento imunoquímico da Imunologia, que foi fortemente marcado pelo pensamento behaviorista. Os estudos deste tipo focam na pesquisa de estímulos e de respostas com o foco do olhar sobre as reações de antígenos-anticorpos. Neste contexto, a percepção do organismo como um todo é preterida, ou seja, não é considerada e por isso fica de fora deste tipo de estudo (RAMOS, 2011a; VAZ, 2011a; VAZ, 2011c).

A Biologia e as suas subáreas de conhecimentos contemporâneas são reducionistas. Em geral, estas se fixam em momentos e não nas dinâmicas da transformação e da conservação. Seus estudos não contemplam os processos, focam somente os resultados. Por esta razão, segundo Mpodozis (2011b), a concepção do organismo como caixa preta de conotação defensora impede a compreensão dos processos que geram os fenômenos que observamos. Desta forma, os obstáculos podem ser perpetuados. Contudo, não devemos diminuir a importância dessa abordagem de construção do conhecimento científico de natureza imunológica, especificamente associado ao SIH. A origem deste campo de conhecimento teve com base este tipo de processo de produção de conhecimento. Por isso, esta filosofia tem importância histórica na instituição das fundações do pensamento e do desenvolvimento científico imunológico.

Sob a perspectiva do racionalismo clássico, identificamos a ideia de que com a aplicação de doses de vacinas ou de soros o sistema imune humano se torna capaz de impedir o desenvolvimento de determinadas doenças por determinados períodos de sua vida. Há células específicas que atuam neste processo. Esta filosofia que orientou os trabalhos e as descobertas de Ilya Metchnikov, trabalhos desenvolvidos por Albert Sabin e Jonas Salk.

Neste contexto filosófico, a atuação do sistema imune humano é investigada por meio da produção de conhecimento valendo-se de estudos de clones de células isolados (MPODOZIS, 2011a) e de camundongos doentes (BOTELHO, 2011). Os processos do viver saudável e as relações sistêmicas entre os componentes do sistema, a fisiologia do sistema imune propriamente dita, são preteridos pelas pesquisas desenvolvidas sob esta filosofia (RAMOS, 2011a; VAZ, 2011c). A visão restrita de atuação do SIH pode impedir o avanço da construção dos conhecimentos relacionados a este sistema e a interação deste com o organismo, com outros organismos e com o ambiente. Entretanto, o recorte do conhecimento construído e apresentado por esta vertente é de fundamental importância para o conjunto de conhecimentos relacionados ao SIH. A expansão dos esforços científicos direcionados às pesquisas voltadas para construção de conhecimentos está diretamente relacionada a este pensamento científico, assim como a evolução dos conhecimentos científicos associados à Imunologia.

No Materialismo técnico, só se vê um evento por meio de uma técnica. Dessa forma, em associação com o racionalismo aplicado, a concepção do sistema imune humano como elemento que protege o organismo da ação de agentes exógenos utilizando inúmeras estratégias e recursos celulares e bioquímicos pode ser associada a esta escola filosófica. Além disso, pode-se associar a estas, também, a geração de respostas exacerbadas contra agentes inócuos e contra o seu próprio organismo. Este conjunto de filosofias norteou as pesquisas a partir da década de 1960, como as realizadas de Frank MacFarlane Burnet, Niels Kaj Jerne, Susumu Tonegawa que resultaram na proposição e no desenvolvimento da Teoria da Seleção Clonal. O conjunto da obra dos autores supracitados constituiu o principal paradigma vigente acerca da ação das respostas imunológicas geradas pelo sistema imune humano.

Em síntese, de acordo com o paradigma da Teoria da Seleção Clonal o organismo produz inúmeros linfócitos B e T de várias especificidades, independente do contato prévio com antígenos. A diversidade de células é possível em decorrência do rearranjo gênico. Os linfócitos expressam receptores antígeno-específicos em sua membrana superficial. Entretanto, cada linfócito apresenta em sua membrana moléculas receptoras de apenas uma especificidade antigênica.

Os receptores dos linfócitos B e T apresentam naturezas distintas. Entretanto, ambos receptores participam da ativação de suas células. A ativação dos linfócitos promove o processo de proliferação celular (divisão celular), pelo qual haverá a formação de clones da célula ativada, diferenciação celular (transformação em células efetoras) e a liberação de vários produtos (secreção). Os linfócitos T são ativados por meio do encontro de seus receptores com as moléculas do complexo principal de histocompatibilidade (MHC) das células apresentadoras de antígenos (APC) e de outros coestímulos. Como resultado do processo de ativação os linfócitos T sintetizam e secretam citocinas, sofrem proliferação gerando clones de linfócitos específicos a um determinado antígeno e se diferenciam em linfócitos efetores e de memória.

Já a ativação do linfócito B pode ocorrer de duas formas diferentes, seja pela interação com antígenos multivalentes de origem microbiana somada a sinais fornecidos pelos receptores de reconhecimento de padrões ou pela interação de seu MHC de classe II com o linfócito T somado aos coestímulos. Como resultado da ativação dos linfócitos B há formação de clones da célula ativada. Destes, uma parte se transforma em plasmócitos, células que sintetizarão e secretarão os anticorpos (imunoglobulinas) antígeno-específico. Outra parte, uma pequena fração celular, será transformada em células de memória capazes de agir com maior rapidez contra o antígeno caso este seja reintroduzido no organismo. Em suma, a ativação dos linfócitos B e T culmina com o início do processo de proliferação celular (divisão celular), pelo qual há a formação de clones da célula ativada, com diferenciação celular (transformação em células efetoras) e com a liberação vários produtos. O objetivo das ações dos diferentes tipos de linfócitos é defender o hospedeiro. Para tanto, as ações isolada ou conjunta dos diferentes linfócitos buscam eliminar o antígeno (patógeno) invasor. Após a eliminação do antígeno as respostas dos Linfócitos B e T declinam. Este processo de contração visa o retorno do equilíbrio do SIH. Como pressuposto final o organismo não apresenta reatividade ao próprio, pois linfócitos que apresentam receptores para antígenos próprios são inativados, seja pela eliminação ou pela supressão dos linfócitos autorreativos (ABBAS et al., 2011).

Entretanto, sabe-se que atualmente a Teoria de Seleção Clonal apresenta limitações explicativas perante o corpo de conhecimento (conjunto de evidências sobre especificidade de células B e T, tolerância imune e alergia)

presentes na literatura contemporânea. Por isso, segundo Daniel-Ribeiro e Martins (2009) esta teoria necessita sofrer revisões e alterações para se manter como um paradigma coerente e não promotor de obstáculos epistemológicos.

Por fim, de acordo com o racionalismo discursivo identificamos os elementos do conceito sistema imune humano os quais são associados à manutenção da organização do organismo para que este se mantenha em equilíbrio (em funcionamento pleno). Neste contexto a estrutura do sistema pode mudar para manter a sua organização. Os elementos desta filosofia são dialéticos e suscitam um diálogo externo segundo o qual tudo o que é conhecido pelas demais filosofias interage com uma proposição conceitual totalmente inadmissível pelas outras escolas filosóficas. Por esta razão, associamos a esta escola filosófica as proposições de Nelson Vaz, Humberto Maturana e Francisco Varela, Jorge Mpodozis, Gustavo Ramos, entre outros.

Sob essa óptica, ideias sistêmicas, históricas, ecológicas e não protecionistas que defendem que o sistema imune é dinâmico e que apresenta constante mudança estrutural (circulação de componentes) voltada para a conservação da dinâmica estrutural são advogadas (MPODOZIS, 2011a). De acordo com estas, os organismos são sistemas autopoéticos que se constroem e mantêm a si mesmos, e, por esta razão, a dinâmica do viver (montar, conservar e regenerar a forma do organismo) nunca cessa (VAZ, 2011a). Durante o viver, o corpo segue conservado. A sua forma se mantém, mas a constituição (os seus componentes) se altera, ou seja, os componentes podem mudar de lugar e de atuação (RAMOS, 2011b). Todavia, a discussão aprofundada sobre essas ideias permanece restrita a pequenos grupos de cientistas (MPODOZIS, 2011a).

Destaca-se que as proposições e as reflexões acerca do SIH apresentadas por imunologistas não beligerantes não tem como objetivo negar o conhecimento que está posto, mas desenvolver e realizar aproximações de importantes debates que estão em curso na Biologia evolutiva e do desenvolvimento à Imunologia (VAZ, 2011c).

Salientamos que distintas proposições acerca do *modus operandi* do SIH foram apresentadas, porém, ainda hoje, não há amplo consenso sobre estas questões dentre os pesquisadores da área (DANIEL-RIBEIRO e MARTINS, 2009; SIQUEIRABATISTA et al., 2009; VAZ et al., 2011). Entretanto, apontamos com base no olhar epistemológico bachelardiano que conhecer os obstáculos ultrapassados historicamente pela produção científica é fundamental para compreensão e para o avanço do conhecimento, assim como, para o desenvolvimento do ensino e para a cognição, sob a perspectiva cognitivista de aprendizagem. O ato de conhecer (aprender) sob esta óptica envolve ampliar a rede de conhecimentos (estrutura cognitiva) por meio da evolução (construção e/ou reforma) do que já sabemos para melhor explicar um fenômeno. Entretanto, reconhecemos que os processos de aprendizagem podem resultar no convívio de diferentes concepções acerca de um mesmo conceito na estrutura cognitiva dos estudantes. Por isso, o (re)conhecimento dos diferentes obstáculos e do perfil epistemológico de um determinado tema é relevante, uma vez que a ação educativa tem como objetivo primeiro auxiliar a aprendizagem adequada do tópico de ensino. Portanto, entende-se que, no contexto deste trabalho, o conhecimento do conceito SIH sob as vertentes das diferentes escolas filosóficas, em especial as vertentes dirigidas ao racionalismo crescente, é relevante e essencial para a aprendizagem contemporânea do referido tema e dos tópicos que a ele podem ser associados.

### III. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho organizamos diferentes concepções (ideias contextualizadas) acerca do sistema imune humano (SIH) como elementos da hierarquia bachelardiana de doutrinas filosóficas para elaborar um perfil epistemológico. Assim, propomos relações entre os elementos (conhecimentos referentes aos SIH) historicamente produzidos com as concepções das escolas realista, empirista, racionalista, materialista técnico/racionalista aplicado e materialista discursivo.

Estruturamos uma hierarquia de escolas filosóficas relacionadas às diferentes concepções correntes sobre SIH com o intuito de apresentar uma visão, não necessariamente a única possível, do progresso epistemológico desse

conceito. A análise histórica do tema nos permitiu dispor as características mais marcantes do processo de conceitualização do SIH nas diferentes escolas filosóficas.

Todo o esforço dirigido a estas ações se justifica, pois, segundo Bachelard (1971), o que entendemos como realidade é uma resultante de uma organização do pensamento. Portanto, no contexto de ensino, o conhecimento do perfil epistemológico do SIH relaciona-se a possibilidade de aferir a dimensão das diversas filosofias na construção do conhecimento e na elaboração conceitual pelo aluno. Sob a perspectiva cognitiva, este recurso permite ao professor acessar a organização dos conhecimentos prévios discentes para, valendo-se desses, organizar o ensino com potencialidade significativa e de superação de obstáculos epistemológicos.

Aprender ciências implica em aprender conceitos que contrastam e que desafiam os conhecimentos resultantes da experiência comum. Por isso, o amplo conhecimento do desenvolvimento histórico do tema de ensino/aprendizagem no processo de conceitualização é de extrema relevância.

O delineamento de um perfil epistemológico para o conceito de SIH nos fez repensar sobre as diferentes concepções relacionadas ao tema e as relações destas com o conhecimento dos estudantes e com os nossos conhecimentos acerca do tema.

Como salienta Lopes (1996), o desenvolvimento científico sob a perspectiva bachelardiana se dá, de maneira geral, por meio de processos de retificação. Por isso, devemos nos manter atentos à produção do conhecimento, às mudanças e à superação de obstáculos epistemológicos decorrentes da evolução do conhecimento. No ensino, a atenção deve ser redobrada já que os obstáculos podem surgir em diferentes esferas (da metodologia de ensino até os processos cognitivos), além daquela inerente ao próprio conhecimento científico. A ausência de análise epistemológica dos tópicos de ensino pelo professor pode colaborar para perpetuação de obstáculos epistemológicos que deveriam ser superados pelos alunos por meio do ensino.

No contexto do ensino de Imunologia, destacamos a adoção de metáforas bélicas defensivas como recurso explicativo nos processos de ensino e de aprendizagem do SIH. Em geral, a intenção é tornar familiar um conhecimento abstrato. Contudo, o uso de metáforas em substituição à descrição ampla do conhecimento acerca da fisiologia do tema, no contexto de ensino de Imunologia, pode restringir o desenvolvimento e à compreensão do pensamento científico.

Ademais, pode fomentar a perduração de obstáculos epistemológicos pela consequente restrição da metáfora no processo de conceitualização, já que esta está ligada a escolas filosóficas associadas a concepções menos sofisticadas e já ultrapassadas do tema. Por esta razão, o uso de metáforas bélicas defensivas no ensino de SIH pode, também, dificultar a aprendizagem de novos conceitos.

Entretanto, o uso das metáforas defensivas pode ser frutífero nos processos de ensino e de aprendizagem subsidiados pela epistemologia de Bachelard. Este tipo de estratégia didática nos apresenta o desafio e a possibilidade de refletir como o erro e os obstáculos são elementos constitutivos do processo de construção do conhecimento, já que é a superação do obstáculo que permite o avanço do conhecimento. Além disso, processos de ensino deste tipo nos oferecem a oportunidade de repensar como o erro é interpretado em diferentes contextos e épocas, e como o conhecimento é plural e mutável. Portanto, deve ser salientado que o processo de retificação do conhecimento não cessa.

O erro é intrínseco e necessário ao desenvolvimento do conhecimento. Por isso, não há certezas definitivas e não podemos nos iludir com o que julgamos saber.

Paralelos entre as características do conhecimento científico, de seu desenvolvimento (construção da ciência) e da aprendizagem de ciências podem ser traçados. A identificação dos pontos de interseção entre estes pode favorecer a compreensão da existência de concepções alternativas e dos aspectos da construção do conceito sistema imune humano pelos alunos. O reconhecimento destes pontos pelo professor pode fazê-lo potencializar os processos instrucional e de aprendizagem por meio do enlace entre as concepções epistemológicas com as práticas pedagógicas que valorizam a história da Imunologia e progresso da aprendizagem pela reforma e ampliação dos conhecimentos presentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Desta forma o obstáculo e o perfil epistemológico podem favorecer a interpretação do processo de conceptualização do sistema imune humano, além de ajudar a compreender a especificidade da construção deste conhecimento científico.

Mediante as reflexões desenvolvidas entendemos que a constituição e o reconhecimento do perfil epistemológico do sistema imune humano venham colaborar para a realização de processos de ensino e para a compreensão dos aspectos e dos processos de construção do conceito de SIH realizados por estudantes.

Por fim, entendemos que o delineamento do perfil epistemológico do conceito de sistema imune humano pode contribuir com as discussões acerca dos processos de ensino, de aprendizagem e de construção do conhecimento de Imunologia.

## REFERÊNCIAS

- Abbas, A. K., Litchman, A. H. & Pillai, S. (2011). *Imunologia Celular e Molecular*. Rio de Janeiro: Revinte.
- Bachelard, G. (1971). *Epistemología*. Barcelona: Editorial Anagrama.
- Botelho, J. F. Epigênese. (2011). Vaz, N. M., Mpodozis, J. Botelho J. F., & Ramos, G. Onde está o organismo? (pp. 61-84). Florianópolis: Editora UFSC.
- Canguilhem, G. (1994). *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris: J. Vrin.
- Daniel-Ribeiro, C. T., & Martins, Y. C. (2009). Uma (não tão) breve história da imunologia cognitiva: mecanismos de geração e manutenção da diversidade do repertório imune. *Neurociências*, 5, 189-211.
- Lopes, A. R. C. (1996). Bachelard: o filósofo da desilusão. *Cad. Cat. Ens. Fis.*, 13, 3, 248-273.
- Martins, A. F. P. (2004). *Concepções de estudantes acerca do conceito tempo: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard*. [Tese de doutorado – USP].
- Moreira, M. A. & Massoni, N. T. (2011). *Epistemologias do século XX*. São Paulo: E.P.U.
- Mpodozis, J. A equação fundamental da Biologia. (2011a) In Vaz, N. M., Mpodozis, J. Botelho J. F., & Ramos, G. Onde está o organismo? (pp. 25-44). Florianópolis: Editora UFSC.
- Mpodozis, J. Ontogênese (2011b). In Vaz, N. M., Mpodozis, J. Botelho J. F., & Ramos, G. Onde está o organismo? (pp. 45-60). Florianópolis: Editora UFSC.
- Siqueira-Batista, R., Gomes, A. P., Albuquerque, V. S., Madalon-Fraga, R. Aleksandrowicz, A. M. C., & Geller, M. (2009). Ensino de imunologia na educação médica: lições de Akira Kurosawa. *Rev. Bras. Educ. Med.*, 33, 186190.
- Ramos, G. C. As perguntas antes das respostas. (2011a). In Vaz, N. M., Mpodozis, J. Botelho J. F., & Ramos, G. Onde está o organismo? (pp. 17-22). Florianópolis: Editora UFSC.
- Ramos, G. C. Inflamação como um fenômeno do desenvolvimento animal. (2011b). In Vaz, N. M., Mpodozis, J. Botelho J. F., & Ramos, G. Onde está o organismo? (pp. 125-142). Florianópolis: Editora UFSC.

Vaz, N. M. Uma breve história da Imunologia. (2011a). In Vaz, N. M., Mpodozis, J. Botelho J. F., & Ramos, G. Onde está o organismo? (pp. 143-160). Florianópolis: Editora UFSC.

Vaz, N. M. História nos linfócitos - Uma fisiologia conservadora para o sistema imunológico. (2011b). In Vaz, N. M., Mpodozis, J. Botelho J. F., & Ramos, G. Onde está o organismo? (pp. 161-179). Florianópolis: Editora UFSC.

Vaz, N. M. Imunopatologia por desconexão. (2011c). In Vaz, N. M., Mpodozis, J. Botelho J. F., & Ramos, G. (2011). Onde está o organismo? (pp. 181-193). Florianópolis: Editora UFSC.

Vaz, N. M. & Carvalho, C. R. (2009). Imunologia, intencionalidade e acaso. *Informática na Educação: teoria & prática*, 12, 195-200.

Vaz, N. M., Mpodozis, J., Botelho J. F., & Ramos, G. (2011). Onde está o organismo? Florianópolis: Editora UFSC.