

**A argumentação como prática epistêmica no ensino de Imunologia:  
Estrutura e uso de uma proposta didática sob uma orientação  
epistemológica**  
**Argumentation as an Epistemic Practice in Immunology Teaching:  
Structure and Use of an Educational Proposal with an Epistemological  
Orientation**

*Marsílio Gonçalves Pereira, Sílvia Luzia Frateschi Trivelato, Daniel Manzoni Almeida*  
*Universidade de São Paulo/Faculdade de Educação*  
*marsilvioeduc@gmail.com, slftrive@usp.br, danielmanzoni@yahoo.com.br*

*Recibido 01/06/2016 – Aceptado 07/02/2017*

## **Resumo**

A argumentação é considerada uma prática epistêmica predominante na linguagem científica de grande importância no ensino de ciências e biologia. Para que o ensino de ciências, entre ele, o ensino de Imunologia, venha a ocorrer nessa perspectiva, são necessárias condições humanas e materiais. Para isso, uma proposta didática foi estruturada e usada no ensino de Imunologia em nível de pós-graduação. Tal atividade tem vinculação com aspectos da filosofia da ciência, em especial com a filosofia da biologia e está voltada para que os alunos possam construir argumentos por meio da contra-indução como proposta metodológica de Paul Feyerabend.

**Palavras chave:** Imunologia, Proposta didática, Argumentação, Método contra-Indutivo.

## **Abstract**

Argumentation as the predominant literary style in scientific language is considered to be an epistemic practice of great importance in science and biology teaching. In order for science teaching – and Immunology teaching within it – to take place in this perspective, some human and material conditions are necessary. For this, an educational proposal has been structured and used in Immunology teaching at postgraduate level. Such activity is related to aspects belonging to the philosophy of science, especially with the philosophy of biology, and its purpose is clear: students should be able to build arguments by means of counter-induction according to Paul Feyerabend's methodological proposal.

**Keywords:** Immunology, Educational Proposal, Argumentation, Counter-Inductive Method.

**El argumento como práctica epistémica en la enseñanza de la inmunología: estructura y uso de una propuesta didáctica en una orientación epistemológica.**

## Resumen

La argumentación, como género discursivo predominante en el lenguaje científico, se considera una práctica epistémica de gran importancia en la enseñanza de la ciencia y la biología. Para que la enseñanza de las ciencias, la inmunología entre ellas, se lleve a cabo en esta perspectiva, son necesarias condiciones humanas y materiales. Para ello, se estructuró y utilizó una propuesta didáctica en la enseñanza de la inmunología en el nivel de posgrado. Dicha actividad tiene relación con algunos aspectos de la filosofía de la ciencia, sobre todo con la filosofía de la biología, y está dirigida a que los estudiantes puedan construir argumentos contra-inductivos de acuerdo con una propuesta metodológica de Paul Feyerabend. Poco se sabe acerca de la estructura y características de los argumentos formulados en las clases de biología, que incluyen métodos didácticos más allá de los inspirados en las actividades de investigación, como en los casos donde los estudiantes escriben textos sobre biología como actividad de clase. Pero ¿cómo trabajar la metodología de la contra-inducción en las clases de biología (más específicamente, en el contenido de la inmunología)? La inmunología, una parte de la biología que estudia las interacciones entre los agentes patógenos y el cuerpo más allá de las interacciones fisiológicas en el cuerpo mismo, ofrece un interesante contexto sobre las teorías que tratan de explicar cómo funciona el sistema inmunológico. Teniendo en cuenta estas características, hemos desarrollado una actividad con el tema de la inmunología "¿Cómo funciona el sistema inmunológico?", relacionada con las cuestiones históricas y filosóficas del área, que incluye una propuesta de trabajo basada en el método de contra-inducción. Por lo tanto, nuestro objetivo es estructurar y utilizar una actividad didáctica en la enseñanza sobre el mencionado tema. Se pretende que los estudiantes construyan argumentos escritos y trabajen con la guía del método de contra-inducción, en la movilización de conocimientos para la presentación de hipótesis sobre la cuestión central de la inmunología "propio" y "no-propio". Este estudio es de naturaleza cualitativa e implica el desarrollo y la estructuración de una secuencia didáctica utilizada en las clases de inmunología a nivel de graduados de maestría y doctorado. La secuencia didáctica se estructuró en 5 clases y se aplicó en la didáctica especial de la disciplina. Los objetivos de esta actividad eran poner a los estudiantes universitarios en contacto con siete propuestas diferentes desarrolladas en inmunología experimental sobre los conceptos de especificidad/diversidad/tolerancia inmunológica (inmersión histórica y epistemológica) y proponer a los estudiantes la redacción de textos para la construcción de conocimientos basados en la contra-inducción y la argumentación científica (prácticas epistémicas). Consideramos que la propuesta de Feyerabend de la contra-inducción y la construcción de una hipótesis para refutar o poner en tela de juicio la teoría predominante se ha cumplido para la actividad propuesta para las clases de biología, especialmente de inmunología. Creemos también que dicha actividad proporciona un ejercicio de argumentación y de articulación del conocimiento científico y filosófico por los estudiantes en la construcción de un texto con el objetivo de generar hipótesis. El uso de la construcción contra-inductiva feyerabendiana de hipótesis en la enseñanza de la ciencia, especialmente de la biología como práctica epistémica, puede proporcionar la posibilidad de enseñar esta disciplina de un modo histórico-filosófico más allá del ejercicio crítico de la lectura de las teorías científicas y los argumentos a refutar.

**Palabras claves:** Inmunología, Propuesta didáctica, Argumentación, Método contra-inductivo.

## Introdução

Nos últimos anos diversos autores têm focado o ensino de ciências com base nas práticas epistêmicas do universo da ciência (Kelly e Duschl, 2002; Kelly, 2008). Entende-se por práticas epistêmicas, o conjunto de ações, linguagens e práticas compartilhadas pela comunidade científica, como por exemplo, o uso do método científico, com suas sequências lógicas, como prática com objetivo de propor um conhecimento ou as práticas linguísticas, como a argumentação, pertinentes e fazendo parte da comunicação e avaliação dos resultados obtidos pelos e entre os membros dessa comunidade. O deslocamento do conjunto de práticas dessa comunidade para as questões do ensino-aprendizagem na educação científica nos traz tal perspectiva como instrumento para a alfabetização científica de crianças, jovens e adultos.

Com enfoque nos estudos do uso das práticas epistêmicas no ensino de ciências foi desenvolvido uma série de categorias para a investigação dessas práticas com base no contexto da sala de aula. Basicamente, podemos classificar esse conjunto de categorias de práticas em três grupos: a produção, a comunicação e a avaliação do conhecimento. Aqui, tomaremos a proposta dessa categorização com bases em duas orientações teóricas, a de Jiménez-Aleixandre et al. (2008), que nos traz uma proposta dividida entre práticas gerais e específicas e a de Araújo (2008) que nos apresenta uma série de categorias, derivadas da análise das aulas de ciências em laboratório, em um único conjunto de categorias, independentes de gerais ou específicas. Acreditamos que esses dois referenciais, organizados e sintetizados, podem ser utilizados em análise de práticas epistêmicas como utilizado no desenvolvimento e aplicação de uma sequência investigativa em aulas de Biologia (em Silva, 2015) e refletem práticas sociais na pesquisa em biologia e a produção de argumentos como prática epistêmica.

Pouco se sabe a respeito da estruturação e das características dos argumentos formulados em aulas de Biologia que contemplem modalidades didáticas além daquelas inspiradas em atividades investigativas, como por exemplo, em casos onde alunos escrevem textos de cunho biológico como atividade de sala de aula. Porém, como trabalhar a metodologia da contra indução nas aulas de biologia (mais especificamente, em conteúdos de imunologia)? A imunologia, uma parte da biologia que estuda as interações entre patógenos e o organismo, além das interações fisiológicas no próprio organismo, apresenta um contexto interessante sobre as teorias que tentam explicar como o sistema imunológico funciona.

Diante desses aspectos e reflexões nos perguntamos: como é possível trabalhar a argumentação, como prática epistêmica, em aulas de biologia, em especial de Imunologia, com o uso da contra indução proposta por Paul

Feyerabend? Aqui, nós desenvolvemos uma atividade com temática de imunologia “Como o sistema imunológico funciona?”, flexionada com as questões históricas e filosóficas da área, que contempla a proposta da metodologia da contra indução. Assim, nosso objetivo foi estruturar e utilizar uma atividade didática no ensino de imunologia sobre o tema “Como o sistema imunológico funciona?” voltada para que os alunos possam construir argumentos escritos e trabalhar com a orientação do método da contra-indução, na mobilização de conhecimentos pelos alunos para a apresentação de hipóteses para a questão central da imunologia sobre o “próprio” e o “não próprio”.

Paul Feyerabend foi um dos maiores pensadores da filosofia da ciência do século XX. Defendeu que a metodologia científica deveria seguir as bases do anarquismo epistemológico. Nesse sentido, privilegiando a multiplicidade metodológica, Feyerabend propõe como uma de algumas de suas teses, a tese da contra-indução. A contra indução, proposta por Feyerabend, é a formulação de hipóteses inconsistentes com as teorias e fatos disponíveis, sendo:

*“Para ver como isso funciona, consideremos a regra de que é a “experiência”, ou os “fatos”, ou “resultados experimentais” que medem o êxito de nossas teorias, que concordam entre uma teoria e os “dados” favorece a teoria (ou deixa inalterada a situação), ao passo que a discordância a compromete e talvez mesmo nos force a eliminá-la. Essa regra é uma parte importante de todas as teorias da confirmação e da corroboração. É a essência do empirismo”. (Feyerabend, 1975, p. 433).*

Jiménez-Aleixandre e colaboradores (2008), com base nas propostas de Sandoval (2000) e Kelly (2008) produziram um conjunto de categorias para avaliação das práticas epistêmicas de acordo com sua ligação com o conhecimento trabalhado pelos estudantes. Assim, esses autores classificam as práticas sociais relacionadas ao conhecimento em três grupos: a Produção, a Comunicação e a Avaliação do conhecimento. Para cada uma dessas dimensões, os autores propõem e mostram que há práticas epistêmicas gerais da ciência, ou seja, que são comuns a todas as áreas científicas, e um conjunto de práticas específicas, isto é, aquelas ligadas a um dado campo da ciência, como é o caso da Imunologia investigado neste estudo. Por outro lado, Araújo (2008) propõe as práticas epistêmicas explicitadas em aulas ministradas em laboratório de ciências que se distingue do proposto por Jimenez-Aleixandre et al. (2008). Essa autora não faz distinção entre práticas epistêmicas gerais e específicas, mas uma classificação única dessas práticas.

Aqui destacamos apenas duas dessas situações que são levadas como focos do nosso trabalho. Uma é a base que fundamenta a inserção dessas práticas tomadas como práticas da ciência no contexto da sala de aula. A outra está ligada a comunicação e formalização do conhecimento como parte da linguagem essencial da ciência, a argumentação.

Sobre as teorias da imunologia, podem-se identificar algumas teorias propostas que são aceitas pela comunidade de imunologistas e que levam a questão dos mecanismos propostos para o funcionamento do sistema imunológico para caminhos distintos (ver Quadro 1, no subtítulo metodologia). Entretanto, o comum a todas essas teorias desde a de Burnet, é a tentativa da chegada a uma linguagem que represente fielmente o contexto físico das interações entre moléculas e células do sistema imunológico, eliminando questões que permeiam a linguagem metafísica, como por exemplo, a do “próprio” e do “não próprio” (Tauber, 1994, 1997, 1999 e 2000).

Entretanto, essa pluralidade de discussões não toca o ensino da imunologia. Recentemente, Siqueira-Batista et al., 2009 mostrou uma análise dos conceitos abordados nos principais manuais didáticos em Imunologia com a questão como o sistema imunológico funciona. Os resultados mostraram que os livros analisados apresentavam uma única visão, uma visão do sistema imunológico “militarizado” que possui apenas uma função que é proteger o organismo contra a invasão de microrganismos invasores. Como já apresentado, essa versão pode ser considerada superada, pois outras discussões já foram incorporadas a imunologia e a função do sistema imunológico já é pluralizada, ou seja, tem como função além do reconhecimento de patógenos, garantir a homeostasia do hospedeiro. Nesse artigo, os autores trazem à tona a discussão de um ensino de imunologia para além do contexto “próprio” do “não próprio” e da militarização do sistema imunológico. Abordando as outras teorias discutidas na imunologia.

### **Metodologia**

Este estudo é de natureza qualitativa e envolve o desenvolvimento ou estruturação de uma sequência didática utilizada em aulas de Imunologia em nível de pós-graduação com alunos de mestrado e doutorado. A sequência didática foi estruturada em 5 aulas e aplicada na disciplina Didática Especial.

A coleta de dados ocorreu em 2015 no contexto da disciplina Didática Especial que atende um público de pesquisadores em formação em temas de Imunologia e com um potencial de serem futuros professores no ensino superior nas áreas de Ciências Biológicas e Médicas de universidade públicas e privadas brasileiras. A disciplina é oferecida anualmente, com carga horária de 30 horas e a turma trabalhada foi composta por 16 alunos.

Todas as informações coletadas foram previamente autorizadas pelos participantes da pesquisa, que leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). O presente estudo foi submetido, analisado e autorizado para realização pelo comitê de ética.

### **A concepção da atividade de filosofia da imunologia**

Diante da tensão histórica sobre como o sistema imune opera quanto os conceitos de Especificidade, Diversidade e Tolerância Imunológica a partir da segunda metade do século XX na Imunologia experimental; da discussão adotada pela filosofia que aborda essa tensão na discussão no campo do uso metafórico da Filosofia da biologia (Tauber, 1994,

1997, 1999 e 2000); da ausência de uma abordagem que contemple esse debate nos livros didáticos de Imunologia (Siqueira-Batista et al., 2009); dos conceitos de Indução (de Francis Bacon a Karl Popper) e Contra-indução (de Paul Feyerabend) da Filosofia da ciência (em Chalmers, 2015); e baseados na estrutura da proposta metodológica para o ensino de filosofia de “oficina de conceitos” (Gallo y Kohan, 2000); se concebe uma atividade de “Filosofia da Imunologia”. Os objetivos dessa atividade didática foram o de expor os estudantes de nível superior em contato com sete diferentes propostas desenvolvidas na imunologia experimental sobre os conceitos de especificidade/diversidade/tolerância imunológica (imersão histórica e epistemológica) e proporcionar aos alunos a redação de textos para construção de conhecimento com base na contra-indução e com a estrutura da argumentação científica (práticas epistêmicas).

### Análise de argumentos

A análise do material escrito pelos alunos foi realizada da seguinte maneira: 1ª etapa: Foram contados os números de parágrafos de cada redação produzida pelo grupo de alunos. As orações, da composição de cada parágrafo, foram separadas e analisadas segundo o mapa de análise de textos, baseado no mapa de episódios para análises das interações verbais entre alunos e professor nas aulas de ciências proposto por Silva & Mortimer (2010), como exemplificado no Quadro 1.

Itens	Descrição
Paragrafo	Espaço destinado a numeração dos parágrafos localizados no texto;
Linha	Espaço destinado a indicação das linhas de localização das orações construídas nos textos;
Texto/Frases produzidos	Espaço para a transcrição literal de cada linha extraída do texto;
Partes da estrutura do argumento	Espaço para a análise referente a identificação da estrutura referente do argumento;
Presença de Conhecimento Científico	Espaço para marca positiva (X) da indicação da presença de conhecimento científico na oração extraída do texto;
Presença de Conhecimento Filosófico	Espaço para marca positiva (X) da indicação da presença de conhecimento filosófico na oração extraída do texto;
Presença do senso comum	Espaço para marca positiva (X) da indicação da presença de informações de senso comum na oração extraída do texto.

**Quadro 1:** Demonstrativo dos itens de análise dos textos produzidos pelos alunos.



2ª etapa: Acessaram-se as características dos conhecimentos mobilizados pelos alunos na formulação dos argumentos (Toulmin, 2006). Para isso, foram constituídas três categorias de análises, baseadas na natureza distinta dos conhecimentos demonstrados e explícitos nos textos: i) Conhecimentos do mundo da Filosofia – onde consideram-se as características da natureza do conhecimento sobre metafísica, política, teoria de conhecimento e estética; ii) Conhecimentos do mundo das Ciências - onde considera-se o conjunto de fatos e teorias empíricas que explicam fenômenos físicos, químicos e biológicos da natureza; e iii) Conhecimentos de Senso Comum – onde consideram-se outras informações não ligadas aos mundos dos conhecimentos citados anteriormente. Assim, para a categoria de Conhecimentos do mundo da Filosofia, alguns aspectos foram considerados, tais como: a abordagem de teorias filosóficas, menção de pensadores, princípios de conceitos filosóficos, termos específicos de conceitos filosóficos. Para os Conhecimentos do mundo das Ciências outros aspectos foram considerados, como: a abordagem e menção de resultados científicos obtidos empiricamente, menção a teorias científicas das ciências naturais e termos e conceitos científicos. Para efeito de apresentação destes resultados, utilizar-se-á alguns resultados do grupo 2 de alunos.

## **Resultados e Discussão**

### **A estrutura da atividade**

Essa atividade foi construída baseada em Gallo e Kohan (2000) com proposta de “oficina de conceitos”. A “Oficina de Conceitos” é uma proposta metodológica do ensino de Filosofia que se propõe “(...) enfatizar seu caráter prático, para além de uma mera transmissão de conteúdos da história da filosofia ou mero treinamento de competências e habilidades supostamente identificadas com o pensamento filosófico. Falar em oficina de conceitos é falar da experimentação que remete ao novo, à criação (...)” (Gallo e Kohan, 2000). Assim, essa proposta metodológica é caracterizada em quatro etapas. A primeira etapa é chamada de “Sensibilização”. É uma etapa que concentra a atenção para o tema do trabalho a ser discutido. O objetivo dessa etapa é a sensibilização dos estudantes quanto ao tema a ser trabalhado na atividade. A segunda etapa é a “Problematização”. Nessa etapa o tema proposto na atividade é transformado em um problema a ser investigado pelos alunos. É a etapa da formulação da pergunta que instigará e motivará a curiosidade dos alunos. A terceira etapa é a “Investigação”. É a fase em que os alunos terão contato ou desenvolvem metodologias (no caso filosófico, teóricas) para responder a questão desenvolvida na etapa da problematização. A quarta etapa é a “Conceituação”. Nessa etapa, já apresentados a uma temática problematizada e dispostos de metodologia teórica para a investigação, os alunos são estimulados a criar ou recriar os conceitos propostos na atividade (Gallo e Kohan, 2000).

Na sequência didática aqui estruturada, as etapas de “sensibilização” e “problematização” consistiram da apresentação de discussões prévias com os alunos sobre as principais teorias, que surgiram no século XIX, que atravessaram o século XX e que chegam até o XXI com novas propostas, sobre como o sistema imunológico foi caracterizado quanto aos conceitos de especificidade (reconhecimento de antígenos), a diversidade desse

reconhecimento de antígenos e como são propostas as explicações sobre os mecanismos de tolerância aos antígenos (Quadro 2). Após as discussões, duas questões, ainda pertinentes na imunologia contemporânea, (1) "Como o sistema imunológico funciona?" e (2) "Como podemos resolver essa questão?" foram colocadas como propostas de problemas para a produção dos textos. Para estimular os grupos de estudantes a responder a essas duas questões, foi proposta uma atividade de investigação, com base no conceito da Contra-Indução (Paul Feyerabend), seguindo as diretrizes que cada grupo de alunos escolhesse um dos caminhos apresentados e redigisse um posicionamento do grupo: (I) Não concorda com nenhuma das explicações de como o sistema imunológico funciona. Escreva um texto defendendo a posição. (II) Não concorda com nenhuma das explicações e quer propor uma nova explicação de como funciona o sistema imunológico. Escreva um texto defendendo sua posição. (III) Concorda com uma das explicações sobre como o sistema imunológico funciona. Escreva um texto defendendo essa teoria. (IV) Concorda com todas as explicações sobre o sistema imunológico. Escreva um texto defendendo essa posição. (V) Concorda com mais de uma explicação sobre como funciona o sistema imunológico. Escreva um texto defendendo essa posição. A etapa de "Conceituação" proposta pelo grupo de alunos foi realizada por escrito, com intervalo de dois dias entre a aula de apresentação da atividade e a de apresentação dos "conceitos", e apresentadas pelos grupos em seguida em forma de seminários. Nessa etapa, os grupos de alunos, receberam o conjunto de artigos citados na coluna de referencias do Quadro 2 para realização e composição dos textos.

Ordem	Datas	Autor(a)	Teoria	Descrição da proposta	Referências
1	1891	Paul Ehrlich	O "self" e o "No-self" e <i>horror autotoxicus</i>	O sistema imunológico apresenta a capacidade de discriminar antígenos que são próprios dos que não são próprios.	1
2	1959	Frank Macfarlane Burnet	Seleção Clonal	Na fase embrionária e neonatal todas as especificidades clonais seriam produzidas e os linfócitos reativos ao próprio seriam eliminados. Tolerância "recessiva". Após o nascimento só restariam clones reativos a antígenos estranhos.	2, 3
3	1991	Irun Cohen <i>et al.</i>	<i>Homunculus</i> imunológico	A tolerância a auto componentes no sistema imunológico está dirigida a grupos de antígenos dominantes com relação aos outros	4



4	1993	Antônio Coutinho	Tolerância dominante	A tolerância ocorre por meio de uma seleção positiva dos clones celulares auto reativos. A seleção de linfócitos T no timo ocorre em função da avidez de interação entre o TCR e MHC-peptídeo.	5
5	2002	Polly Matzinger	O modelo do perigo	O funcionamento do sistema imunológico está concentrado na proteção ao perigo do que na discriminação do próprio e do não próprio.	6
6	2003	Nelson Vaz	Fisiologia Conservadora	O sistema imunológico está estruturado e operando como base a conectividade interna de seus elementos (os linfócitos), ou seja, cada linfócito, ao ser ativado, interage com outros linfócitos de forma que a expansão de alguns clones é estimulada e a de outros, inibida.	7
7	2013	Eric Muraille	Baseado na hipótese da "Rainha Vermelha"	Propõe que o sistema imunológico foi desenvolvido e se mantém por meio de uma pressão seletiva no processo de co evolução entre patógeno e hospedeiro.	8

**Quadro 2:** Histórico das propostas sobre os conceitos de Especificidade/Diversidade/Tolerância na Imunologia. Legenda: (1) Em Arthur M. Silverstein: A History of Immunology. Academic Press Inc., San Diego 1989, p.160–189; (2) Burnet M. Auto-immune disease. I. Modern immunological concepts. Br Med J. 1959; (3) Burnet M. Auto-immune disease. II. Pathology of the immune response. Br Med J. 1959 Oct 17;2 (5154):720-5; (4) Cohen IR, Young DB. Autoimmunity, microbial immunity and the immunological homunculus. Immunol Today. 1991 Apr;12(4):105-10; (5) Nobrega A, Haury M, Grandien A, Malanchère E, Sundblad A, Coutinho A. Global analysis of antibody repertoires. II. Evidence for specificity, self-selection and the immunological "homunculus" of antibodies in normal serum. Eur J Immunol. 1993 Nov; 23(11):2851-9; (6) Matzinger P. The danger model: a renewed sense of self. Science. 2002, 301-5; (7) Vaz NM, de Faria AM, Verdolin BA, Silva Neto AF, Menezes JS, Carvalho CR. The conservative physiology of the immune system. Braz J Med Biol Res. 2003 Jan;36(1):13-22; (8) Muraille E. Redefining the immune system as a social interface for cooperative processes. PLoS Pathog. Mar;9(3), 20.

## Uso da atividade e seus resultados

A apresentação dos resultados em função do uso da atividade no ensino de Imunologia está dividida em três partes. A primeira parte é referente a escolha da proposta pelos grupos para construção das hipóteses similares a contra-indução (Paul Feyerabend, 1975); a segunda é a análise da presença das estruturas de composição dos argumentos; e a terceira os resultados das análises das categorias propostas sobre a presença de conteúdos do mundo científico ou filosófico nos argumentos.

## Explicação dos grupos de estudantes por meio das propostas sobre funcionamento do sistema

Os resultados das análises mostraram que dois grupos escolheram a opção III, um grupo escolheu a opção IV e três grupos escolheram a opção V. Verificamos que o Grupo 1 na composição do seu textos, escolheu a opção V oferecida na proposta da atividade: que concorda com mais de uma explicação sobre como funciona o sistema imunológico. Seguindo essa opção, o grupo elegeu as propostas do "Modelo do perigo" de Polly Matzinger (2002), a teoria da "Fisiologia conservadora" de Nelson Vaz (2003), e a teoria baseada na "hipótese da rainha vermelha" de Eric Muraille (2013); o Grupo 2 escolheu na composição do texto sobre o sistema imunológico o caminho IV, que concorda com todas as sete explicações propostas nas teorias sobre o sistema imunológico; o Grupo 3 assinalou a opção III, que concorda apenas com uma única teoria sobre como o sistema imunológico funciona. Seguindo essa opção, esse grupo escolheu a teoria da "Seleção Clonal" de Burnet (1959); o Grupo 4 escolheu o caminho III das propostas oferecidas, que concorda apenas com uma única teoria sobre o sistema imunológico. A proposta escolhida pelo grupo foi a do *Homunculus* imunológico proposta por Irun Cohen et al. (1991); o Grupo 5 escolheu a opção III das propostas apresentadas. A teoria escolhida pelo grupo foi da tolerância dominante do grupo de Antônio Coutinho (1993); e o Grupo 6 escolheu o caminho V. As teorias escolhidas pelo grupo foram a da "Seleção clonal" de Burnet (1959) e da "Teoria do perigo" de Polly Matzinger (2002).

Interessantemente, na atividade os grupos de alunos utilizam a ideia central da imunologia, a proposta da seleção clonal de Burnet de 1959, ora como estrutura central do texto construído ou ora como início do desenvolvimento do texto ora como base para iniciar a desconstrução e propor suas hipóteses para uma teoria de como funciona o sistema imunológico. Isso pode estar relacionado a linguagem desenrolada e que vem ser edificada e cristalizada na teoria de Burnet do mecanismo de ação do sistema imunológico estar vinculado a discriminação entre de um 'Eu' (um próprio) de um 'Outro' (não próprio); essa linguagem só será rompida a partir dos anos 2000 com as discussões de Matzinger

## Do conteúdo dos argumentos

A ciência, encarada como uma cultura tem como partes estruturantes do seu saber a linguagem científica e as práticas científicas compartilhadas entre os membros da comunidade científica. Assim, é uma prerrogativa que o sujeito que compartilhe da

comunidade científica tenha acesso a essa linguagem e a essas práticas. Entendemos que essas práticas científicas não estão concentradas a fazer experimentos, usar equipamentos no laboratório de ciências e descrever fenômenos. Essa abordagem da penetração de estudantes no mundo da ciência tem limitações. Aqui buscamos propor uma prática epistêmica sugerida na obra de Paul Feyerabend como prática científica essencial para o progresso científico, a contra-indução, no ensino de ciências. Ainda, possibilitar a contra-indução como prática epistêmica para o ensino de biologia.

Como criticado por Feyerabend, no contexto da educação científica, o ensino da argumentação é válido quando alcança para além dos domínios apenas estruturais de repetição das partes linguísticas:

*"(...) o domínio de uma língua, a existência de um mundo perceptual ricamente articulado, a capacidade lógica – é devido, em parte, à doutrinação e, em parte, a um processo de desenvolvimento que age com a força de uma lei natural. E quando os argumentos parecem ter efeito, isso se deve com mais frequência à sua repetição física do que seu conteúdo semântico" (Feyerabend, 1975, p.39).*

Com o objetivo de inserir essa lógica em atividades de cunho científico, articuladas a prática da argumentação, aqui mostramos a experiência da aplicação de uma atividade com bases no conhecimento científico e com prática científica, a contra-indução.

Assim, como foram construídos os argumentos com as hipóteses propostas pelos grupos? Quais foram esses conhecimentos científicos ou filosóficos utilizados pelos grupos de alunos para sustentar as propostas?

Um fato interessante observado, é que em todos os seis grupos analisados, independente da opção para construção da atividade, os alunos utilizam uma ideia central da imunologia, a proposta da seleção clonal de Burnet de 1959, ora como estrutura central do texto ou ora como início do desenvolvimento do texto. Essa teoria tem como base que as células do sistema imunológico no timo, em um período embrionário e neonatal do organismo, passem por um processo de seleção que tem a função de discriminar as células que reagem e não reagem aos antígenos próprios, ou seja, células que reagem a antígenos próprios são eliminadas e células que não reagem permanecem e são liberadas para a periferia do organismo. Na periferia essas células colonizam órgãos linfoides secundários e tem contato com antígenos estranhos e são ativadas para execução de suas funções biológicas. Essa teoria foi construída por Burnet ao sintetizar de outras teorias, como por exemplo, a do horror autotoxicus de Paul Ehrlich – do reconhecimento do próprio e do não próprio – e da teoria dos germes de Pasteur. Essa premissa, do "próprio" contra o "não próprio", de um sentido bélico na defesa do sistema imunológico, é forte e presente nos livros didáticos de imunologia (Siqueira-Batista et al., 2009), o que nos sugere que tenha sido o ponto de partida ou da estrutura central dos textos construídos pelos grupos.

O Grupo 2 optou por defender e construir um texto para explicar o funcionamento do sistema imunológico baseado em todo o conjunto de teorias formuladas e disponíveis

na atividade. Para esse grupo as explicações do funcionamento do sistema imunológico podem ser sintetizada na reunião dos vários princípios das diversas teorias formuladas ao longo da história do campo da imunologia. No desenvolvimento do texto o grupo construiu um único grande argumento. O Grupo 2 começa o texto, nos dois primeiros parágrafos, com a conclusão do argumento – utilizando conhecimentos classificados do mundo da filosofia - que será desenvolvido para defender essa posição e que pode ser evidenciado no quadro 3:

Linha do texto	Texto produzido	Partes da estrutura do argumento	Conhecimento do mundo da Filosofia	Conhecimento do mundo da Ciência
1-2	O grupo optou por escolher o caminho número IV que concorda com todas as explicações sobre o sistema imunológico.			
3-5	Tomando como base as referências sugeridas pela proposta da atividade, observamos que há teorias distintas para explicar o mesmo fenômeno biológico, que é funcionamento do sistema imune.	Conclusão	X	
5-7	Cada teoria reflete um dado momento contido no seu contexto histórico, não sendo estas excludentes entre si, mas complementares, representando visões subjetivas de cada pesquisador e permitidas pelos recursos disponíveis na época .	Conclusão	X	

**Quadro 3:** Análise da conclusão do argumento do Grupo 2.

O grupo assumiu uma visão “Multiplicionista” que terá como função, a partir da demonstração dos dados, uma espécie de síntese sustentada pelas ideias de sobre como funciona o sistema imunológico. Interessantemente, esse grupo após apresentar a conclusão fará a ligação dessa conclusão com apoios e garantia que sustentam a sua argumentação com conhecimentos do mundo da Filosofia, como explicitamos, abaixo no quadro 4. Para esse grupo, a explicação do funcionamento do sistema imunológico tem um princípio único, que foi demonstrado de maneiras diferentes ao longo da história da imunologia, com influências sócio-políticas associadas ao contexto. O grupo resgata, de forma superficial, um princípio da proposta Kantiana, da teoria do conhecimento moderno, para apoiar a premissa escolhida para o desenvolvimento do argumento.

Linha do texto	Texto produzido	Partes da estrutura do argumento	Conhecimento do mundo da Filosofia	Conhecimento do mundo da Ciência
8-9	Segundo Kant, as definições sobre determinados objetos se dão a partir da visão do ser humano sobre estes.	Apoio	X	
9-10	As impressões que são projetadas, de fato, correspondem a subjetividade de quem observa.	Apoio	X	
10-12	Podemos verificar isso na ciência em geral e neste estudo em específico quando observamos que as diversas teorias apresentadas consistem em visões diferentes do mesmo objeto de estudo.	Garantia	X	

**Quadro 4:** Análise de apoios e garantia do argumento do Grupo 2.

A conclusão do Grupo 2 considera que uma explicação para o funcionamento do sistema imunológico está na síntese das diversas teorias, a partir do princípio da seleção clonal proposta por Burnet em 1959. Essa conclusão está sustentada, no argumento construído por esse grupo, com base na ocorrência de nove apresentações de dados experimentais, de conhecimentos do mundo da ciência, em especial da imunologia experimental, observados nos trabalhos originais disponíveis, que foram usados para a construção das ideias ao longo da história da imunologia, como exemplificadas no quadro abaixo (quadro 5).

Linha do texto	Texto produzido	Partes da estrutura do argumento	Conhecimento do mundo da Filosofia	Conhecimento do mundo da Ciência
13-14	Os primeiros estudos concisos sobre o tema datam de 1959, com as publicações de Burnet sobre autoimunidade.	Dado		

14-18	Nestes trabalhos, o autor levanta a hipótese, posteriormente aprofundada, de que as células mesenquimais expressam múltiplas copias de receptores de superfície específicos para as moléculas estranhas ao organismo, além de sinalizar através de sua superfície anticorpos que iniciam a resposta imune e por fim que os linfócitos auto-reactivos são deletados no início da vida.	Dado		X
18-19	Posteriormente ficou comprovado que essas células mesenquimais se tratavam na realidade dos hoje conhecidos linfócitos (Nessa época apenas os linfócitos B eram conhecidos).	Dado		X

**Quadro 5:** Análise de apoios e garantia do argumento do Grupo 2 com base na ocorrência de nove apresentações de dados experimentais fornecidos.

Os dados levantados pelo Grupo 2 nesse trecho remetem aos resultados experimentais analisados na década de 50 por Burnet para proposta da teoria da seleção clonal. Esses dados apresentados pelo Grupo 2 tem a intenção de mostrar as bases da teoria da seleção clonal que todos os linfócitos seriam inicialmente gerados no timo no período embrionário e neonatal. Aqueles linfócitos que seriam capazes de reagir aos antígenos próprios nesse período seriam eliminados, garantindo, assim, a autotolerância. Por outro lado, aqueles que não tivessem reação ao próprio seriam liberados para a periferia do organismo. A abordagem da teoria da seleção clonal pelo grupo como dado para sustentar a conclusão é feita por apresentação de dados experimentais, ou seja, uma tentativa do grupo de validar a teoria de Burnet que está baseada em dados obtidos e “comprovados” (linhas 18-19), como citado no texto do grupo por meio de experimentos.

## Conclusões

Após cada grupo apresentar por escrito e oralmente suas construções de hipóteses um debate entre os grupos, guiado pelo docente, foi estabelecido. O principal objetivo dessa fase foi proporcionar que os grupos estabelecessem a crítica e ampliação dos argumentos e das hipóteses baseadas nas informações científicas disponíveis nos artigos. Como conclusão geral dessas discussões estabelecidas os grupos de alunos e alunas propuseram que uma investigação experimental, na área em questão, era essencial para o



fortalecimento ou refutação das hipóteses defendidas por cada grupo. Assim, consideramos que a proposta da prática epistêmica contra-indução feyerabendiana, a construção de uma hipótese que refute ou coloque em questionamento a teoria vigente, foi atendida para a proposta da atividade para as aulas de biologia, em especial de imunologia, propiciando o exercício da argumentação e articulação de conhecimento do mundo científico e filosófico pelos alunos na construção de texto com objetivo hipotético. A utilização da construção de hipóteses contra-indutivas feyerabendiana no ensino de ciências, em especial de biologia, como prática epistêmica podem proporcionar possibilidade de ensino de biologia de forma histórica-filosófica, além do exercício crítico da leitura de teorias científicas e argumentações de refutação.

## Referencias bibliográficas

- Araújo, A.O. (2008). *O uso do tempo e das práticas epistêmicas em aulas práticas de Química* (Tese de Mestrado). Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil. Recuperado de <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br>
- Chalmers, A.F. (2015). *O que é ciência afinal?* São Paulo, Brasil: Brasiliense.
- Feyerabend, P. (1975). *Contra o método*. Rio de Janeiro, Brasil: Livraria Francisco Alves Editora.
- Gallo, S. e Kohan, W.O. (Orgs.). (2000). *Filosofia no Ensino Médio*. Petrópolis, RJ: Vozes.
- Jiménez-Aleixandre, M.P., Mortimer E.F., Silva A.C.T. e Díaz de Bustamante, J. (2008). Epistemic Practices: an analytical framework for science classrooms. Paper presented in *Annual Meeting of AERA (American Educational Research Association)*, New York.
- Kelly, G.J. (2008). Inquiry, Activity, and Epistemic Practice. In: Duschl, R. A. e Grandy, R. E. (Ed.). *Teaching Scientific Inquiry. Recommendations for Research and Implementation* (pp.99-117). Rotterdam, The Netherlands.: Sense Publishers.
- Kelly, G. e Duschl, R.A. (2002). Toward a research agenda for epistemological studies in science education. Paper presented in *2002 NARST, Annual Meeting of National Association for Research in Science Teaching*. New Orleans.
- Sandoval, W.A.; Bell, P.; Coleman, E.; Enyedy, N. e Suthers, D. (2000). Designing Knowledge Representations for Learning Epistemic Practices of Science. Paper presented in *Annual meeting of AERA (American Educational Research Association)*. New Orleans.
- Silva, M.B. (2015). *A construção de inscrições e seu uso no processo argumentativo em uma atividade investigativa de biologia* (Tese de Doutorado). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. Recuperado de [www.teses.usp.br/teses/](http://www.teses.usp.br/teses/).
- Silva, A.C.T. e Mortimer, E.F. (2010). Caracterizando estratégias enunciativas em uma sala de aula de química: aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero do discurso. *Investigações em Ensino de Ciências*, 15(1), 123-153.
- Siqueira-Batista, R.; Gomes, A.P.; Albuquerque, V.S.; Mandalon-Fraga, R.; Aleksandroviwz, A.M.C. e Geller, M. (2009). Ensino de Imunologia na educação médica: lições de Akira Kurosawa. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 33(2): 186-190.
- Tauber, A.I. (1994). *The Immune Self: Theory or Metaphor?*. New York, EUA: Cambridge University Press.

- Tauber, A.I. (1997). Historical and Philosophical Perspectives on Immune Cognition. *Journal of the History of Biology*, 30(3): 419–440.
- Tauber, A.I. (1999). The Elusive Self: A Case of Category Errors. *Perspectives in Biology and Medicine*, 42(4): 459–474.
- Tauber, A.I. (2000). Moving beyond the Immune Self? *Seminars in Immunology*, 12(3): 241–248.
- Toulmin, S.E. (2006). *Os usos do argumento*. São Paulo, Brasil: Martins Fontes.