**REDEQUIM**

Revista Debates em Ensino de Química

ESTÉTICA E ENSINAGEM NA PERSPECTIVA DA FÍSICO-QUÍMICA

Tatiana Z. N. Eichler¹, Marcelo L. Eichler¹, José Claudio Del Pino¹

1. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

09

RESUMO

Não podemos ignorar a nítida dificuldade existente no Ensino de Ciências Exatas. Esta constatação é uma das fontes da aversão ao ensino dessas áreas e influencia o aprendizado dos alunos, causando ainda mais antipatia pelas ciências físico-químicas. Por outro lado, na Didática das Ciências é notória a busca por estratégias de ensino que motivem ou seduzam o estudante. Neste texto, busca-se por uma didática da diferença a partir da discussão ou da atualização do conceito de surracionalismo científico em diálogo com diferentes temáticas da Físico-Química, hoje na fronteira do conhecimento químico contemporâneo. Nesse sentido, sugerimos a ancoragem dessas temáticas na teoria epistemológica de Gaston Bachelard, visando a fundamentar o racionalismo das ciências contemporâneas e, por extensão, a própria formação de professores de química.

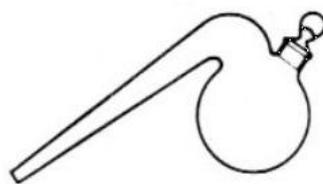
PALAVRAS-CHAVE: *Estética, Ensino de Físico-Química, Formação de Professores.*

Tatiana Zarichta Nichele Eichler: Doutoranda do PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS.

Marcelo Leandro Eichler: Professor do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e professor-orientador do PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Porto Alegre – RS.

José Claudio Del Pino: Professor-orientador do PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS.





REDEQUIM

Revista Debates em Ensino de Química

AESTHETICS AND TEACHING IN THE PHYSICAL-CHEMICAL PERSPECTIVE

ABSTRACT

There are clear difficulties in teaching science, which is often a source of aversion to scientific disciplines. Such difficulties have a negative influence on students' learning, causing even more dislike for the physical-chemical sciences. On the other hand, in Science Education is notorious the search for teaching strategies that motivate or seduce the students. In this article, we seek a didactics of difference based on the concept of scientific surrationalism, which is discussed or updated in dialogue with different Physical Chemistry topics. In this sense, we suggest the anchoring of these frontier themes in the epistemological theory of Gaston Bachelard, in order to base the rationalism of the contemporary sciences and, by extension, the education of chemistry teachers.

KEYWORDS: *Aesthetics, Physical-Chemical Education, Teacher Training*



1 INTRODUÇÃO

Não se pode fechar os olhos diante da nítida dificuldade existente no ensino de ciências, tais como física, matemática e química. Esta constatação, causada por vários fatores, é uma das fontes da dificuldade do ensino dessas áreas e influencia o aprendizado dos alunos causando ainda mais antipatia pelas ciências físico-químicas. Tristemente, nos cursos de formação de professores a dificuldade não é diferente. Por outro lado, no âmbito da didática das ciências, é notória a busca por estratégias de ensino que engajem, motivem e mesmo encantem ou seduzam os estudantes.

Nesse sentido, por exemplo, documentos oficiais como as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+; BRASIL, 2002) e as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2013) sugerem que o ensino de ciências da natureza/química apresente inter-relações disciplinares entre ciências e artes a fim de promover a:

Contextualização sócio-cultural a fim de que o conhecimento científico e tecnológico seja compreendido como resultados de uma construção humana, inseridos num processo histórico e social e como parte integrante da cultura humana contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como, por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias (BRASIL, 2002).

Além disso, há de se considerar que mesmo a superficial incongruência em procurar associar ciência e arte já foi abordada por diversos autores, alguns contrários e outros favoráveis a essa aproximação, no entanto a interpenetração mútua entre essas duas culturas é útil não apenas para interpretar o mundo, mas também para transformá-lo (ZANETIC, 2006).

Apesar da pretensa incongruência entre as ciências e as artes plásticas, é notável que estamos vivenciando uma preocupação com o aumento da aderência de temas relacionados à estética, à arte, à imaginação e à tecnologia de um modo geral. A tendência atual, em todos os níveis de ensino, é analisar a realidade segmentada, sem desenvolver a compreensão dos múltiplos conhecimentos que se interpenetram e conformam determinados fenômenos. Para essa visão segmentada contribui o enfoque meramente disciplinar que, na reforma curricular em curso, pretende-se

minimizar, pelo menos em nível discursivo, pela perspectiva interdisciplinar e pela contextualização dos conhecimentos.

As revoluções científicas e estéticas, bem como a tecnologia e a pintura moderna, tornaram-se indissociáveis e muitas das propostas interdisciplinares que têm sido apontadas na literatura envolve a relação entre ciências, arte, imaginação e estética. Essas atividades sugerem as diversas relações da química com a história das ciências e com a própria filosofia da química (SILVA et al., 2018) e, particularmente, com a componente estética que gira em torno da frutífera relação entre a química e a filosofia (LABARCA; BEJARANO; EICHLER, 2013).

Neste ensaio aprofundamos a apresentação dos referenciais teóricos que demarcam algumas de nossas pesquisas recentes (EICHLER; ARAÚJO; EICHLER, 2017), buscando defender uma didática da diferença a partir da discussão ou da atualização do conceito de surracionalismo científico (BACHELARD, 1980; LOGUERCIO, 2009), hoje na fronteira do conhecimento contemporâneo em diferentes temáticas da físico-química. Nesse sentido, sugerimos a ancoragem dessas temáticas na teoria epistemológica de Gaston Bachelard, “o antigo deve ser pensado em função do novo” (BACHELARD, 1996), sendo essa a condição para fundamentar o racionalismo das ciências contemporâneas (BULCÃO, 1999) e, por extensão, a própria formação de professores de química (LÔBO, 2008; LOGUERCIO, 2009).

2 A ESTÉTICA COMO FUNDAMENTAL

O que é estética? Podemos fazer uma reflexão inicial sobre a própria origem da palavra “estética” em português e em inglês, “aesthetic”. No contexto filosófico, a palavra estética aparece desde 1735, mas no ocidente iniciou com Platão (428-348). Os problemas estéticos são tão antigos quanto à própria filosofia (SANTAELLA, 1994).

Em língua portuguesa não é muito explícita a relação, mas na língua inglesa “aesthetic” é justamente o contrário de “anesthetic” (anestesia, anestesiado). Ou seja, precisamos da estética para não estarmos anestesiados. De acordo com o dicionário Aurélio da Língua Portuguesa, “anestesia” significa perda total ou parcial da sensibilidade.

A estética é definida como o estudo daquilo que é belo; e o que é belo é conhecido pelos seus efeitos sensoriais e emocionais em nossa mente. A discussão que existe sobre o belo e a estética é bastante antiga e suas definições já foram exaustivamente discutidas, definidas, redefinidas, mudadas, ampliadas e contempladas durante a história da filosofia. Até a era de Péricles, os gregos careciam de uma definição de estética propriamente dita e uma teoria da beleza, pois na Grécia antiga, a beleza não tinha um estatuto autônomo e o senso comum sobre a beleza ressoava expressões como “Quem é belo é caro, quem não é belo não é caro.” Não é por acaso que a beleza se encontra quase sempre associada a outras qualidades. Por exemplo, Delfos responde à pergunta sobre o critério de avaliação da beleza: “O mais justo é o mais belo”. Nesse sentido, parece que se criou um elo entre o belo, o bem, o bom e o justo (ECO, 2002). Por tal fundamentação na sensação e na emoção, as experiências estéticas foram classicamente limitadas a experiências de fenômenos naturais e de produtos das artes (TAUBER, 1996). Mas as invenções humanas, incluindo aquelas provenientes da ciência, matemática e engenharia, podem evocar a mesma gama e tipos de respostas estéticas que uma bela vista, uma pintura deslumbrante ou uma sinfonia em movimento concertado (ROOT-BERNSTEIN, 2002). Para Kant, “o que torna possível a experiência estética é sempre a questão crítica, a qual pode ser retomada se orientarmos a crítica para uma fenomenologia e, depois, para uma ontologia”, ampliando-se essa ideia se pode dizer que a experiência estética testemunha uma aptidão do homem para a ciência (DUFRENNE, 2002).

Nos últimos anos, a possível relação entre artes plásticas e química tem acendido discussões (SPECTOR; SCHUMMER, 2003; SCHUMMER; SPECTOR, 2007; SPECTOR, 2015). A marginalização da química em projetos de arte curatorial segue uma tendência bem estabelecida nas humanidades, que favorece a crítica cultural da física e da biologia sobre a química - apesar de o impacto da química na sociedade superar, sem dúvida, o de qualquer outra ciência. Ao contrário da física matemática, há muito tempo estetizada em uma forma pitagórica, ou da biologia, com sua ligação inerente à estética do corpo humano e "natureza", associações cotidianas à química infelizmente não vão além de ideias de toxicidade e industrialização moderna, os ditos estereótipos visuais (SPECTOR; SCHUMMER, 2003;

SPECTOR, 2015). E temos total responsabilidade sobre isso, já que entre as próprias subáreas da química existem esses estereótipos e dependendo de como são apresentados, eles carregam consigo associações negativas.

Os cientistas escolhem entre as teorias disponíveis, em parte, por considerações empíricas, mas em parte também por considerações estéticas. Ou seja, suas escolhas ao adotar uma teoria em detrimento de outra é determinada em parte pelo grau em que consideram as teorias em questão como "lindas", "elegantes" ou "esteticamente atraentes" (ROOT-BERNSTEIN, 1996).

A formação das preferências estéticas dos cientistas é aparentemente retroativa, pois tendem a considerar belas as teorias que estão estabelecidas há tempos ou que, pelo menos, se assemelham a teorias aceitas em sua comunidade; o mais do mesmo, assim dizendo. Mesmo uma teoria que é considerada esteticamente desinteressante à primeira vista pode ganhar aceitação e admiração estética se permanecer estabelecida na comunidade por tempo suficiente. A escolha de características estéticas e ponderações forma o tom estético da comunidade que depois é usado para julgar novas teorias, assim este mecanismo indutivo garante que os tons estéticos na ciência sejam conservadores, ou seja, tendem a atribuir maior valor a teorias que duplicam as características estéticas incorporadas pelas teorias empiricamente mais bem-sucedidas do passado recente. E esse viés conservador dos tons estéticos tem algumas implicações interessantes para os modelos das revoluções científicas (KUHN, 1997), por isso é muito interessante que uma revolução científica deva ser interpretada como o repúdio forçado às restrições estéticas estabelecidas pela comunidade que está a impor suas escolhas teóricas (TAUBER, 1996).

3 DE BACHELARD, DO IMAGINÁRIO E DA FENOMENOTÉCNICA

Para Bachelard, a imaginação é um caminho através do qual o homem consegue se desprender da vida cotidiana e se lançar numa aventura em direção ao novo, ao imprevisto, ao surreal. A imaginação impõe-se, portanto, como um caminho de sobrehumanidade (BACHELARD, 1989). De forma cartesiana, a imaginação já foi considerada fundamentalmente como algo

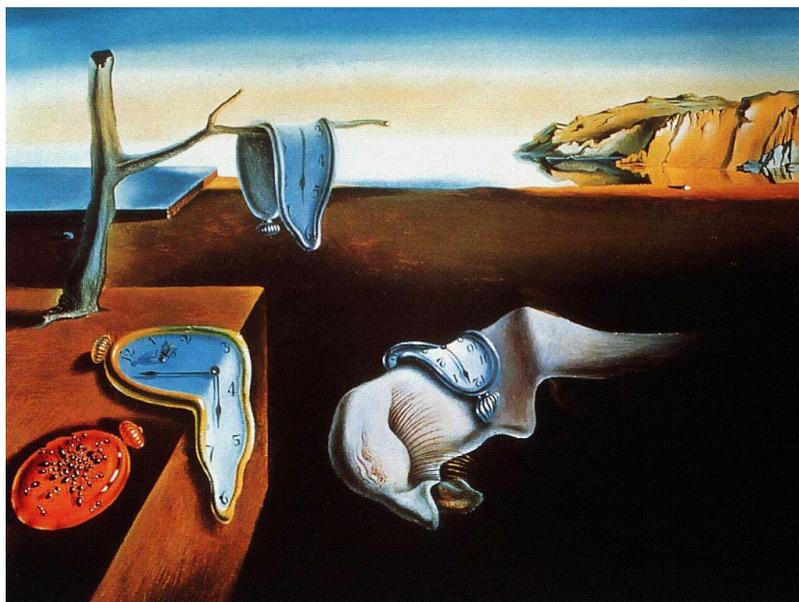
meramente reprodutivo, ou seja, a imaginação tinha por função formar imagens que se impunham como cópias do real anteriormente percebido. A faculdade de imaginar, portanto, era considerada subalterna tanto com relação à percepção como, também, à inteligência (BULCÃO, 2003).

A percepção, por seu lado, permitia apreender, através dos sentidos, com toda a força impactante da presença, o real que estava diante de nós; a inteligência, por outro lado, conseguia revelar, através dos conceitos, a verdadeira faceta do mundo. Isso nos leva a concluir que, segundo a tradição, a imagem resultante da faculdade de imaginar era sempre algo inferior em termos do conhecimento do real. Bachelard, considerado o primeiro filósofo da química, inaugura uma perspectiva original ao procurar estudar a imagem a partir de um enfoque estético (BACHELARD, 1999). Para ele, a imagem não deve ser apreendida como uma construção subjetiva sensório-intelectual, nem como uma representação mental fantasmática, mas sim como um acontecimento objetivo integrante de uma imagética, como evento de linguagem (BULCÃO, 1999).

“A Persistência da Memória”, obra de Salvador Dalí (Figura 1) é a representação pela arte de um relógio derretido, escorrido, mole, mas o relógio pintado por Dalí não é o relógio que apreendemos pelos sentidos, é, na verdade, o resultado da coragem e ousadia, que caracterizam o artista, levando-o a assumir a luxúria fecundante e inovadora do devaneio, de um devaneio que é resultado de uma imaginação eminentemente criadora, de uma imaginação liberta dos sentidos que deixa de ser simplesmente memória, é uma imaginação que inventa um mundo novo.

Esta imaginação imaginante, ilustrada por Dalí, e que está presente no surrealismo, é fundamentalmente libertadora e autônoma; libertadora e autônoma também pelo fato da negação, da imposição e do rompimento sobre a estética artística reinante até o momento. O surrealismo é, acima de tudo, uma revolução estética e artística.

Figura 1: A Persistência da Memória, Salvador Dalí – 1931.



Fonte: Fundação Gala-Dalí.

Racionalizamos muito a nossa imaginação e quando esse pensamento objetivo, cru, intransigente, rigoroso se beneficia dos poderes do pensamento imaginativo verdadeiro, livre, puro, solto, desapegado ele sofre uma “extensão surracional” (BACHELARD, 1990). A fenomenologia da imaginação bachelardiana sugere que cada um de nós, em nosso próprio âmbito de trabalho, podemos desrealizar a natureza para logo poder transcender o real; uns mediante a abstração, o devaneio, a fantasia de palavras e cores; outros mediante devaneios matemáticos, mas, e isso é o mais importante, ambos sob o mesmo desejo de imaginar, sob o mesmo poder sintético hominizante, antropológico da metaforização, antropológico da divinação, antropológico da metaforização surrealista, assim dizendo. Bachelard enfatizava a necessidade de uma nova razão, dotada de liberdade análoga à que o surrealismo instaurou na criação artística (RODRIGUEZ, 2007).

4 ALGUNS EXEMPLOS DA HISTÓRIA DA FÍSICO-QUÍMICA

A fenomenotécnica é uma dimensão própria da filosofia experimental e da relação com o instrumento e com a técnica. A fenomenotécnica tem sido a forma como se expressa a racionalização na química e ela tem influenciado o ensino da área. Para Bachelard, toda ciência é necessariamente uma

tecnociência (BACHELARD, 1980 e 1990) e considera o real como uma realização, não como algo presente da natureza (BACHELARD, 1991). Os fatos científicos são produtos da técnica, e não objetivos encontrados na realidade de apreensão imediata. A problemática nesse entorno envolve a relação direta entre ciência e tecnologia, ou entre ciência e técnica, e revela como ambas as dimensões estão presentes e dependem uma da outra em uma relação sinérgica na invenção, ou construção, dos objetos científicos. A técnica é parte fundamental e integrante da prática científica, sem a qual a ciência não seria possível, pois é desta associação, desta junção do espírito científico e da técnica que os fenômenos científicos podem não ser descobertos, mas criados, inventados, construídos, evidenciados, como são, por exemplo, os casos da atomística, da espectroscopia ou, mais recentemente, da nanotecnologia (RIBEIRO, 2014).

Entendemos que a fenomenotécnica é o cerne da química, no entanto sua dimensão tácita ainda é pouco explorada. É inquestionável, a nosso ver, que na físico-química é essencial deleitarmos, desfrutarmos da imaginação. Muitos dos entendimentos da físico-química estão ancorados em modelos ou em alguma interpretação ou construção apenas conceitual e, isso é o mais importante, sobre o invisível, sobre o que não podemos enxergar. Aquilo que não podemos enxergar, nossa imaginação e nossa intuição nos revelam ou revelaram aos pesquisadores e pensadores da química/físico-química.

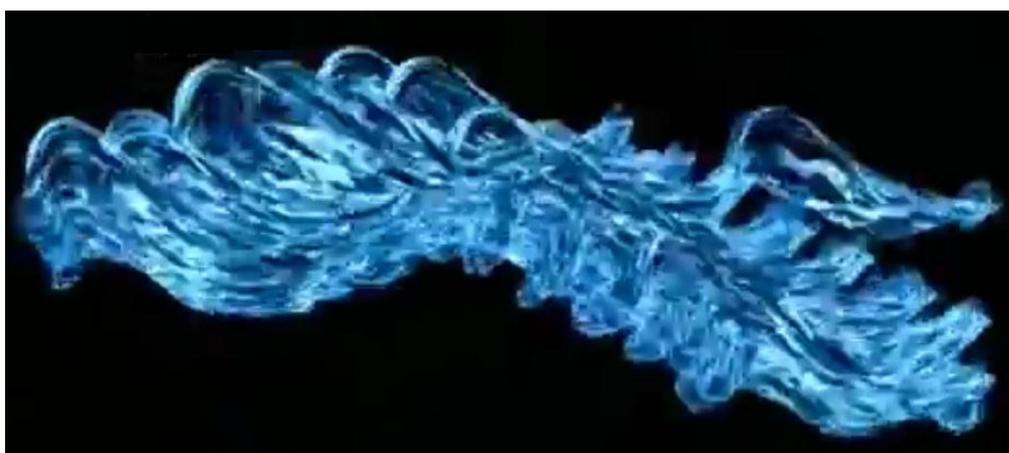
Veja-se o exemplo da espectroscopia. Enquanto se debatiam as questões sobre atomística, sobre a luz parecia que tudo estava resolvido, desvendado. No Séc. XIX, os espectroscopistas estudavam a interação da luz com a matéria. O inventor do caleidoscópio, David Brewster (1781-1868), fez diversas contribuições no campo da óptica, tema utilizado por um dos primeiros autores de ficção científica, H. G. Wells, no livro “O Homem Invisível”, de 1897. Mas foi um químico experimental e um físico teórico que tiveram grande contribuição no desenvolvimento da espectroscopia: Gustav Kirchhoff (1824-1887), o físico; e Robert Bunsen (1811-1899), o químico. Kirchhoff e Bunsen encontraram um meio de determinar a composição das estrelas, analisando seus espectros, e com isto demonstraram que o Sol contém os mesmos elementos químicos que a Terra, embora em diferentes proporções e em outras condições (COBB, 2002). Com isto também descobriram novos elementos químicos.

Na espectroscopia, Kirchhoff estudou a emissão de radiação dos corpos negros (radiação do corpo negro, 1862) e a teoria da elasticidade (modelo de placas de Kirchhoff-Love). A partir das pesquisas de Kirchhoff, Niels Bohr avançou para mais tarde utilizar esse conhecimento no nascimento da mecânica quântica. Por sua vez, Bunsen aperfeiçoou um queimador de gás especial, inventado pelo cientista Michael Faraday (1785) que mais tarde foi denominado “queimador de Bunsen” ou “bico de Bunsen”, que foi utilizado nos primórdios da espectroscopia. (FILGUEIRAS, 1996).

Outro exemplo que destacamos é epopeia que levou vários físicos (Eric Cornell e Carl Wieman, entre outros, em 1995) a provarem a existência do novo estado da matéria, o condensado Bose-Einstein (BEC) (Figura 2). Em temperaturas extremamente baixas, um ínfimo acima do zero absoluto, seria possível produzir um estado de matéria que obedecesse às regras quânticas, mas essa matéria produzida não seria um gás, não seria um líquido e tampouco um sólido.

Sob determinadas condições, se resfriamos os átomos – se diminuirmos seus graus de liberdade – a temperaturas extremamente baixas, esses átomos sofrem uma transformação muito estranha e particular como se tivessem uma “crise de identidade”.

Figura 2. Representação do estado Bose-Einstein.



Fonte: BBC.

A existência deste estado da matéria como consequência da mecânica quântica prevista por Albert Einstein em 1925, no seguimento do trabalho efetuado por Satyendra Bose. O primeiro condensado deste tipo foi produzido

setenta anos mais tarde usando um gás de átomos de rubídio arrefecido a 170 nK.

E esse é, até aqui, o final da história, porém o gérmen dessa pesquisa teve o início com os gases permanentes que foram finalmente liquefeitos, período esse considerado como sendo o período durante o qual outro sub-ramo da física, o de baixa temperatura física, emergiu. Após a descoberta da supercondutividade em 1911 e das várias propriedades do hélio liquefeito abaixo de 2,9 K no início 1930, a pesquisa a baixas temperaturas foi quase completamente dominada por físicos. Entretanto, não foi sempre assim, a maioria dos importantes desenvolvimentos na liquefação de gases ocorreram em um período caracterizado pela aplicação da termodinâmica na pesquisa física e química, a reavaliação da teoria química e elaboração e aquisição de aparelhagem experimental cada vez mais complexa. Tanto os químicos como os físicos estavam envolvidos ativamente na pesquisa sobre baixas temperaturas e nesse período a físico-química estava em busca de sua própria identidade. A físico-química desenvolvia sua própria autonomia com respeito à física e à química traçando suas próprias linhas de pesquisa e formulando seu próprio quadro teórico.

A década de 1880 é indicada por historiadores da química (GAVROGLU, 2000; PAPANELOPOULOU, 2007) como a época de fundação ou surgimento da Físico-Química, como um novo ramo da química, principalmente a partir dos projetos de pesquisa de Wilhelm Ostwald (1853-1932), Svante Arrhenius (1859-1927) e Jacobus Van't Hoff (1852-1911). Em um período que se estende até o início da década de 1930, testemunha-se uma grande negociação em relação aos graus de autonomia dessa emergente disciplina, tanto em relação à física quanto à química (GAVROGLU, 2000). Tal negociação, em suas controvérsias e acordos, foi realizada sobre as características teóricas, sobre as interpretações teóricas acerca dos dados de pesquisa e mesmo sobre a natureza ontológica das entidades teóricas. Acima de tudo, esses debates determinaram a legitimização das atividades procedimentais que seriam coletivamente adotadas pelos membros da emergente comunidade dos físico-químicos.

5 ECOS DO PASSADO NO PRESENTE NA FÍSICO-QUÍMICA

Observa-se que atualmente a físico-química desfruta de um período de intenso progresso científico em muitas das questões fundamentais deste campo e influenciam amplamente os principais desenvolvimentos na química ambiental, ciência dos materiais, química de materiais, biofísica, medicina, física atômica, física molecular, engenharia mecânica, química industrial, química inorgânica, orgânica química, ciência superficial e analítica (BARBARA, 1996). Mas não podemos esquecer que nada disso teria sido possível sem a evolução e aprimoramento das técnicas de análise e execução laboral. A evolução científica caminha de mãos dadas com a fenomenotécnica.

Como no Brasil a pesquisa é, na maioria das vezes realizada dentro das universidades, ou seja, o pesquisador é obrigatoriamente professor, é fundamental que o professor exercite também a imaginação do estudante e se dê conta da complexidade do processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, as representações de estruturas submicroscópicas podem ajudar nesse exercício diário e constante, mas deve-se ficar vigilante ao processo como o estudante se apropria dos signos e significados que estão representados. Há tempos que nas ciências contemporâneas não se observam os fenômenos diretamente da natureza, pois os “fenômenos” passam a ser “tecnicamente construídos” pelo uso da razão (BACHELARD, 1991). Mas como nós professores fazemos isso para e com o estudante?

Por exemplo, para muitos estudantes, o estudo da termodinâmica é vista como consistindo quase inteiramente de equações que não são compreendidas e que tem que ser aprendido por repetição visando, apenas, à aprovação em exames. Há pesquisas mostrando que as dificuldades encontradas pelos alunos com relação à termodinâmica podem ser devidas a: a) natureza do conceito estudado em termos de dificuldade de compreensão, b) conhecimento básico inadequado, especialmente em matemática, c) sobrecarga do currículo, d) falta de concentração durante o curso e e) falta de motivação dos estudantes (SOKRATA, 2014).

Quando estudantes constroem seus próprios significados, eles são influenciados por suas concepções existentes (muitas vezes incorretas). O conhecimento é construído através de um processo de interação entre concepções que já existem na memória e este processo de interação pode

causar concepções a serem modificadas ou novas a ser criada (CARSON; WATSON, 2002). Outro exemplo é a relação entre a compreensão pelos alunos sobre os gases e seus paralelos na história da ciência (reconstrução racional). Grande parte dos alunos explica o comportamento dos gases de forma idealizada onde as moléculas dos gases estivessem organizadas sob a forma de redes convencionais, como se os gases fossem sólidos altamente expandidos; mas essa forma de pensar era feita por químicos até 1860 e isso reforça as concepções dos estudantes sobre o comportamento dos gases (as forças atrativas entre as moléculas de gás aumentam à medida que a temperatura diminui) são resistentes a mudanças (NIAZ, 2000).

6 TRANSCRIÇÃO E DIDÁTICA NA ENSINAGEM

Mas, então, como pensar o ensino em termos de processos de criação? Qual é a especificidade da atividade criadora do professor? O que caracteriza seus atos de criação? O que acontece quando o professor tem uma ideia? Em que consistem os meandros e limites de criar didáticas (CORAZZA, 2015)? Afinal, o que é criar didáticas? Como se dão as ações de ver, falar, escrever, interpretar e traduzir de forma didática? Em que medidas necessitamos de outros processos, por exemplo, os literários, os cinematográficos, musicais, científicos ou filosóficos? Como podemos desenvolver didáticas a partir de um objeto, música, plástico, reação química, passo de dança (CORAZZA, 2013)? Essas e inúmeras outras questões implícitas nesse contexto todo são respondidas internamente, inconscientemente quando pensamos em preparar uma aula, como fazer para que os estudantes prestem atenção no professor, no que ele está explicando, demonstrando, exibindo, dialogando.

Aula. Como dar uma aula? Ingenuidade seria se o professor pensasse que, ao dar uma aula, está diante de um quadro vazio, de uma página em branco, de uma tela virgem (CORAZZA, 2007). Um equívoco seria se o professor acreditasse que, para fazer uma aula, bastaria ele entrar na sala, fechar a porta, e dar a aula que quisesse. Incauto e imprudente seria esse professor ao achar que a sua aula é inexistente; e que, ao fazê-la, poderia reproduzir uma aula que já funcionara como modelo exemplar. Mas o que realmente é preocupante, o verdadeiro problema para o professor não é entrar na aula, mas sair dela. Isso porque, antes mesmo de começar, a aula já está cheia, e tudo está nela, até o próprio professor (CORAZZA, 2012). Ou seja, se o

professor quiser que a sua aula seja instigante, interessante e também sua, ele não vai planejar, preparar e/ou desenvolver a aula como se ela estivesse vazia; tampouco vai se restringir à tarefa de tão somente prever objetivos, conteúdos, atividades, recursos e/ou avaliação. Para isso, o professor inevitavelmente deve estar intimamente ligado à imaginação, ao processo criativo para ter sucesso em sala de aula; e fora também. Simples assim. Simples assim? É mesmo? E como se faz isso? Como melhorar, fazer nascer, exercitar, se empoderar do processo criativo? Professores movimentam, orquestram, concertam, articulam, ensaiam seus processos de pesquisa, criação e inovação, acolhendo e honrando os elementos científicos, filosóficos e artísticos possivelmente extraídos de obras já realizadas, que outros autores criaram, em outros planos, tempos e espaços. E isso é errado? É cópia? É plágio? É imitação? Não. Inspiração, quem sabe?!

O processo de tradução, mais especificamente, que incide no processo de criação e expressa por encontros entre formas de conteúdo e de expressão do mundo sensível, histórico e linguístico, pois ao educar, os professores, educadores, nós nos apropriamos dessas formas, desafiando as línguas que as produziram e liberando-as dos meios que as articularam, que as detém. Os tradutores, porém, cultivam traços dos elementos originais e os transformam, agenciam, ajustam, conduzem, orientam de maneiras singulares. Logo, o professor não é uma correia de transmissão ou ministrante ou aquele que “dá” aula, conteúdos ou cursos. É um intérprete, um intérprete criativo, logicamente, já que não pode não sê-lo, transcreva as matérias originais e transforma-as. Quimera seria se sempre se produzisse, se criasse, se escrevesse algo realmente novo, original, primeiro, único, sem igual... Quimera seria. O trabalho intelectual dos professores, pensado como um processo tradutório transcriador, oferece o seu método de jogo de dados – antagônico aos modos reacionários de pensar a profissão, que dominam as premissas acerca da imagem aviltada do professor (CORAZZA, 2016).

7 CONSIDERAÇÕES INTEMPESTIVAS : POR UMA ESTÉTICA QUÍMICA

No que tangencia a problemática da ensinagem e também da aprendizagem, podemos usufruir de conceitos sedutores, estéticos e também artísticos como uma motivação importante para o interesse geral na química e no

desenvolvimento de problemas de pesquisa específicos. Anastasiou (2015) definiu o termo “ensinagem” para se referir a uma prática social, crítica e complexa em educação entre professor e estudante, “englobando tanto a ação de ensinar quanto a de apreender” dentro ou fora da sala de aula.

Termo adotado para significar uma situação de ensino da qual necessariamente decorra a aprendizagem, sendo a parceria entre professor e alunos a condição fundamental para o enfrentamento do conhecimento, necessário à formação do aluno durante o cursar da graduação (ANASTASIOU; ALVES, 2015, p. 20).

É necessário dar mais atenção às questões sedutoras e estéticas para entender como as descobertas químicas são feitas e para ensinar melhor o assunto. Para alguns, não há sentido pensar em química até que se experimente. Fórmulas e reações devem se referir a substâncias e processos reais e, para isso, quanto mais sensuais ou sedutores puder se fazer uma experiência química, mais reais os quebra-cabeças se tornariam para as pessoas. A estética química também não pode ser deixada de lado, pois nela se encontra a beleza das ideias teóricas. Van't Hoff com uma chave mágica abriu a porta da mansão da teoria dos gases na termodinâmica de forma inteiramente inesperada, como que a natureza tivesse escondido dos outros (ROOT-BERNSTEIN, 2003).

As experiências estéticas na química estão associadas ao belo, às belezas sedutoras que os cientistas experimentaram (ROOT-BERNSTEIN, 1990). Para Robert Woodward (Prêmio Nobel, 1965), a atração pela química era em parte o desafio de realizar sínteses que ninguém mais poderia realizar, sendo esse justamente o aspecto sedutor do assunto:

São os elementos sedutores que desempenham um papel tão importante na minha atração pela química. Adoro os cristais, a beleza da sua forma. Redemoinhos, fumaça, odores – bom e ruim, o arco-íris de cores, a vidraria reluzente de muitos tamanhos, formas e propósitos. Tanto quanto eu poderia pensar sobre química, não existiria para mim sem essas coisas físicas, visuais, tangíveis e sedutoras (WOODWARD, 1989).

Os conceitos estéticos são formas de pensar sobre ideias científicas e a experiência sedutora é a base da intuição que trazemos ao nosso trabalho onde cada um de nós desenvolve uma espécie de "conhecimento pessoal", ou intuição, sobre como a natureza funciona, que vem de nossas interações próprias, sedutoras e íntimas com ela (ROOT-BERNSTEIN, 2002). E mais, há

quem sustente a ideia de que os alunos são prejudicados ao esconder a face sedutora e estética da ciência, pois sem ela, não há motivação ou atração com o assunto (ROOT-BERNSTEIN, 1997). Os estudantes devem saber que muitos químicos exímios e bem-sucedidos descrevem a ciência como uma arte e que as considerações estéticas podem motivar não apenas um interesse na química, mas em problemas e soluções.

O que torna a ciência científica não é a eliminação da paixão, sensibilidade e intuição do trabalho diário, mas o aproveitamento desses modos subjetivos de percepção às exigências rigorosas da validação cética ou à prova de prova. A imaginação artística pode fornecer os meios para dar muitos saltos. Afinal, o prazer é construído por seres humanos a partir de coisas que eles produzem e a beleza é construída com prazer individual em torno de um objeto ou ideia. Pode ser de cunho particular, mas ganha força quando é compartilhado com os outros. A química é trabalho humano; mesmo a química teórica. Camadas de representações icônicas e simbólicas de moléculas mediam nossa luta para impulsionar a compreensão, e o impulso para a visualização vem do sucesso da forma arquitetônica de pensar sobre estrutura e construção em química. As moléculas são objetos clássicos, mesmo que estejam em pequenos movimentos incessantes; e também objetos quânticos em seus espectros.

Essas capacidades de imaginação, intuição e criação, se revelam mais espontaneamente por meio da arte, seu campo natural. Nesse ensejo, destacamos como um dos objetivos de pesquisas futuras em abordagens estéticas na filosofia da química, enfatizar a relação interdisciplinar entre arte (campo da imaginação) e físico-química (campo da razão), pois entendemos que essa relação se faz necessária para a elaboração de uma epistemologia da imaginação química (GUSMÃO, 2016). Já no campo da educação química podemos explicitar as implicações ligadas à visualização de fenômenos na físico-química a partir de um diálogo entre epistemologia e poética (BACHELARD, 1989, 1999 e 2001). Para fortalecer esse diálogo, propomos trilhar em nossa pesquisas futuras um caminho até chegar na arte, campo natural da imaginação e da poética, alicerçado na concepção de arte e estética (READ, 2013).

A estética, por fim, claramente vem a ser uma força motriz na química. Há, no entanto, perigos, na canonização da motivação estética. Hoffmann (2003) sugere que nossa estética inata esteja incompleta e que de alguma forma evoluímos para favorecer a simplicidade. Isso não é de todo bom, pois com esse amor endosso pelo simples traz preconceito e peca por demagogia e por publicidade. A beleza não reside na simplicidade. Nem na complexidade. É encontrada no tenso limite entre simetria e assimetria, simplicidade e complexidade, ordem e caos.

REFERÊNCIAS

- ANASTASIOU, Léa G. C.; ALVES, Leonir P. (Orgs.). Processos de ensinagem na universidade: pressupostos para as estratégias de trabalho em aula. Joinville: UNIVILLE. 2015.
- BACHELARD, Gaston. El compromiso racionalista. México: Siglo Veintiuno. 1980.
- BACHELARD, Gaston. A água e os sonhos: ensaio sobre a imaginação da matéria. São Paulo: WMF Martins Fontes. 1989.
- BACHELARD, Gaston. O materialismo racional. Lisboa: Edições 70. 1990.
- BACHELARD, Gaston. A Filosofia do Não: filosofia do novo espírito científico. Lisboa: Editoria Presença. 1991.
- BACHELARD, Gaston. A formação do espírito científico. Rio de Janeiro: Contraponto. 1996.
- BACHELARD, Gaston. Psicanálise do Fogo. São Paulo: WMF Martins Fontes. 1999.
- BACHELARD, Gaston. A terra e os devaneios da vontade: ensaio sobre a imaginação das forças. São Paulo: WMF Martins Fontes. 2001.
- BARBARA, Paul F. A Brief History of Physical Chemistry in the American Chemical Society. The Journal of Physical Chemistry, v.100, n.31, p.12694-12700. 1996.
- BRASIL. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação. 2002.
- BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Em: Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica (pp.144-201). Brasília: Ministério da Educação. 2013.
- BULCÃO, Marly. O Racionalismo da Ciência Contemporânea: Uma Análise da Epistemologia de Gaston Bachelard. Londrina: Ed. UEL. 1999.

BULCÃO, Marly. Bachelard: a noção de imaginação. *Revista Reflexão*, v.28, n.83/84, p.11-14. 2003.

CARSON, Elin M.; WATSON, John R. Undergraduate students' understandings of entropy and Gibbs free energy. *University Chemistry Education*, v.6, p.4-12. 2002.

COBB, Cathy. *Magick, Mayhem, and Mavericks – The Spirited History of Physical Chemistry*. New York: Prometheus Books. 2002.

CORAZZA, Sandra. M. “Como dar uma aula?” Que pergunta é esta? In: DELEUZE, Gilles. *Francis Bacon: lógica da sensação*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar. 2007.

CORAZZA, Sandra. M. Didaticário de Criação: Aula Cheia, Antes da Aula. XVI ENDIPE – Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino – UNICAMP – Campinas. 2012.

CORAZZA, Sandra. M. O que se transcria em educação? Porto Alegre: UFRGS. 2013.

CORAZZA, Sandra M. Didática da tradução, transcrição do currículo (uma escrita da diferença). *Pro-Posições*, v.26, n.1, p.105-122. 2015.

CORAZZA, Sandra. M. Currículo e Didática da Tradução: vontade, criação e crítica. *Educação & Realidade*, v.41, n.4, p.1313-1335. 2016.

DUFRENNE, Mikel. *Estética e Filosofia*. São Paulo: Perspectiva. 2002.

ECO, Umberto. *História da Beleza*. Rio de Janeiro: Record. 2002.

EICHLER, Tatiana Z. N.; ARAÚJO, Ione C.; EICHLER, Marcelo L. A curadoria no Pinterest como transcrição da representação e do imaginário acerca do átomo. *RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação*, v.15, n.1, p.1-13. 2017.

FILGUEIRAS, Carlos A. L. A Espectroscopia e a Química – Da Descoberta de Novos Elementos ao Limiar da Teoria Quântica. *Química Nova na Escola*, n.3, p.22-25. 1996.

GAVROGLU, Kostas. Controversies and the becoming of Physical Chemistry. Em: Peter Machamer; Marcello Pera; Aristides Baltas (Eds.), *Scientific Controversies: Philosophical and Historical Perspectives* New York: Oxford University Press. 2000.

GUSMÃO, Lucimar D. Subsídios para uma “Epistemologia da Imaginação e da Intuição” no Campo da Matemática a partir do Diálogo entre as Ideias de Poincaré e Bachelard. XX EBRAPEM – Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática – Curitiba. 2016.

HOFFMANN, Roald. Thoughts on Aesthetics and Visualization in Chemistry. *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v.9, n.1, p.7-10. 2003.

KUHN, Thomas S. A Estrutura das Revoluções Científicas. São Paulo: Perspectiva. 1997.

LABARCA, M.; BEJARANO, Nelson R. R.; EICHLER, Marcelo L. Química e filosofia: rumo a uma frutífera colaboração. Química Nova, v.36, n.8, p.1-17. 2013.

LÔBO, Soraia F. O Ensino de Química e a Formação do Educador Químico, sob o Olhar Bachelardiano. Ciência & Educação, v.14, n.1, p.89-100. 2008.

LOGUERCIO, Rochele Q. Um Exercício sobre o Pensamento Bachelardiano. Educação e Filosofia, v.23, n.45, p.277-289. 2009.

NIAZ, Mansoor. Gases as Idealized Lattices: A Rational Reconstruction of Students' Understanding of the Behavior of Gases. Science & Education, v.9, n.3, p.279-287. 2000.

PAPANELOPOULOU, Faidra. Between Physics and Chemistry: Early-Low-Temperature Research. 6th International Conference on the History of Chemistry – Bélgica. 2007.

READ, Herbert. A Educação pela Arte. São Paulo: WMF Martins Fontes. 2013.

RIBEIRO, Marcos A. P. Integração da Filosofia da Química no Currículo de Formação Inicial de Professores. Contributos para uma Filosofia do Ensino. 2014. 391p. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Lisboa, Lisboa. 2014.

ROOT-BERNSTEIN, Robert. Ends & Means – Sensual Education. The Sciences, v.30, n.2, p.12-14. 1990.

ROOT-BERNSTEIN, Robert. Do we have the structure of DNA right? An essay on science, aesthetic preconceptions, visual conventions, and unsolved problems. Art Journal, v.55, n.1, p.47-55. 1996.

ROOT-BERNSTEIN, Robert. Art, imagination and the scientist. American Scientist, v.85, p.6-9. 1997.

ROOT-BERNSTEIN, Robert. Aesthetic cognition. International Journal of the Philosophy of Science, v.16, n.1, p.61-77. 2002.

ROOT-BERNSTEIN, Robert. Sensual Chemistry: Aesthetics as a Motivation for Research. HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry, v.9, n.1, p.33-50. 2003.

SANTAELLA, Lúcia. Estética: de Platão à Peirce. São Paulo: Experimento. 1994.

SCHUMMER, Joachim; SPECTOR, Tami I. The Visual Image of Chemistry Perspectives from the History of Art and Science. HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry, v.13, n.1, p.3-41. 2007.

SILVA, Lisandro B.; BARRETO, Uarison R.; BEJARANO, Nelson R. R.; RIBEIRO, Marcos A. P. A Filosofia da Ciência e a Filosofia da Química: Uma Perspectiva Contemporânea. *Revista Ideação*, v.1, n. (especial), p.392-423. 2018.

SPECTOR, Tami; SCHUMMER, Joachim. Chemistry in Art. Introduction to the Visual Art Exhibition. *Hyle – International Journal for Philosophy of Chemistry*, v.2, p.225-232. 2003.

SPECTOR, Tami. Art and Atoms: A Chemical Paradox. (Editorial) *Leonardo*, v.48, n.5, p.404-404. 2015.

SOKRATA, Hafid; TAMANI, Soumia; MOUTAABBID, Mohammed; RADID, Mohamed. Difficulties of Students From the Faculty of Science With Regard to Understanding the Concepts of Chemical Thermodynamics. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, v.116, p.368-372. 2014.

TAUBER, Alfred I. *The Elusive Synthesis: Aesthetics and Science*. Boston: Springer. 1996.

WOODWARD, Crystal. E. 'Art and elegance in the synthesis of organic compounds: Robert Burns Woodward', Em: D. B. Wallace & H. E. Gruber (Eds.), *Creative People at Work*, (pp.227-253). New York: Oxford University Press. 1989.

ZANETIC, João. Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, v.13 (suplemento), p.55-70. 2006.