

Whitehead e os elementos condicionantes de uma práxis pedagógica autêntica em ciências

Marcos Antônio Pinto Ribeiro^{1*}

¹Professor da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Curso de Licenciatura em Química, professor, Jequié, Bahia, *marcolimite@yahoo.com.br

Recebido em: 30/03/2019 Aceito em: 15/04/2019 Publicado em: 31/05/2019

RESUMO

Quais os elementos de uma práxis pedagógica autêntica em Educação Científica? Essa é a inquietação que dá origem a esse trabalho. Para responder a esta pergunta buscamos na literatura do idealismo alemão, a literatura sobre metaciências e saberes docentes e focamos na obra de Whitehead, nosso autor principal, para defender alguns elementos que julgamos importantes no contorno de uma Educação Científica autêntica. Este trabalho analisa também os principais elementos da pedagogia de Whitehead, um autor relativamente pouco conhecido no Brasil e pouco integrado ao ensino de ciências. Contemporâneo de John Dewey, autor muito conhecido no Brasil, Whitehead também defende o pragmatismo como filosofia. Entretanto, diferente do pragmatismo de Dewey, de origem social, e muito integrado ao Brasil, o pragmatismo de Whitehead inicia na ideia e não na ação. Defende o poder e a beleza das ideias, o combate as ideias inertes, ou seja, ideias sem efeito prático.

Palavras-chave: Whitehead. Pragmatismo. Investigação.

Whitehead and the conditioning elements of an authentic pedagogical practice in science

SUMMARY

What are the elements of a authentic pedagogical praxis in Scientific Education? This is the restlessness that gives rise to this work. In order to answer this question we search in the literature of German idealism, literature on metasciences and teacher knowledge, and focus on the work of Whitehead, our main author, to defend some elements that we deem important in the outline of an authentic Scientific Education. This paper also analyzes the main elements of Whitehead's pedagogy, an author with relatively little knowledge in Brazil and little integrated with science teaching. Contemporary by John Dewey, author well known in Brazil, Whitehead also defends pragmatism as a philosophy. However, unlike Dewey's pragmatism of social origin, and very integrated with Brazil, Whitehead's pragmatism begins with the idea and not with action. It defends the power and beauty of ideas, the combat of inert ideas, that is, ideas without practical effect.

Keywords: Whitehead. Pragmatism. Research.

INTRODUÇÃO

Inicialmente, como qualquer investigação, fomos inquietados por temas abertos e difusos: qual a natureza de uma Educação Científica autêntica? E quais os elementos formativos de uma formação superior? Existe uma Educação Científica mais autêntica

que a hegemônica atual? Se sim, como construir e qual a sua natureza? A partir de reflexões de nossa própria prática pedagógica, essa pergunta foi ganhando forma ao longo dos últimos anos. Isso nos fez adentrar em um problema que consideramos genuíno da práxis pedagógica em Ciência: temos uma Educação Científica com elementos estranho à praxis científica.

Na busca de solução deste problema, primeiramente nos deparamos com o idealismo alemão ao pensar o problema de formar pela ciência. Como se sabe, a reforma universitária, consolidada pela Universidade de Berlim, principalmente por Von Humboldt, problematiza principalmente a relação entre as ciências particulares e as ciências do absoluto, na sua época, a Filosofia. Identificamos a estreita relação entre formação específica e geral, em ciência e filosofia e contorno do conceito de formação em ciência como construir totalidades a partir da especificidade. Para tanto isso requer que a investigação e a crítica filosófica sejam intrínsecas da práxis pedagógica em ciência.

Paradoxalmente, a este problema, identificamos que temos ainda uma hegemonia da Psicologia como fundamento teórico na Educação Científica, necessária, mas insuficiente para problematizar, por exemplo, o conceito de formação. Quando olhamos retrospectivamente a biografia de alguns clássicos da ciência, percebemos que sua formação foi em sua grande maioria das áreas da ciência e da Filosofia. Veja por exemplo, no caso da química, Boltzman, Ostvald, Lavoisier, Duhem, dentre outros. Essa relação intrínseca parece ter sido perdida na contemporaneidade. Como recuperar? A resposta a esta pergunta nos levou até o pensamento de Whitehead. Autor pouco utilizado no Brasil e no mundo, mas que constrói uma pedagogia científica que pensamos ser mais apropriada para a formação em ciência.

Em análise da literatura podemos afirmar que são condições essenciais de uma Educação científica autêntica colocar a ciência em cultura, bem como compreender a investigação e da crítica filosófica como valores intrínsecos. Ou seja, o estudante deve buscar totalidades a partir dos conteúdos específicos, relacionando o particular com o geral. Estes ideais estão presentes principalmente no idealismo alemão. Do estudo das metaciências identificamos que atingir as estruturas sintáticas e substantivas dos conteúdos, produzir uma compreensão sintática torna-se um elemento importante. Defesa semelhante pode ser vista na produção de Lee Shulman.

Fundamentados principalmente em Whitehead afirmamos também que a Educação Científica deve atingir o nível de generalizações; fomentar o insight;

desenvolver perspectivas filosóficas a partir dos conteúdos; Desenvolver um senso estético e dimensionar o poder e a beleza das ideias. Nas sessões abaixo iremos desenvolver alguns destes elementos. Por fim, analisamos uma inovação curricular na disciplina de TCC tendo por problematização as questões acima.

POR A CIÊNCIA EM CULTURA

Whitehead refere que o saber especializado é, muitas vezes, acompanhado por uma falta de cultura (WHITEHEAD, 1994, p. 227). Ciência e cultura passaram a ser dois mundos sem comunicação (SNOW, 1959). Na atualidade, essa realidade diagnosticada por Whitehead, Snow e outros, tem ampliado enormemente. Em função da grande heterogeneidade da produção do conhecimento tecnocientífico atual, aprender uma competência científica em um campo, não garante sua transferência para outro domínio. Significa que especialistas de um campo de saber podem ser leigos em outro domínio. Além disso, o conhecimento tecnocientífico e as inovações tecnológicas são dependentes dos contextos onde os problemas tornam-se relevantes, ou seja, tem um carácter tácito e localizado, cultural. Logo, não basta à Educação Científica uma transmissão algorítmica, é necessário o contato com experts, a convivência, o aprender fazendo, o desenvolvimento de habilidade e competências em uma rede coletiva e cooperativa de atores. Isso faz com que a relação entre ciência e cultura seja central na Educação Científica. Esse é um dos elementos principais de uma Educação Científica autêntica. Todas as disciplinas deveriam ser do tipo disciplina-cultura, ou seja, discutir não apenas aspectos da dimensão específica dos conteúdos, mas suas diversas inter-relações.

Há uma necessidade de restituir à ciência a sua dimensão histórica e a sua densidade discursiva, conferir visibilidade ao papel central da linguagem na própria constituição da ciência, dos seus objetos e das suas representações, identificar as condições e circunstâncias históricas que geram e delimitam a sua eficácia, revelar a trama das relações entre conhecimento científico e outras formas de conhecimento, incluindo os conhecimentos marginalizados, apropriados de modo descaracterizados ou simplesmente eliminados ao longo da história da ciência moderna, cartografar as continuidades e as discontinuidades entre saberes e competências que a modernidade arrumou dos dois lados das grandes divisões entre ciência e humanidade, ciência e senso comum, conhecimento e crenças. Para esse contexto Levy-Leblond cunhou o termo “por a ciência em cultura”. Para Nunes (2009, p. 2):

[...] devido a apropriação dos conhecimentos científicos e tecnológicos ser um processo ativo, que ocorre em contextos específicos e protagonizado por públicos diferenciados, a Educação Científica e a promoção da cultura científica devem ter como principal objetivo “pôr a ciência em cultura”, para usar a expressão de Jean-Marc Lévy-Leblond, isto é, contribuir, por um lado, para um melhor conhecimento não só dos conteúdos como também das condições históricas, sociais e culturais da produção do conhecimento científico e da inovação tecnológica e, por outro, para a integração do conhecimento científico e tecnológico e das competências a eles associados nos reportórios de recursos cognitivos e críticos necessários à participação na sociedade e ao exercício activo da cidadania” (NUNES, 2009, p. 2).

Logo, a Educação Científica e a promoção da cultura científica nas sociedades baseadas no conhecimento pressupõem a inclusão um conjunto diversificado de disciplinas, de saberes e de áreas do conhecimento (incluindo as ciências da natureza, as ciências da saúde, as ciências sociais e humanas, as engenharias e as artes), um conhecimento pormenorizado e rigoroso dos diferentes públicos das ciências e das tecnologias e das condições da produção, apropriação e usos sociais destas, e, finalmente, a definição de formas de intervenção com um fim de promover a cultura científica. Logo, a Educação Científica deve se dar em uma rede de atores, em comunidade, ou um conjunto de atores e focado na intervenção, responsabilidade social e desenvolvimento humano.

Ciência em Cultura tem como objetivo final a apropriação social da ciência. Significa que o objetivo terminal da Educação é o desenvolvimento científico e humano, a responsabilidade social. O problema social da Ciência é justamente não estar na cultura. Essa desapropriação marca um paradoxo fundamental do “espírito científico” onde a maioria dos indivíduos não é chamada a criar saber científico nem dispõe dos meios reais para compreender, sendo, contudo, permanentemente solicitada pela tecnicidade e pela racionalidade “científica” dos objetos e das operações correntes. (COUTINHO, 1992, p. 30).

No ensino e na docência superior estes problemas se recontextualizam de forma mais drástica. Cabe aqui problematizar o conceito de formação em sua radicalidade, e é Universidade centrada na pesquisa e na ciência, pelo menos desde Humboldt, que será responsável por tal tarefa. O que significa formar pela ciência e para a ciência? Barbosa (2010), em um estudo sobre o trabalho de Schelling, contextualizado no idealismo alemão defende que:

A formação não se restringe à *Ausbildung*, termo que se aplica de modo mais adequado à instrução destinada ao desenvolvimento e à combinação de capacidades específicas em vista de atividades particulares, frequentemente necessárias ao exercício de uma profissão. A formação certamente envolve a *Ausbildung*, pois requer capacitações proporcionáveis pelo ensino, mas sua

meta é o cultivo do homem na totalidade de suas disposições enquanto um ser racional e livre, seja em sua condição particular, como indivíduo originário de um meio cultural determinado, seja como cidadão, seja em sua condição universal de membro representante da espécie humana. A formação é o elemento no qual a personalidade se constitui e é constituída na medida mesma em que, como o Fausto de Goethe, esforça-se por acolher em si o que coube em sorte à humanidade. Concretização do universal no singular, elevação do singular ao universal, a formação pela ciência adquire um sentido igualmente determinado, pois a palavra ciência não vive aqui numa acepção trivial, em que é confundida com as ciências particulares e os saberes técnicos delas derivados, assim como a Bildung não se restringe à Ausbildung. Formação pela ciência significa formação pela Wissenschaft – ou seja, por aquela que reivindica para si o título de a ciência, pura e simplesmente: a filosofia. Em sentido enfático, a Bildung universitária é antes de tudo filosófica. (BARBOSA, 2010, p54).

Essa análise de Schelling problematiza a formação e a ideia de universidade. A partir de então a universidade e a formação é pensada por autonomia da razão e unidade entre Universidade e Sociedade; Ciência e Cultura. Com o progresso da ciência e da técnica, do avanço do saber especializado, das imbricações entre mercado de trabalho e conhecimento e atualmente com as tecnologias da comunicação, este ideal da universidade Humboldtiana tem sido fortemente atacado e a idéia de universidade, bem como a ideia de formação, vive hoje um estado de profunda crise. A tendência foi uma cientificação da Filosofia. Levy (2000) analisa que mesmo a ciência tendeu a perder a sua cultura.

Contudo, na atualidade, como resultado da chamada sociedade da informação, do conhecimento, do risco e da modernidade reflexiva, que reconfiguram a noção de conhecimento e ressignifica a relação entre ciência e filosofia, um novo contrato entre ciência e sociedade, defende-se uma nova reconfiguração dos saberes, uma ecologia dos saberes, colocar a ciência em cultura, transdisciplinaridade e humanização da ciência. Por isso, a cada dia mais devemos nos perguntar sobre este problema fundamental, quais os elementos formativos de uma pedagogia autêntica? A este pergunta Whitehead deu-nos algumas contribuições.

A PEDAGOGIA CIENTÍFICA DE WHITEHEAD

Um dos conceitos centrais da pedagogia científica de Whitehead, principal mal da Educação são as ideias inertes, ou seja, idéias que não são operacionalizáveis. Ideias que desorganizam o pensamento. Podemos assim dizer que na Educação Científica, Whitehead desenvolve o pragmatismo das ideias, tão importante quanto o pragmatismo social de John Dewey, tão presente no Brasil. Outros elementos importantes de sua pedagogia são o valor da disciplina e da liberdade. Para Whitehead o bom aluno seria

quando nele há o desejo da disciplina por liberdade. Em sua pedagogia é dada muito importância ao poder e beleza das ideias, segundo o mesmo, quando o estudante consegue perceber o poder e a beleza das ideias, o estudante atingiu um estágio superior.

Inspirado pela filosofia de processos, Whitehead propõe ao invés de estágio a noção de ritmos para organizar sua pedagogia. O processo Educacional trata-se do ritmo criado pela passagem por três fases de qualquer gesto educativo: "o romance", "a precisão" e "generalização" (sendo esta última uma forma de romance enriquecida pela precisão). O "romance" e a "generalização" vivem da produção de sentidos, das emoções estéticas derivadas das ligações que estabelecem. Estes dois aspectos do ritmo - geralmente ausentes no ensino aprendizagem das ciências - encontramos-os, hoje, nas novas teorias sobre Educação Científica, quando se apela a introdução da narrativa no ensino das ciências.

Ora, como afirmava Whitehead, a fase da precisão, apesar de sua centralidade e importância, quando se transmite a gramática e a lógica dos conteúdos, sem as fases do romance e da generalização não terá qualquer valor educativo. A fase da precisão só funciona se for desejado. Quando não ocorre o desejo, Educação Científica é inautêntica. É uma Educação Científica que se realiza na anulação do "voo" inerente a ciência, apelando ao predomínio do útil, do comum, da vida de todos os dias, descurando da dimensão inventiva, privilegiando, essencialmente, a repetição rigorosa do método e destituída dos juízos de beleza e do poder das ideias, característicos do romance e da generalização. Não fomentando nem a disciplina nem a liberdade desejada, nem muito menos o fruir do pensamento.

Nas sessões abaixo iremos problematizar alguns elementos formativos importantes para a formação e a Educação Científica de acordo com Whitehead. Focaremos principalmente no valor dos clássicos, no juízo estético e poder das ideias.

O VALOR DOS CLÁSSICOS PARA A FORMAÇÃO EM CIÊNCIAS

Para Whitehead (1967) é necessário o fomento ao estudo dos clássicos. Um dos riscos à cultura clássica é a especialização e institucionalização do ensino. Quanto mais especializada é uma área, menos elementos culturais e menos integrado é o campo. Em um futuro próximo correremos o risco de não abordarmos mais os clássicos na

Educação. Por exemplo, só estudamos em Química, Robert Boyle, Lavoisier, Paracelso, na disciplina de História da Química.

No livro *os fins da Educação* (WHITEHEAD, 1967), o autor elenca alguns argumentos importantes para defender a importância dos clássicos na Educação. A leitura dos clássicos de uma disciplina é necessária para adentrar no mundo da cultura da própria disciplina, na sua tradição. Leva ao estudante ao conhecimento das estruturas da tradição, as estruturas sintáticas e substantivas que organizam espaço temporalmente o arcabouço cognitivo de sua disciplina.

O estudo dos clássicos leva a uma aprendizagem pelo contato, a partir de experiências individuais, singulares, particulares e gradualmente evolui-se para ideais gerais. Para o autor, o acúmulo de ideias com declarações gerais que não tenham referência com a experiência pessoais individuais é um mal que se deve evitar. A iniciação a qualquer disciplina é o aprendizado pelo contato, o aprendizado da tradição, das experiências singulares e não de declarações gerais. As experiências singulares são, obviamente, datadas espaço temporalmente. Adquirir uma consciência histórica de sua disciplina é assim uma necessidade elementar e um elemento formativo básico. O estudo dos clássicos também leva ao aprendizado de semântica e sintaxes da disciplina.

Outra importância do estudo dos clássicos é aprender a linguagem e estrutura. Aprende-se a estrutura da química estudando os clássicos e os problemas que os mesmos veiculam, por exemplo, Robert Boyle e o conceito de elemento; Lavoisier e a linguagem Química, etc..

Aprender a perspectivar é outra competência importante dada pelo estudo dos clássicos. Para o autor “É necessário que tivéssemos um entendimento intuitivo do fluxo de perspectivas e de pensamentos, e dos impulsos estéticos e racionais que tem controlado a perturbada história da humanidade.” (WHITEHEAD, 1967, p. 45). Ao longo de qualquer campo de conhecimento múltiplas perspectivas foram criadas e disputadas, a exemplo da química: no século XVIII e XIX o conceito de composição era fundamental e estruturante, no século XX foi o conceito de estrutura, na atualidade é o conceito de função, associado a estrutura que surge como fundamental.

Outra contribuição dos clássicos é propiciar e desenvolver um juízo moral. Para Whitehead (1967, p. 49)

“a Educação moral é impossível separada da visão habitual da grandeza”. Se não somos grandiosos, não importa o que fazemos nem qual o resultado, mas o sentido de grandeza é uma intuição imediata e não uma conclusão de um argumento. O sentido da grandeza é o fundamento da moral. (WHITEHEAD, 1967, p. 49)

O estudo dos clássicos também fomenta o juízo estético, fomenta o ritmo e escala de valores. Permite, como o zoologista que tem a criação animal em suas mãos, ensinar demonstrando exemplos típicos. O estudo dos clássicos conduz ao ambiente mental e intelectual dos autores e do progresso da ciência. Não há substituto para o estudo dos clássicos.

O PODER DAS IDEIAS E A BELEZA DAS IDEIAS: A IMPORTÂNCIA DO JUÍZO ESTÉTICO

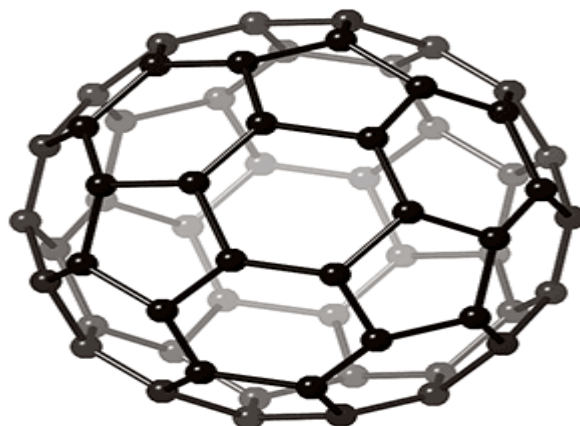
A busca do insight epistêmico, a aula voadora e a motivação intrínseca são elementos importantes da Pedagogia Científica de Whitehead. A busca do insight, da vivência da descoberta, é para Whitehead uma experiência estética e por tanto, potencializadora do aprendizado em ciências. Um dos objetivos fundamentais de formação superior, bem como da didática do ensino superior, na visão de Whitehead, deveria ser a formação de um juízo estético, de um senso de beleza, beleza e aventura das ideias. Iremos tratar brevemente relacionando Estética e Química. Para Hoffmann,

O que faz uma molécula ser bonita? Pode ser a sua simplicidade, uma estrutura simétrica. Ou pode ser a sua complexidade, a riqueza do detalhe estrutural que é necessária para a função específica. Às vezes a beleza de uma molécula pode ser escondido, para ser revelado apenas quando a sua posição em uma seqüência de transformações. Novidade, surpresa, utilitário também joga um papel na estética molecular. (HOFFMANN, 2003, p. 33).

A estética é intrínseca da química. Podemos ver, por exemplo, na elegância dos processos químicos (reações); na perfeição das moléculas; na beleza das estruturas moleculares; na harmonia da tabela periódica; nas semelhanças da linguagem química com a arte. A linguagem química trabalha com estrutura, simetria, regularidade, repetição, harmonia. Estas ações também estão presentes em outros campos humanos como: metáforas, artesanato, na arquitetura e na escrita poética.

Um dos exemplos mais intrigantes na Química com forte inspiração estética pode ser citado no fulereno esta na figura abaixo. Sua forma é a de um domo geodésico composto por 12 pentágonos e 20 hexágonos. Sua fórmula é C_{60} . Os hexágonos mantêm a planaridade (como no grafite que é plano, por apresentar somente hexágonos) enquanto que cada pentágono inicia um ângulo de curvatura, sendo necessários 12 pentágonos para fechar a superfície sobre si mesma, formando uma bola.

Figura 1 - Fulereo

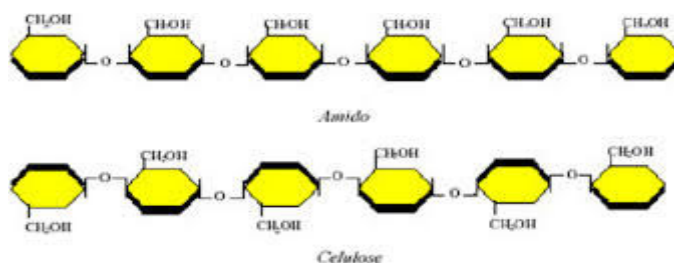


Fonte: (OLIVEIRA, 2018). Disponível em: <http://sci-culture.com/br/>

O fulereno C₂₀ apresenta somente 12 pentágonos. Devido à sua forma tridimensional, suas ligações insaturadas e sua estrutura eletrônica, os fulerenos apresentam propriedades físicas e químicas únicas que podem ser exploradas em várias áreas da bioquímica e da medicina. Um de seus usos poderia ser o de transporte de medicamentos através do corpo humano, assim poder-se-ia evitar danos ao corpo através deste. Por exemplo, em casos de câncer, em que um dos medicamentos destrói células, com uma leve preferência às cancerígenas.

Outro fenômeno químico com fortes conotações estéticas esta na diferença entre amido e celulose. Do ponto de vista químico é apenas uma mudança em sua estrutura, um caso simples de isomeria estrutural. Do ponto de vista biológico, entretanto, é determinante na organização da vida biológica e humana. A madeira é feita de celulose, o pão é feito de amido. Uma pequena diferença química é responsável pela grande diversidade biológica.

Figura 2 - Diferença entre celulose e o amido – Fonte: Google



Outro exemplo pode ser visto nas Xantinas, a diferenças entre elas define-se o sabor do café, chá e o chocolate, aparentemente coisas biologicamente tão distintas.

Figura 3 - Diferenças entre as xantinas



(fonte: INSTAHU, 2019, Disponível em: <http://www.instahu.com/tag/xantina>)

A compreensão destes fenômenos, extremamente recorrentes, no sentido whiteheadiano, introduz o estudante no espectro da beleza e do poder das ideias de sua disciplina. Lanço como hipótese que, a vivência de uma experiência estética com sua disciplina, é capaz de fortalecer a escolha feita em estudar o campo. Na sessão abaixo irei problematizar uma variante desta temática, a importância das estruturas sintáticas e substantivas, potencializada pelos estudos dos clássicos.

ESTRUTURAS SINTÁTICAS E SUBSTANTIVAS NA FORMAÇÃO CIENTÍFICA: PEDAGOGIA DA SUBSTÂNCIA

Apesar de central, para Gauthier *et al.*, (2006, p. 19) “a ciência do ensino é muito mais uma ideia a ser guardada no velho baú das utopias educativas do que uma tarefa já concretizada”. Devido à centralidade do ensino nas sociedades atuais, têm-se buscado uma maior profissionalização dos professores e uma definição do repertório do ensino (IZQUIERDO-AYMERICH, 2005).

Nesse contexto, o trabalho de Shulman (1986, 2005) é uma referência fundamental porque propõe uma nova reforma do ensino e denuncia a existência de um paradigma perdido: o conhecimento dos conteúdos. Para esse autor, a melhoria do ensino passa pela definição do ensino como uma profissão, uma propriedade coletiva, comunitária, em que seja possível desenvolver categorias que tornem pública, comunicável e possível de ser pensada a experiência privada dos professores.

Isso permite uma pedagogia da substância (SHULMAN, 2005) que supere a crença na possibilidade de uma pedagogia científica capaz de definir teoricamente os saberes do ensino, orientada por uma racionalidade técnica (SCHÖN, 2000), que

elimina a especificidade da disciplina, seu conhecimento epistemológico, identificando-se vários saberes docentes (SHULMAN, 1986, 2005; TARDIF, 2002). Guathier et al. (2006) identificam os saberes disciplinares, curriculares, das ciências da Educação, da tradição pedagógica, experienciais e da ação pedagógica. Os saberes da ação pedagógica são os mais importantes e os menos conhecidos, e muitos deles são de natureza tácita, idiossincráticos e pouco codificáveis (GUATHIER *et al.*, 2006).

Para Shulman (1986, 2005), o conhecimento pedagógico do conteúdo é o mais importante conhecimento do professor, fazendo a diferença entre um especialista em uma disciplina e um professor. Esse conhecimento tem recebido maior atenção e consiste em uma amálgama entre a pedagogia e o conhecimento do conteúdo. É o conhecimento necessário para o professor transformar os conteúdos em objetos de ensino. É um tipo de saber tácito, dependente de estrutura cognitiva e conceitual, mas não redutível a ela, exige um conhecimento específico do conteúdo e um conhecimento histórico e filosófico sobre o conteúdo. Para Shulman (2005, p. 12), esse conhecimento apresenta um carácter complexo e profundo:

[são] as estruturas sintáticas e substantivas de uma disciplina. Esta visão das fontes do conhecimento dos conteúdos implica necessariamente que o professor não somente deve compreender a fundo a matéria específica que ensina, senão ademais deve possuir uma ampla formação humanista, que deve servir como um marco para a aprendizagem adquirida anteriormente e como um mecanismo que facilite a aquisição de uma nova compreensão. (SHULMAN, 2005, p. 12)

Esse é um conhecimento presente em um especialista no ensino. A pesquisa sobre especialistas tem revelado que seus conhecimentos são, em grande parte, de natureza tácita (TALA, 2012) e incluem conhecimento dos conceitos, operações algorítmicas, compreensão das classes de erros dos estudantes e a apresentação do currículo. Isso sugere uma natureza multidimensional do conhecimento da matéria do professor e a íntima relação entre a própria compreensão conceitual do professor e a habilidade para uma compreensão didática da matéria por parte do professor, inclusive o conhecimento curricular e o conhecimento das dificuldades do estudante. Leinhardt e Smith (1985) informam que os professores especialistas exibem uma estrutura hierárquica mais refinada para seu conhecimento, sugerindo a importância da profundidade e da organização da matéria para o ensino.

O que os professores necessitam saber sobre suas matérias ultrapassa o conhecimento dos especialistas na disciplina; os professores também necessitam

compreender sua matéria e formas de promover a aprendizagem. O professor, além de especialista na disciplina, deve tornar-se um especialista da didática da especialidade (ZABALZA, 2004; VIEIRA et al., 2009; VIEIRA, 2005).

Professores e especialistas têm metas primárias diferentes. Os especialistas criam um novo conhecimento da disciplina, preocupam-se com o avanço do conhecimento (SAVIANI, 2008), ao passo que professores tornam o conhecimento objeto de ensino. Essas metas diferentes requerem compreensões relacionadas, porém distintas, da matéria. Entretanto, o conhecimento da matéria dos professores, celebrado como todo poderoso nas pedagogias tradicionais, ou descoberto como mero engano nas pedagogias que se opunham ao tradicionalismo, tem provocado mais controvérsia que estudo (SCHULMAN, 2005). É consenso que envolve no mínimo quatro dimensões: conhecimento do conteúdo, conhecimento sintático, conhecimento substantivo e crenças acerca da matéria.

A profundidade e a organização do conhecimento do conteúdo são dimensões importantes do ensino. Os professores compreendem o mapa mais amplo de sua matéria quando entendem as relações entre tópicos ou habilidades com tópicos mais gerais em seu campo, tornando-os também mais efetivos no ensino de suas matérias. Por exemplo, quando compreendem conceitos epistêmicos como causa, fenômeno, problema, lei, teoria, modelo, experiência, ou os obstáculos epistemológicos relacionados.

O conhecimento dos professores também sofre uma mudança muito grande quando eles começam a ensinar e quando o conhecimento inicial do conteúdo se enriquece com o conhecimento dos estudantes, do currículo e do contexto do ensino. O conhecimento do conteúdo, ou a falta dele, pode afetar a maneira como os professores criticam os livros de textos, como selecionam o material para ensinar, como estruturam seus cursos e como conduzem a instrução.

O conhecimento do conteúdo depende das estruturas substantivas e sintáticas, que são as estruturas mais profundas de uma disciplina. As estruturas substantivas são os paradigmas ou marcos que guiam ou têm guiado o foco de indagação, ditando, de muitas formas, as questões que os investigadores levantam e as direções que propõem. As estruturas sintáticas de uma disciplina são os cânones da evidência e as provas por meio das quais o novo conhecimento é admitido em um campo; as demandas do conhecimento atual são consideradas menos justificadas. O conhecimento das estruturas substantivas, seja tácito seja explícito, tem importantes implicações com os princípios de seletividade do ensino.

Uma falta do conhecimento sintático pode limitar seriamente as habilidades dos futuros professores para aprenderem nova informação em seus campos. Sem um firme domínio sintático da disciplina, os futuros professores podem ser incapazes de distinguir entre afirmações legítimas ou não legítimas de um campo e podem tornar-se incapazes de argumentar. Quando o conhecimento muda, os professores precisam ser capazes de avaliar novas teorias e explicações. Esse treinamento na estrutura sintática facilita que um professor conheça como adquirir novo conhecimento, de maneira responsável e crítica.

No contexto do ensino superior, essa questão é ainda mais grave. Ao perfil do professor universitário agregam-se, atualmente, além das competências científicas, outras de carácter pedagógico, relacional e de gestão. A própria ciência exige, na atualidade, uma didatização (IZQUIERDO-AYMERICH, 2005). A dimensão pedagógica torna-se faceta da qualidade do ensino superior, fazendo deslocar a concepção de ensino, centrada no professor e nos conteúdos, para uma concepção do ensino centrada na aprendizagem e no aprendiz.

A um modelo de saber transmitir sobrepõe-se um modelo do saber reconstruir e, principalmente, de dar sentido (VIEIRA et al., 2009). Do professor como um profissional informativo passa-se para um profissional interpretativo, de uma orientação tecnicista e científicista para uma orientação prática e emancipatória.

Conclui-se que é necessário um conhecimento profundo das estruturas substantivas e sintáticas, objeto de estudo das metaciências. Na sessão abaixo iremos explorar um exemplo de uma estrutura sintática ao aproximar a obra de Whitehead à literatura da Filosofia da Química, perceberemos a importância do poder e beleza das ideias na perspectiva sintética desenvolvida por Josep Earley por inspiração da filosofia Whiteheadiana.

PERSPECTIVA SINTÁTICA NO ENSINO DE QUÍMICA INSPIRADA EM WHITEHEAD

Earley (1981, 1993, 1998, 2003), fundamentado no trabalho do filósofo e matemático inglês Whitehead (1861-1947), principalmente em sua obra *Process and Reality* (WHITEHEAD, 1929/1978), tem desenvolvido uma filosofia de processo para a química desde os anos 1980. Na mesma tradição whiteheadiana, Stein (2004) argumenta em seu artigo *Towards a Process Philosophy of Chemistry*. Recentemente, Earley (2011) tem defendido o realismo estrutural processual como mais adequado à química.

Uma filosofia de processos, fundamentada principalmente em Whitehead, tem sido reiteradamente defendida por vários filósofos da química. De forma explícita, tem sido defendida em um editorial da revista *Hyle*. Stein (2004) defende explicitamente essa ontologia como mais propícia para a química. Segundo o autor, moléculas podem ser compreendidas como ecossistemas formados por propriedades contextuais e relacionais.

Nesse sentido, devem ser compreendidas como unidades dinâmicas, resultados de padrões estabilizados. A estrutura deve ser entendida como uma capacidade de responder ao contexto e por suas relações: interações atômicas, ligações e, por fim, interações com o contexto que definem a estrutura. Nesse sentido, uma molécula é uma rota histórica de ocasiões atuais vista como padrão de estabilidade. Stein (2004) cita o caso das enzimas como um caso explícito dessa visão ontológica. Enzimas são exemplos de ecossistemas moleculares. Nesses sistemas ficam claras a teleologia molecular e a complexidade emergente. A evolução é um avanço criativo dirigido pela mudança molecular.

Stein (2004) defende a inconsistência do materialismo para entender a evolução. Ao contrário, a ontologia de processo facilmente define a história evolutiva das moléculas e a evolução como mudanças nas relações internas influenciadas pelo contexto. Aqui Stein (2004) reconhece a importância dos conceitos de emergência e a necessidade da ontologia de processos para pensar a novidade. No materialismo ou fisicalismo reduutivo, a novidade é sempre aparente. Nada pode ser genuinamente novo.

A temática da filosofia dos processos é o leitmotiv do filósofo Earley (1981, 2004, 2008, 2008a, 2012). Earley (2008) tem reiteradamente defendido o realismo estrutural processual e procura uma estrutura teórica para a química que possa pensar a causalidade em outra base, ampliando para além do fisicalismo materialista, a fim de pensar estruturas dinâmicas fora do equilíbrio como ciclos autocatalíticos e estruturas dissipativas. Para essas estruturas, o fisicalismo reduutivo, fundamentado na ontologia substancialista, é sabidamente incoerente. Uma das razões principais é devida ao fato de o fisicalismo não pensar os sistemas em seu dinamismo, tanto sincrônico como diacrônico, tornando impossível pensar a evolução, a novidade, a complexidade emergente e a criação.

No ensino de Química poderíamos dizer que uma competência básica seria a produção de sínteses e narrativas integradoras. Um bom professor de Química seria alguém capaz de coordenar os conteúdos de química e produzir sínteses integradoras. E

como estudo de caso real, iremos expor, de forma breve, na próxima sessão, exemplos de como estas sínteses integradoras podem ser pensadas em um currículo real.

UM ESTUDO DE CASO: A DISCIPLINA DE TCC COMO MEMÓRIA DO CURSO E INICIAÇÃO A INVESTIGAÇÃO

Nesta sessão iremos analisar inovações curriculares na disciplina de TCC que corroboram com as análises acima realizadas. Por limitação de espaço iremos abordar apenas um problema que consideramos fundamental. Um dos problemas iniciais foi compatibilizar dois tipos de investigações e formações diferenciadas, a científica e a pedagógica. Como o curso é de licenciatura em Química, os professores da área pedagógica defendiam que o TCC tivesse como objeto a Educação Química. Do contrário, os professores da área científica, defendiam que o objeto fosse a Química. Quem estava certo? Isso remete ao problema analisado pelo idealismo alemão ao pensar a formação para a ciência.

Tendo este fundamento teórico a defesa do TCC foi que o objeto poderia ser científico ou pedagógico, humanístico e científico, mas que articulasse e integrasse com outras esferas formativas. Nesse sentido os trabalhos científicos trabalharam inúmeros temas como: Objetivos da Química; A abdução como inferência; A interdisciplinaridade da química; Química verde; nanotecnologia; campos químicos de fronteiras; Química e medicina; Química e Física. Identificamos que o perfil de aluno formado assim faz alusão a formação como Bildung, como defendido pelo idealismo alemão; fomenta a crítica e a autonomia intelectual, bem como possibilita ao estudante os elementos formativos que viemos defendendo ao longo do texto, inspirado na filosofia whiteheadiana.

CONCLUSÃO

Este trabalho iniciou, e ainda não terminou, de um estranhamento e inquietação básica de nossa prática pedagógica no campo da Educação Científica e, especificamente, a Química. A percepção é que nos falta uma Educação científica genuína. Ao lecionar a disciplina de TCC e a trabalhar na interface entre o domínio científico e pedagógico, esta inquietação foi ampliada. Para solucionar parte desta inquietação buscamos organizar leituras fundamentais como o idealismo alemão e o movimento das metaciências. Neste percurso, a leitura da obra de Whitehead nos parece imprescindível.

Afirmamos aqui que, baseados na literatura analisada e na nossa prática pedagógica, o contorno de uma pedagogia científica autêntica tem que inserir alguns elementos importantes como: por a ciência em cultura; a crítica filosófica; fomentar o juízo estético; o poder e a beleza das ideias; atingir níveis de generalização e a fruição do pensamento; atingir o insight e a experiência da descoberta; produzir sínteses narrativas; aprofundar nos clássicos da disciplina e da humanidade; produzir um estilo e uma visão sintética e perspectiva dos conteúdos.

Pensamos que estes elementos estão ausentes da prática comum em ciências. Focado ainda numa dimensão psicológica e ou sociológica, a Educação científica tem feito pouco uso dos elementos elencados acima. Na perspectiva que este trabalho defende, não temos, pois uma Educação Científica autêntica.

REFERÊNCIAS

ADÚRIZ-BRAVO, A. A. **Integración de la epistemología en la formación del profesorado de ciencias**. 2001, 193 f. Tese (Doutorado) - Universitat Atonoma de Barcelona, Barcelona, 2001.

BARBOSA, R. **Formação pela ciência, a: schelling e a ideia de universidade**. Coleção Universidade. Rio de Janeiro: Editora UERJ. 2010. 171 p.

COUTINHO, M. S. P. **Racionalidade comunicativa e desenvolvimento humano em jurgens harbermas: bases de um pensamento educacional**. Lisboa: Edições Colibri, 2002.

EARLEY, J. Varieties of chemical closure. In: JERRY L. R. Chandler and Gertrudis Van de Vijer (ed). Closure: Emergent Organizations and Their Dynamics. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 901, p. 122-131, 2000.

EARLEY, J. Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? **Foundations of Chemistry**, v. 6, p. 137-160. 2004.

EARLEY, J. A new idea of nature for chemical education. **Science & Education**, v. 22, n. 7, p. 1775-1786, 2013.

GAUTHIER, C. **Por uma teoria da pedagogia**. Ijuí: unijuí, 2006.

HOFFMANN, R. Thoughts on aesthetics and visualization in chemistry. **HYLE- International Journal for Philosophy of Chemistry**, v. 9, p. 7-10, 2003.

IZQUIERDO-AYMERICH, M. School chemistry: an historical and philosophical approach. **Science & Education**, v. 22, n. 7, p. 1633-1653, 2013.

INSTAHU, **Instagram photos and vídeos**. 2019. Disponível em: <http://www.instahu.com/tag/xantina>. Acesso em: 1 fev. 2019.

OLIVEIRA, R. E. **Ensino de ciências e matemática bilíngue - inglês / português**. 2018. Disponível em: <http://sci-culture.com/br/>. Acesso em: 1 jan. 2019.

SAVIANI, D. **Pedagogia histórico-crítica: primeiras aproximações**. 10. ed. [S.l, s.d]. 2008.

- SHULMAN, L. S. Those who understand: knowledge growth in teaching. **Educational Researcher**, v. 15, n. 2, p. 4-14, 1986.
- SNOW, C. P. **The two cultures and the scientific revolution**. New York: Cambridge University Press. 1959.
- SNOW, C. P. **The two cultures and the scientific revolution**. New York: Cambridge University Press. 1959.
- STEIN, R. Towards a process philosophy of chemistry. **HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry**, v. 10, n. 1, p. 5-22, 2004.
- STEINER, G.; LADJALI, C. **Elogio da transmissão: o professor e o aluno**. Lisboa: Dom Quixote, 2005.
- VIEIRA, F. Transformar a pedagogia na universidade? **Currículo sem Fronteiras**, v. 5, n. 1, p. 10-27, 2005.
- VIEIRA, F.; SILVA, J. L.; ALMEIDA, J. Transformar a pedagogia na universidade: possibilidade e constrangimentos. In: VIEIRA, Flávia (Org.). **Transformar a pedagogia na universidade – narrativa da prática**. Santo Tirso: De facto. 2009.
- WHITEHEAD, A. N. **The aims of education and other essays**. The Free Press (1ª edição 1929), 1967.
- WHITEHEAD, A. N. **Aventures d'Idées**. Ed. du Cerf (1ª edição, em língua inglesa: 1933), 1993.
- WHITEHEAD, A. N. **La science et le monde moderne**. Ed. du Rocher (1ª edição em língua inglesa: 1926). 1994.
- WHITEHEAD, A. N., **Procès et réalité**. Ed. Gallimard (1ª edição em língua inglesa: 1929). New York: Simon and Schuster, 2010, 448 p.