

A imagem, a realidade e o ensino do átomo sob a luz de Gaston Bachelard

DOI: <https://doi.org/10.33871/23594381.2025.23.1.8948>

Julien Berry Minerbo¹, Deborah da Silva Rezende²

Resumo: Este artigo apresenta e discute sobre a imagem, a realidade e o ensino do átomo sob a luz do estudo epistemológico do filósofo francês Gaston Bachelard (1884-1962). Com uma abordagem qualitativa e tendo as contribuições epistemológicas de Bachelard como referencial teórico, buscou-se investigar o que são imagens e qual seria a sua relação com o conceito de representação. Além disso, buscou-se compreender por que construímos imagens, ao trazer uma breve descrição bibliográfica da relação da imagem com a história do desenvolvimento atomismo. Por fim, refletiu-se sobre as implicações e contribuições do uso de imagens para o Ensino de Ciências, especificamente para o Ensino de Física, a partir das concepções pedagógicas e filosóficas de Bachelard acerca do ensino através de imagens.

Palavras-chaves: Gaston Bachelard; Imagem; Átomo; Ensino de Física.

Image, Reality and Teaching of the atom in the perspective of Gaston Bachelard

Abstract: This article presents and discusses the image, reality and the teaching of the atom in the light of the epistemological study of the French philosopher Gaston Bachelard (1884-1962). Using a qualitative approach and Bachelard's epistemological contributions as a theoretical reference, the aim was to investigate what images are and what their relationship is with the concept of representation. In addition, we sought to understand why we construct images by providing a brief bibliographical description of the relationship between images and the history of the development of atomism. Finally, we reflected on the implications and contributions of the use of images for Science Teaching, specifically Physics Teaching, based on Bachelard's pedagogical and philosophical conceptions of teaching through images.

Keywords: Gaston Bachelard; Image; Atom; Physics Teaching.

Introdução

Para o francês Pierre Reverdy (1889-1960), um dos principais poetas surrealistas do século XX, não há imagem na natureza, a imagem é própria do homem, pois só é imagem a partir de sua consciência. Mas afinal, o que é imagem? Areal (2012) afirmaria que essa é uma pergunta estranha, pois todos sabemos o que é uma imagem e facilmente reconhecemos sua importância no mundo atual. Porém, essa pergunta não é própria da

¹ Mestre pelo Programa Interunidades de Ensino em Ciências da USP (Universidade de São Paulo).
Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-5148-1726>

² Mestranda no Programa Interunidades de Ensino em Ciências da USP (Universidade de São Paulo).
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-7737-3728>

contemporaneidade: desde a antiguidade filósofos e pensadores se debruçaram sobre a relação entre a imagem e a realidade, incluindo as suas definições e significados.

Uma das mais antigas definições de imagem, esclarece: “Chamo imagens em primeiro lugar às sombras, em seguida aos reflexos que vemos nas águas ou à superfície dos corpos opacos, polidos e brilhantes e todas as representações deste gênero” (Platão, p. 509-510, apud Joly, 2007, p. 13). Nesse sentido, Platão valorizava aquilo que não se podia ter por imagem, pois ela era vista como uma espécie de ocultação (Joly, 2007).

Anos mais tarde, a retórica medieval define imagem como “*Aliquid stat pro aliquo*”, traduzido como “Algo que representa outra coisa”, apontando para algo fabricado. Para os gregos, por exemplo, a imagem mental (*eidos*) seria diferente da imagem real, ou da representação (*ikonos*). Porém, o conceito de imagem traz consigo a sua origem latina no sentido de imitar (*imitare*). Com isso surge a relação da imagem com a *mimesis* (imitação) ou a *diegesis* (relato), ou seja, ela traz consigo a ideia de “Reprodução, reflexo, analogia, ícone, e pode expressar alguma correspondência com a realidade que ela supostamente reflete, reproduz, imita” (Lima e Silva, 2002, p. 3).

Com base nessa diversidade de imagens, o autor discute que a “**imagem é uma representação**” (Areal, 2012, p. 60), servindo como um meio de comunicar algo ao outro. Ele também argumenta que “**as representações são imagens**” (Areal, 2012, p. 60), entendendo que a representação é uma interpretação subjetiva do real, conhecida como presentificação. Assim, o autor considera que toda percepção do real é, em essência, uma imagem, e que, por sua própria natureza, a imagem não pode ser o real. Nesse contexto, ao considerar a imagem como parte integrante de um processo de comunicação, pode-se afirmar que ela é uma representação e, seguindo a mesma lógica, o inverso também é verdadeiro. Esta lógica decorre do pressuposto de que aquilo que representamos é uma interpretação daquilo que percebemos e vivenciamos, funcionando como uma projeção subjetiva da realidade.

No domínio científico as imagens e representações, segundo Joly (2007), desempenham um papel relevante em diferentes ramos do conhecimento, sendo um deles a visualização de fenômenos. O que nos permite distingui-las umas das outras é o grau de realidade que atribuímos a elas, inferindo uma representação mais ou menos direta da realidade em si, ou seja, o quanto a imagem possui caráter ontológico.

Para Gaston Bachelard (1884 - 1962), um dos principais teóricos escolhidos para fundamentar as discussões sobre imagens e representações neste trabalho, as imagens são matérias dinâmicas derivadas da nossa participação ativa no mundo. Bachelard foi um

dos primeiros filósofos contemporâneos a criticar a visão empírico-indutivista tradicional da ciência. Sua obra vai além da epistemologia, abrangendo também o campo da poética, o que lhe confere duas dimensões: a “face diurna”, voltada para a formação do espírito científico, e a “face noturna”, que explora devaneios poéticos e aspectos contemplativos e oníricos da natureza (Reis *et al.*, 2017; Melo, 2005).

Segundo Bulcão (1981, p. 17), Bachelard permanece relevante, pois se propõe a refletir sobre a ciência emergente, examinando suas contradições internas e seu processo de racionalização. Conforme o autor, a epistemologia bachelardiana é adequada à ciência contemporânea, pois se concentra na análise do trabalho concreto dos cientistas atuais, em vez de abordar uma ciência de caráter abstrato e atemporal.

Neste trabalho, limitamos o uso do termo “imagem” a representações pictóricas, desenhos, iconografias, ou outros tipos de registros ópticos. Com isso, nossos objetivos são: (i) discutir, sob uma perspectiva antropológica, os motivos pelos quais criamos imagens; (ii) apresentar uma visão histórica bachelardiana sobre a imagem atômica; e (iii) debater as implicações e a relevância dessa discussão para o ensino.

Desenvolvimento

Os mais remotos registros humanos de que se tem conhecimento foram em forma de imagens. As pinturas rupestres são as manifestações mais antigas já encontradas e que nos remetem um valioso testemunho dos primeiros passos da humanidade através de símbolos e representações que faziam parte da sua natureza (Souza, 2015). Nelas o ser humano viu na imagem um importante recurso para se expressar: “Em cada momento específico e em cada cultura, o homem tenta satisfazer suas necessidades socioculturais também por meio de sua vontade/necessidade de arte” (Souza, 2015; Buoro 2000).

Uma possível leitura histórica apresenta a complexificação do papel da imagem na sociedade ocidental. Na Idade Média, as imagens possuíam caráter educativo a serviço da religião. Com o Renascimento e as grandes navegações a partir do século XV, as imagens possuíam um papel artístico de elevação espiritual e/ou de registro da natureza e culturas exóticas. Adentrando a idade moderna, as imagens (e representações artísticas) passaram a ter fins diversos, incluindo também protestos e denúncias de problemas políticos e sociais (Dominguez, 2006; Garcia Jr., 2007).

Desta forma, destacamos que o desenho foi uma forma de documentação das observações e descobertas sobre a natureza fundamental para o desenvolvimento da história natural (Dominguez, 2006). Com o respectivo desenvolvimento científico, essas

imagens foram assumindo cada vez mais os pressupostos da ciência como forma de pensar e compreender o mundo (Marandino, 2009).

No contexto de Ensino de Ciências, especificamente no Ensino de Física, Frederico e Gianotto (2016) analisaram que na abordagem de diversos conteúdos relacionados ao currículo de física as imagens podem desempenhar um papel importante, justamente por suas propriedades de representação. Fotografias, vídeos, desenhos, gráficos, esquemas, entre outros, são elementos que constantemente podem ser vistos associados aos fenômenos físicos, como, por exemplo, em livros didáticos.

Neste trabalho, analisamos o papel da imagem na história do atomismo, buscando entender sua relação com a visualização do invisível e da matéria, com foco nas perspectivas epistemológicas de Gaston Bachelard (1884–1962). Bachelard produziu suas principais obras durante as décadas de 1920 e 1940, um período de revoluções científicas marcadas pela teoria da relatividade, pela mecânica quântica e pelo início da física de altas energias, o que o levou a explorar o desenvolvimento desses conhecimentos.

Como fundador da epistemologia histórica, Bachelard destaca a importância de estudar a produção do conhecimento científico levando em conta as dimensões da construção do pensamento humano, considerando o sujeito tanto como um ser cognitivo quanto como produto de seus contextos. Com base nisso, a análise é construída sobre episódios históricos do desenvolvimento científico, com ênfase na história do átomo, justificando esse progresso a partir do *espírito científico*, modo de pensar próprio à coletividade da comunidade científica (Bachelard, 1996).

Entendemos, a partir de Bachelard (1996), que o conhecimento é fruto do processo de conhecer, decorrente da produção de novas *ideias* (como conceitos) e de novos *modos de pensar*, denominadas rupturas epistemológicas. Constrói-se a noção de *obstáculo epistemológico*, associado à acomodação e naturalização de modos de pensar – o que antes era o questionamento e conflito assenta-se como verdade: torna-se conservador, tanto individualmente quanto coletivamente, de modo que a consolidação de modelos se culmina num contexto em que questionar o *status quo* torna-se um absurdo. A própria construção do conhecimento cria os próprios obstáculos futuros.

De acordo com Bachelard (1999), os obstáculos epistemológicos podem levar à inércia e até à estagnação do pensamento, sendo elementos inerentes ao trabalho científico. Assim, é fundamental, conforme as ideias do filósofo, manter-se continuamente vigilante em relação às armadilhas que esses obstáculos podem apresentar.

Podemos elencar obstáculos epistemológicos científicos (próprios do desenvolvimento da ciência) e educacionais (próprios do ensino da ciência). No ensino, professores precisam lembrar como é “não saber” e trabalhar na mudança das concepções prévias provindas do mundo sensorial e externo (incluindo elementos culturais) que os estudantes trazem para dentro da sala de aula, construindo um conhecimento dinâmico e estruturado para estar em constante mudança – tal qual o conhecimento científico.

Nesse contexto, compreendemos que representações imagéticas podem construir obstáculos epistemológicos por fornecer respostas rápidas, fáceis e agradáveis – tanto ao conhecimento científico quanto ao conhecimento a ser ensinado (Bachelard, 1996). Neste trabalho, discutimos o desenvolvimento do átomo na física a partir das rupturas epistemológicas entre diferentes modelos, compreendendo como a imagem esteve – e está – presente na produção e ensino desse conteúdo.

Uma breve história da imagem do atomismo

Para Bachelard, a história do atomismo se inicia nos antigos com a metafísica da poeira, como tratada no livro *Les Intuitions Atomistiques*, sem tradução para o português. Para o autor, a noção da poeira está relacionada ao realismo ingênuo, na qual a composição da matéria se reduz à matéria menor (Ferreira, 2014). O átomo-poeira é uma intuição para o mundo invisível: “O homem reconheceu na observação da poeira ‘uma prova’ empírica da doutrina atomística. Aquela imagem do movimento do grão de poeira no vazio é o que torna claro, por exemplo, o *clinamen*. A poeira confere uma imagética fundadora à tese atomística.” (Queiroz, 2017, p. 639).

A representação imagética constitui a totalidade do fenômeno, e as qualidades do átomo refletem as qualidades do objeto. Essa abordagem revela o primeiro obstáculo epistemológico que destacamos: o realismo ingênuo – a crença de que o átomo reproduz fielmente as propriedades do mundo macroscópico.

Esse aspecto geométrico foi uma preocupação recorrente durante a Idade Média, devido à impossibilidade, naquele período, de gerar linhas retas, áreas e volumes a partir de pontos unidimensionais. Verifica-se então, muitas vezes, a necessidade de se desenhar as figuras que determinado enunciado reclamasse – o que ficava expresso no texto pelo verbo “facere”, por indicações deste tipo: “Hec patet faciendo super rectam datam triangula quantorum laterum volueris”. Tratava-se de demonstrar uma hipótese ou tese *fazendo* figuras (Queiroz, 2017, p. 640).

Nesse contexto, surgem concepções de átomos como entidades indivisíveis, imutáveis e com formas geométricas, cujas qualidades são vistas como diretamente proporcionais às dos objetos: átomos azuis formariam objetos azuis; átomos pontiagudos, alimentos picantes; e átomos suaves, alimentos doces. Assim, a imagem do átomo se confunde com o próprio átomo, refletindo suas propriedades, o que revela o primeiro obstáculo epistemológico: o realismo ingênuo — a crença de que os átomos reproduzem fielmente as características do mundo macroscópico (Queiroz, 2017).

A iconografia atomística em si surge no final do século XVI com as xilogravuras de Giordano Bruno, unindo filosofia e arte (Figura 4). “Desenhando a imagem do átomo, esta pode abrir a mente do leitor aos mistérios relativos à origem da matéria, contemplando algumas verdades sobre ela e conseguindo facilmente reter o que é essencial da doutrina atomística.” (Queiroz, 2017, p. 642).

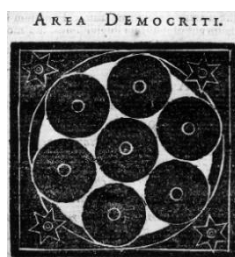


Figura 4 - Imagem do átomo para Giordano Bruno. Disponível em Lüthy, 2018

A partir da obra do artista e filósofo, que apresenta a imagem sem explicar, pode-se inferir uma doutrina filosófica numa vertente diferente da discutida até então. O micro espelharia não o ordinário, mas o macro, reconhecendo apenas uma forma geométrica perfeita: a esfera. Giordano Bruno concebe um universo infinito, estruturado de geometricamente, e reproduzido no átomo “Atribuímos a mesma figura ao máximo e ao mínimo” (Queiroz, 2017, p. 643)

Ao adentrar o positivismo, o papel da imagem na representação atômica muda. Na doutrina positivista, a comprovação experimental era imperativa: “O critério do positivismo é, contudo, claro: não postular nada que não possa ser submetido à verificação do laboratório” (Bachelard, 1933, p.84 apud Ferreira, 2014) – o que inviabilizou a aceitação do conceito de átomo. Nesse contexto, apenas a química se apossou do átomo e apenas com caráter explicativo para fenômenos experimentais. Nesse contexto, *a imagem (e a representação) do átomo não tem compromisso com a realidade* (Ferreira, 2014), sendo apenas “um andaime para associar as experiências, ou mesmo um simples meio pedagógico para ligar os fatos” (Bachelard, 1933, p.85 apud Ferreira,

2014). Compreendemos, portanto, um obstáculo epistemológico associado ao realismo empírico: só é possível afirmar (por isso o nome positivismo) sobre o que é diretamente verificável por experimentos.

Com a inversão da seta epistemológica no século XX, adentramos a época do atomismo criticista, que faz a ponte entre o positivismo e o atomismo axiomático. Para Bachelard, nesse momento a realidade do átomo não é mais existente por si só, mas condicionada pelo espírito científico que opera sobre os fenômenos. Adentramos a era da fenomenotécnica e do racionalismo aplicado: “É preciso compreender que o microscópio [como exemplo de instrumento] é um prolongamento mais do espírito [científico] que do olho” (Bachelard, 1996, p. 291). A construção da imagem não é mais primeira, mas secundária, a partir da matematização dos fenômenos e das estruturas (Ferreira, 2014). Sendo assim, torna-se explícito a diferença entre a representação (matemática) e a imagem (pictórica), sendo a segunda uma ilustração da primeira.

O pensamento do atomismo criticista pode ser exemplificado pelo artigo em que J. J. Thomson propõe a distribuição eletrônica no átomo. Partindo do que se era conhecido (um átomo neutro com corpúsculos de carga negativa imersos numa esfera de carga positiva), Thomson (1904) desenvolve um raciocínio matemático utilizando o eletromagnetismo para determinar a estrutura interna do átomo.

Supomos que o átomo consiste em um número de corpúsculos que se movem em uma esfera de eletrificação positiva uniforme: os problemas que temos de resolver são (1) qual seria a estrutura desse átomo, ou seja, como os corpúsculos se organizariam na esfera e (2) quais propriedades essa estrutura conferiria ao átomo. **A solução para (1) quando os corpúsculos são obrigados a se mover em um plano é indicada pelos resultados que acabamos de obter** - os corpúsculos se organizarão em uma série de anéis concêntricos. Essa disposição é necessária pelo fato de que um grande número de corpúsculos não pode estar em equilíbrio estável quando dispostos em um único anel, enquanto esse anel pode ser estabilizado colocando-se dentro dele um número apropriado de corpúsculos [...] (Thomson, 1904, p. 255 Tradução nossa, grifo nosso).

A organização espacial é *a posteriori*, e a linguagem que expressa tal representação é a matemática. O papel da imagem já não é mais o primeiro, mas o segundo, *uma maneira de visualizar os resultados matemáticos* que o racionalismo aplicado revelou. Elencamos, portanto, um obstáculo epistemológico associado ao racionalismo: o modo de pensar a matéria como matéria – compreendido *a posteriori* como antes da dualidade onda-partícula.

Nesse momento, podemos fazer uma defesa do modelo atômico de Thomson: comumente no ensino básico os modelos atômicos são apresentados na aula de química

e o modelo citado aparece como “o modelo errado entre Dalton e Rutherford-Bohr”, com a imagem do pudim de passas (ou panetone), sem apresentar como esse modelo, tanto quanto os que o seguem, possui um raciocínio matemático complexo por trás e uma organização para a distribuição eletrônica dentro do “pudim”. Com isso, a imagem apresentada leva os alunos a compreensão equivocada que o modelo era apenas imagético, sem as outras características que o compõem. Retornaremos às implicações para o ensino mais adiante.

Adentramos a física do século XX com o ultrarracionalismo dialético, no qual as próprias certezas em cheque e aceita-se compreensões paradoxais para os modelos, como a dualidade onda-partícula e, com isso, desenvolve-se o atomismo axiomático. O modelo de Rutherford-Bohr parte não só do conhecido, mas de postulados que levam à representação desejada a fim de corroborar os experimentos. Em seu artigo publicado em 1913, Bohr discute a distribuição eletrônica postulando órbitas estáveis:

Podem haver muitos outros estados estacionários correspondentes a outras formas de formar o sistema. **A suposição da existência de tais estados parece necessária para explicar os espectros de linha de sistemas que contêm mais de um elétron** (pág. 11); ela também é sugerida pela teoria de Nicholson mencionada na pág. 6, à qual retornaremos em breve. A consideração do espectro, no entanto, não dá, até onde posso ver, nenhuma indicação da existência de estados estacionários nos quais todos os elétrons estão dispostos em um anel e que correspondem a valores maiores para a energia total emitida do que aquele que acima assumimos como sendo o estado permanente (Bohr, 1913, p. 22, Tradução nossa, grifo nosso).

A partir de seus postulados, Bohr constrói uma representação do átomo conhecida no ensino básico como Modelo Planetário, associando o macro com o micro (análogo a Giordano Bruno, mas com outros propósitos) com a intenção de intuir sobre a quantização das órbitas circulares coplanares eletrônicas em torno do núcleo, aspecto explicitado em suas imagens presentes nos livros didáticos.

Por fim, o modelo atômico de Schrödinger segue a mesma lógica axiomática de Bohr, porém leva o ato de postular ainda mais ao extremo.

Voltemos ao sistema de superfícies-W, abordado na Seção 1 e associemos a elas a ideia de ondas senoidais estacionárias cuja fase é dada pela quantidade W, Eq. (4). **A função de onda, digamos, será da forma:**

$$\begin{aligned} &= A(x, y, z) \sin\left(\frac{W}{K}\right) \\ &= A(x, y, z) \sin\left[\frac{\frac{Et}{K} + S(x, y, z)}{K}\right] \end{aligned} \quad (9)$$

A é uma função de "amplitude". **A constante K deve ser introduzida** e deve ter a dimensão física de *ação* (energia X tempo), já que o argumento de um seno deve ser sempre um número puro. Agora, como a frequência da onda (9) é obviamente

$$= \frac{E}{2K} \quad (10)$$

não se pode resistir à tentação de supor que K seja uma constante universal, independente de E e independente da natureza do sistema mecânico, porque se isso for feito e mecânico, porque se isso for feito e K receber o valor $h/2$, então a frequência será dada por

$$\frac{E}{h},$$

sendo h a constante de Planck. Assim, a relação universal mais conhecida entre energia e frequência é obtida de maneira simples e não forçada (Schrödinger, 1926, p. 1054, Tradução nossa, grifo nosso).

Schrödinger parte de postulados e define constantes, funções, valores a fim de produzir uma representação. A seta epistemológica opera não mais da realidade para o modelo, mas do modelo para a realidade.

Agora, o que devemos fazer com a Eq. (16) [(a famosa equação de Schrödinger)]? À primeira vista, essa equação parece não oferecer meios adequados para resolver problemas atômicos, por exemplo, definir níveis de energia discretos no átomo de hidrogênio. Por ser uma equação diferencial parcial, ela oferece uma grande quantidade de soluções, uma quantidade de ordem de magnitude transcendente ainda maior do que o sistema de soluções das equações diferenciais ordinárias da mecânica ordinária. Mas a deficiência das últimas em problemas atômicos não consistia, como se sabe, no fato de que elas forneciam um número muito pequeno de órbitas possíveis, mas, ao contrário, um número muito grande. **Selecionar um número discreto delas como as "reais" ou "estacionárias" é, de acordo com a visão adotada até agora, a tarefa das "condições quânticas"**. "Nossa equação de onda (16), ao aumentar indefinidamente as possibilidades, em vez de restringi-las, parece nos levar de mal a pior (Schrödinger, 1926, p. 1057, Tradução nossa, grifo nosso).

Tem-se em Schrödinger, dentro do contexto dos modelos atômicos, o ápice do atomismo axiomático do ultra racionalismo: as equações são postuladas e os resultados escolhidos. Num universo da mecânica quântica probabilística, quando traduzimos a representação matemática à imagem, não temos mais uma distribuição eletrônica no espaço como o feito até então, sendo necessário optar por orbitais e níveis de energia para desenhar a nuvem de probabilidade eletrônica no espaço. A imagem sequer mostra o átomo, não sendo mais possível atribuir realidade (enquanto matéria) às imagens das nuvens. Até então, mesmo no Modelo Planetário, o elétron da imagem remonta o elétron real, ao passo que as imagens do átomo de Schrödinger não remontam, de fato, a imagem do elétron real. *A imagem é, portanto, uma ilustração imperfeita e incompleta do pensamento.*

Parte do problema decorre do que a mecânica quântica entende por onda-partícula e das leis que regem o mundo microscópico. Os modelos já superaram obstáculos realistas associados à ideia do grão de poeira, destacando-se a compreensão de que tais leis não precisam ser as mesmas que regem o mundo ordinário, assim como as partículas

microscópicas não precisam ser como as partículas de poeira do mundo ordinário, tendo tratamentos probabilísticos e definições dialéticas.

O atomismo contemporâneo tem como objeto de estudo um não objeto: O infinitamente pequeno. Para Bachelard, enquanto a ciência usual se baseia nas coisas e procura princípios, a ciência atômica estabelece princípios e procura as coisas. Porém, as coisas visadas pela microfísica não são coisas, como por exemplo: próton, fóton e elétron, que nada mais são objetos de pensamento e que se tornam objetos de experiências técnicas. o átomo é um objeto altamente matematizado, descrito por funções matemáticas cada vez mais complexas. E é o exemplo por excelência de um objeto científico enquanto constructo racional em estado puro.

Implicações para o Ensino de Ciências

Ao abordar modelos atômicos em sala de aula, é comum partir de uma analogia granular que remonta o realismo ingênuo da metafísica da poeira, chamando a atenção dos alunos para o universo do pequeno e do invisível. São apresentados os modelos atômicos de Dalton (esfera maciça), Thomson, e Rutherford-Bohr. Não é comum apresentar o modelo de Schrödinger, deixando os alunos com um atomismo não contemporâneo. As imagens são usadas como base para a explicação das principais ideias em cada modelo sendo apresentado, ajudando os alunos a visualizarem as propriedades.

Uma leitura possível do papel da imagem do átomo no ensino é a partir de uma analogia com caricaturas, definidas pelo dicionário de Oxford como “desenho de pessoa ou de fato que, pelas **deformações obtidas por um traço cheio de exageros**, se apresenta como forma de expressão grotesca ou jocosa” (grifo nosso) e “reprodução **deformada** de alguma coisa” (grifo nosso), revelando seu principal aspecto: o exagero. Tomemos, por exemplo, caricaturas de Albert Einstein (Figura 5). Percebe-se que os desenhos destacam três aspectos principais de seu rosto: o bigode, o nariz e o cabelo. Podemos aplicar o mesmo raciocínio para os modelos atômicos já construídos a partir do racionalismo aplicado, isso é, que já superaram o realismo ingênuo da metafísica da poeira.

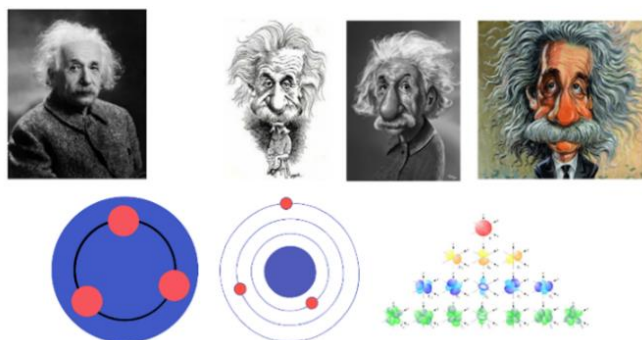


Figura 5 - Foto de Albert Einstein (esquerda) e caricaturas. Ao lado, imagens dos modelos atômicos de Thomson (esquerda), Rutherford-Bohr (centro) e Schrödinger (direita).

Para Thomson, os anéis concêntricos de corpúsculos de carga negativa inseridos numa esfera maciça de carga positiva; para Rutherford-Bohr o núcleo atômico de massa positiva no centro com os elétrons orbitando em órbitas circulares estáveis, quantizadas e discretas; para Schrödinger as nuvens de probabilidade para os diferentes números quânticos. Em todos os casos, temos imagens que expressam não a representação como ocorre na física, mas características exageradas e deformadas da representação. Diferente da caricatura de Einstein, na qual é possível conferir a foto para comparar e sanar qualquer discrepância da representação caricatural com relação à imagem real, na caricatura do átomo não existe imagem real a ser comparada.

Bachelard apresenta um paradoxo da utilidade de imagens: “As imagens são ao mesmo tempo boas e más, indispensáveis e prejudiciais, é preciso usá-las com medida enquanto são boas e desembaraçar-se imediatamente quando se tornam inúteis” (Bachelard, 1951, p. 74). Ele deseja assegurar que as imagens não se tornem obstáculos epistemológicos ao espírito científico. “Por um lado, declara que elas cumprem um papel ‘pedagógico inelutável’ (em *La philosophie du non*) e, por outro, diz que ‘há que lutar contra o poder das imagens materiais’ (em *Le matérialisme rationnel*), sustentando que ‘uma ciência que aceita as imagens é, mais que qualquer outra, vítima das metáforas’ e, por isso, ‘o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens’ (em *La formation de l'esprit scientifique*)” (Queiroz, 2017, p. 648).

Ao levar as imagens do átomo ao ensino, apresentamos as principais características traduzidas de uma linguagem inacessível aos alunos, mas corre-se o risco de confundir o andaime pela coluna e construir conceitos equivocados sobre o que a ciência entende por átomos.

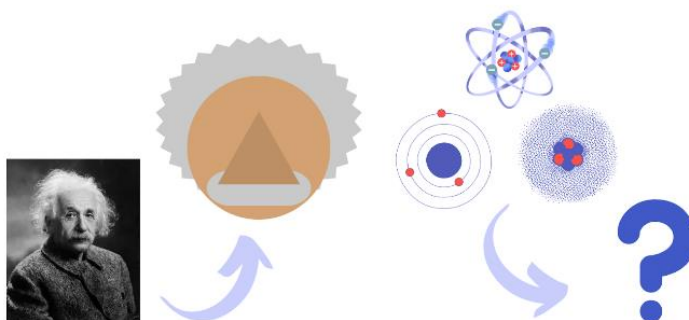


Figura 7 - Um exemplo do paradoxo da utilização da imagem para o átomo: enquanto para uma caricatura ordinária é possível retomar a imagem original, a partir das imagens dos átomos não é possível retomar a complexidade do pensamento científico por trás da produção da imagem.

As imagens do átomo moderno remontam características descritas de maneira matemática e, muitas vezes, sem análogos no mundo macroscópico. Os cuidados de sua utilização em sala de aula devem evidenciar e apresentar não só onde a imagem ajuda, mas também onde falha.

Considerações finais

Uma vez compreendida a motivação da criação de imagens no campo científico no contexto da física atomística e tendo discutido suas implicações para o ensino, levantamos a necessidade de refletir sobre os dilemas que surgem com a utilização das imagens atômicas. No ensino básico, modelos atômicos são comumente apresentados nos cursos de química, onde a abordagem é mais voltada às propriedades de interação entre elementos do que à estrutura e propriedades dos átomos em si. Recorrendo a analogias e metáforas granulares, busca-se abordar um conteúdo complexo e contraintuitivo de maneira intuitiva aos alunos, deixando de lado particularidades epistemológicas dos modelos atômicos criticistas e axiomáticos. Como resultado, podem ocorrer concepções errôneas de como a ciência, e particularmente a física, compreendem a estrutura atômica.

Faz-se necessário, como indica Bachelard, apoiar-se nas imagens quando são boas, mas descartá-las quando são más. Reconhecer as limitações da intuição é um importante passo para a superação de obstáculos realistas, e o mesmo exercício pode ser realizado sobre as caricaturas atômicas. Em breves análises já são identificadas limitações: grande parte das imagens atômicas são estáticas, ao passo que os modelos são dinâmicos; os componentes e as distâncias estão fora de escala. Também podem ser feitas ressalvas sobre a natureza dos componentes: no modelo de Thomson os elétrons são

corpúsculos localizados no espaço, nos modelos de Rutherford-Bohr e Schrödinger é levada em conta a dualidade onda-partícula, não expressa nas imagens.

Toda representação possui poder explicativo e limitações e devemos nos atentar aos obstáculos epistemológicos educacionais que encontramos no ensino, especialmente os que podem surgir a partir das abordagens e materiais empregados em sala de aula. Não se pode tomar a parte pelo todo, e a reflexão crítica acerca das imagens dos modelos sendo apresentados em sala de aula pode aprofundar a compreensão dos estudantes acerca do conteúdo para além do realismo ingênuo.

Referências

ANDRADE, Beatrice L. De; ZYLBERSZTAJN, Arden; FERRARI, Nadir. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 182–192, 2000.

AZEVEDO JUNIOR, José Garcia de. **Apostila de Arte – Artes Visuais**. São Luís: Imagética Comunicação e Design, 2007.

AREAL, Leonor. **O que é uma imagem?** Instituto Politécnico de Leiria, p. 59-80, 2012.

BACHELARD, Gaston. **L'activité rationaliste de la physique contemporaine**. Paris, PUF, 1951

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. 5. ed. Rio de Janeiro: Contraponto Editora Ltda, 1996.

BOHR, N. I. On the constitution of atoms and molecules. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, [s. l.], v. 26, n. 151, p. 1–25, 1913.

BULCÃO, M. **O Racionalismo da Ciência Contemporânea: Uma Análise da Epistemologia de Gaston Bachelard**. Rio de Janeiro: Antares, 1981. 148p.

BUORO, Anamelia Bueno. **O olhar em construção: uma experiência de ensino e aprendizagem da arte na escola**. 4º edição. São Paulo: Cortez, 2000.

DOMINGUEZ, C. **Desenhos, palavras e borboletas na educação infantil: brincadeiras com as idéias no processo de significação sobre os seres vivos**. Tese (Doutorado em Educação: Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

FERREIRA, Larissa Moreira. As Intuições Atomísticas de Bachelard. [s. l.], v. 14, n. 3, 2014.

FREDERICO, Fernando Temporini; GIANOTTO, Dulcinéia Ester Pagani. Imagens e o Ensino de Física: Implicações da Teoria da Dupla Codificação. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte. v. 18, n. 3, p. 117-140, set-dez, 2016.

JOLY, Martine. **Introdução à Análise da Imagem**, Lisboa, Ed. 70, 2007.

LIMA, Claudia Albuquerque, SILVA, Nerivanha Maria Bezerra. **Imagens equivalentes**. Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação. XXV Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação. Salvador, p. 1-17, 2002.

LÜTHY, Christoph. Atomism in the Renaissance. *In*: **ENCYCLOPEDIA OF RENAISSANCE PHILOSOPHY**. [s. l.]: **Springer**, 2018. p. 1–14. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-02848-4_252-2.

MARANDINO, Martha. O uso das Imagens na Ciência no ensino e na divulgação da Ciência. Licenciatura em Ciências - USP/UNIVESP. **Ensino de Ciências II**: Módulo 6. Universidade de São Paulo, São Paulo, p. 111-127, 2009.

MELO, Ana Carolina Staub de. **Contribuições da epistemologia histórica de Bachelard no estudo da evolução dos conceitos de óptica**. Florianópolis. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina.

QUEIROZ, Lúcia. Iconografia atomística e o papel da imagem segundo gaston bachelard. **Kriterion: Revista de Filosofia**, [s. l.], v. 58, n. 138, p. 637–652, 2017.

REIS, Jheniffer Micheline Cortez dos; KIOURANIS, Neide Maria Michellan; SILVEIRA, Marcelo Pimentel. Um olhar para o conceito do átomo: Contribuições da Epistemologia de Bachelard. **Alexandria: R. Educ. Ci. Tec.**, Florianópolis, v.10, n. 1, p.3-26, maio 2017.

SCHRÖDINGER, E. An Undulatory Theory of the Mechanics of Atoms and Molecules. **Physical Review**, [s. l.], v. 28, n. 6, p. 1049–1070, 1926.

SOUZA, Edvaldo de. **Imagem e representação**: conteúdo informativo nas fotonovelas das décadas de 1960-1980 pela perspectiva de Barthes. 113 f. il. 2015. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciência da Informação, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

THOMSON, J.J. XXIV. On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, [s. l.], v. 7, n. 39, p. 237–265, 1904.

Submissão: 19/03/2024. **Aprovação:** 05/09/2024. **Publicação:** 25/04/2025