

## Do emaranhamento ao engambelamento quântico:

### uma abordagem semiótica das estratégias da pseudociência e das dificuldades da divulgação científica – Parte 1

Gustavo Rick Amaral<sup>1</sup>

Ronaldo Marin<sup>2</sup>

**Resumo:** Este artigo apresenta a primeira parte de um estudo semiótico a respeito das estratégias mobilizadas pela pseudociência para explorar as dificuldades da divulgação científica. Analisamos, do ponto de vista semiótico, uma das principais dificuldades envolvidas na divulgação de teorias científicas complexas para o público de não-especialistas (o público leigo): o problema da distância entre os fenômenos descritos pelas representações teóricas da ciência e a realidade conforme captada pelo aparato sensorial humano no contexto cotidiano e entendida pelo senso comum. Aquilo que a ciência descreve não é o que as pessoas veem ou estão acostumadas a achar que veem. O problema básico é a dificuldade de tradução (para fins de divulgação científica) que advém da distância entre a realidade como objeto das representações teóricas científicas e a realidade como objeto das representações corriqueiras do senso-comum e do homem leigo. O foco do artigo está voltado para um caso particular desse problema geral: o campo científico da física quântica e as dificuldades para se explicar a estrutura do átomo para não-especialistas. Utilizamos o aparato teórico e conceitual da semiótica peirceana para analisar

---

1 Semioticista e pesquisador do Centro Internacional de Estudos Peirceanos (CIEP/PUC-SP) e do grupo de pesquisa Transobjeto (TIDD-PUC-SP); doutor pelo Programa de Estudos Pós-Graduados em Tecnologias da Inteligência e Design Digital (TIDD) da PUC-SP (2014); professor dos cursos de Comunicação Social da Universidade Anhembi-Morumbi. CV Lattes: [lattes.cnpq.br/3463780553418311](https://lattes.cnpq.br/3463780553418311). ORCID: [orcid.org/0000-0002-0063-6119](https://orcid.org/0000-0002-0063-6119). E-mail: [gustrick@gmail.com](mailto:gustrick@gmail.com).

2 Físico com pós-graduação pelo Departamento de Eletrônica Quântica IF Gleb Wathagin – Unicamp. Doutor em estudos semióticos e Artes pelo IA – Unicamp. Diretor do Centro de Pesquisas da Interpretação e da Consciência da Personagem no Cena IV – Shakespeare Cia. Diretor do Instituto Shakespeare Brasil. Pesquisador do grupo de pesquisa Transobjeto (TIDD-PUC-SP). CV Lattes: [lattes.cnpq.br/5295634003756551](https://lattes.cnpq.br/5295634003756551). ORCID: [orcid.org/0000-0002-6894-6578](https://orcid.org/0000-0002-6894-6578). E-mail: [marinsky@uol.com.br](mailto:marinsky@uol.com.br).

um caso particular em que a estrutura atômica é explicada metaforicamente como uma edificação. Um dos principais objetivos é mostrar que o processo de tradução envolvido na divulgação científica possui três camadas que refletem três tipos básicos de conhecimento: o conhecimento de conteúdo, procedural e epistêmico. O principal objetivo da análise é mostrar que parte considerável de nossos problemas na divulgação científica é devido ao fato de que o processo de tradução geralmente se concentra (de forma excessiva) no conhecimento de conteúdo em detrimento dos outros tipos (o conhecimento procedural e epistêmico).

**Palavras-chave:** Divulgação científica; Física quântica; Linguagem; Conhecimento de conteúdo; Conhecimento procedural; Conhecimento epistêmico.

### **From quantum entanglement to quantum quackery: a semiotic approach to the pseudoscience strategies and the difficulties in the science divulgation - Part 1**

**Abstract:** : This paper presents the first part of a semiotic study on the strategies used by pseudoscience to exploit the difficulties in science communication. We analyze in a semiotic perspective one of the most important difficulties faced in explaining complex scientific theories to non-specialists (layperson): the problem of the distance between the phenomena described by the scientific representation and the reality as captured by our sensory apparatus in an “everyday” context and understood by common sense. What science describes is not what we see or we think we see. The basic problem is the difficulty in the translation process (for science divulgation purposes) that originates in the distance between the reality as described by scientific theories and the reality as captured and understood by non-specialists. The paper focuses on a particular case of this more general problem: the scientific field of quantum physics and the difficulties of explaining the atomic structure to non-specialists. We will use the theoretical and conceptual framework of the Peircean semiotics to analyze a particular case in which the atomic structure is explained metaphorically as a building structure. One of the objectives of this paper is to show that the translation process involved in science divulgation has three basic layers that reflect three basic types of knowledge: content, procedural and epistemic knowledge. The main objective is to show that considerable part of our problems in scientific divulgation is due to the fact that the process of translation is often (and overly) concentrated in the content knowledge, to the detriment of the other types (procedural and epistemic knowledge)..

**Keywords:** Scientific divulgation; Quantum physics; Language; Content knowledge; Procedural knowledge; Epistemic knowledge.

Neste artigo, apresentamos a primeira parte de um estudo semiótico das estratégias mobilizadas pelo charlatanismo pseudocientífico para explorar as dificuldades envolvidas na divulgação científica da física quântica. A segunda parte será publicada na próxima edição desta revista. Nesta primeira parte, pretendemos apresentar um problema geral da comunicação científica: a dificuldade na recepção da informação que vem dos campos da ciência por parte do público leigo. Acreditamos que isso ocorra devido ao fato de que, muitas vezes, o conhecimento científico tende a se distanciar da vivência direta ou intuitiva da maioria das pessoas. Denominamos este problema de *afastamento progressivo* e propomos a hipótese de que o que está por trás deste fenômeno de afastamento é a existência uma espécie de vetor inerente ao desenvolvimento do conhecimento científico. A tendência da ciência ao extrapolar para o macro e microcosmo é progredir para “zonas” da realidade cada vez mais distantes da percepção da experiência direta ou intuitiva humana.

Esse *afastamento progressivo* coloca um problema básico para o processo de divulgação científica. Com uma representação cada vez mais abstrata, a comunicação a ser realizada pelo divulgador científico fica cada vez mais desafiadora por sua crescente complexidade. Assim, o principal objetivo deste artigo é apresentar, a partir de uma abordagem contemporânea da cognição humana, o que acreditamos ser o problema básico de ordem na recepção, interpretação e entendimento da informação científica pela maior parte do público externo aos círculos de estudos científicos. Imbrincado neste problema básico do entendimento da informação com tendência cada vez mais abstrata encontra-se uma antiga e importante questão filosófica que, nas últimas décadas, vem ocupando lugar de destaque nas discussões científicas, principalmente no campo relativo às ciências da mente e cérebro modernamente denominadas neurociências: a relação entre o abstrato e concreto, cérebro e pensamento ou simplesmente, a questão mente e matéria. Portanto, caso o caminho normal da ciência seja mesmo se afastar aos poucos de representações baseadas na experiência direta e de nossas perspectivas intuitivas a respeito da realidade, o processo de divulgação científica para públicos mais amplos e externos ao ambiente acadêmico será um trabalho cada vez mais desafiador. Nestas condições, a tarefa do divulgador se assemelha a uma variante contemporânea do trabalho de Sísifo. Seguindo o vetor de progressiva precarização do trabalho manual destes tempos que nos afligem, Sísifo enfrentaria “a cada rodada” uma pedra mais pesada e um monte mais alto. A tarefa deste Sísifo 2.º não apenas é eterna, mas cada vez mais difícil.

Este estudo semiótico sobre as dificuldades da divulgação científica e as estratégias da pseudociência será apresentado em duas partes. Na segunda parte, serão abordadas as condições favoráveis à proliferação de discursos pseudocientíficos e o surgimento de campanhas de desinformação científica decorrentes do problema básico que abordamos nesta primeira parte.

Este artigo está dividido em três seções, além das considerações finais. Na primeira, introduziremos a hipótese do *afastamento progressivo* e o problema gerado para a divulgação científica decorrente deste afastamento. Na segunda seção, desenvolveremos uma breve discussão teórica e metodológica sobre como abordar as dificuldades criadas pelo afastamento progressivo para o processo de divulgação científica. Por fim, na terceira seção, com base no quadro teórico-metodológico apresentado na seção anterior, apresentaremos uma breve análise de uma analogia muito comum em materiais de divulgação científica.

### **Seção 1 – A hipótese do afastamento progressivo e os problemas para divulgação científica**

O caso paradigmático do que chamamos no texto introdutório de *afastamento* é o desenrolar da revolução quântico-relativística no campo da Física. Ainda nas primeiras décadas do século XX, as teorias elaboradas pelos físicos adentraram o microcosmo da matéria (com a física quântica) e alcançaram o megacosmo (com a física relativística). A representação da realidade e o discurso explicativo envolvidos nessas teorias passaram, então, a tratar de fenômenos que ocorrem em escalas muito afastadas da experiência direta dos indivíduos. O caso da física quântica e relativística é paradigmático, porque este afastamento fica evidente nas dificuldades que começaram a aparecer no processo de divulgação dessas novas teorias para o público leigo. A física quântica passou a tratar de uma realidade tão distanciada da experiência direta que não apenas não era mais possível se fazer demonstração ou experimento em praça pública, como também as próprias explicações fornecidas pelos cientistas acerca dos fenômenos eram tão contraintuitivas que o discurso explicativo se tornou paulatinamente mais obscuro, hermético, fechado em terminologias técnicas e formas de representação quase exclusivamente matemáticas.

Apresentado o fenômeno que denominamos afastamento progressivo, devemos nos voltar agora para definição do que vamos entender, neste artigo, por divulgação científica. No fundo, o trabalho da divulgação

científica é criar uma ponte entre o ambiente experiencial imediato do público (sua experiência direta) e o conteúdo da informação. É um caso particular de tradução. Na prática, essa ponte significa, de um ponto de vista semiótico, traduzir o fenômeno que ocorre numa escala distante do aparato perceptual humano para uma escala próxima. Reparemos que o afastamento do qual viemos tratando é uma contínua fonte de problemas para o processo de divulgação científica. Sintetizamos a seguir a hipótese do *afastamento progressivo* e o problema básico dele decorrente para o processo de *divulgação científica*.

**Hipótese do afastamento progressivo:** Conforme cresce o escopo explicativo do corpo de conhecimento disponível em um determinado campo da ciência, a tendência é que os fenômenos que estão no foco das novas teorias (que emergem no campo) ocorram em escalas cada vez mais distantes da experiência direta/intuição humana.

**Problema decorrente do afastamento progressivo (para a divulgação científica):** a tradução operada pela divulgação científica *para* o público leigo se torna cada vez mais complexa, conforme aumenta a distância entre a escala em que ocorrem os fenômenos retratados pelas novas teorias (que emergem no campo científico em questão) e a experiência direta/intuição humana.

O problema enunciado, referente à divulgação científica, é um caso particular de um problema mais geral referente à formação da mentalidade científica: a relação concreto-abstrato. O afastamento progressivo é justamente um distanciamento entre representações mais concretas (e mais próximas da experiência direta) e representações mais abstratas. Este problema mais geral diz respeito às dificuldades em se obter uma representação mais abstrata dos fenômenos estudados por um determinado campo científico e mais afastada de formas de representação ligadas à experiência direta. Deve-se notar que estas dificuldades na passagem de representações concretas para mais abstratas constituem um problema para formação da mentalidade científica em diversos sentidos e níveis.

Citemos pelo menos três perspectivas (dentre diversas possíveis) para que possamos localizar para o leitor a abordagem que pretendemos desenvolver neste artigo. Em primeiro lugar, pode-se propor uma *perspectiva histórico-cultural* na qual se focalize o longo processo de desenvolvimento de novas formas de representação pela comunidade científica. Nesta primeira perspectiva (mais ampla e distanciada), estaríamos lidando com o modo pelo qual a comunidade científica adquire e modifica suas representações acerca dos fenômenos ao longo das décadas ou séculos; é

a “História da Ciência” (ou história das ideias científicas). Deslocando-se do nível coletivo para o individual e do ambiente mais geral da história e cultura científicas para o ambiente particular das instituições de ensino e pesquisa científica, pode-se supor uma *perspectiva psicólogo-formativa* na qual se focalize o processo de formação/desenvolvimento de uma “mentalidade científica” em um indivíduo no contexto de educação/qualificação profissional. Nesta segunda perspectiva, estaríamos lidando com o processo de formação profissional dos cientistas. E, para chegar à terceira e última perspectiva, devemos nos deslocar do ambiente *formativo* para o que podemos chamar de ambiente *informativo*. O foco, neste caso, está no processo de divulgação de informações de caráter científico para o indivíduo leigo. Pode-se afirmar que também este processo de divulgação faz parte da formação de uma “mentalidade científica”. Neste ponto de vista que (na falta de nome melhor) denominaremos *perspectiva psicólogo-co-informativa*, estamos lidando com o modo pelo qual as representações elaboradas pela ciência ultrapassam os muros da academia e chegam ao público leigo, atingem o ambiente externo à comunidade científica. Neste artigo, nossa atenção está voltada para a terceira perspectiva.

## **Seção 2 – Discussão teórica e metodológica: a relação concreto-abstrato, a cena experiencial e a alfabetização científica**

Nosso problema central neste artigo é que a tradução que deve ser operada pela divulgação científica para o público leigo se torna cada vez mais complicada conforme as representações científicas dos fenômenos vão ficando cada vez mais abstratas e afastadas da experiência direta/intuição humana. Este problema é decorrente do que denominamos na seção introdutória de *afastamento progressivo*. Como explicado, nosso enfoque é a relação concreto-abstrato e como o distanciamento do âmbito concreto (i.e., a experiência direta do indivíduo) rumo a representações mais abstratas cria um problema básico para divulgação científica.

Tanto as questões mais gerais envolvidas na relação concreto-abstrato como também a compreensão de que este distanciamento de representações científicas mais abstratas em relação às mais concretas constitui um obstáculo epistemológico não são nenhuma novidade no campo da epistemologia e da filosofia da ciência. Começemos a discussão teórica a respeito da relação concreto-abstrato por um importante filósofo da ciência no século XX: Gaston Bachelard. Existem outras portas de entrada para o debate a respeito dos entraves epistemológicos que podem atrapalhar o desenvolvimento, entendimento ou mesmo divulgação de conhe-

cimento científico. Algumas dessas vias de acesso recuam para o início da era moderna como o conceito de “ídolo” proposto por Francis Bacon (1979) para designar as falsas noções que infestariam o intelecto humano e bloqueariam o caminho do conhecimento. Fiquemos, entretanto, com Bachelard, uma vez que suas reflexões epistemológicas estiveram voltadas justamente para a passagem da física clássica para a física quântica e relativística.

## 2.1 Bachelard e a formação do espírito científico

Pode-se afirmar que, embora partindo de bases conceituais distintas e com metodologia bem diversa, o filósofo Gaston Bachelard (1996) desenvolve, na obra *“A formação do espírito científico”*, uma reflexão a partir do mesmo recorte que estamos propondo neste artigo: a relação concreto-abstrato.

Bachelard abre o livro declarando ser insuficiente, embora primordial, para a formação do espírito científico um tipo de representação dos fenômenos que ele denomina “geometrizada”. Tornar geométrica a representação significa “delinear os fenômenos e ordenar em série os acontecimentos decisivos de uma experiência” (1996, p. 7). É pela geometrização que a ciência atinge a “quantidade representada”, que é um tipo de representação que fica, de acordo com o filósofo, no meio do caminho “entre o concreto e o abstrato, numa zona intermédia em que o espírito busca conciliar matemática e experiência, leis e fatos” (ibid.). No trecho a seguir, o filósofo trata do momento em que o espírito científico ultrapassa a geometrização:

Essa tarefa de geometrização que muitas vezes pareceu realizada — seja após o sucesso do cartesianismo, seja após o sucesso da mecânica newtoniana, seja com a óptica de Fresnel — acaba sempre por revelar-se insuficiente. Mais cedo ou mais tarde, na maioria dos domínios, é forçoso constatar que essa primeira representação geométrica, fundada num realismo ingênuo das propriedades espaciais, implica ligações mais ocultas, leis topológicas menos nitidamente solidárias com as relações métricas imediatamente aparentes, em resumo, vínculos essenciais mais profundos do que os que se costuma encontrar na representação geométrica. Sente-se pouco a pouco a necessidade de trabalhar sob o espaço, no nível das relações essenciais que sustentam tanto o espaço quanto os fenômenos. O pensamento científico é então levado para “construções” mais metafóricas que reais, para “espaços de configuração”, dos quais o espaço sensível não passa, no fundo, de um pobre exemplo. O papel da matemática na física contemporânea supera pois, de modo singular, a simples descrição geométrica. (BACHELARD, 1996, p. 7)

A distinção entre espaços de configuração e espaço sensível é fundamental para nossa exposição. De acordo com Bachelard, o pensamento científico parece, de forma geral, contentar-se por um tempo com a conquista de uma representação geometrizada. Na verdade, essas conquistas constituem marcos tão relevantes na história da ciência e representaram um avanço tão grande em relação ao tipo de representação científica anterior que foram consideradas por muito tempo como definitivas, insuperáveis. O caminho habitual da superação, sugere Bachelard, se abre para ciência quando os cientistas passam a perscrutar as “implicações ocultas” da representação geometrizada e começam a encontrar formas representativas cada vez mais distantes daquilo que é imediatamente aparente. Nessa situação, as novas formas de representação (como podemos notar no caso da física quântica) às quais chega o pensamento científico passam a ser sustentadas basicamente por meios matemáticos. Encontrando, assim, os “vínculos essenciais mais profundos”, o próprio “realismo ingênuo das propriedades espaciais” (que é a base da representação geometrizada), se dissolve.

Para Bachelard, o pensamento científico abandona, então, a intuição sensível e segue na direção de construções mais metafóricas do que reais. É o que o filósofo denomina “espaços de configuração”. Notemos que, na proposta do autor, a chegada da física a esses “espaços de configuração” e o desligamento progressivo da intuição sensível e do realismo ingênuo não é um movimento isolado deste campo, mas parece constituir uma tendência do próprio espírito científico em geral. No trecho a seguir, Bachelard se questiona se não deveríamos considerar essa tendência à abstração como o procedimento normal (e propriamente fecundo) do espírito científico.

Da mesma forma, já que o concreto aceita a informação geométrica, já que o concreto é corretamente analisado pelo abstrato, por que não aceitaríamos considerar a abstração como procedimento normal e fecundo do espírito científico? Com efeito, ao examinar a evolução do espírito científico, logo se percebe um movimento que vai do geométrico mais ou menos visual para a abstração completa. (BACHELARD, 1996, p. 8)

A ideia de direção do movimento da evolução do espírito científico está próxima do que propomos acima com a “hipótese do afastamento progressivo”. No trecho acima, Bachelard especula a respeito de uma espécie de direcionamento geral da “evolução do espírito científico”. Este tende a ir do “geométrico mais ou menos visual” para a abstração comple-

ta. Em diálogo com os três estados de Auguste Comte (1983), Bachelard propõe também três estados da “evolução do espírito científico”:

10 O estado concreto, em que o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno e se apoia numa literatura filosófica que exalta a Natureza, louvando curiosamente ao mesmo tempo a unidade do mundo e sua rica diversidade.

20 O estado concreto-abstrato, em que o espírito acrescenta à experiência física esquemas geométricos e se apoia numa filosofia da simplicidade. O espírito ainda está numa situação paradoxal: sente-se tanto mais seguro de sua abstração, quanto mais claramente essa abstração for representada por uma intuição sensível.

30 O estado abstrato, em que o espírito adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da experiência imediata e até em polémica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe. (BACHELARD, 1996, p. 11-12)

Se fossemos utilizar este esquema dos três estados de Bachelard, nosso enfoque, neste artigo, estaria justamente na passagem do segundo para o terceiro estado. No centro da exposição de Bachelard que resumimos e comentamos nesta breve seção estão dois pontos: em primeiro lugar, com maior destaque, o afastamento da intuição sensível (ou experiência imediata) e, em segundo lugar, o caráter contraintuitivo do que é descrito pelas novas formas de representação. Para nossa abordagem, estes dois pontos são básicos no sentido de que estabelecem as condições para a emergência dos problemas específicos para divulgação científica que está no foco deste artigo. Estes dois pontos são aqueles que, por um lado, mais dificultam o processo de divulgação científica (como demonstraremos na análise a ser apresentada na terceira seção deste artigo) e, por outro lado, mais favorecem a proliferação de discursos pseudocientíficos que mobilizam, de alguma forma, o termo “quântico” (como apontaremos ao final de nossa exposição e desenvolveremos na segunda parte deste estudo – a ser publicado na próxima edição desta revista).

## 2.2 O conceito de “cena experiencial”

Antes de seguirmos com discussão teórica sobre este problema do *afastamento progressivo* envolvendo a divulgação científica e sua relação com a questão concreto-abstrato, devemos precisar os termos que estamos mobilizando. Até agora temos utilizado a expressão “experiência direta” ou “experiência imediata” para nos referirmos ao problema do

*afastamento progressivo*. Porém, para semiótica, não existe (ao menos para cognição humana) experiência direta ou imediata. Todo pensamento se dá por signos, é mediado por signos (cf. PEIRCE, 2003, p. 241-57; SANTAELLA, 2000, p. 24-25, 30; 2004, p. 48-49).

Deste ponto em diante, utilizaremos para nos referir a esta “região” da experiência próxima às “portas da percepção” a expressão “cena experiencial”. Então, em primeiro lugar, expliquemos o que queremos dizer com o termo “cena experiencial” neste artigo. A cena experiencial é aquela que um sistema cognitivo (uma mente) constrói a partir de elementos fornecidos pela experiência e processados na percepção/cognição para representar o ambiente próximo. Ela diz respeito às imediações da “porta de entrada” de nossa vida perceptual-cognitiva. Se considerarmos que a função precípua do pensamento, do ponto de vista evolutivo, é guiar (de forma eficiente) a ação do organismo no ambiente, notaremos que o papel básico da percepção é fornecer material informativo para o processo de mapeamento atualizado em tempo real do ambiente imediato. De forma geral, nosso aparato perceptual e cognitivo é capaz não apenas de localizar os objetos presentes no ambiente imediatos como também identificá-los. Vejamos brevemente dois casos particulares de cena experiencial: a cena visual e a cena auditiva.

No início da década de 1980, Leslie Ungerleider e Mortimer Mishkin introduziram a hipótese das duas vias para o processamento visual (cf. GOLDSTEIN, 2007, p. 88, 281; DAVIES, 2019, p. 22). A hipótese é que a informação visual passa por duas vias distintas dentro do cérebro logo após sair do córtex visual primário (que é o primeiro nível do processamento cortical da visualidade). O primeiro caminho, no modelo teórico proposto por Ungerleider e Mishkin, é a via ventral (que leva ao lobo temporal). É nesta primeira via que se processam informações referentes à identificação e reconhecimento do objeto da cena experiencial. Por este motivo, este caminho passou a ser também chamado de via “o quê” (*what pathway*). Já o segundo caminho é a via dorsal (que leva ao lobo parietal). É nesta segunda via que se processam informações referentes à localização do objeto dentro da cena experiencial. Este segundo caminho passou a ser chamada de via “onde” (*where pathway*).

Bruce Goldstein, no seu livro *Sensação e percepção*, escreve que pouco mais de duas décadas depois do modelo das duas vias ter se estabelecido para o Sistema Visual, os estudos sobre processamento auditivo seguiram na mesma direção: “começaram a se acumular evidências no final da década de 1990 a respeito da existência de vias ‘o quê’ e ‘onde’ também

na audição” (GOLDSTEIN, 2007, p. 281.). Tanto na cena visual como na cena auditiva, o sistema cognitivo (a mente) opera um mapeamento em que se identificam e se localizam os objetos presentes no ambiente próximo.

Portanto, para fecharmos a definição deste conceito fundamental para nossa exposição neste artigo, a cena experiencial é a representação interna de um sistema cognitivo referente à parte do ambiente mais próxima do indivíduo. É aquela cena que é acessada pela percepção, focalizada pelos recursos atencionais e representada pelas capacidades cognitivas (conceitualizada e, assim, em alguns casos, retida como traço de memória). Importa para nossas finalidades, nesta exposição, compreender que a cognição humana é, de alguma forma, construída ao redor da cena experiencial. Esta e suas imediações constituem uma região da experiência confortável cognitivamente. Parte considerável dos processos interpretativos estão automatizados.

Parece que cena experiencial funciona como uma espécie de âncora gravitacional para cognição humana. Aquilo geralmente chamamos de conceitos e que a psicologia cognitiva denomina “estruturas conceituais” são construções mentais que parecem sofrer fortes restrições na medida que se afastam da cena experiencial. Se considerarmos as estruturas conceituais como edificações, notaremos que aquelas mais básicas e mais próximas da cena experiencial não apenas são mais simples de serem construídas, mas também têm facilitadas as tarefas de manutenção, modificação e expansão. As estruturas conceituais mais complexas e abstratas, como aquelas representadas por alguns termos técnicos da ciência, já são construções de difícil edificação, manutenção, modificação e expansão. O processo de ensino e aprendizagem, por exemplo, deste tipo de estrutura costuma ser bastante custoso do ponto de vista cognitivo. Não é por outro motivo que, se observarmos como as crianças aprendem hierarquia taxonômicas (*seres vivos > animais > cachorros > poodle...*) ; ou *seres inanimados (objetos > mobília > cadeira > cadeira-de-balanço...*), notaremos que elas aprendem primeiro essa “região do meio” da hierarquia em que estão conceitos captados na cena experiencial (cf. conceito de “nível-básico” em Lakoff, 1987, p. 199).

### **2.3 A discussão teórica sobre o processamento cognitivo de palavras/conceitos concretos-abstratos**

Alguns dos principais problemas teóricos envolvidos no afastamento da cena experiencial têm sido captados dentro do campo de estudos da cognição humana por uma série de abordagens e experimentos a respeito

da relação entre processamento de conceitos abstrato e conceitos concretos. Nesta seção, pretendemos apresentar um breve panorama sobre essas abordagens e introduzir aquela que orientará nossos posicionamentos teóricos e análises neste artigo: a teoria da disponibilidade de contexto. A respeito desta teoria, acompanharemos a interpretação de Barsalou e Wiemer-Hastings (2005).

O primeiro modelo teórico que conseguiu dar algum tratamento ao problema da relação entre concreto-abstrato em termos de processamento cognitivo foi introduzido pelo psicológico Allan Paivio ainda no início da década 1970. O modelo de Paivio (1969, 1971) ficou conhecido como teoria da codificação dual e propunha que a cognição humana se especializou numa dupla funcionalidade: por um lado, processamento de linguagem e, por outro, processamento capaz de lidar com objetos e eventos não-verbais. É no âmbito deste modelo dual que se começou a demonstrar a diferença básica entre processamento de palavras para conceitos concretos e para conceitos abstratos bem como a vantagem do primeiro em relação ao segundo (cf. PAIVIO, 1986).

Já a abordagem da metáfora conceitual, elaborada no campo da linguística cognitiva no início da década de 1980 pelo linguista George Lakoff e pelo filósofo Mark Johnson (LAKOFF; JOHNSON, 1980; LAKOFF, 1993), parte da observação de que geralmente utilizamos conceitos de domínios concretos e próximos à experiência para lidarmos com conceitos de domínios abstratos e distantes. Por exemplo, quando queremos nos referir a uma situação em que uma pessoa não aceita uma determinada ideia, dizemos que ela não “engoliu a ideia”. Engolir é um verbo que geralmente utilizamos para designar parte do processo de alimentação (fazer passar um alimento da boca para o estômago), que está no âmbito da experiência direta, cotidiana de todos. Porém, neste caso, o uso do verbo num domínio abstrato “empresta” características de seu uso normal (em domínio concreto). O uso do concreto para “dar tratamento” ao abstrato foi denominado pelo Lakoff e Johnson de metáfora conceitual.

Parte essencial da abordagem de Lakoff e Johnson está no reconhecimento de que o uso metafórico do concreto pelo abstrato não é *meramente* um recurso estilístico, não é *apenas* um modo de falar, mas é o modo como realmente pensamos. Na verdade, a tese de Lakoff e Johnson é um pouco mais forte. De acordo com os autores, não temos, de fato, experiência direta com pensamento abstrato. Só podemos pensar sobre um domínio abstrato fazendo uso de um domínio concreto, uma vez que, de acordo com esta abordagem, o primeiro não teria estrutura

e, por este motivo, precisaria “pegar emprestado” do segundo (LAKOFF; JOHNSON, 1980; LAKOFF, 1993). A funcionalidade de uma metáfora conceitual, para Lakoff e Johnson, é que ela é capaz de ligar por meio de uma função (uma espécie de “mapeamento”) elementos do domínio concreto a elementos do domínio abstrato.

Essa tese mais forte enunciada por Lakoff e Johnson acerca da impossibilidade de processamento ou experiência direta com o domínio abstrato tem recebido algumas críticas dentro de campo de estudos da cognição. Por exemplo, Prinz (2005) sustenta que o conteúdo de conceitos abstratos depende, em algum grau, de nossa experiência direta com o que é designado por tais conceitos. Barsalou e Wiemer-Hastings concordam com Prinz e desenvolvem o seguinte exemplo: “Consideremos a raiva. As pessoas têm bastante experiência com situações externas que disparam raiva, com o modo como se sente subjetivamente a raiva, e como as pessoas agem e como é a sua aparência externa quando estão com raiva” (BARSALOU; WIEMER-HASTINGS, 2005, p. 133). Esta primeira linha de crítica à tese forte Lakoff e Johnson parte de dados empíricos. Já Murphy (1997) desenvolve uma linha argumentativa crítica que parte de considerações teórico-conceituais. Para Murphy, se o conceito abstrato não contivesse estrutura nenhuma que fosse baseada na experiência direta e, portanto, independente do domínio concreto, a metáfora não poderia operar, uma vez que esta depende de uma função (um mapeamento) que ligue elementos do domínio concreto a elementos do domínio abstrato. A ideia é que se a experiência direta não preenchesse de alguma forma (ainda que mínima) o conceito abstrato, este não teria elementos que poderiam servir de ponto de chegada da função (do mapeamento) operada(o) pela metáfora conceitual.

Schwanenflugel (1991) desenvolveu uma abordagem para dar tratamento ao problema teórico da relação concreto-abstrato que ficou conhecida como teoria da disponibilidade de contexto. A ideia central é que a vantagem ou facilidade relativa para processar palavras concretas ocorre basicamente porque este tipo de palavra é facilmente ligado, durante o processamento, a uma situação/cenário. É justamente esta situação ou cenário que torna disponível para o processamento uma série de informações relevantes.

Antes de seguirmos para a interpretação dessa abordagem e sua relação com nosso tema neste artigo, vejamos alguns resultados empíricos obtidos por Schwanenflugel e equipe. Em experimentos comparativos, comprovou-se que não apenas o acesso lexical (SCHWANENFLU-

GEL; HARNISHFEGGER; STOWE, 1988), mas também a compreensão (e.g. SCHWANENFLUGEL; SHOBEN, 1983; SCHWANENFLUGEL; STOWE, 1989) é mais rápida para palavras concretas do que palavras abstratas. E também o processo de memorização é mais eficiente para palavras concretas na comparação com palavras abstratas (WATTENMAKER; SHOBEN, 1987). Na interpretação de Barsalou e Wiemer-Hastings, esses resultados gerais podem ser interpretados a partir de dois pontos:

Em primeiro lugar, os significados das palavras não são estabelecidos de forma isolada. O significado não é geralmente um pacote independente de características que descrevem sua categoria associada. Em vez disso, as palavras são geralmente entendidas e representadas contra uma situação de fundo (cf. Murphy; Medin, 1985). Quando uma situação não está disponível, um conceito é difícil de processar. Muitos dos primeiros trabalhos sobre compreensão de linguagem atingiram esta mesma conclusão (para revisões, cf. Bransford; Johnson, 1973; Bransford; McCarrell, 1974). De forma geral, situações fornecem muita informação útil para o entendimento de conceitos. Entender o que CADEIRA significa depende não simplesmente nas propriedades físicas do objeto, mas também nos cenários [settings] nos quais ela é encontrada (p.ex., em salas de aula) e as atividades performadas com ela (p.ex., assistir aula). Se uma pessoa não sabe como as cadeiras são utilizadas em situações relevantes, então o seu conhecimento de cadeiras é inadequado. Por esta razão, situações geralmente aparecem como centrais para a representações de conceitos. (BARSALOU; WIEMER-HASTINGS, 2005, p. 130)

Esta conceituação de “processamento cognitivo situado” é fundamental para nossa abordagem a respeito do modo como o público leigo entende termos mais técnicos e abstratos provenientes de campos científicos. É possível que grande parte das dificuldades de interpretação surjam pelo fato de a cognição operar com maior facilidade nos casos em que há disponibilidade de informações úteis que auxiliam o processo de entendimento. Por este motivo, um termo técnico para um conceito abstrato apresentado num material de divulgação de científica pode ser um obstáculo intransponível para um intérprete leigo que não tenha em mente um contexto ou cenário típico associado ao conceito. O segundo ponto enfatizado por Barsalou e Wiemer-Hastings é justamente sobre a dificuldade em se recuperar na memória cenários/situações para conceitos abstratos.

Em segundo lugar, recuperar situações para conceitos abstratos parece ser mais difícil que recuperar situações para conceitos concretos. Ao menos, os dois fatores seguintes podem ser responsáveis por isso. O primeiro ponto é que os conceitos abstratos podem estar associados a uma variedade mais ampla de situações do que conceitos concretos (Galbraith; Underwood, 1973). Como resultado de uma maior interferência entre situações que entram em competição, recuperar ape-

nas uma situação pode ser mais difícil que para os conceitos concretos. E o segundo ponto é que, quando as pessoas processam conceitos abstratos no mundo real, elas geralmente já têm uma situação relevante em mente. Geralmente, as pessoas não pensam em conceitos como VERDADE exceto nos casos em que elas já tiverem em mente uma situação relevante à qual o conceito se aplique. Como resultado disso, o sistema conceitual se orienta no sentido de recuperar informação a respeito de conceitos abstratos já com situações relevantes como contexto. Conversamente, uma vez que é relativamente incomum processar conceitos abstratos em vácuo situacional, as pessoas inicialmente dão branco [fornecem respostas insatisfatórias] quando os recebem fora de contexto. (BARSA-LOU; WIEMER-HASTINGS, 2005, p. 130)

Esta “teoria da disponibilidade de contexto” nos fornece não apenas um caminho para explicar as dificuldades em termos de processamento do que estamos chamando neste artigo de problema do *afastamento progressivo*, mas também uma via para lidar com o problema: o material de divulgação deve conter, em quantidade e qualidade, informações capazes de contextualizar o conhecimento científico retratado no material. Como veremos na análise a ser apresentada na terceira seção, esta é uma contextualização especial com características e funcionalidades bem específicas, uma vez que o material deve ser capaz de “desenhar” na mente do intérprete leigo o cenário (em dimensões e escalas reais) no qual ocorre o fenômeno retratado pelo conhecimento científico. O desafio é justamente o fato de que, na maioria das vezes, o intérprete leigo não tem disponível em sua memória o contexto ou cenário adequado para interpretar informações de caráter científico a respeito de fenômenos que ocorrem em escala muito afastada da cena experiencial.

#### 2.4 Problemas de ordem interpretativa e formativa

Antes de fecharmos esta seção, tratemos de nossas escolhas metodológicas. Como foi antecipado no texto introdutório, optamos por terminar este breve artigo de discussão teórica com a apresentação de uma análise semiótica de um caso particular de divulgação científica. É esta análise que nos ajudará a ver quão gerais são os problemas e dificuldades decorrentes do afastamento progressivo da cena experiencial para o processo de divulgação científica. Para objeto de análise, escolhemos uma analogia bem comum geralmente mobilizada em material de divulgação científica para explicar a estrutura do átomo para um público leigo. Como método analítico, escolhemos a semiótica, pois nossa abordagem neste artigo está basicamente voltada para problemas de ordem interpretativa

envolvidos no processo de divulgação científica. Dentre os diversos ramos da semiótica, procuramos mobilizar o aparato teórico-conceitual da semiótica peirceana, uma vez que ela converge com as linhas gerais da abordagem sobre cognição humana apresentados.

Da semiótica peirceana, lançaremos mão do sistema classificatório mais simples desenvolvido por Peirce, a saber, aquele que classifica os signos observando apenas a relação entre signo e objeto, i.e., entre aquilo que representa e o que é representado. Nesta tipologia bem elementar, os signos são divididos em ícone, índice e símbolo. Ícones são aqueles signos que representam seus objetos a partir de uma relação de semelhança. Índices são aqueles signos que representam seus objetos a partir de uma relação de contiguidade ou causalidade. E, por último, símbolos são aqueles signos que representam seus objetos a partir de uma relação estabelecida por intermédio de um hábito interpretativo ou regra interpretativa.

Afirmamos que nossa abordagem neste artigo está quase inteiramente focada em problemas de ordem interpretativa envolvidos no processo de divulgação científica. Entretanto, como procuraremos demonstrar na análise de caso na próxima seção, os problemas de ordem interpretativa têm como pano de fundo um problema mais geral de ordem formativa. Não se pode analisar as dificuldades da divulgação científica apenas observando o momento que o intérprete leigo acessa a informação fornecida por um material de divulgação. Deficiências de base no que podemos chamar de letramento ou alfabetização científica levam o intérprete leigo a ter imensas dificuldades em desenvolver um processo interpretativo (minimamente) bem-sucedido de informações sobre temas científicos. Portanto, o problema não é apenas que o conhecimento produzido pela ciência se afasta progressivamente da cena experiencial, mas é que, por vezes, falta ao próprio intérprete leigo competências e habilidades básicas.

Em relação a estas competências e habilidades básicas, vamos mobilizar, na análise que se segue, à concepção de *alfabetização* ou *letramento científico* conforme apresentado no quadro teórico e metodológico que dá sustentação aos testes aplicados pelo Programa Internacional de Avaliação de Estudantes, PISA (na sigla em inglês, *Programme for International Student Assessment*)<sup>3</sup>. De acordo com definição fornecida no documento oficial que apresenta o programa de avaliação aplicado em 2018, o letramento científico deve ser considerado o desenvolvimento das três seguintes competências: (1) explicar um fenômeno cientificamente; (2) avaliar e

---

3 O PISA é um estudo comparativo internacional realizado a cada três anos pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2019).

projetar uma investigação científica; e (3) interpretar dados e evidências científicas (OCDE, 2019, p. 99).

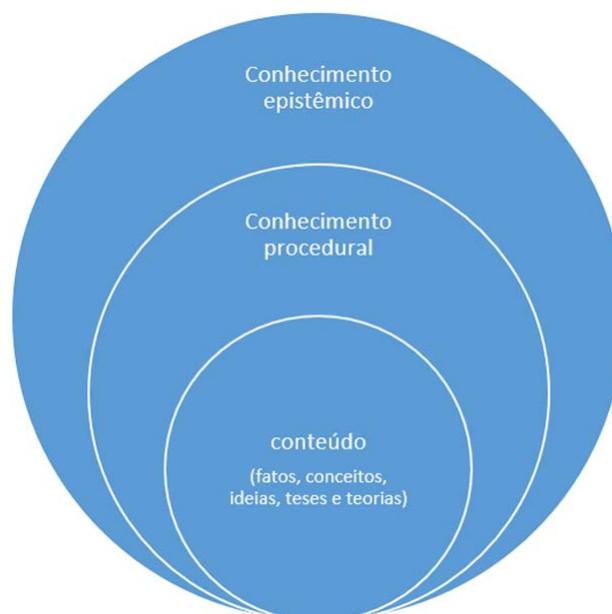
Essas são, de acordo com o programa oficial do PISA 2018, as três competências específicas requeridas para que “um indivíduo possa entender e se engajar em discussões críticas a respeito de questões que envolvam ciência e tecnologia” (OCDE, 2019, p. 98). A primeira se refere à habilidade de “fornecer considerações explanatórias para fenômenos naturais, artefatos técnicos e tecnologia e suas consequências para a sociedade” (ibid.). A segunda é uma competência específica que um indivíduo deve ter para ser capaz de mobilizar seu conhecimento e entendimento a respeito de investigação científica para poder identificar quais questões “podem ser respondidas por uma investigação científica, para propor modos pelos quais tais questões poderiam possivelmente ser encaminhadas; e para identificar se procedimentos apropriados foram utilizados ou não” (ibid.). A terceira e última é a competência de “interpretar e avaliar cientificamente dados e evidências e também avaliar se as conclusões estão justificadas” (ibid.).

Reparemos que, de forma geral, as três competências básicas do letramento científico exigem conhecimentos de distintos tipos. Neste artigo, trataremos cada um desses tipos como se fossem diferentes *dimensões* que compõem o entendimento de informações de caráter científico: o *conhecimento de conteúdo*, o *conhecimento procedural* (ou *conhecimento de procedimento*) e o *conhecimento epistêmico*. Vejamos o caso da primeira competência. Para uma pessoa ser capaz de explicar um fenômeno de uma perspectiva científica é necessário que ela tenha conhecimento de determinados fatos, conceitos, ideias, teses e teorias que pertençam ao campo científico que estuda aquele tipo de fenômeno. Este é o chamado *conhecimento de conteúdo*. É possível que as três competências básicas exijam este tipo de conhecimento. A pessoa só consegue explicar como plantas são capazes de sintetizar moléculas complexas usando luz e dióxido de carbono se tiver conhecimento de determinados fatos, conceitos, ideias, teses e teorias que pertençam ao corpo de conhecimento científico disponível no campo da Biologia (OCDE, 2019, p. 100). Entretanto, pode-se observar que as outras duas competências exigem *conhecimento procedural* e *conhecimento epistêmico* (ou ambos).

O conhecimento procedural é referente aos procedimentos executados por cientistas para se estabelecer o conhecimento científico. Por exemplo, conhecer as práticas e conceitos que constituem a base de uma investigação empírica, como “repetir medições para minimizar o erro e reduzir incerteza, controle de variáveis, e procedimentos padronizados para representar e comunicar dados” (ibid.). Já o conhecimento epistêmi-

co se refere ao entendimento do papel que cumprem (dentro da construção do conhecimento científico) determinadas práticas. O conhecimento epistêmico diz respeito à compreensão da “função que possuem na ciência as questões, observações, teorias, hipóteses, modelos e argumentos” (ibid.). Conhecer qual é a função da revisão por pares dentro do processo de construção do conhecimento científico é um bom exemplo de conhecimento epistêmico.

As três dimensões (de conteúdo, procedural e epistêmica) são componentes indispensáveis do entendimento adequado de informação científica. O mais comum é que o material de divulgação científica se concentre apenas na primeira dessas dimensões (ver na Figura 1 abaixo). Essa concentração no *conteúdo* em detrimento das dimensões *procedurais* e *epistêmicas* talvez seja (como veremos) a principal deficiência, de forma geral, dos materiais de divulgação científica (problema que também parece estar presente já na formação, i.e., na alfabetização científica). Essa deficiência obstaculiza a tradução que deveria ser operada pela divulgação científica.



**Figura 1:** diagrama de relações entre dimensões do entendimento do conhecimento de caráter científico.

Encerrada esta seção de discussão teórica sobre a relação concreto-abstrato e metodológica sobre como abordar os problemas criados pelo que chamamos de afastamento progressivo, passemos para terceira seção deste artigo em que apresentaremos a análise de um caso de processo interpretativo de material de divulgação científica.

### **Seção 3 – Análise de um caso de analogia: a estrutura do átomo e o estádio de futebol**

Nesta seção, vamos nos dedicar à análise de um caso específico, uma analogia que aparece em muitos materiais de divulgação científica para público leigo e também em materiais de ensino. É a analogia entre a estrutura do átomo e um estádio de futebol (cf. MELZER *et al.*, 2009). Este é um recurso geralmente mobilizado para fornecer ao intérprete as dimensões do átomo. Exemplo: “Imagine que o núcleo do átomo seria o centro de um campo de futebol, então, neste caso, o elétron estaria numa órbita que percorreria as arquibancadas do estádio.”

Analogias como estas costumam ser o primeiro passo para se explicar física atômica para o público leigo justamente porque, por intermédio delas, se pretende criar na mente do intérprete a ideia da escala e das dimensões de um átomo e seus componentes básicos. Inicialmente, a analogia estabelece uma imagem geral sobre a escala em que ocorre um fenômeno próximo à experiência direta do intérprete (um evento como uma partida de futebol, por exemplo). A proposta da analogia é traduzir a escala em que ocorre o fenômeno retratado pelo conhecimento científico (a estrutura do átomo) nesta imagem inicial próxima à experiência direta. O problema é que para essa tradução ter o resultado desejado em termos de divulgação científica é preciso que o público seja capaz de, a partir da analogia-base, reaver o fenômeno em sua escala original, i.e., em sua dimensão original. O intérprete leigo precisa ter conhecimento procedural e epistêmico. Aqui começam nossos problemas, momento em que os defeitos das peças de comunicação científica encontram as deficiências de formação (e letramento científico) do público leigo. Na Figura 2, apresentamos o que acreditamos ser o esquema geral do funcionamento de um processo interpretativo que deve ocorrer a partir de um material de divulgação científica.

Embora utilizemos o esquema geral de análise desenvolvido por Lakoff e Johnson (1980) para as metáforas conceituais, não compartilhamos, conforme explicamos na seção 2.3, da tese central da abordagem teórica dos autores segundo a qual conceitos abstratos careceriam (com-

pletamente) de estrutura. Nossos pressupostos teóricos nesta análise são que as dificuldades por parte do público leigo em desenvolver processos interpretativos de conceitos abstratos da ciência estão na escassez de informações no contexto (cf. teoria da disponibilidade de contexto apresentada na seção 2.3) e não na ausência de estrutura deste tipo de conceito.

O processo (conforme procuramos demonstrar na Figura 2) está dividido em três dimensões semióticas: icônica – que diz respeito à imagem geral criada pela analogia incluindo as relações diagramáticas e a metáfora do átomo como estádio; indexical ou indicial – que se refere aos signos para o que vamos chamar de processo de recontextualização; e, por último, simbólica – dimensão na qual ocorre o passo decisivo da mudança na regra interpretativa na mente do intérprete leigo, o que encaminha o processo interpretativo para seu fechamento, a saber, o “retorno” ao conteúdo original. A região icônica do processo.

Na Figura 2, a informação-alvo é o conteúdo a ser traduzido. O domínio-alvo diz respeito, neste exemplo, aos fenômenos da física quântica, à realidade no “nível micro”. Já a informação-fonte é, no exemplo, a representação do estádio de futebol (suas dimensões e estrutura). O domínio-fonte é a realidade no “nível macro”. São objetos vistos a olho nu (como edificações).

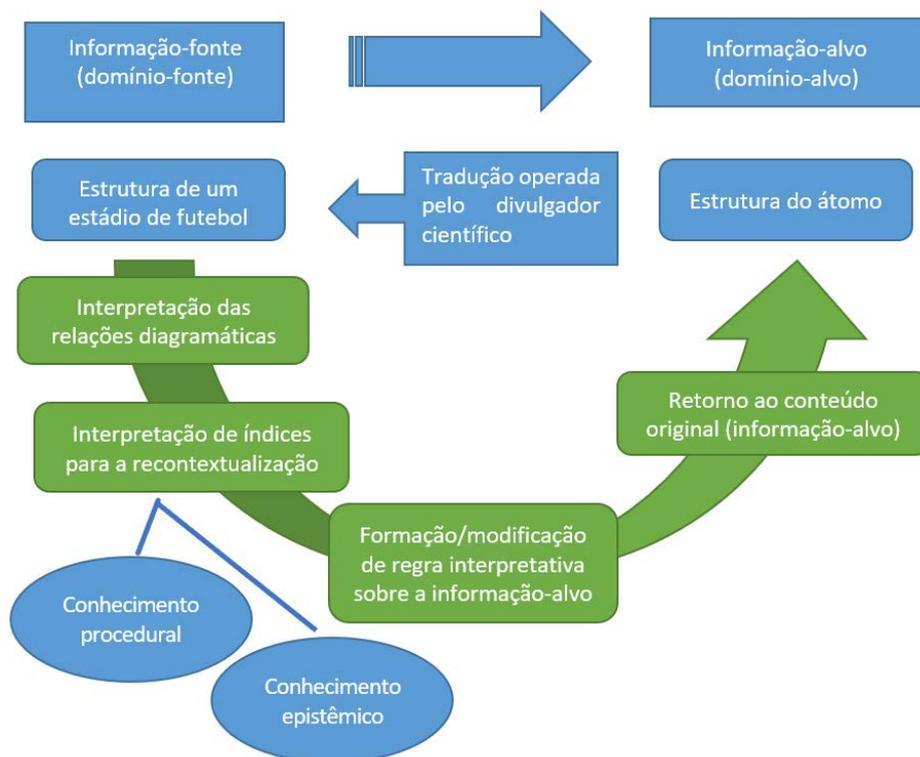


Figura 2: diagrama das dimensões semióticas do processo interpretativo.

Começamos pela primeira dimensão, a icônica. Observemos, de saída, que a eficiência de um material de divulgação que mobiliza este tipo de analogia está assentada na capacidade da imagem geral criada na mente do intérprete sustentar os demais passos do processo interpretativo. A força da analogia está na isomorfia estrutural (pressuposta) entre as relações parte-todo da informação-alvo (estádio de futebol) e as relações parte-todo da informação-fonte (estrutura do átomo). O processo interpretativo do material de divulgação científica começa, neste caso, pela interpretação das relações diagramáticas da analogia. Porém, reparemos que, para reconstruir a informação-alvo (a estrutura do átomo) a partir do material de divulgação, o indivíduo deve mobilizar conhecimento procedural e epistêmico.

A situação interpretativa ideal é aquela em que o indivíduo, graças a uma alfabetização científica satisfatória, já tenha, quando se encontra diante de um determinado material de divulgação, previamente adquirido conhecimento procedural e epistêmico relevante para o tema retratado. Neste caso, o indivíduo é plenamente capaz de sair da informação-fonte utilizada pelo material e chegar sem sobressaltos na informação-alvo (projetada), o que leva ao enriquecimento de *conhecimento de conteúdo* referente ao tema. Geralmente estamos bem longe deste ideal.

Na maioria das vezes, o material de divulgação deve não apenas procurar retratar um fato científico, i.e., transmitir um conteúdo, mas deve procurar fornecer algum tipo de informação relevante no âmbito do conhecimento procedural e epistêmico. Por exemplo, quais foram os procedimentos que os cientistas utilizaram para chegar naquilo que é considerado pela comunidade científica como fato científico. Quais foram os procedimentos para se chegar ao conteúdo que se está tentando transmitir por meio do material de divulgação? Como se chegou à informação específica, no caso de nosso exemplo, sobre a estrutura do átomo. Um bom material de divulgação deve fornecer ao público alguma informação sobre estes procedimentos. Como foram feitos os experimentos? As medições eram realizadas de que forma? É partir de explicações acerca destes procedimentos que o indivíduo vai aos poucos desenhando em sua mente a escala real do fenômeno. A tradução deve funcionar como um processo de decodificação ou descompactação. O ideal é que o material de divulgação não apenas forneça alguma informação procedural relevante para o tema retratado, mas também tenha algum tipo de informação no âmbito epistêmico.

Lembrando que a ideia é que a divulgação científica funcione como uma tradução. A informação-alvo é codificada no formato da informação-

-fonte justamente para fazer sentido para o público leigo e, no momento em que ela é interpretada, o processo interpretativo deve operar uma decodificação capaz de reaver a informação no seu formato original. Recorrendo a uma metáfora emprestada do campo da computação, podemos entender a divulgação científica como se fosse um processo de compactação de um arquivo a ser transferido de uma máquina para outra. Os mesmos procedimentos que foram feitos para compactar o arquivo antes de ele ser enviado devem ser realizados (no sentido inverso) na outra máquina para que possamos reaver o arquivo em seu formato original.

A analogia é só o primeiro passo no caso de nosso exemplo do estádio-átomo. Acompanhemos o processo interpretativo passo a passo. Ainda dentro do âmbito do *domínio-fonte*, a interpretação do indivíduo leigo começa com a imagem geral criada pela analogia. Esta imagem é, como explicamos acima, a plataforma sobre a qual vai se desenrolar o processo interpretativo que dá acesso à informação-alvo. O primeiro passo é justamente a interpretação das relações diagramáticas entre a informação-fonte, a descrição da estrutura do estádio de futebol, e a informação-alvo, a descrição da estrutura do átomo.

O segundo passo consiste na interpretação do que chamamos na Figura 2 de índices para recontextualização. Esses índices são signos introduzidos no material de divulgação (ou de ensino) que servem para apontar para o intérprete que a escala e a configuração geral em que ocorre o fenômeno retratado na analogia são distintas daquelas da experiência direta. Entretanto, não basta apontar a distinção. Esses signos (índices) devem colocar o processo interpretativo na direção da verdadeira escala e configuração. Isto é feito ao se fornecerem informações sobre o modo como os cientistas chegaram a experimentar fenômenos na escala real. Em outras palavras, o material deve tratar dos procedimentos que constituem a experimentação, i.e., dos métodos de observação, mensuração, testagem, experimentação etc. mobilizados pela comunidade científica para adquirir aquele conhecimento. E também deve tratar do modo pelo qual os cientistas visualizaram os resultados dos experimentos. Como foram interpretadas as representações matemáticas capazes de descrever os fenômenos estudados. No caso do exemplo da estrutura atômica, como foram os experimentos que permitiram que os cientistas “enxergassem” a estrutura do átomo e como foram interpretados os cálculos, as representações matemáticas, que descreviam esta estrutura?

Na maioria dos casos, a dificuldade inicial do intérprete leigo em abandonar o domínio-fonte e se encaminhar para o domínio-alvo está

numa incapacidade em se mentalizar a escala, o cenário real no qual um determinado fenômeno ocorre. Esta incapacidade simplesmente pode travar processo interpretativo que efetua a tradução subjacente à divulgação científica. Por exemplo, quando um cientista ou um divulgador de ciência tenta explicar processos evolutivos, não é incomum se ouvir a seguinte indagação: “mas, como eles sabem o que ocorreu no planeta há milhões de anos atrás? Quem estava lá pra ver ou registrar?” O problema neste caso parece estar no desconhecimento em relação aos métodos de registro e especificamente de datação. Para vencer esta dificuldade em se imaginar o modo como ocorrem fenômenos que se distribuem em largos intervalos temporais como as lentas transformações da história evolutiva, o material de divulgação deve explicar (ainda que de modo breve) como funciona a datação. Por exemplo, como, no âmbito da biologia, os cientistas conseguiram construir uma linha do tempo a partir de métodos de datação amparados em conhecimento científico estabelecido por outras áreas (como física e química).

Todo este conhecimento sobre observação, registro, mensuração, datação etc. que afirmamos que deve fazer parte do segundo passo (os índices para recontextualização) do processo interpretativo pode ser classificado como *conhecimento procedural*. Porém, este tipo de conhecimento muitas vezes pode não ser suficiente para colocar a interpretação no rumo da informação-alvo. Às vezes, o intérprete leigo não apenas desconhece os procedimentos para se estabelecer o conhecimento científico acerca de determinado fenômeno, mas também a forma de validá-los. Não basta saber que os cientistas fazem o procedimento X para estabelecer a afirmação Y (dentro do âmbito de uma teoria). Deve-se saber como, de fato, a afirmação Y é considerada válida a partir do procedimento X pela comunidade científica. Um exemplo é saber como o método de datação utilizado por um determinado cientista (no campo da Biologia) é considerado válido e suas medições podem, por exemplo, replicadas, refeitas, testadas por outros membros da comunidade científica.

No caso de nosso exemplo da analogia estádio-átomo, deve-se apresentar alguma informação sobre como as medições e os resultados gerais dos experimentos capazes de descrever a estrutura do átomo foram validados. Deve-se informar, por exemplo, a importância central (para o processo de estabelecimento de um resultado científico) da *reprodução* dos experimentos por diferentes laboratórios e equipes. Este tipo de conhecimento a respeito do modo pelo qual ocorre a validação ou justificativa de afirmações científicas é chamado de conhecimento epistêmico. O ideal é

que o material de divulgação também consiga trazer informações (ainda que básicas) sobre questões epistêmicas.

As informações de caráter procedural e epistêmico sobre o conhecimento científico retratado pela analogia não precisam ser desenvolvidas nos mínimos detalhes. Se o material for destinado à alfabetização científica (no ensino fundamental ou médio), o ideal é que as questões procedurais e epistêmicas sejam detalhadas e, sempre que possível, acompanhadas de atividades práticas (nas quais os princípios ensinados sejam aplicados). Porém, no caso de material de divulgação para público leigo, já é suficiente que as informações indiquem a escala (apontem para configuração ou o cenário) real do fenômeno retratado na analogia.

A recontextualização que constitui este segundo passo do processo interpretativo é indispensável para que o intérprete leigo possa chegar na informação-alvo. Estas informações – que, do ponto de vista semiótico, operam como índices dentro do processo interpretativo como um todo – são responsáveis por descolar a interpretação da plataforma da analogia, i.e., a imagem geral, no caso do exemplo, do estádio (como átomo) criada pelas relações diagramáticas. É isso que permite que o intérprete leigo vá progressivamente apagando o contexto metafórico (e próximo à sua experiência cotidiana) da analogia para substituí-lo pelo contexto real da informação científica.

Sabemos que o processo interpretativo da analogia (de divulgação científica) foi bem-sucedido quando o intérprete chega na informação-alvo, i.e., compreende o fenômeno dentro da escala e configuração originais da representação científica. Este momento fundamental da compreensão é marcado pela aquisição da informação-alvo a respeito do fenômeno retratado pelo conhecimento científico. De um ponto visto semiótico, sabemos que este processo interpretativo em questão foi bem-sucedido quando a informação-alvo adquirida pelo intérprete leigo causa uma modificação no hábito interpretativo ou regra *interpretativa* subjacente à representação que ele detém acerca do fenômeno (retratado pelo conhecimento científico). Em outras palavras, a tradução é bem-sucedida e o intérprete leigo adquire a informação-alvo quando modifica sua representação (mental interna) a respeito do fenômeno retratado de acordo com a informação-alvo. Este é o terceiro e último passo do processo interpretativo.

### 3.1 Afastamento da cena experiencial e a pseudociência

Encaminhando-nos para o fechamento do artigo, notemos que as dificuldades mais elementares geradas pelo que foi definido ainda na primeira seção de problema do *afastamento progressivo* é que o processo de

divulgação deve elaborar uma tradução cada vez mais difícil. O material de divulgação deve operar uma tradução para percorrer uma distância cada vez maior entre a escala da cena experiencial e a escala real (em que ocorre o fenômeno retratado pelo conhecimento científico). É o trabalho de Sísifo em tempos de hiper-precarização. A pedra e o monte ficam cada vez maiores.

O problema básico do afastamento, para a divulgação científica, é que a tradução só pode ser bem-sucedida caso contemple as dimensões procedurais e epistêmicas do conhecimento científico. Isto pode ocorrer por dois caminhos: ou o intérprete leigo já tem conhecimento prévio suficiente das dimensões procedurais e epistêmicas envolvidas no tema científico tratado pelo material de divulgação ou, então, o próprio material de divulgação deve fornecer informações sobre tais dimensões do conhecimento científico. Se levarmos em conta o grau médio de letramento científico do público (que, no Brasil, é baixíssimo de acordo com os últimos resultados do desempenho de nossos alunos no PISA; cf. BRASIL, 2020), saberemos que fica ou, ao menos, deveria ficar a cargo do material científico trazer informações procedurais e epistêmicas. Sem isto, a imagem geral criada na mente do intérprete leigo (no caso do exemplo analisado de analogia, a imagem do estádio) fica solta, e o processo interpretativo não pode atingir a informação-alvo (a descrição da estrutura do átomo).

O *afastamento progressivo* em relação à cena experiencial não cria apenas as dificuldades relatadas no processo de tradução, mas também abre espaço para a pseudociência. Este é exatamente o ponto do qual vamos partir na segunda parte deste estudo.

A pseudociência é um ramo de atividade bastante diversificado. Para conseguir emular a forma externa, a aparência do conhecimento científico (que parece ser seu principal objetivo), a pseudociência desenvolveu uma diversidade de estratégias. Na segunda parte do artigo, pretendemos focalizar numa estratégia específica de um ramo da pseudociência que se especializou em parasitar analogias de divulgação científica e interpretações metafóricas dos fenômenos retratados pelo conhecimento científico. A física quântica é um campo que favorece a mobilização de seus termos técnicos para discursos pseudocientíficos não apenas porque a escala em que ocorrem os fenômenos descritos pela teoria estão muito distantes da cena experiencial, mas também suas representações possuem uma espécie de abertura interpretativa. Trataremos, de forma mais detalhada disso na segunda parte do artigo, mas, por ora, podemos antecipar que, como a realidade retratada pela física quântica é sustentada basicamente por

equações matemáticas, ou seja, quase exclusivamente por intermédio de expedientes de uma ciência formal, a interpretação a respeito do conteúdo das formas desenhadas pelas equações tem um grau relevante de abertura. Esta abertura cria condições para que discursos extracientíficos (geralmente de fundo místico, religioso ou, mais recentemente, de autoajuda) sejam acoplados ao discurso explicativo principal das teorias da física quântica para “pegar carona” em seu prestígio epistêmico.

### Considerações finais da primeira parte

Neste artigo, focalizamos num problema muito geral do processo de divulgação científica. Este problema foi denominado ainda na primeira seção de *afastamento progressivo*. A ideia é que o conhecimento científico tende a elaborar representações da realidade cada vez mais distantes da cena experiencial. O descolamento em relação à cena experiencial exige que o material de divulgação científica seja capaz de cobrir esta distância por meio de um processo de tradução. Na terceira seção, desenvolvemos uma análise do ponto de vista semiótico deste processo de tradução. O principal resultado da discussão teórica e da análise que apresentamos neste artigo está na ênfase do problema formativo. É possível que o mesmo problema que temos em relação ao ensino de ciência no ambiente escolar esteja por trás dos problemas de ordem interpretativa da divulgação científica que focalizamos neste artigo: tanto no caso da escola como no dos materiais de divulgação, temos processos excessivamente voltados para desenvolver o *conhecimento de conteúdo* que acabam por não desenvolver outras dimensões que deveriam compor a alfabetização/divulgação científica como o *conhecimento procedural* e o *conhecimento epistêmico*. Portanto, um dos principais pontos da análise semiótica que apresentamos é justamente a ênfase do problema formativo (especificamente de letramento ou alfabetização científica) que está por trás do problema de ordem interpretativa que focalizamos neste artigo.

Embora nosso foco neste artigo esteja voltado para o campo da Física, acreditamos que esse mesmo vetor de afastamento esteja presente também nas ciências humanas e sociais. Porém, neste campo, o afastamento ocorre não tanto em relação à cena experiencial, mas em relação a perspectivas (a respeito dos fenômenos históricos e sociais) assentadas no senso comum (o que, pode-se argumentar, se desenvolve sempre nas imediações da experiência direta e da cena experiencial). Vejamos o caso dos debates contemporâneos no campo da História a respeito do silencia-

mento de perspectivas históricas subjugadas (apagadas pelas versões oficiais). Estes debates são desenvolvidos a partir de uma visão crítica do que é história, do que deve ser considerado *realidade histórica* (cf. POLLAK, 1989). É uma visão que pressupõe uma reflexão de caráter epistêmico relativamente complexa a respeito de quem é o sujeito ou o agente que escreve a história, com quais intenções ou interesses, pertencente a qual grupo, classe etc. Esses são debates e perspectivas a respeito da história que vão progressivamente se afastando de uma visão ingênua (do senso comum) que entende que “história é aquilo que está escrito nos livros de história ou que foi falado pelo professor de história na ‘época do colégio’”. Neste sentido, também estes novos debates teóricos sobre história se afastam da intuição da maioria das pessoas acerca desses temas. Entram em cena os conhecimentos procedural e epistêmico que tantas vezes vimos fazer a diferença (em termos de divulgação científica) no caso que analisamos na terceira seção.

O problema de que tratamos neste artigo, portanto, parece ser geral e não atinge somente as ciências da natureza. Além disso, esta não é uma questão circunscrita à divulgação científica. Este parece um daqueles problemas que são sintomas de um tempo histórico, é um problema político central de nossos tempos. Levar o conhecimento científico para um público mais amplo, leigo, muitas vezes bastante afastado do mundo acadêmico sempre foi uma tarefa importante. Embora grande parte da comunidade científica tenha se acostumado a pensar que a divulgação científica é um trabalho secundário que deveria ser terceirizado para jornalistas e escritores ou deveria ser realizado por cientistas com vocação e tempo livre, o cenário mudou bastante nos últimos anos. O discurso anticiência e a mentalidade que o acompanha têm ganhado espaços institucionais relevantes em diversas democracias mundo afora. Idealmente, numa democracia, os cidadãos tomam decisões (que interferem no destino comum da sociedade) com base em informações sobre a realidade fornecida por jornalistas e cientistas. Também idealmente, estas informações são verdadeiras, fundamentadas, qualificadas etc. Longe dessas projeções idealizantes, no solo rude e seco de nossa realidade histórica sob essa atmosfera falsamente emancipadora das redes digitais, o que vemos é que a ciência tem perdido espaço. O discurso científico tem perdido força diante da percepção pública justamente quando enfrentamos desafios monumentais que exigem mais e mais conhecimento científico e tecnologia. A pandemia foi (ou está sendo) um exemplo desses desafios monumentais. As mudanças climáticas constituem outro deles.

## Referências

- BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Tradução: Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACON, Francis. *Novum organum*. Tradução: José Aluysio Reis de Andrade. São Paulo: Abril Cultural, 1979.
- BARSALOU, Lawrence W.; WIEMER-HASTINGS, Katja. Situating abstract concepts. In: PECHER, Diane; ZWAAN, Rolf. (eds.). *Grounding cognition: the role of perception and action in memory, language, and thought*. Cambridge: University Press, 2005, p. 129-163.
- BRANSFORD, John D.; JOHNSON, Marcia K. Considerations of some problems of comprehension. In: CHASE, William. G. (ed.). *Visual information processing*. New York, NY: Academic Press, 1973.
- BRANSFORD, John D.; MCCARRELL, Nancy S. A sketch of a cognitive approach to comprehension: some thoughts about understanding what it means to comprehend. In: WEIMER, Walter B.; PALERMO, David S. (eds.). *Cognition and the symbolic processes*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum, p. 377-399, 1974.
- BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Brasil no Pisa 2018*. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, MEC, 2020. Disponível em: [download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/avaliacoes\\_e\\_exames\\_da\\_educacao\\_basica/relatorio\\_brasil\\_no\\_pisa\\_2018.pdf](https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/avaliacoes_e_exames_da_educacao_basica/relatorio_brasil_no_pisa_2018.pdf) Acesso em: 1 abr. 2022
- COMTE, Auguste. *Curso de filosofia positiva: catecismo positivista*. Tradução: José Arthur Giannotti. São Paulo: Abril Cultural, 1983.
- DAVIES, Jim. *Imagination: The science of our mind's greatest power*. New York, NY: Pegasus, 2019.
- GALBRAITH, Richard C.; UNDERWOOD, Benton J. Perceived frequency of concrete and abstract words. *Memory and Cognition*, vol. 1, p. 56-60, 1973.
- GOLDSTEIN, Bruce. *Sensation and perception*. Belmont, CA: Thomson Wadsworth, 2007.
- LAKOFF, George. *Women, fire, and dangerous things*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1987.

LAKOFF, George. The contemporary theory of metaphor. In: ORTONY, Andrew (ed.) *Metaphor and thought*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 202-251, 1993.

LAKOFF, George; JOHNSON, Mark. *Metaphors we live by*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1980.

MELZER, Ehrick E. M. *et al.* Modelos atômicos nos livros didáticos de química: obstáculos à aprendizagem. VII ENPEC – Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Em Ciências. 2009. Disponível em: [fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd /pdfs/399.pdf](http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd /pdfs/399.pdf). Acesso em: 1 abr. 2022.

MURPHY, Gregory L. Reasons to doubt the present evidence for metaphoric representation. *Cognition* vol. 62, p. 99-108, 1997.

MURPHY, Gregory L.; MEDIN, D. L. The role of theories in conceptual coherence. *Psychological Review*, vol. 92, p. 289-316, 1985.

OCDE. *PISA 2018 Assessment and analytical framework*. OECD Publishing: 2019. Disponível em: [doi.org/10.1787/b25efab8-en](https://doi.org/10.1787/b25efab8-en) Acesso em: 1 abr. 2022.

PAIVIO, Allan. Mental imagery in associative learning and memory. *Psychological Review*, vol. 76, p. 241-263, 1969.

PAIVIO, Allan. *Imagery and verbal processes*. New York, NY: Holt Rinehart Winston, 1971.

PAIVIO, Allan. *Mental representations*. New York, NY: Oxford University Press, 1986.

PEIRCE, Charles Sanders. *Semiótica*. São Paulo: Perspectiva, 2003.

POLLAK, Michael. Memória, esquecimento, silêncio. *Estudos Históricos*, Rio de Janeiro, vol. 2, n. 3, 1989.

PRINZ, Jesse. Passionate thoughts: the emotional embodiment of moral concepts. In: PECHER, Diane, ZWAAN, Rolf. (eds.). *Grounding cognition: The role of perception and action in memory, language, and thought*. New York: Cambridge University Press, p. 93-114, 2005.

SANTAELLA, Lucia. *Tèoria geral dos signos: como as linguagens significam as coisas*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2000.

SANTAELLA, Lucia. *O método anticartesiano de C. S. Peirce*. São Paulo: Editora Unesp, 2004.

SCHWANENFLUGEL, Paula J. Why are abstract concepts hard to understand? In: SCHWANENFLUGER, Paula J. (ed.). *The psychology of word meaning*. Mahwah, NJ: Erlbaum, p. 223-250, 1991.

SCHWANENFLUGEL, Paula J.; HAMISHFEGGER, Katherine K.; STOWE, Randall W. Context availability and lexical decisions for abstract and concrete words. *Journal of Memory and Language*, vol. 27, p. 499-520, 1988.

SCHWANENFLUGEL, Paula J.; SHOBEN, Edward J. Differential context effects in the comprehension of abstract and concrete verbal materials. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, vol. 9, p. 82-102, 1982.

SCHWANENFLUGEL, Paula J.; STOWE, Randall W. Context availability and the processing of abstract and concrete words in sentences. *Reading Research Quarterly*, vol. 24, p. 114-126, 1989.

WATTENMAKER, Williamz D.; SHOBEN, Edward J. Context and the recallability of concrete and abstract sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, vol. 13, p. 140-150, 1987.