

OS CONCEITOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

1

Nelio Bizzo

- 1.1** Início de Conversa
 - 1.2** Introdução aos conceitos
 - 1.3** Do Conceito Linguístico para o Conceito Científico
 - 1.4** Conceitos, fatos e observação
 - 1.5** Conceitos, princípios, leis, teorias e modelos
 - 1.5.1** Conceitos formais
 - 1.5.2** Conceitos categoriais
 - 1.5.3** Conceitos operacionais
 - 1.6** Aprendizagem de Conceitos Científicos
 - 1.7** Aprendizagem por Investigação
 - 1.8** Recapitulando
- Referências

O material desta disciplina foi produzido pelo Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada (CEPA) do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP) para o projeto Licenciatura em Ciências (USP/Univesp).

Coordenação de Produção: Beatriz Borges Casaro.

Revisão de Texto: Marina Keiko Tokumaru.

Design Instrucional: Juliana Moraes Marques Giordano, Melissa Gabarrone, Michelle Carvalho e Vani Kenski.

Projeto Gráfico: Daniella de Romero Pecora, Leandro de Oliveira, Priscila Pesce Lopes de Oliveira e Rafael de Queiroz Oliveira.

Diagramação: Daniella de Romero Pecora, Leandro de Oliveira e Priscila Pesce Lopes de Oliveira.

Ilustração: Alexandre Rocha, Aline Antunes, Camila Torrano, Celso Roberto Lourenço, João Costa, Mauricio Rheinlander Klein e Thiago A. M. S.



1.1 Início de Conversa

No ensino de ciências é comum o recurso ao termo “conceito”. Geralmente, esse termo designa algo mais complexo do que uma informação baseada em um fato. Do ponto de vista filosófico, um conceito designa uma ideia geral resultante de uma elaboração intelectual, mas, a rigor, essa é uma definição demasiadamente genérica para certas comunidades. Sem a definição de conceito, a referência a erro conceitual carece de sentido. Esta aula explora as possibilidades de definição do que seja um conceito nos domínios científico e educacional, discutindo limites, possibilidades e exemplos.

1.2 Introdução aos conceitos

Quando mostro um lápis e digo “isto é um lápis”, estou realizando uma conceituação. Na verdade, tenho algo como celulose, lignina e grafite apenas ou, mais rigorosamente ainda, quase que apenas átomos de carbono em certos arranjos particulares. No entanto, a partir de certas práticas sociais, é possível reconhecer nele um objeto que tem certa utilidade e semelhança com outros objetos, como lapiseiras e canetas esferográficas, que permite rotulá-lo por um nome genérico (que os linguistas chamam de **hiperônimo**), como “artigo de papelaria” em português brasileiro, *stationery* em inglês, *papelaría* em espanhol, *cancelleria* em italiano, *schreibwaren* em alemão etc. No caso da nossa língua, referimo-nos a esses objetos pelo lugar onde podem ser comprados, embora hoje em dia eles sejam vendidos também em outros estabelecimentos como, por exemplo, supermercados. É possível que as estações de trem da Inglaterra tivessem se especializado em vender esses artigos, derivando daí o nome genérico. O vocábulo alemão é o mais preciso e menos arbitrário, pois é formado a partir da junção da palavra que designa utensílios (“*waren*”) e escrita (“*Schreib*”).

Assim, pode-se perceber que, do ponto de vista linguístico, um conceito é referido a uma palavra (ou conjunto de palavras), que designa algo de maneira objetiva, assim reconhecido por uma coletividade e, adicionalmente, possui certos atributos, sem constituir algo demasiadamente particular, que permita relacionar essa designação e seus atributos a outros objetos conhecidos por outras palavras, mas com atributos similares. Lápis, lapiseiras, canetas e também borrachas são inequivocamente artigos de papelaria. Os linguistas referem a conceitos utilizando essas três dimensões.



A palavra (ou conjunto de palavras) que designa um pensamento abstrato é o **significante**. Já o conjunto de atributos constitui o **significado**, e o grupo que compartilha similaridades é denominado **referente**.

Dessa maneira, seria possível referir-se a um conceito de três maneiras:

- Inicialmente, pela sua **denominação**, pela palavra (ou conjunto de palavras) que constitui o significante. É muito comum ouvir uma resposta a uma questão dessa forma, recorrendo a uma denominação. Quando o aluno responde “célula” a uma pergunta complexa de seu professor, ele está justamente fazendo referência a um conceito, que possui essas três dimensões de que falamos há pouco.
- É também possível referir-se ao conceito em função de **similaridades** como, por exemplo, quando um aluno responde “espermatozoide” a uma determinada questão.
- Finalmente, é possível referir-se a um conceito a partir de alguns de seus **atributos comuns**; para aproveitar o exemplo, o aluno poderia responder simplesmente dizendo “meiose”. O professor não deveria interpretar essas respostas de palavra única como uma disfunção de linguagem, mas apenas como recurso econômico para identificar um certo conceito complexo. No caso, é possível que o professor tenha perguntado algo sobre a maneira pela qual a variabilidade genética pode ser assegurada no transcorrer das gerações, por exemplo. As respostas podem ter buscado apontar para conceitos complexos envolvidos na reprodução celular da qual resultam os gametas.

1.3 Do Conceito Linguístico para o Conceito Científico

Embora essa perspectiva filosófica nos ajude a entender a essência dos conceitos, é preciso reconhecer que ela é insuficiente para entender a extensão das redes conceituais das quais se valem as ciências. Os conceitos, para a ciência, são algo como um dos tijolos básicos para suas edificações. Olhando para um prédio de trinta andares, é impossível conceber sua altura apenas como resultado do empilhamento de tijolos, por mais necessários que eles tenham sido em sua construção.



Os conceitos científicos são, a exemplo de seus parentes da linguística, construtos, ou seja, são elaborações intelectuais. No entanto, diferentemente daqueles que se valem de **constatações** intersubjetivas, essas elaborações têm propriedades adicionais, que as transformam em ferramentas que permitem construir mais conhecimento, na forma de **previsões** sobre o mundo. Essa nova construção possibilita estabelecer relações gerais e invariantes entre fenômenos, e são elas que avalizam as previsões que a ciência permite realizar com relativa segurança.

A história da ciência é rica em exemplos que nos mostram profunda descontinuidade no ritmo dessas construções. A trajetória comum apresenta interrupções, que constituem verdadeiras rupturas, nas quais teias conceituais vastas são por vezes abandonadas inteiramente, em favor de edificações que seguem arquiteturas inteiramente diferentes. Mais adiante teremos oportunidade de retomar com alguma profundidade exemplos históricos do desenvolvimento da ciência, nos quais até mesmo o próprio cientista percebe que pode estabelecer relações inteiramente novas e realizar previsões que ele não tinha sido sequer capaz de imaginar na rede conceitual anterior.

O que nos importa aqui no momento é estabelecer uma referência sólida para aquilo que talvez pudesse ser chamado de **unidade funcional do conhecimento científico: o conceito científico**. Assim como células formam tecidos, os conceitos científicos formam teorias, outro constituinte essencial do conhecimento científico. No entanto, este não é um curso para formar cientistas; o que nos importa verdadeiramente é identificar, nos conceitos científicos, sua possibilidade de apreensão nas atividades próprias da escola. Na aprendizagem escolar, o conceito é frequentemente formalizado a partir de procedimentos experimentais envolvidos na resolução de um problema. Isso não implica necessariamente o uso de tubos de ensaio e aventais brancos, mas sim ações escolares que a literatura mais recente tem chamado de *inquiry-based*, as quais serão referidas adiante no curso **aprendizagem por investigação**.



No passado, a aprendizagem por investigação era tida como um conjunto invariável de etapas a serem seguidas, tendo sido estabelecidas siglas em diferentes línguas. Uma delas teria sido inspirada no trabalho experimental do famoso cientista Claude Bernard (1813-1878), conhecido como um dos fundadores da medicina experimental, baseada em evidências. A sigla passou a ser conhecida como OHERIC, no caso do francês e aplicável ao português, embora no Brasil e em Portugal a sigla não se tenha tornado tão popular quanto na França. Isso significava que a Observação (Oheric) precedia inexoravelmente o empreendimento científico, e assim deveria ser repetida nas atividades escolares relacionadas ao seu ensino. O passo seguinte seria a formulação de uma Hipótese (oHeric), seguida da fase de Experimentação (ohEric), à qual se seguiria a fase de coleta de Resultados (oheRic), passíveis de Interpretação (oherIc). Apenas assim seria possível chegar a uma Conclusão (oheriC).

A investigação histórica demonstrou que as fases de trabalho dos cientistas, e particularmente de Claude Bernard, não seguiam as fases prescritas para os educadores. O trabalho de um importante historiador da medicina (o croata-francês Mirko Grmek, 1924-2000), que realizou um paciente trabalho com as notas originais do trabalho de Claude Bernard, levou a questionar essa sucessão de etapas. A publicação de seu trabalho causou certa comoção na comunidade de educadores franceses, que se viram obrigados a reconhecer que a proposta estava baseada em fontes históricas pobres.

Embora se admita a dificuldade de definir um conceito científico, alguns enunciados conseguem reunir certo consenso em torno de si, e podem mesmo ser considerados complementares. Um desses enunciados diz que os conceitos comportam definições e podem receber títulos, ou seja, receber uma denominação, um nome intrinsecamente ligado a sentidos razoavelmente inequívocos, ao contrário dos conceitos linguísticos, usualmente ligados a muitos sentidos e altamente dependentes de contexto.

Outra definição diz que o conceito científico desempenha função operatória, útil como instrumento de interpretação de fenômenos, sem ser meramente explanatório, pois pode ir além da simples descrição do fenômeno, ligando-o a outras observações congêneres, lastreado em uma determinada base teórica. Embora o conceito possa ter enunciados declarativos, no sentido de afirmar características de fenômenos além das aparências, o que é muito importante, ele pode ir além e possuir enunciados operatórios. Isso determina que o conceito científico tenha extensão limitada, ou seja, sua validade seja restrita a um determinado domínio.

No entanto, mesmo reconhecendo essa limitação, ela é compensada, de alguma forma, por outra característica dos conceitos científicos, que é a sua tendência de interconexão, isto é, de formar tramas conceituais, redes organizadas e coerentes de relações lógicas. Isso potencializa o poder dos conceitos científicos, mas, por outro lado, expõe sua fragilidade em momentos de crise, uma vez que o questionamento de um conceito leva inevitavelmente a questionar outros.

1.4 Conceitos, fatos e observação

O desenvolvimento de conceitos científicos tem por base aquilo que chamamos de fatos, descrições de porções circunscritas da realidade, compartilhadas por um conjunto de pessoas. Um fato é algo menos evidente do que se pensa, ainda que nossos sentidos sejam frequentemente tidos como sensores objetivos do mundo à nossa volta. Mas isso nem sempre é assim. Bastaria lembrar a trajetória do Sol durante o dia, pois ela forneceu fatos óbvios durante milênios até que eles fossem reinterpretados à luz de uma nova teoria sobre o universo. De certa forma, a veracidade dos fatos sobre a trajetória do Sol em nosso céu permaneceu a mesma, antes e depois da proposição do heliocentrismo. O que se modificou foi a trama conceitual na qual essa coleção de fatos ganhava sentido.

A trama conceitual relacionada com o geocentrismo foi aperfeiçoada durante séculos, até que ela rapidamente perdeu a sustentação, em decorrência de novos fatos e de uma nova trama conceitual que se estabeleceu com eles.

Esse exemplo evidencia que não existe observação totalmente neutra em relação a tramas conceituais que constituem teorias. Outro exemplo pode ser facilmente lembrado, relacionado a uma das primeiras observações realizadas com o microscópio. O holandês Nicolaas Hartsoecker (1654–1725) fez uma ilustração a partir de uma observação em um dos primeiros microscópios ópticos, que se tornou emblemática, mais do que de uma observação, de uma teoria (**Figura 1.1**).

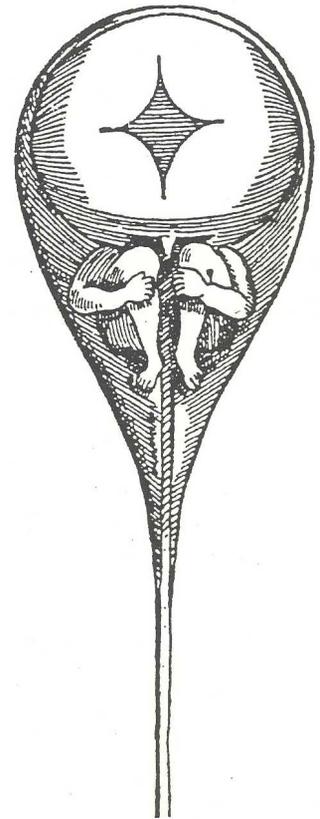


Figura 1.1: Ilustração de espermatozoide humano por Nicolaas Hartsoecker em 1695. / Fonte: Wikipedia.

O observador estava tão convencido de que os espermatozoides carregavam um pequeno embrião que se desenvolvia no ventre materno, que seus olhos não puderam deixar de se influenciar por suas ideias. Esse era indiscutivelmente um fato, ainda mais se levar em consideração que a imagem fora obtida com um dos instrumentos tecnológicos mais sofisticados do século XVII. Naquela época havia uma discussão sobre a formação dos seres vivos, e os cientistas se dividiam entre as teorias de epigênese e da pré-formação. Em síntese, os adeptos da epigênese diziam que o novo ser se formava a partir de elementos de ambos os genitores, enquanto os partidários da teoria da pré-formação diziam que as diversas gerações já estariam formadas nos órgãos sexuais. Entre estes últimos, havia os que defendiam ser o gameta feminino o depositário dessas gerações pré-formadas (os ovistas), enquanto outros defendiam a ideia de que seria o gameta masculino (os animalculistas). Havia grandes cientistas defendendo diferentes posições, e fica claro que Hartsoeker não era adepto nem da epigênese, tampouco poderia ser chamado de ovista. As teorias que iluminavam suas observações não deixaram de influenciar seu aparato perceptivo, produzindo algo que aparentemente nada devia a suas convicções.

Esse exemplo nos remete àquilo que alguns filósofos, como Thomas Kuhn (1922-1996), dizem quando afirmam que os “dados” ou “fatos” não são independentes da trama conceitual a que estão ligados. Isso nos permite compreender como parte dos fatos que reconhecemos como indiscutíveis hoje em dia poderá eventualmente deixar de sê-lo em um futuro próximo. Assim, mesmo que a observação fosse uma etapa inicial de qualquer elaboração científica, disso não decorreria que as conclusões seriam absolutamente verdadeiras e jamais se modificariam. Ao contrário, ao admitir que os conceitos dependem de fatos e que estes não são descrições absolutamente objetivas da realidade, logo percebemos que as conclusões a que podemos chegar com as ferramentas da ciência estão em permanente modificação.

1.5 Conceitos, princípios, leis, teorias e modelos

Os fatos são frequentemente visíveis, observáveis, mesmo que, dado o exemplo que acaba de ser oferecido, eles possam não ser confirmados diante de alguma mudança, seja da trama conceitual a que estão ligados, seja dos meios tecnológicos utilizados. De certa forma, podemos então estabelecer que os fatos são **concretos** no sentido de tangíveis. Os conceitos neles baseados, por

outro lado, poderiam ser classificados como **abstratos**, não porque sejam intangíveis, mas por serem elaborações mentais, as quais podem ganhar um nome, mas isso não significa que deixem de ser puramente imaginárias. Elemento químico, por exemplo, é um conceito, não pode ser confundido com a substância, mesmo pura, composta por esse elemento. É comum recorrer a exemplos materiais para se referir ao conceito como, por exemplo, ao falar do elemento químico ouro apontar para uma aliança feita desse metal. Uma alternativa é apresentar o átomo do elemento químico, e argumentar em relação a seus orbitais eletrônicos. Mesmo que se possa utilizar uma referência concreta, disso não decorre que todos os conceitos possam ser reduzidos a objetos, embora isso possa ser possível.

1.5.1 Conceitos formais

Quando nos referimos a conceitos que não podem ser reduzidos a objetos, como no exemplo acima e em tantos outros, como a maior parte dos conceitos físicos, como espaço, tempo, massa, força etc., fala-se em **conceitos formais**. Trata-se de abstrações que tratam de articular propriedades incomuns como, por exemplo, produzir trabalho, mas que podem nem mesmo admitir uma definição puramente teórica. Tome o exemplo de energia: podemos descrever seus efeitos, mas rigorosamente não é possível oferecer uma definição formal para ela.

1.5.2 Conceitos categoriais

Quando nos referimos a conceitos que podem ser reduzidos a objetos, como no exemplo “mamífero”, estamos diante desse subconjunto de conceitos. Observe certos animais que têm pelos e mamas, e logo será possível encontrar propriedades comuns e exclusivas, as quais poderão definir de maneira bastante objetiva uma categoria de objetos, configurando um conceito categorial.

1.5.3 Conceitos operacionais

Embora os filósofos reconheçam apenas conceitos categoriais e formais, é habitual apresentar conceitos formais da maneira como fizemos há pouco, ao simplificar seu enunciado, reduzindo-o a exemplos de objetos ou efeitos perceptíveis. Quando digo que é preciso energia elétrica para fazer uma lâmpada se acender, estou reduzindo o conceito a uma dimensão que é

facilmente percebida por outra pessoa. Mas, com isso, não estou oferecendo nenhuma definição de energia, que possa ser utilizada para saber quanto de combustível é necessário para um automóvel me levar para casa, por exemplo.

Os conceitos operacionais pertencem ao domínio da iniciação dos aprendizes ao trabalho científico, e frequentemente são utilizados em atividades e sequências didáticas. Mas eles são muito restritos e não apresentam aspectos fundamentais dos conceitos científicos como, por exemplo, sua aderência a tramas conceituais extensas, que permitem aplicações em diversas esferas da atuação humana, e que constituem elaborações complexas, frequentemente referidas como “princípios” ou “leis”. Mesmo assim, têm a sua importância, dado que a formação de novas gerações deve sempre contar com etapas iniciais nas quais certas simplificações são admitidas, quando não absolutamente necessárias.

1.6 Aprendizagem de Conceitos Científicos

Conceitos científicos são unidades básicas não apenas no cotidiano dos laboratórios de pesquisa, mas também nas salas de aula onde se aprende ciência. Trata-se de dois domínios distintos, nos quais se reconhece amplamente que os conceitos científicos não possam transitar livremente de um ao outro sem a necessidade de ajustes e modificações importantes, por duas ordens de razões. A primeira delas é a razão didática, ou seja, um enunciado científico deve necessariamente ser preciso quando usado em um laboratório ou em uma sala de cirurgia. No entanto, esse mesmo enunciado pode não ser útil em uma sala de aula, quando se procura compartilhá-lo com determinada comunidade. Nesse momento, há que se pensar em torná-lo mais próximo do universo cultural da comunidade a que pertence aquele grupo de pessoas.

Existe ainda uma outra ordem de razões, pois é necessário tornar o enunciado não apenas didático, no sentido de apto a ser utilizado em atividades de ensino-aprendizagem, mas também pedagógico, no sentido de ser adequado à faixa etária para a qual será dirigido. Um curso para crianças ou para adolescentes tem, obrigatoriamente, dois vetores de ajuste nos enunciados dos conceitos científicos. Um deles se relaciona com o universo cultural dos aprendizes; o outro, com a maturidade intelectual própria da faixa etária considerada. Esse processo de ajuste, conhecido como transposição didática, produz novos conhecimentos com feição escolar, que são diferentes,

embora intimamente relacionados, em relação a seus referentes literais, os conceitos científicos utilizados no cotidiano dos cientistas.

A aprendizagem de conceitos científicos nos remete a dois níveis de aprendizagem, um deles focalizado nos aspectos explícitos dos conceitos científicos e outro, a seus aspectos implícitos. É possível trabalhar com os alunos conceitos referentes a fatos ou informações, ou mesmo a técnicas, regras, hipóteses, teorias ou leis. Por exemplo, pode-se trabalhar a informação sobre a extensão do DNA humano necessário para codificar certa proteína, como a insulina. Pode-se também trabalhar com os alunos aspectos práticos relacionados à obtenção dessas informações. No entanto, pode-se trabalhar em outro nível, buscando, nos exemplos considerados, chegar a uma nova forma de levantar questões sobre as coisas do mundo. Por exemplo, é possível discutir uma definição do que seria um gene, o que nos levaria a outras questões, possivelmente identificando outras formas de obter informação sobre trechos de DNA relacionados com as sínteses de proteínas. Embora nem sempre explícita no domínio científico, esse nível de aprendizagem frequentemente exige do professor qualidades que nem sempre estão presentes no próprio cientista. É importante perceber como a aprendizagem de conceitos científicos não pode ser organizada da mesma maneira como se fosse literatura ou poesia, não se pretendendo, aqui, depreciar essas importantes áreas do conhecimento humano.

A distinção básica a estabelecer leva-nos a admitir que uma pessoa pode ter uma grande memória e saber recitar poesias, emocionando sua audiência, mas uma pessoa que saiba enunciar conceitos científicos talvez não possa contribuir com ninguém, nem mesmo, provavelmente, consigo mesma, diante de um problema concreto. Dito de outra forma, trabalhar conceitos científicos sem a especificidade educacional que eles requerem, ainda que por meios bem-sucedidos em outras áreas, pode conduzir a um grande fracasso. Isso pode ser explicado por diversas razões.



Os conceitos científicos não podem ser transmitidos nem mesmo estocados na mente do aprendiz. Uma analogia nos ajuda a entender a aparente possibilidade de transferência de conceitos científicos, frequentemente associada a expressões ligadas à ideia da transmissão cultural. Embora possamos transmitir uma série de comportamentos e valores morais, o conhecimento científico não se presta, na mesma medida, a tal tipo de transmissão.

Tome o exemplo de uma proteína do nosso sangue – a albumina. Ela está presente no plasma e é um de seus constituintes essenciais, sem o qual o plasma deixa de cumprir funções vitais ao organismo. A albumina está presente em diversos alimentos da nossa dieta tradicional, como a clara de ovo e mesmo o leite. Isso significa que a albumina seja **transferida** dos alimentos para o sangue? Ora, se isso de fato ocorresse, a albumina humana seria idêntica à albumina aviária ou à bovina, diferentes entre si. Ora, até mesmo hormônios proteicos, mesmo os de cadeia bastante curta, como a insulina, não são idênticos em diferentes organismos. A semelhança das proteínas é enganosa, bastando dizer que muitas pessoas desenvolvem alergia à albumina de outros animais na alimentação, mesmo tendo contato apenas por via oral.

A grande semelhança entre os diversos tipos de proteína pode levar-nos a pensar que elas sejam originadas apenas a partir de mudanças menores, sendo difícil imaginar que a digestão desmonte totalmente a estrutura da proteína, a ponto de reduzi-la inteiramente apenas a seus constituintes elementares, os aminoácidos. Dentro das células do nosso organismo, esses aminoácidos serão reunidos novamente e formarão uma sequência muito parecida – mas não idêntica – àquela que formavam originalmente quando fizeram parte da nossa dieta.

De maneira semelhante, os conceitos científicos que os alunos apreendem verdadeiramente têm uma grande semelhança com os enunciados que eles ouviram de seus professores. No entanto, disso não decorre imediatamente que eles tenham sido “transmitidos”, como que “injetados” no aparato cognitivo dos aprendizes. De certa forma, eles foram “desmontados” em seus constituintes e “remontados” a fim de ganhar sentido para o próprio aprendiz, tornando-se não “coisas” em seu aparato cognitivo, mas utensílios intelectuais, que podem ser eventualmente mobilizados para enfrentar uma série de problemas.

Por vezes, os professores de ciências estão tão preocupados com a definição formal do conceito que esquecem que ela deve ser o ápice da sequência didática referida a ele, e não o seu ponto de partida. A aplicação do conceito, em suas diversas possibilidades, deve preceder sua formalização escrita. Tais aplicações não podem depender de situações imaginárias fora do alcance dos alunos, por vezes fruto de simplificações distorcidas e irreais. Elas devem envolver **situações-problema**, que possam ser reconhecidas como algo relevante para os alunos, ainda que, por vezes, sua curiosidade possa ser tão grande que problemas pouco sofisticados possam ser muito úteis.

1.7 Aprendizagem por Investigação

Imagine uma situação em que um professor tem de trabalhar o conceito de metais com seus alunos de 10-11 anos de idade. Ele prepara um lote de pequenos objetos, como algumas moedas e chaves metálicas, de ligas ferrosas, junto com outros objetos constituídos de substâncias moleculares, como borracha, lápis, pedaços de madeira, plástico etc. Propõe a um grupo de alunos que separe os objetos em dois grupos a partir da sensação tátil que possam ter. É comum que os alunos se interessem pelo desafio, ainda mais se ele for acompanhado de algum tipo de teste de condução de eletricidade ou de interação com uma bússola, por exemplo. Ao perceberem certas similaridades e correlações, os alunos ficarão intrigados e se perguntarão qual a razão de propriedades de condutividade térmica estarem associadas à condutividade elétrica e a propriedades ferromagnéticas. O professor poderá, então, planejar um passo além e proporcionar formas de colocar o conceito de metal à prova, incluindo objetos metálicos de alumínio, prata e ouro, como uma aliança, a fim de que os estudantes testem as hipóteses que estão estabelecendo.

Uma das possibilidades seria a de iniciar a atividade oferecendo uma explicação do que seja um metal e uma substância molecular, talvez até utilizando a tabela periódica. Mas isso quase dispensaria totalmente a atividade prática e até mesmo desmotivaria os estudantes a realizá-la. No entanto, se, ao seu final, fosse realizada uma sistematização dos resultados, dando aos alunos a oportunidade de relatar o que observaram e o que estavam pensando, isso provavelmente tornaria a atividade muito mais estimulante do ponto de vista intelectual.

Nesse exemplo pode-se perceber os estudantes preenchendo um certo “vazio” intelectual; eles, certamente, tinham percebido que havia alguma similaridade entre uma aliança de ouro, um talher de prata e outro de aço. Conheciam chaves e latas de refrigerante e sabiam que eram metálicas. Poderiam saber que esses objetos têm certo brilho, mas talvez não conhecessem as propriedades de condutividade elétrica desses materiais. Assim, a atividade não pretendia **criar** uma referência de metal no universo cultural do estudante, mas sim **modificar** as representações de metais já existentes, introduzindo elementos conceituais, que passassem a estabelecer relações e conexões entre si. Percebe-se assim que, ao estudar propriedades de diferentes objetos, é possível levar os estudantes a conhecer propriedades comuns a eles (por exemplo, a condutividade elétrica dos metais) e outras restritas (por exemplo, as propriedades ferromagnéticas), desenvolvendo a compreensão conceitual dos estudantes por meio dessa abordagem por investigação, que, na

literatura de língua inglesa, é conhecida pela sigla IBSE (*Inquiry Based Science Education*). Ela se diferencia de práticas antigas, muito populares nos anos 1950 e 1960, conhecidas como “aprendizagem por experimentação”, mas que se mostraram pouco práticas e eficazes, no Brasil inclusive. A aprendizagem por investigação (IBSE) é considerada a abordagem mais moderna desenvolvida nos últimos vinte anos e hoje adotada como referência na maioria dos países europeus, nos Estados Unidos, Canadá e Austrália.

1.8 Recapitulando

- ✓ O ensino de ciências está fortemente baseado em conceitos científicos, mesmo que não se adote a referência de transmissão cultural de conteúdos;
- ✓ Os filósofos reconhecem dois tipos de conceitos: formais e categoriais;
- ✓ Os conceitos formais são formulações abstratas que articulam propriedades incomuns e que não podem ser reduzidas a um objeto como, por exemplo, o conceito de energia.
- ✓ Os conceitos categoriais são formulações abstratas que podem ser exemplificadas por objetos como, por exemplo, o conceito de mamífero;
- ✓ Os educadores frequentemente se valem de conceitos operacionais, que simplificam a exposição conceitual, sendo comum descrever efeitos e oferecer exemplos concretos;
- ✓ A aprendizagem de conceitos científicos esteve, durante muito tempo, ligada à ideia de transmissão cultural, isto é, na crença de que é possível levar os estudantes a replicar o conhecimento presente nos livros e professores.
- ✓ Ao levar os estudantes a conhecer propriedades dos materiais e objetos, esses estudantes podem desenvolver sua compreensão conceitual.

Referências

- ASTOLFI, J.P.; DEVELAY, M. **A didática das ciências**. 6. ed. Campinas: Papyrus, 2001.
- CARVALHO, P.S. et al. **Ensino experimental das ciências: um guia para professores do ensino secundário (Física e Química)**. 2. ed. Porto: U. Porto Editorial, 2013.

- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 3, p. 299–331, 1994.
- PORLÁN, R.A. Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 1, p. 175–185, 1998.
- WIKIPEDIA. Nicolaas Hartsoeker. Ilustração de espermatozoide humano, 1695. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Preformation.GIF>>. Acesso em: 03 de jan. 2014.