



# Fundamentos Filosóficos do ensino de ciências em Gaston Bachelard e Jean Pierre Astolfi

Aguiar José Vicente de Souza<sup>a</sup>, Nascimento Izaura Rodrigues<sup>b</sup>, Brandão Gelciane da Silva<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Doutor em Educação, professor do Programa de Pós-Graduação em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia da Universidade do Estado do Amazonas, Brasil.

<sup>b</sup> Doutora em Relações Internacionais, Professora do Pós-Graduação em Segurança Pública da Universidade do Estado do Amazonas, Brasil.

<sup>c</sup> Mestre em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia, Universidade do Estado do Amazonas, Brasil.

## ARTICLE INFO

**Received:** 24 octubre 2019

**Accepted:** 16 enero 2020

**Available on-line:** 30 mayo 2020

**Keywords:**

Fundamentals of Teaching;  
Science Teaching;  
Learning Process and Mediation.

**E-mail addresses:**

<sup>a</sup> [vicenteaguiar1401@gmail.com](mailto:vicenteaguiar1401@gmail.com)

<sup>b</sup> [izaura27@gmail.com](mailto:izaura27@gmail.com)

<sup>c</sup> [brandaoanny@hotmail.com](mailto:brandaoanny@hotmail.com)

ISSN 2007-9842

© 2020 Institute of Science Education.  
All rights reserved

## ABSTRACT

Fundamentos Filosóficos do ensino de ciências corresponde a uma análise que envolve os processos da aprendizagem compreendendo os Fundamentos do Ensino, o Ensino de ciências e os Processos de Aprendizagem a partir da ideia de obstáculo epistemológico de Gaston Bachelard articulada às leituras de Jean-Pierre Astolfi. Trata-se de um estudo dos fundamentos do ensino/aprendizagem realizado com base numa pesquisa comparativa entre os autores mencionados, cujos propósitos foram o de evidenciar que o processo de ensino e aprendizagem necessita considerar desde as perspectivas filosóficas do ato de ensinar aprender, aos elementos inerentes às condições de aprendizagem condizentes à história de vida dos aprendentes. Conclui-se que o processo de ensino aprendizagem necessita ocorrer considerando as variáveis da cognição epistêmica, das condições inerentes aos “estágios” de aprendizagem e suas relações com os processos de rupturas entre os saberes espontâneos e os adquiridos com base numa racionalidade que considere, sobretudo, as formas como os aprendentes recebem os saberes ensinados.

Philosophical foundations of science teaching is an analysis involving learning processes that comprise the Fundamentals of Teaching, Science Teaching and Learning Processes based on Gaston Bachelard's idea of epistemological obstacle associated with Jean-Pierre Astolfi's readings. This study addresses the fundamentals of teaching/learning based on a comparative research between the mentioned authors, who aimed at demonstrating that the teaching and learning process must take into account the philosophical perspectives of the act of teaching and learning, in addition to the elements inherent to the learning conditions consistent with the learners' life story. It can be concluded that the teaching and learning process must be developed taking into account the variables of epistemic cognition, the conditions inherent to the learning "stages" and their relations with the rupture processes between spontaneous and acquired knowledge based on rationality that considers, above all, the ways in which learners obtain knowledge that is taught.

## I. INTRODUÇÃO

Este artigo consiste em estabelecer uma análise sobre o processo de ensino aprendizagem a partir de uma reflexão entre a epistemologia de Gaston Bachelard, sobretudo, com base em sua obra a *Formação do Espírito Científico* (1996) relacionada à análise proposta por Jean Pierre Astolfi que articula a base epistêmica de reflexão sobre a produção do conhecimento ao ensino aprendizagem, considerando os obstáculos cognitivos enfrentados pelos aprendentes no

processo de ensino aprendizagem. Trata-se de um estudo bibliográfico sobre a natureza da fundamentação teórica da pesquisa, do ensino e aprendizagem, a considerar que tanto na pesquisa quanto no ensino. A questão fundamental trata-se da formação do pensamento científico, em escalas diferenciadas de exigências dos atos da cognição. O ato pedagógico requer o conhecimento das representações que os alunos possuem de um saber a ser ensinado, pois é contra o saber adquirido na sua história de vida que ocorrerão os diálogos visando às sucessivas rupturas. Só é possível agir sobre as representações dos alunos quando elas são conhecidas pelo professor, então se torna possível criar objetivos obstáculos, confrontar suas representações às formulações do saber científico. É importante frisar que o processo de aprendizagem circunscreve no jogo entre a razão e a experiência, numa relação de mutualidade entre o ato de pensar e o agir, entre a articulação da razão com a experiência.

## II GASTON BACHELARD E A FORMAÇÃO DO ESPÍRITO CIENTÍFICO

A existência social a considerar apenas o mundo da vida não requer do sujeito o domínio sistemático de uma linguagem científica, mas se pensarmos a vida nos diversos momentos de escolarização é necessário uma espécie de alfabetização científica, aqui imaginada como uma condição minimamente razoável de domínio da produção e do conhecimento científico capaz de lhe proporcionar um raciocínio sistemático sobre os fenômenos da natureza e da sociedade, o que requer o domínio de métodos científicos. Logo, impõe-se ao processo de escolarização não apenas o ensinamento de conteúdos das diversas áreas de conhecimentos, como das ciências da natureza ou das ciências humanas, mas o exercício, mesmo que no nível da iniciação científica, do ato de pensar subsidiado pelos procedimentos metodológicos, de maneira que o aprendente adquira a habilidade de formular questões inerentes aos processos que levaram a determinado resultados investigativos. Essa atitude permeada pelo domínio da linguagem científica capacita o aprendente a problematizar os conteúdos ensinados, o que lhe diferenciara da condição daquele que apenas manifesta-se pela linguagem comum, conforme aponta Altolfi:

El estatuto propio de los conceptos científicos es permitir a quien los domina *plantear cuestiones que entren en conflicto con el sentido común* y «enfocarlas» de forma diferente en lo real. Esta característica es tanto más esencial por cuanto los alumnos, por su parte, disponen a menudo de concepciones que funcionan como construcción previa de una representación de lo real, es decir, como um sistema de explicación personal y alternativo (ASTOLFI, 1994, p. 207, grifos do autor).

O processo de ensino/aprendizagem/produção de conhecimento corresponde a uma atividade circunscrita em um fazer que perpassa fundamentalmente uma ação de cognição, aqui entendida como uma atividade realizada a partir da articulação das ideias, cujo propósito consiste em entender, resolver, criar ou inventar. Assim, o ensino se desenvolve por meio de atividades que visem promover estímulos do espírito científico, do pensamento científico, da abstração. A natureza do trabalho de ensino/aprendizagem é lenta e requer, sobretudo, mudanças nas formas de pensar, considerando os aspectos epistêmicos. Sem, no entanto, esquecer-se da necessidade de que o movimento de formação do espírito científico se realiza pela aquisição de uma linguagem epistêmica que possa fundamentar os atos de abstração e de realização das observações de um fenômeno.

Será preciso provar que a abstração desobstrui o espírito, que ela o torna mais leve e mais dinâmica. Fornecemos estas provas ao estudar mais de perto as dificuldades de abstrações corretas, ao assinalar a insuficiência dos primeiros esboços, o peso dos primeiros esquemas, ao sublinhar também o caráter discursivo da coerência abstrata e essencial, que nunca alcança seu objetivo de um só golpe (BACHELARD, 1996, p. 09).

Se de fato o ensino e a produção do conhecimento são dimensões do pensamento científico, então a ação pedagógica necessita ter como alvo as atividades que lhe estimule e promova exercícios tanto abstratos quanto práticos, opostos a uma ação mecânica de memorização de conteúdos ministrados nas escolas, que requerem habilidades de retenção de informações sobre os resultados das pesquisas realizadas. Todavia, é preciso considerar que o trabalho de movimentação e produção das ideias, conforme Bachelard ressalta, segue

[...] perspectiva gradativa da complexidade da alma, evidenciados pela *Alma pueril ou mundana; alma professoral e alma com dificuldade de abstrair e de chagar à quintessência*. É importante ressaltar que na terceira dimensão se tem os [...] interesses indutivos sempre imperfeitos, no arriscado jogo do pensamento sem suporte experimental estável; perturbada a todo o momento pelas objeções da razão, pondo sempre em dúvida o direito particular à abstração, mas absolutamente segura de que a abstração é um dever, o dever científico, a posse enfim purificada do pensamento mundo! (BACHELARD, 1996, p. 12-13, grifo do autor).

Vale ressaltar que para Jean Pierre Astolfi, os obstáculos não correspondem às dificuldades cognitivas, mas sinalizam para a formação de um pensamento constituído por uma limitação compreensiva, uma atitude que busca responder a um fenômeno mediado pelo saber adquirido na sua existência no mundo, por um sentido comum de explicação. Vale frisar que não se trata de um impedimento ao pensamento rigoroso, mas a condição manifesta de sua existência, considerando sua história e forma como obteve acesso ao conhecimento. Também é importante frisar que o processo de aprendizagem ocorre a partir de saber primeiro, que Bachelard denominou de experiência primeira, constituída e identificada como obstáculo inicial.

Como vemos, los obstáculos más resistentes no son necesariamente dificultades, sino más bien, y muy a menudo, *facilidades que se otorga la mente* para pensar los fenómenos. Cuando el pensamiento encuentra una dificultad, éste es por lo general sensible a aquello con lo que "tropieza" y que lo frena o lo detiene. El obstáculo corresponde, al contrario, a un *funcionamiento económico del cerebro* que pone en juego un sistema de explicación rústico y sencillo, por cierto, pero inmediatamente disponible y "cómodo" para el sujeto (ASTOLFI, 1999, p. 158-159, grifo do autor).

Bachelard reforça sua tese de que o envolvimento com o saber e em particular com ciência, seja na condição de quem a pesquisa e ensina ou na de quem se envolve com a aprendizagem requer um movimento *intrasubjetivo*, que possa promover um exame profundo de suas ideias primeiras, das noções preliminares de conhecimento, de suas paixões e crenças, de modo a criar possibilidades epistêmicas para analisar os fenômenos. É necessário criar as condições de subjetividades favoráveis para que possa ocorrer a revisão e reavaliação dos seus saberes adquiridos nas suas condições de existência no mundo.

A tarefa da filosofia científica é muito nítida: psicanalisar o interesse, derrubar qualquer utilitarismo por mais disfarçado que seja. [...] o amor pela ciência deve ser um dinamismo psíquico autógeno. No estado de pureza alcançado por uma psicanálise do conhecimento objetivo, *a ciência é a estética da inteligência* (BACHELARD, 1996, p. 13, grifo do autor).

A condição de formação do espírito científico assume uma postura que incide sobre os procedimentos pedagógicos, pois nos convida a refletir sobre as formas de fazer, promove uma crítica racional da experiência, “[...] a experiência que não retifica nenhum erro, que é monotamente verdadeira, sem discussão, para que serve?” (BACHELARD, 1996, p. 14). Reiterar uma experiência estimula a manutenção de um tipo de pensamento reprodutivista; conserva a ideia de que o saber científico representa verdades imutáveis e, além do mais, desencoraja o estudante a pensar outras possibilidades de produção do conhecimento. Ao contrário, a perspectiva de erros retificados que caracterizam o pensamento científico, oferece uma visão de que a produção do conhecimento é histórica, submetida a sucessivos processos de retificações, o que pode estimular o estudante a se envolver com a produção da ciência. O conhecimento não questionado ajuda a sedimentar a ideia de que o estudante necessita agir apenas no sentido de incorporar os resultados da produção do saber. Ao mesmo tempo em que demonstra que este ato docente está situado na condição de reprodutor dos resultados das pesquisas entre os aprendentes. Ocorre que o conhecimento científico é histórico, está relacionado ao fazer do espírito humano, mediante os níveis de reflexividades de sua temporalidade e as condições técnicas produzidas naquele momento. Podemos dizer que além de ensinar determinados conteúdos é necessário enfatizar o esforço humano na produção da ciência, sobretudo com ênfase para as rupturas ou aproximações no que diz respeito à produção do conhecimento. Esse entendimento se encontra nas discussões elaboradas por Bachelard em 1938, em sua obra *A Formação do Espírito Científico*, o que reforça a necessidade de um domínio mínimo do pensamento científico numa trajetória histórica.

A ciência é um produto do espírito humano, produto conforme as leis de nosso pensamento e adaptado ao mundo exterior. Oferece, portanto, dois aspectos, um subjetivo e outro objetivo, ambos igualmente necessários, visto ser impossível mudar qualquer coisa tanto nas leis do espírito como nas do Mundo (BACHELARD, 2000, p. 11).

Bachelard destaca o papel do sujeito na produção do conhecimento, com ênfase para as condições psicológicas do progresso do conhecimento, pois “[...] é em termo de obstáculo que o problema do conhecimento científico deve ser colocado” (BACHELARD, 1996, p. 17). O *erro* mais que o *acerto* representa um indicador da existência de obstáculos cognitivos à aprendizagem, o que requer por parte do professor a identificação da natureza do obstáculo e o desenvolvimento de objetivos visando sua superação, que será aprofundado nos estudos de Jean-Pierre Astolfi. “No fundo, o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização” (BACHELARD, 1996, p. 17).

Em termos didáticos, podemos afirmar que no processo cognitivo há de se identificar os obstáculos presentes nas formas como o aprendente analisa os conteúdos, de modo a criar os chamados objetivos obstáculos, conforme sugere Astolfi (1994, p. 215).

[...] objetivos obstáculos sirve entonces de referencia al profesor: la gestión del procedimiento le ayuda a “ler” mejor las dificultades de los alumnos que se enfrentan ala actividad didáctica, a precisar el diagnóstico y a orientar la naturaleza de sus intervenciones. Si bien cada objetivo obstáculo no sirve para construir una sesión particular, permite, al menos, observar a los alumnos, ayudarlos, guiar las intervenciones individualizadas y evaluar lo adquirido.

Está evidenciado que o ato de conhecer não parte do zero, visto que o processo de aprendizagem faz parte da história do aprendente, constitui-se juntamente com o desenvolvimento dos seus hábitos e costumes, com os estímulos dos seus sentidos, com os estímulos dos seus pensamento e linguagem, juntamente com seus valores e crenças. Esse é um movimento que antecede à consciência, ou seja, na existência no mundo os aprendentes passam a elaborar compreensões, mesmo que espontâneas, sobre os fatos da vida e adquirem noções sobre eles, o que Bachelard denominou de conhecimentos habituais.

É impossível anular, de um só golpe, todos os conhecimentos habituais. Diante do real, aquilo que cremos saber com clareza ofusca o que deveríamos saber. Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos. Ascender à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado (BACHELARD, 1996, p. 18).

É fundamental pensar na possibilidade do diálogo com a filosofia da ciência, principalmente no que diz respeito aos seus procedimentos reflexivos, nos rigores no tratamento do conhecimento e nas indagações sobre a ideia de verdade, visto as tensões entre as linguagens que tratam da ciência, em especial a realista e a racionalista, destacadas por Bachelard. Tudo indica que a ciência funciona em termos de linguagens, pelas quais são realizadas as abstrações e compreensões dos fenômenos pesquisados.

A ciência cria, com efeito, uma filosofia. O filósofo deve, portanto, tornar flexível sua linguagem para traduzir o pensamento contemporâneo em sua versatilidade e mobilidade. Deve também respeitar a estranha ambiguidade que pretende seja todo pensamento científico interpretado ao mesmo tempo na linguagem realista e na linguagem racionalista (BACHELARD, 2000, p. 12).

A história de aprendizagem confunde-se com a trajetória de vida, somos levados a ter opiniões sobre fatos e acontecimentos, sobre questões da ciência e tecnologia, todavia entre uma manifestação de opinião e uma de saber há diferenças substanciais, visto que não é possível com base na opinião apenas sustentar um saber sistemático, a opinião consiste num primeiro obstáculo a ser superado, conforme Bachelard. Este, talvez, seja o primeiro obstáculo cognitivo a ser submetido aos questionamentos por meio de uma atitude didática epistemológica, em que o próprio aprendente seja envolvido em atos de retificação da sua compreensão.

O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza. Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse *sentido do problema* que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído (BACHELARD, 1996, p. 18, grifo do autor).

A produção do conhecimento e seu ensino estão intimamente relacionados ao processo de circulação e produção das ideias. As usadas mais frequentemente, seja pela sua relevância teórica, seja pelo círculo de adeptos circunstâncias, tornam-se as consideradas mais usadas para a ciência. Por isso, não cabe apenas o uso das ideias, mas reconhecer e analisar o mercado de circulação das ideias, sobretudo com a finalidade de conhecer em que nível de ação elas atuam, quer para o estímulo de espírito visando à manutenção de um sistema de pensamento, quer para promover ações com vista as rupturas das ideias dominantes, de maneira a oxigenar o espírito científico.

Com o uso, as ideias se *valorizam* indevidamente. Um valor em si opõe-se à circulação dos valores. É fator de inércia para o espírito. Às vezes, uma ideia dominante polariza todo o espírito. Um epistemólogo irreverente dizia, há vinte anos, que os grandes homens são úteis à ciência na primeira metade de sua vida e nocivos na outra metade. O instinto *formativo* é tão persistente em alguns pensadores, que essa pilhéria não deve surpreender. Mas, o instinto *formativo* acaba por ceder a vez ao instinto *conservativo*. Chega o momento em que o espírito prefere o que confirma seu saber àquilo que o contradiz, em que gosta mais de respostas do que de perguntas. O instinto conservativo passa então a dominar, e cessa o crescimento espiritual (BACHELARD, 1996, p. 19).

Bachelard aponta a necessidade de que, na formação do espírito científico, há de se ter uma postura aberta ao exercício da reflexão e da inflexão, que se insira num movimento de questionamento das verdades e dos procedimentos adotados, que vise oxigenar o pensamento para novas ideias. “O conhecimento em movimento é um modo de criação contínua; o antigo explica o novo e o assimila; e, vice-versa, o novo reforça o antigo e o reorganiza. ‘Compreender algo’, diz Höffding, ‘não é apenas reconhecer esse algo, mas considerá-lo como a sequência de alguma coisa que já se conhece’” (BACHELARD, 2000, p. 19).

Do ponto de vista metafórico, pode-se dizer que uma cabeça bem-feita é uma aberta ao pensamento científico, aberta a novas possibilidades de compressão dos fenômenos, sobretudo à diversidade de pensamentos científicos. “[...] *revoluções espirituais* que a invenção científica exige, o homem torna-se uma *espécie mutante*, ou melhor dizendo, uma espécie que tem necessidade de mudar, que sofre se não mudar” (BACHELARD, 1996, p. 20, grifos do autor).

Na análise de Bachelard fica evidente a necessidade de que ocorra primeiramente a criação de uma condição de subjetividade receptiva ao novo, quer na condição das ideias, quer na das coisas. De qualquer maneira, o que alimenta o pensamento corresponde à condição de receptividade de novas ideias, capazes de dialogar com as divergências de pensamento e reconhecer a necessidade de mudanças. Essa condição de flexibilidade foi acentuada por Bachelard quando destaca o procedimento do espírito científico receptível, descentrado do juízo que visa promover a manutenção das ideias, capaz de “Precisar, retificar, diversificar são tipos de pensamento dinâmico que foge da certeza e da unidade, e que encontram nos sistemas homogêneos mais obstáculos do que estímulo. Em resumo, o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para, imediatamente, melhor questionar” (BACHELARD, 1996, p. 21).

O movimento de questionamento das ideias se realiza por meio do uso das próprias ideias, quando elas se tornam desprendidas das paixões e dos conhecimentos primeiros, momento em que é possível julgar com plenitude os erros do passado espiritual. Bachelard trata as ideias como sendo resultados dos sistemas de pensamentos e não como fato em si, mas como resultado de um tempo histórico, requer do epistemólogo um tratamento em termos de obstáculo do pensamento. Esse procedimento está relacionado à produção do conhecimento e ao de ensino aprendizagem.

Na educação, a noção de obstáculo pedagógico também é desconhecida. Acho surpreendente que os professores de ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. Poucos são os que se detiveram na psicologia do erro, da ignorância e da irreflexão (BACHELARD, 1996, p. 23).

O ensino aprendizagem tratado em termo de obstáculo epistemológico promove mudanças profundas no pensamento dos aprendentes, pois o considera como sujeito que já adquiriu noções de conhecimento, o que requer tratamento destinado a superar as opiniões primeiras. Embora Bachelard não tivesse o propósito de analisar o processo educacional quando publicou sua obra *A formação do espírito científico* em 1938, ele faz uma menção sistemática ao ensino de sua época em Paris que ressoa marcantes oitenta e um anos depois de sua reflexão.

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de *adquirir* uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. Um exemplo: o equilíbrio dos corpos flutuantes é objeto de uma intuição habitual que é um amontoado de erros. De modo mais ou menos claro, atribui-se uma atividade ao corpo que flutua, ou, melhor, ao corpo que *nada*. Se tentarmos com a mão afundar um pedaço de pau na água, ele resiste. Não é costume atribuir-se essa resistência à água. Assim, é difícil explicar o princípio de Arquimedes, de tão grande simplicidade matemática, se antes não for criticado e desfeito o impuro complexo de intuições primeiras. Em particular, sem essa psicanálise dos erros iniciais, não se conseguirá explicar que o corpo que emerge e o corpo completamente imerso obedecem à mesma lei (BACHELARD, 1996, p. 23).

Bachelard mobiliza seus argumentos para enfatizar a necessidade de que o movimento das ideias e do pensamento encontra mais receptividade quando o sujeito de sua produção criou possibilidades reflexivas de mobilidade e flexibilidade do pensar. Nesse sentido, o ensino aprendizagem é pensado em termos de rupturas de obstáculos, muito menos em termo de repetição de conteúdos sem que eles possam refletir no movimento de mudanças profundas da estrutura do pensamento. Por isso, assevera que:

[...] toda cultura científica deve começar, como será longamente explicado, por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir (BACHELARD, 1996, p. 24).

Sugere-se que o processo de produção do conhecimento, ensino aprendizagem precisa ser pensado em termos de rupturas de obstáculos epistemológicos, articulado ao conhecimento oriundo da observação primeira, fruto das observações imediatas adquirida no mundo da experiência, que representa o obstáculo inicial para a cultura científica. “[...] é preciso que o pensamento abandone o empirismo imediato. O pensamento empírico assume, portanto, um sistema. Mas o primeiro sistema é falso. É falso, mas, ao menos, tem a utilidade de desprender o pensamento, afastando-o do conhecimento sensível; o primeiro sistema mobiliza o pensamento” (BACHELARD, 1996 p. 25).

É importante frisar que o trabalho de ensino, na perspectiva de Bachelard e reforçada por Pierre Astolfi, se faz por meio de atividades que visem à identificação dos obstáculos com a finalidade de criar condições didáticas de superação desses entraves para a aprendizagem, mas vale apenas destacar que não se trata de um ato a ocorrer de forma definitiva seja na vida de um aprendente, seja na vida do professor, visto que o movimento de avanço da compreensão se dá mediante a superação de um obstáculo, o que Bachelard denominou de retificação. Assim demonstrou Astolfi (1999, p. 165).

Todo lo anterior demuestra que la resistencia es característica de los obstáculos, por lo que no podemos esperar superarlos con el sencillo aporte magistral de un saber científico "verdadero". A decir verdad, un obstáculo epistemológico no se resuelve nunca definitivamente, pues siempre puede volver a surgir en una determinada situación, con una forma u otra. El objetivo último del trabajo didáctico no es la superación del obstáculo, como esperamos siempre de alguna manera, sino más bien su *identificación como tal* por parte del alumno, y el control vigilante que ejercerá a partir de entonces sobre el mismo.

Os obstáculos epistêmicos são apresentados em diversos níveis. O *obstáculo verbal*, isto é, decorre de uma falsa explicação obtida com a ajuda de uma palavra explicativa, nessa estranha inversão que pretende desenvolver o pensamento ao analisar um conceito, em vez de inserir um conceito particular numa síntese racional (Bachelard, 1996, p. 27). Antes de ingressar no sistema escolar, o estudante já teve contato com os fenômenos naturais e adquiriu algumas noções da natureza, o que necessitará ser problematizado no processo educativo, de modo a superar o obstáculo primeiro. A despeito de qualquer nível de exagero explicativo, quando se recorre a ideia de sistema, sem ser seguida de uma explicação de como ele funciona, podemos afirmar que há um obstáculo verbal pela tentativa de uso de uma palavra autoexplicativa.

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 arreatamento natural, contra o fato colorido e corriqueiro. O espírito científico deve formar-se enquanto se reforma (BACHELARD, 1996, p. 29).

A sedução pela experiência primeira caminha com o aprendente até o momento em que ele passa por uma reflexão acerca das suas ideias, como aponta Bachelard, quando “[...] Por exemplo: quer alguém saber a causa do trovão? Começa-se por falar com o leitor sobre o medo de trovão, vai-se mostrar que esse medo não tem razão de ser, repete-se mais uma vez que, quando o trovão reboia, o perigo já passou, que só o raio pode matar” (BACHELARD, 1996, p. 31). Para ressaltar o trabalho profundo do pensamento, de um procedimento dedutivo, o autor diz, a saber:

Ainda hoje os maus alunos de física "compreendem" as fórmulas empíricas. Acham que todas as fórmulas, inclusive as que decorrem de uma teoria bem organizada, são empíricas. Pensam que a fórmula não passa de um conjunto de números disponíveis, que basta aplicar a cada caso particular. Como o empirismo dos primórdios da Eletricidade é sedutor! Além de evidente, é um *empirismo colorido*. Não é preciso compreendê-lo, basta vê-lo (BACHELARD, 1996, p. 37, grifo do autor).

A prática de ensino desenvolvida a partir de procedimentos pitorescos, que consegue mover a atenção do estudante para o fato que causou surpresa, marcou sua memória pelo fabuloso, pelo susto motivado em função do resultado da experiência. Procedimento que, às vezes, não atinge o espírito científico, visto que não se desenvolve ao ponto de atingir os fundamentos dos fenômenos estudados, mas deixa marcas profundas na memória do aprendente, tornando-o capaz de descrever com detalhes as expectativas e reações comportamentais ocasionadas por ocasião do experimento. Isto foi destacado por Bachelard (1996, p.45-46) quando constatou que:

A imagem pitoresca provoca a adesão a uma hipótese não verificada. Por exemplo, a mistura de limalha de ferro e de flor-de-enxofre é coberta de terra na qual se planta grama: pronto, trata-se de um vulcão! Sem esse complemento, sem essa vegetação, a imaginação poderia perder o rumo. Mas, agora, ei-la no bom caminho; basta que amplie as dimensões e vai "compreender" o Vesúvio lançando lava e fumaça. Uma mente sadia deve confessar que apenas lhe mostraram uma reação exotérmica, a mera síntese do sulfureto de ferro. Nada, além disso. A física do globo terrestre nada tem a ver com esse problema de química.

A marca na memória do aprendente pode ser facilmente identificada, seja em função de um experimento pitoresco, seja porque o professor ao ministrar aula de física recorreu ao exemplo de força demonstrando por meio de um soco aplicado sobre a parede da sala, para demonstrar que a dor que sentiu na mão proporcionalmente foi sentida pela parede, visto que a força aplicada é proporcionalmente inversa à recebida pela parede. Então ambos, mão e parede sentiriam a mesma dor. O fato é que Bachelard identificou o que os estudantes lembravam-se das aulas de química e física na década de 40 do século XX.

Interroguei muitas pessoas sobre suas recordações escolares. Pelo menos a metade lembrava-se da explosão em aula de química. Quase sempre as causas objetivas estavam esquecidas, mas todos se lembravam da "cara" do professor, do susto de um colega tímido; o narrador nunca falava do próprio medo (BACHELARD, 1996, p. 49).

O que se põe em questão não consiste em recursar os experimentos, mas de concomitante ao seu desenvolvimento sejam destacados os princípios fundamentais que regem o conhecimento da Física, da Química, dentre outras áreas do saber. Que a prática de ensino se desenvolva mediante a formulação de um problema para a ciência, visto que a produção do conhecimento necessita acompanhar e ensinar ou resolver um problema.

Sem o equacionamento racional da experiência determinado pela formulação de um problema, sem o constante recurso a uma construção racional bem explícita, pode acabar surgindo uma espécie de *inconsciente do espírito científico* que, mais tarde, vai exigir uma lenta e difícil psicanálise para ser exorcizado (BACHELARD, 1996, p. 51, grifos do autor).

O espírito pré-científico reage diante da possibilidade e confronto com as novas ideias e procedimentos, promover o deslocamento das paixões é demasiado difícil de ocorrer. “Parece que nenhuma experiência nova, nenhuma crítica pode dissolver certas afirmações primeiras. No máximo, as experiências primeiras podem ser retificadas e explicitadas por novas experiências” (BACHELARD, 1996, p. 52).

O movimento de mudança do espírito pré-científico para o científico requer a criação de um comportamento capaz de se envolver de maneira determinada com a criação de novas ideias, de maneira a “[...] a examinar com cuidado todas as seduções da *facilidade*. Só com essa condição pode-se chegar a uma teoria da abstração científica verdadeiramente sadia e dinâmica” (BACHELARD, 1996, p. 69, grifo do autor). Mas é também necessário considerar que os métodos científicos e, conseqüentemente, os procedimentos didáticos necessitam compreender que o processo de ensino aprendizagem exige serem pensados e executados considerando as questões emergenciais correspondentes ao tempo histórico dos aprendentes.

Um dos químicos contemporâneos que estabeleceu os métodos científicos mais minuciosos e mais sistemáticos, Urbain, não hesitou em negar a perenidade dos melhores métodos. Para ele, não há método de pesquisa que não acabe por perder sua fecundidade primeira. Sempre chega uma hora em que não se tem mais interesse em procurar o novo sobre os vestígios do antigo, em que o espírito científico não pode progredir se não criar métodos novos. Os próprios conceitos científicos podem perder sua universalidade. Como o diz Jean Perrin, “todo conceito acaba perdendo sua utilidade, sua própria significação, quando nos afastamos progressivamente das condições experimentais em que foi formulado”. Os conceitos e os métodos, tudo é função do domínio da experiência; todo o pensamento científico deve mudar diante duma experiência nova; um discurso sobre o método científico será sempre um discurso de circunstância, não descreverá uma constituição definitiva do espírito científico (BACHELARD, 2000, p. 121).

Os métodos precisam ser mobilizados à luz de toda psicologia do espírito científico, pois ele é contemporâneo do sistema de pensamento que projetou para responder por uma realidade que exigia o processo de produção do conhecimento. Se impõe ao sistema de ensino oferecer oportunidades de formação continuada aos professores e aos professores a preocupação de que o conhecimento científico passa por retificações, cabendo, então, o entendimento de que o processo de ensino aprendizagem, enquanto método e procedimentos didáticos, também requerem ser compreendidos considerando a noção de rupturas.

A atitude que põe em atenção o professor quanto aos limites e circunstancialidades dos métodos, também serve para chamar atenção para a ideia de que o processo de ensino aprendizagem está, da mesma forma, circunscrito ao tempo histórico de sua produção. Dessa forma, a produção do conhecimento impõe ao pesquisador e, por conseguinte, ao professor um estado de vigilância epistêmica constante para evitar ser conduzido pela ideia de que precisa apenas conhecer e aplicar o método no processo de pesquisa e de ensino. Essa atitude diante das seduções fáceis corresponde à elaboração de *generalidades*, que promove a sedução do pensamento e se satisfaz com os resultados das definições. Bachelard destacou esse procedimento com a lei de Newton, que

[...] chega-se a uma lei mais rica: *no vácuo, todos os corpos caem à mesma velocidade*. Este é um enunciado útil, base real de um empirismo exato. Entretanto, essa forma geral bem constituída pode entrar o pensamento. De fato, no ensino elementar, essa lei é o estágio no qual estacam os espíritos de pouco fôlego. A lei é tão clara, tão completa, tão fechada, que não se sente necessidade de estudar mais de perto o fenômeno da queda. Com a satisfação do



pensamento generalizante, a experiência perdeu o estímulo. Deve-se estudar apenas o arremesso de uma pedra na vertical? Tem-se logo a impressão de que faltam elementos de análise. Não se consegue fazer a distinção entre a força da gravidade que age positivamente no movimento de cima para baixo e a força da gravidade que age negativamente no movimento de baixo para cima. Com o conhecimento muito geral, a zona de desconhecimento não se resolve em problemas precisos (1996, p. 71-72).

O fazer científico está sujeito a constantes exercícios do pensamento, a sucessivas aproximações, correspondente a um fenômeno de “[...] *agrupamento* das aproximações sucessivas bem ordenadas. A conceitualização científica precisa de uma série de conceitos em via de aperfeiçoamento para chegar à dinâmica que pretendemos, para formar um eixo de pensamentos inventivos” (BACHELARD, 1996, p. 76). Vale ressaltar que a ciência corresponde a um esforço humano, primeiramente no sentido de promover o que Bachelard denominou de psicanálise de si, das suas paixões pela sedução da facilidade do pensamento. “É então que se percebe que a ciência *constrói* seus objetos, que nunca ela os encontra prontos. A fenomenotécnica *prolonga* a fenomenologia. Um conceito torna-se científico na proporção em que se torna técnico, em que está acompanhado de uma técnica de realização” (BACHELARD, 1996, p. 77).

A pretensão de uma suposta ação de conhecer realizada por meio de ação simples é objeto de questionamento epistêmico, visto que “A essência da realidade reside na resistência do conhecimento. Vamos, pois adotar como postulado da epistemologia o caráter sempre inacabado do conhecimento. [...] O ato de conhecer não é um ato pleno. Se é realizado com facilidade é porque se desenvolve num plano irreal. Essa irrealidade é o preço de sua facilidade” (BACHELARD, 2004, p. 17). Bachelard (2004) também chamou atenção para a necessidade de que o conhecimento possa ser movido por uma abordagem que o pense na perspectiva da aproximação, de maneira que um fenômeno aprendido possa ser revistos sucessivamente, ou seja, nessa perspectiva a razão não esgota a realidade enquanto compreensão, visto que seu alcance é aproximado, ao mesmo tempo em que a realidade é inesgotável.

Um esforço intelectual, uma dedicação ao trabalho do pensamento rigoroso, uma busca analítica pelo conhecer com objetividade. “Isso é tão verdade que o que limita o conhecimento é, muitas vezes, mais importante para o progresso do pensamento do que aquilo que estende vagamente o conhecimento [...] Em todo caso, a cada conceito científico deve estar ligado seu antecôncito (BACHELARD, 1996, p. 89).

A noção e a opinião são dimensões do conhecimento que necessitam de uma análise profunda com vista a promover seu descolamento para um conhecimento mais sistemático, mais rigoroso, capaz então de representar com mais objetividade. Para Bachelard “O conhecimento a que falta precisão, ou melhor, o conhecimento que não é apresentado junto com as condições de sua determinação precisa, não é conhecimento científico. O conhecimento geral é quase fatalmente conhecimento vago” (BACHELARD, 1996, p. 90). A sedução da razão continua com os usos das metáforas que seduzem a razão, como demonstra o autor.

São imagens particulares e distantes que, insensivelmente, tornam-se esquemas gerais. Uma psicanálise do conhecimento objetivo deve, pois, tentar diluir, senão apagar, essas imagens ingênuas. Quando a abstração se fizer presente, será a hora de *ilustrar* os esquemas racionais. Em suma, a intuição primeira é um obstáculo para o pensamento científico; apenas a ilustração que opera depois do conceito, acrescentando um pouco de cor aos traços essenciais, pode ajudar o pensamento científico (BACHELARD, 1996, p. 97, grifo do autor).

O pensamento envolvido pelo *obstáculo substancialista*, que se compraz com uma designação de um fenômeno conhecido por um nome erudito torna satisfeita a mente preguiçosa (BACHELARD, 1996, p. 122). Bachelard enfatiza a necessidade de que a formação do espírito científico necessita de um percurso teórico que possa criticar a sensação, pois “[...] todo fenômeno é um momento do pensamento teórico, um estágio do pensamento discursivo, um resultado *preparado*. É mais *produzido* do que *induzido*” (BACHELARD, 1996, p. 127, grifos nossos).

A observação polêmica: confirma ou infirma uma tese anterior, um esquema prévio, um plano de observação; mostra demonstrando; hierarquiza as aparências; transcende o imediato; reconstrói o real depois de ter reconstruído seus esquemas. Naturalmente, passando-se da observação à experimentação, o caráter polêmico do conhecimento torna-se ainda mais claro. Pois então é preciso que o fenômeno seja triado, filtrado, depurado, fundido no molde dos instrumentos, produzido no plano dos instrumentos. Ora, os instrumentos não são outra coisa

senão teorias materializadas. Isso decorre dos fenômenos que levam consigo por todos os lados a marca teórica (BACHELARD, 2000, p. 19).

O espírito pré-científico procede com foco na “[...] *propriedade substancial: em que* toda busca científica logo será interrompida; a resposta substancialista abafa todas as perguntas. É assim que se atribui ao fluido elétrico a qualidade “‘viscosa, untuosa, tenaz” (BACHELARD, 1996, p. 128). Essa condição do pensamento foi descrita nas seguintes condições:

Bacon chega a garantir pessoalmente o fato. Acrescenta que realizou em si próprio a experiência: desde pequeno, tinha uma verruga no dedo e, em Paris, apareceram-lhe muitas outras; a esposa do Embaixador da Inglaterra decidiu tratá-las, esfregando toucinho; depois, ela pendurou esse toucinho fora das janelas, ao sol, até ele apodrecer, e o resultado foi que, no prazo de sete meses, todas as verrugas desapareceram (BACHELARD, 1996, p. 182).

É importante frisar que esse pensamento encontra na substância as razões das explicações dos problemas, e não na sua causa, naquilo que ela proporcionou. Promove-se um isolamento da substância e, conseqüentemente, são realizados os procedimentos de compreensão e tratamento, conforme o proposto:

Para combater a ação de uma flecha envenenada, a mentalidade primitiva procura *tratar* a flecha em vez de tratar a ferida, assim como Bacon *trata* o toucinho e não a verruga. Se a ponta da flecha ficou no ferimento, deve ser retirada e levada para um local úmido, ou embrulhada com folhas frescas. Assim a inflamação não será grave e logo desaparecerá. Como se vê, em ambos os casos atribuem-se à substância objetiva qualidades que não lhe pertencem. Em especial, o bem e o mal são recebidos com muita facilidade pelas substâncias (BACHELARD, 1996, p. 183, grifos nossos).

No obstáculo *animista*, encontramos as respostas tanto para os fatos da natureza dos seres vivos como das rochas fruto dos resultados das forças da natureza que concorrem para sua formação “[...] Logo, a vida não está contida no ser que ela anima. Ela se propaga, não apenas de geração em geração, no eixo do tempo, mas também no espaço, como uma força física, como um calor material” (BACHELARD, 1996, pp. 190/1). O que concorre para distanciar a compreensão do conceito de vida como resultado de ações explicadas por fenômenos biológicos (BACHELARD, 1996).

Ainda sobre as forças que agem para dificultar o processo de formação do espírito científico, Bachelard (1996) chama atenção para os desejos, o que denominou de força da *libido*. Assim, “Toda intelectualização, mesmo que essa intelectualização ainda traga a marca inegável da afetividade, já é uma descarga dessa afetividade (BACHELARD, 1996, p. 226, grifo nossos). Outra observação epistêmica realizada por Bachelard (1996) diz respeito ao que denominou de procedimento de pesquisa, pois

[...] uma das exigências primordiais do espírito científico é que a precisão de uma medida refira-se constantemente à sensibilidade do método de mensuração e leve em conta as condições de permanência do objeto medido. Medir *exatamente* um objeto fugaz ou indeterminado, medir *exatamente* um objeto fixo e bem determinado com um instrumento grosseiro, são dois tipos de operação inúteis que a disciplina científica rejeita liminarmente (BACHELARD, 1996, p. 261).

A ação do pensamento científico necessita instruir o procedimento de pesquisa, por isso “É preciso refletir para medir, em vez de medir para refletir” (BACHELARD, 1996, p. 262). O que corresponde a um exercício sistemático do pensamento, sobretudo na dimensão da dedutividade, ao invés de ações que exijam uma sobrecarga da memória. Visto que “É preciso ‘que ele compreenda’. Só se consegue guardar o que se compreende” (BACHELARD, 1996, p. 288). Requer um esforço para o desenvolvimento do pensamento abstrato, “[...] acho que o primeiro princípio da educação científica é, no reino intelectual, esse ascetismo que é o pensamento abstrato. Só ele pode levar-nos a dominar o conhecimento experimental” (BACHELARD, 1996, p. 292). Essa questão parece ser de fundamental importância, visto certa propensão do campo científico para o envolvimento do aprendente em práticas de experimentação desconexas do ato epistêmico.

Seja qual for o ponto de partida da atividade científica, essa atividade não pode convencer plenamente, a não ser abandonando o terreno de base: *se experimenta, precisa raciocinar; se raciocina, precisa experimentar* [...] Vai seguramente do racional ao real e não, ao contrário, da realidade ao geral, como o professavam todos os filósofos de Aristóteles a Bacon. Em outras palavras, a aplicação do pensamento científico parece-nos essencialmente realizante. Tentaremos, pois, mostrar ao longo desta obra o que chamaremos a realização do racional ou de modo mais geral a realização do matemático (BACHELARD, 2000, p. 12-13).

Um dos grandes desafios para o ensino diz respeito à ideia de ele se faz eminentemente a partir de verdades absolutas, diante disso como pode haver verdade se não há erros que possam ser retificados. O que sugere a ideia de genialidade e infalibilidade do cientista e de sua produção. Ocorre que ela se faz *pari passo* aos erros, aos sucessos e fracassos, não na mesma proporção.

[...] para que a ciência objetiva seja plenamente educadora, é preciso que seu ensino seja socialmente ativo. É um alto desprezo pela instrução o ato de instaurar, sem recíproca, a inflexível relação professor-aluno. A nosso ver, o princípio *pedagógico* fundamental da atitude objetiva é: *Quem é ensinado deve ensinar*. Quem recebe instrução e não a transmite terá um espírito formado sem dinamismo nem autocrítica. Nas disciplinas científicas principalmente, esse tipo de instrução cristaliza no dogmatismo o conhecimento que deveria ser um impulso para a descoberta. Além disso, não propicia a experiência psicológica do erro humano (BACHELARD, 1996, p. 300).

Tornar a prática de ensino em atos que envolvam os alunos na produção do conhecimento lhe possibilita agir como sujeito, ao mesmo tempo em que revela o seu alcance compreensivo, sobre o qual serão elaboradas as estratégias didáticas de superação dos obstáculos. É também necessário envolvê-los em atividades que despertem o pensamento para a produção de uma atitude dedutiva, obviamente que considerando seus níveis de abstração sobre a realidade em estudo. “[...] os professores substituem as descobertas por aulas. Contra essa indolência intelectual que nos retira aos poucos o senso da novidade espiritual, o ensino das descobertas ao longo da história científica pode ser de grande ajuda. Para ensinar o aluno a inventar, é bom mostrar-lhe que ele pode descobrir” (BACHELARD, 1996, p. 303).

O processo de crescimento do pensamento científico impõe a sempre renascente necessidade de *renunciar à sua própria intelectualidade, um estado de* despojamento das imagens preferidas. “Uma descoberta objetiva é logo uma retificação subjetiva. Se o objeto me instrui, ele me modifica. Do objeto, como principal lucro, exijo uma modificação espiritual” (BACHELARD, 1996, p. 305). O processo de ensino funciona como uma ação eminente conduzida pelo pensamento, daí podermos chamá-la de atividade cognitiva, mas a ação necessita de uma condição subjetiva favorável, capaz de corrigir-se, de retificar-se, movimentar-se no campo das ideias e das análises. “O que serve ao espírito põe-no em movimento” (BACHELARD, 1996, p. 308).

O exercício de uma cultura científica requer dedicação, trabalho, envolvimento, os avanços são lentos, pois o trabalho do pensamento funciona em ritmo próprio. Como diz Bachelard (1996), quanto mais difícil é uma obra, mais educativa será.

Quanto mais uma ciência é especial, mais concentração espiritual ela exige; maior também deve ser o desinteresse que a guia. O princípio da *cultura contínua* está, aliás, na base da cultura científica moderna. É ao cientista moderno que convém, mais que a qualquer outro, o austero conselho de Kipling: “Se, ao desabar repentino da obra de tua vida, conseguires voltar ao trabalho, se puderes sofrer, lutar, morrer sem reclamar, serás um homem, meu filho”. Na obra da ciência só se pode amar o que se destrói, pode-se continuar o passado negando-o, pode-se venerar o mestre contradizendo-o. Aí, sim, a Escola prossegue ao longo da vida. Uma cultura presa ao momento escolar é a negação da cultura científica. Só há ciência se a Escola for permanente (BACHELARD, 1996, p. 309).

Muito mais de que incorporar conteúdos à memória, é necessária uma atitude de entendimento dos procedimentos epistêmicos que subsidiam a produção do conhecimento, mas é também necessário ter consciência que

o fazer científico tem uma exigência, tem um rigor que atua fundamentalmente no campo da abstração, cuja realização se faz por exigências cognitivas sistematizadas.

## II. JEAN-PIERRE ASTOLFI E OS PROCESSOS DE ENSINO-APRENDIZAGEM DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Bachelard apresenta sua reflexão sobre os fundamentos da produção do conhecimento, a considerar os aspectos da racionalidade aplicada, para a dissociação entre o ato de pensar e do fazer, sobretudo com primazia para a abstração consubstanciando as ações empíricas, embora apareçam diversas referências ao ensino, onde o autor destaca os obstáculos ao desenvolvimento do pensamento científico. Jean-Pierre Astolfi articula essa discussão diretamente relacionando-a ao processo de ensino aprendizagem, pois o entende como um ato rigoroso, que necessita de uma dimensão epistêmica que possa compreendê-lo numa perspectiva de um ato pautado num rigor científico, de modo que a influência do pensamento de Bachelard às proposições deste autor são explicitadas por ele em diversos momentos de suas elaborações.

Cabe notar que embora se tenha referência à didática desde a idade média, é somente na década de 50 do século XX, primeiramente no dicionário Robert, que aparece como “arte de ensinar”. Por esta razão ela não se constituía, de modo específico, em motivo de preocupação por ocasião da publicação do livro de Bachelard *A Formação do Espírito Científico*, em 1938, embora apareça sob a preocupação com o ensino. Na segunda metade do século XX, no entanto, ela se tornou objeto de diversas publicações. Um debate ocorrido entre 1980-1985, conforme aponta Astolfi (1990), consistiu no debate sobre qual o lugar da pedagogia e da didática no ensino-aprendizagem.

Duas posições resultaram desse debate, uma que as considera de forma individualizada e a outra que as considera diferentes em teoria, mas que na prática “[...] devem se integrar numa reflexão mais geral a respeito das aprendizagens em ciências experimentais” (ASTOLFI *et al.*, 1990, p. 12). É a partir dessa perspectiva que Astolfi desenvolve sua reflexão sobre didática, sobretudo sobre didática das ciências. Considera que toda didática integra uma reflexão epistemológica, uma reflexão psicológica e uma reflexão pedagógica. A abordagem didática, nesta perspectiva leva em conta tanto os conteúdos do ensino quanto as situações de classe. Alguns conceitos epistemológicos, na visão do autor, são essenciais para fundar uma didática da ciência, como a noção de fato, a noção de obstáculos epistemológicos, conceitos científicos, as leis e as teorias.

A reflexão epistemológica “[...] deveria permitir inferir consequências didáticas” (ASTOLFI *et al.*, 1990, p. 15) por meio da identificação dos obstáculos ao desenvolvimento do pensamento científico. Nesse aspecto a percepção do desenvolvimento científico como um processo de avanços e recuos pode favorecer a percepção da importância das rupturas. O autor se referencia diretamente em Bachelard, para quem “é em termos de obstáculos que se deve colocar o problema do conhecimento científico”. (Apud ASTOLFI *et al.*, 1990, p. 19). São diversos tipos de obstáculos identificáveis, a exemplo de obstáculos conceituais, obstáculos psicológicos e ideológicos, entre outros.

Assim no desenvolvimento da didática das ciências alguns conceitos são essenciais como o de representações e os saberes, transposição didática e objetivos-obstáculos. As representações são pré-existentes ao conhecimento científico, correspondem a “estratégias cognitivas”, a uma “organização dos dados da percepção e da ação...” (Apud ASTOLFI *et al.*, 1990, p. 46). No caso da transposição didática caberia refletir sobre o processo de incorporação de determinados “saberes de referência” nos currículos, pois a epistemologia dos saberes de referência pode dar lugar à “processos de dogmatização”. Quanto aos objetivos-obstáculos, eles correspondem a um aspecto de grande destaque nas publicações do autor e é um forte ponto de convergência com Bachelard.

Apesar da diferença entre a definição de objetivos e obstáculos, Astolfi *et al.* (1990, p. 65) propõem integrá-los, saber:

Sobre a junção dos obstáculos e dos objetivos [...] Em vez de definir por um lado os objetivos sobre a única base apriorística da análise da matéria, e por outro os obstáculos psicológicos e epistemológicos sobre a base da atividade do indivíduo, trata-se de utilizar a caracterização dos obstáculos como um modo de seleção dos objetivos.

Os objetivos, por conseguinte, transcendem o conteúdo e suas definições só são possíveis a partir da situação de classe, de sua realidade concreta, visto que os obstáculos só são percebidos quando os aprendentes são submetidos à reflexão, é aí que eles poderão ser percebidos e verificados a sua natureza.

O encontro entre didática e o desenvolvimento do conhecimento científico, portanto, é cheio de desafios próprios do processo de ensino-aprendizagem: “[...] é, pois, indispensável, para melhor compreender os contextos reais de uma situação didática, apreciar um pouco mais aquilo que se passa e aquilo que está em jogo nas sequências de ensino” (ASTOLFI *et al.*, 1998, p. 16), dadas as ambiguidades do diálogo didático. Podem-se tomar como exemplo as expectativas dos envolvidos e os riscos de falseamento da apropriação do conhecimento, de um lado, por meio da adequação das respostas dos aprendizes às “pistas” deixadas pelo professor e, de outro, à precipitação do resultado pelo professor, quando este abandona a indução e promove um caminho mais fácil.

Abordam Astolfi *et al.* (1998) que é fundamental considerar uma condução não somente dialogal mais também dialógica. Desse modo deve-se romper com os “monólogos magistrais”, mas, sobretudo, propiciar o confronto dos discursos. Levar os aprendentes a participar não significa que haja debate, este exige o raciocínio e a argumentação enquanto aquele pode figurar como mera repetição ou exemplo do que foi dito. Esse tipo de preocupação com a experiência é herdeira de Bachelard, pois como argumenta o autor:

No entanto, tal conclusão não reabilita sem mais a positividade absoluta da experiência, pois uma experiência não pode ser uma experiência bem-feita senão sendo completa, o que só se dá com uma experiência precedida dum projeto bem estudado a partir de uma teoria acabada. Em última análise, as condições experimentais são condições de experimentação. Esta simples nuance confere um aspecto inteiramente novo à filosofia científica, pois enfatiza as dificuldades técnicas que sobrevêm na realização de um projeto teórico preconcebido. Os ensinamentos da realidade só valem na medida em que sugerem realizações racionais (BACHELARD, 2000, p. 17).

Assim como Bachelard (1996), Astolfi *et al.* (1998), retomam a problemática da resistência das representações (ou concepções) às aprendizagens, em sua análise “integrá-las realmente numa progressão do ensino, sem as limitar a uma fase inicial de expressão obriga no fundo a repensar a totalidade do processo das aprendizagens científicas” (1998, p. 53).

Las representaciones aparecen, pues, como manifestaciones sucesivas, bajo envolturas variables y bajo los mismos modos de pensamiento más profundos. Esos obstáculos presentan efectivamente um carácter más general y transversal que las representaciones, y son ellos los que las explican y las estabilizan en lo más profundo, constituyendo así una especie de «*punto nodal*» de las concepciones [...] El análisis de los obstáculos permite *extraer el sentido* de las representaciones y construir su interpretación. Sin caracterización satisfactoria de dichos obstáculos, las representaciones se reducirían a un simple inventario razonado de las ideas encontradas en los alumnos (ASTOLFI, 1999, p. 157-8).

As representações correspondem às “estruturas operativas do pensamento”, a formas de “organização mental”, “modos de pensamento já presentes e uma elaboração singular de cada situação nova”, manifesta “formas coletivas e socialmente determinadas de explicação” (Astolfi *et al.*, 1998, p. 55). A elas, portanto, correspondem sistemas de pensamento, de modo que, subjacente às representações estão os verdadeiros obstáculos à aprendizagem. Daí a importância da didática das ciências que necessariamente deve levar em conta os obstáculos, indo além da didática dos objetivos, pois o enfrentamento dos obstáculos é uma condição ao desenvolvimento do pensamento científico. Conforme apontam Astolfi *et al.* (1998, p. 65) “uma coisa é definir os objetivos exclusivamente a partir da análise dos programas e dos conteúdos (como fez a pedagogia por objetivos), outra coisa é considerar a ultrapassagem de um obstáculo como o objetivo verdadeiramente visado”.

A criação de condições de manifestação das representações seja por meio da oralidade, da expressão escrita, atividades individuais ou em grupo favorece sua transformação, pois faculta ao professor o acesso as estruturas profundas que orientam as representações. Nesse contexto, a emergência de perguntas e a construção de problemas científicos são fundamentais à pessoa envolvida no processo de ensino-aprendizagem, visto que a resolução de um problema requer uma revisão dos conceitos iniciais. Pode-se quanto a isso fazer uma ponte com Bachelard (2000, p. 51):

Ora, o que faz a estrutura não é a acumulação; a massa dos conhecimentos imutáveis não tem a importância funcional que se supõe. Se se consente em admitir que, em sua essência, o

pensamento científico é uma objetivação, deve-se concluir que as retificações e as extensões são dele as verdadeiras molas. É aí que é escrita a história dinâmica do pensamento. *É no momento em que um conceito muda de sentido que ele tem mais sentido*, é então que ele é, certissimamente, um acontecimento da conceitualização.

O que importa “não é apenas que ela produza factualmente uma resposta esperada, mas que domine as operações cognitivas que estão em jogo nessa produção” (Astolfi *et al.*, 1998, p. 20), de modo que os estudantes adquiram consciência do processo de aprendizagem, o que favorece a construção de rupturas necessárias. A divergência de ideias e o confronto delas entre os estudantes cria um ambiente propício à problematização, daí a ideia de projeto, por ser aberto e sujeito a agência do professor, que permitirá a construção de um ambiente e de dispositivos adequados ao aprendizado.

Nesse sentido, o processo não ocorre espontaneamente, mas resulta de um processo de indução, onde o professor desempenha papel fundamental, cujas estratégias são baseadas em um diagnóstico preliminar. Conforme Astolfi em entrevista:

Existe, então, uma grande necessidade de construir (a didática ainda tem um longo caminho a sua frente) dispositivos didáticos construtivistas que levarão os alunos e professores a trilhar o caminho do trabalho com obstáculos e transformações do erro para, modestamente (como se pode e sem que haja milagres), chegar a conhecimentos de um novo tipo (MOHR e PIRES, 2011, p. 183).

Astolfi (1943-2009) ao abordar a formação do espírito científico, no diálogo com a discussão contemporânea sobre educação, considera um risco tanto a tendência conservadora quanto a inovadora, buscando uma terceira via: “[...] para aqueles tentados por uma lógica de habilidades, ele lembrará por que é essencial tomar o lado do conhecimento. Aos adeptos da escola tradicional, ele mostrará como a didática é uma dimensão indispensável do ensino” (HOUSSAYE e COSNEFROY, 2010, p. 259).

Referindo-se ao seu livro *O sabor dos saberes* Astolfi, em entrevista, ressalta a necessidade de recuperar o prazer do conhecimento: “ora, todo saber, no seu fundamento, trouxe prazer, alegria, conhecimento novo, um desabrochar, um “heureka”, uma maneira nova de ver o mundo e as coisas!”. (MOHR e PIRES, 2011, p. 174). A ideia consiste em reintroduzir os saberes na escola, como potencial de interpretação, em sua relação dinâmica com os conhecimentos existentes, tendo como finalidade o desenvolvimento dos conceitos. O que possa ser significativo para o aprendente, de modo que venha a sentir-se satisfeito com o ato internalizado de aprendizagem, pois

Aprender não é apenas aumentar o "estoque" de conhecimento, é também - e talvez principalmente - transformar os modos de conceber o mundo. Sabemos bem, que nossos momentos de descobrimento são muitas vezes aqueles que nos permitem ver as coisas de outra maneira, sem ter que saber "mais" (ASTOLFI, 1997, p. 65).

A despeito da relevância de incorporar o diagnóstico das representações como uma das condições de enfrentamento dos obstáculos à aprendizagem não se pode ignorar os seus limites, pois isto não pode ocorrer com a profundidade de uma pesquisa, visto que o professor em sala de aula está em ação, tratam-se aqui dos constrangimentos institucionais onde “[...] o projeto de trabalho sobre os obstáculos e as exigências do sistema escolar são vividos como contraditórios” (Astolfi *et al.*, 1998, p. 23). A possibilidade se assenta, então, no desenvolvimento de atitude nova, de “tentar o impossível”, de acordo com Astolfi *et al.* (1998).

### III. CONCLUSÕES

O processo de ensino aprendizagem é objeto de diversas interpretações, diria que todas com suas devidas aproximações compreensivas, todavia o objeto não pode ser esgotado para a ciência em nenhuma das abordagens. Destacamos que para Bachelard há aproximações entre a produção do conhecimento científico e ao ensino aprendizagem, com as devidas proporções. Visto que nem todo o pesquisador, por questão de escolha ou circunstância, exerce atuação na docência, mas todo docente precisaria conhecer dos procedimentos de pesquisa e também das fundamentações

epistêmicas de maneira a ter o domínio sobre o processo de produção dos conteúdos ensinados aos aprendentes.

Assim, embora o processo de ensino apareça na abordagem de Bachelard, o autor se concentra no processo de cognição. Na abordagem de Astolfi a didática do conhecimento científico se torna o foco, mas sua racionalização deve considerar necessariamente a constituição do pensamento científico dos aprendentes, adicionando a isso o pensamento científico sobre a própria didática de modo que, enquanto Bachelard identifica os obstáculos da cognição como processo geral, Astolfi os percebe como obstáculos a serem transformados no ato de ensino em objetivos obstáculos, sendo esta uma condição fundamental de realização do ensino-aprendizagem.

A produção do conhecimento em Bachelard enfrenta obstáculos epistêmicos de diversa natureza, desde os de ordem psicológica, perpassando pelos conhecimentos primeiros, pelos generalistas, dentre outros. Todos impactam no processo de produção do conhecimento, também são necessárias as rupturas com esses obstáculos para a produção do conhecimento. Em se tratando de ensino aprendizagem, imagina-se que também o processo esse processo ocorre mediado entre os conhecimentos primeiros dos aprendentes e os ensinados nas escolas. Então, a atitude didática precisa tratar essa relação com aporte epistemológico, visto que a dificuldade de aprendizagem é da natureza cognitiva.

É fundamental tanto em Bachelard quanto em Jean-Pierre Astolfi que no processo de ensino aprendizagem sejam identificados os conhecimentos primeiros dos aprendentes ou as representações que eles possuem, constituídas em obstáculos para aprendizagem, com vista à elaboração dos objetivos obstáculos, de maneira a possibilitar as rupturas epistemológicas, pois a aprendizagem se faz em relação as suas superações. Também é necessário chamar atenção para a sedução de aprendizagem mediada pela facilidade, o que representa uma ideia sedutora, mas ingênua.

Fica evidente nas leituras de Bachelard e Astolfi que o processo de ensino aprendizagem está envolvido em atividades cognitivas, cujo esforço intelectual requer um esforço de abstração, mas é também importante destacar que a atividade de aprendizagem guarda a sua dimensão de prazer, de satisfação, que ocorre quando a dedicação desenvolvida não é somente do campo da memória, mas epistêmica e promove a ruptura entre as representações com vista a possibilitar a aprendizagem, como consequência do domínio dos procedimentos de produção do conhecimento.

Dada à proposta curricular da escola atual que tem uma dimensão conteudista, visto o volume de disciplinas escolares e o número de conteúdos as serem estudados pelos aprendentes, torna-se quase impossível uma lentidão necessária para o desenvolvimento de atividades que possam identificar os obstáculos de aprendizagem dos alunos e elaborar os objetivos obstáculos, mas essa questão não é da natureza da ciência que se atem ao estudo do processo de ensino aprendizagem, ela é de natureza da política de Estado dirigida para a educação, ou das necessidades de mercado por mão de obra qualificada, ou da necessidade imaginada pela sociedade em inserir seus filhos cada vez mais jovens no processo produtivo.

Ocorre que o tempo do pensamento, da reflexão filosófica, da leitura e entendimento de uma obra de fundamentação teórica não pode ser estipulado numericamente a contar o número de páginas por minutos de leituras. A abstração tem o seu tempo, que corresponde ao tempo necessário a considerar as condições de experiências do aprendentes.

## **AGRADECIMENTOS**

Agrademos à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado do Amazonas pelo financiamento da passagem para participar desse evento, aos alunos do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ensino de Ciências na Amazônia, com quem estudamos Gaston Bachelard e Jean-Pierre Astolfi e articulamos suas reflexões às dissertações de mestrado que tratam da Pesquisa e do Ensino de Ciências a considerar as reflexões epistêmicas desses autores, aos colegas coautores desse texto pelos diálogos intelectuais.

**REFERÊNCIAS**

ASTOLFI, J.-P. et al. *A didática das ciências*. (1990). Campinas: Papirus.

ASTOLFI, J.-P. et al. *Como as crianças aprendem as ciências*. (1998). Lisboa: *Coleção Horizontes Pedagógicos*.

ASTOLFI, J.-P. El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Revista Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 1994: Vol. 12 n. 2. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21359>. Acesso em 22 de setembro de 2016.

ASTOLFI, J.-P. El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. (Trad. Tomás Cortés Sánchez). *Revista Educación y Pedagogía*, Vol. XI, n.º. 25. (1999). Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/ejemplar/186057>. Acesso em: 21 março. 2019.

BACHELARD, G. *Ensaio sobre conhecimentos aproximado*. (2004). Rio de Janeiro: Contraponto.

BACHELARD, G. *O novo espírito científico*. (2000). Rio de Janeiro: Tempo Brasileira.

BACHELARD, G. *A formação do espírito científico*. (1996). Tradução Estela dos Santos Abreu. 5ª reimpressão. Rio de Janeiro: Contraponto.

HOUSSAYE, J; COSNEFROY, Laurent. Hommage à Jean-Pierre Astolfi (1943-2009). In: *Revue des sciences de l'éducation*. (2010). Volume 36, n. 1, p. 255-265.

MOHR, Adriana. PIRES, Fernando Dias de Ávila. Reencontrar o sentido e o sabor dos saberes escolares. (2011). In: *Rev. Ensaio*. Belo Horizonte, v.13, n.02, p.173-186, mai-ago.