

ANÁLISE DE UMA ATIVIDADE DIDÁTICA DE CIÊNCIAS MEDIADA POR UMA ANALOGIA ENTRE UMA CÉLULA EUCARIONTE E O FUNCIONAMENTO DE UM LABORATÓRIO DE QUÍMICA

Analysis of a science teaching activity mediated by an analogy between an eukaryotic cell and the functioning of a chemical laboratory

Fátima de Cássia Oliveira Gomes [fatimaog@dppg.cefetmg.br]

Anderson Arthur Rabello [arthur@des.cefetmg.br]

Mariana de Lourdes Almeida Vieira [mariana@deii.cefetmg.br]

Alexandre da Silva Ferry [asferry@deii.cefetmg.br]

Ronaldo Luiz Nagem [ronaldonagem@gmail.com]

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG)

Av. Amazonas 5253 - Nova Suíça - Belo Horizonte - MG – Brasil, CEP 30.421-169

Resumo

Este trabalho tem o objetivo de analisar as implicações de uma atividade didática com caráter diagnóstico, baseada em uma analogia estabelecida entre uma célula animal e o funcionamento de um laboratório de Química. Essa análise foi conduzida com base na Teoria do Mapeamento Estrutural de Dedre Gentner. A atividade tinha como propósito diagnosticar o conhecimento de estudantes a respeito da morfologia e funcionamento de células eucariontes. Para isso, a atividade foi estruturada a partir de uma comparação entre aspectos conceituais das células e questões ligadas ao funcionamento de laboratórios. Os resultados mostraram que os estudantes conhecem bem os domínios alvo e base e perceberam similaridades entre o funcionamento de um laboratório e uma célula. Eles estabeleceram correspondências entre relações existentes em cada domínio, além de correspondências entre atributos. Contudo, a análise das respostas evidenciou que as correspondências foram estabelecidas, predominantemente, entre atributos e relações de primeira ordem. Além disso, os estudantes afirmaram que a comparação proposta auxiliou no entendimento dos conceitos do domínio alvo. A teoria utilizada nos permitiu perceber o nível de enriquecimento que pode ser explorado nessa analogia por um professor, tendo em vista o grau de sofisticação da comparação que estruturou a atividade.

Palavras-chave: analogias; teoria do mapeamento estrutural; ensino de Ciências

Abstract

This study aims to analyze the implications of a didactic activity with diagnostic character, based on an analogy between an animal cell and the functioning of a chemical laboratory. This analysis was conducted according to the structural mapping theory proposed by Dedre Gentner. This activity intended to diagnose the knowledge of students about morphology and function of eukaryotic cells. It was structured based on a comparison between these conceptual aspects of cells and issues about the structure and management of a laboratory. The results showed that students knew about the target and base domains and were able to recognize similarities between the operation of a laboratory and a cell. They established correspondences in each domain and realized correspondences between attributes. However, analysis of the answers showed that correspondences were made predominantly between attributes and first order relations. In addition, the students said that the proposed comparison improved the understanding of the target domain concepts. The employed theory allowed us to realize the level of enrichment that can be achieved with the use of this analogy by a teacher, considering the sophistication of the comparisons that structured this activity.

Keywords: analogies; structural mapping theory; science teaching

Introdução

Na segunda série de um Curso Técnico Integrado em Química de nível médio, de uma escola de Educação Profissional e Tecnológica de Belo Horizonte, Minas Gerais, os estudantes aplicam o conceito de célula e de suas partes, ou organelas, na disciplina de Microbiologia. A célula se constitui como um conceito fundamental para a ciência dos organismos vivos, e entender o seu funcionamento e de suas organelas é de extrema importância para o estudo da biologia. A célula é a menor parte dos seres vivos com forma e função definidas e que contém todo o material necessário para realizar as funções de um ser vivo como nutrição, produção de energia e reprodução (Tortora, Funke & Case, 2010).

O objetivo deste trabalho consistiu em analisar as implicações, em termos de possibilidades e limitações, de uma atividade didática que foi elaborada com a finalidade de diagnosticar o conhecimento que os estudantes da 1ª série desse curso técnico possuíam a respeito de uma célula eucarionte animal e sua constituição, em termos das funções de cada uma de suas organelas. Essa atividade foi elaborada com base em uma comparação potencialmente analógica: o funcionamento da célula foi comparado ao funcionamento de um laboratório de Química – tema que já foi introduzido e explorado na primeira disciplina técnica desses estudantes, chamada de Introdução à Química Experimental (IQE). Partimos do pressuposto de que os estudantes compreendem bem um laboratório de Química em termos de seu funcionamento e dos papéis assumidos pelas pessoas envolvidas.

A atividade diagnóstica¹ proposta foi, portanto, baseada e mediada por uma comparação. Analogias e outros tipos de comparações têm sido caracterizadas como facilitadores da aquisição de novos conhecimentos de Ciências pelos estudantes e como recurso para que estes sujeitos solucionem problemas (Ferry & Nagem, 2008; Ferraz & Terrazzan, 2002). Para tanto foi utilizada a Teoria do Mapeamento Estrutural proposta por Gentner (1983), a fim de contribuir para a compreensão do uso de analogias na Educação em Ciências. Esta teoria se propõe a analisar a complexidade dos mecanismos de comparação como processos que contrastam sistemas, semelhantes e diferentes entre si.

Neste trabalho nos propusemos a responder as seguintes questões: (i) *quais as características de uma comparação que nos permitem compreendê-la como sendo um recurso de mediação adequado para compor uma atividade didática baseada em analogias?*; (ii) *como uma analogia poderia ser usada para se fazer o levantamento de conhecimentos prévios de estudantes a respeito de algum tópico de conteúdo da ciência escolar?*

Referencial teórico

Em nosso grupo de pesquisa, AMTEC (Analogias, Metáforas na Tecnologia, na Educação e na Ciência), temos adotado a Teoria do Mapeamento Estrutural de Gentner (1983) como referencial para a compreensão do papel das analogias e outros tipos de comparação no contexto da Educação em Ciências. De acordo com essa teoria, entendemos que uma analogia consiste em um tipo de comparação que envolve um mapeamento de similaridades entre relações existentes entre elementos ou atributos desses elementos pertencentes a cada um dos dois domínios comparados – um domínio desconhecido, alvo da compreensão, e um domínio conhecido (base), familiar ao interlocutor da comunicação. Neste trabalho o domínio familiar é o *Laboratório de Química* e toda sua estrutura de funcionamento. Por outro lado, o domínio desconhecido é a *célula eucarionte*, que faz parte de uma unidade de ensino que os alunos da primeira série estudam detalhadamente na série seguinte.

¹ Chamamos de atividade diagnóstica as atividades elaboradas com a finalidade de se abordar e conhecer os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito de assuntos determinados.

A partir dessa teoria, entendemos que toda comparação conduz ao estabelecimento de correspondências entre dois domínios de conhecimento: o domínio base ou familiar, que serve de fonte de conhecimentos, e o domínio alvo cuja compreensão constitui o motivo da comparação. Gentner (1983) distingue as analogias de outros dois tipos de comparação chamadas *similaridades de mera aparência* e *similaridades literais*. A distinção leva em consideração o tipo de correspondências estabelecidas entre os domínios base e alvo. Nas similaridades de mera aparência predominam correspondências entre atributos dos elementos que pertencem a cada domínio (tais como a forma, a cor, o tamanho). Nas similaridades literais, os atributos dos elementos que pertencem ao domínio fonte ainda devem corresponder a atributos de elementos que pertencem ao domínio alvo. Contudo, também devem haver correspondências entre relações existentes entre os elementos do domínio base e as relações existentes entre os elementos do domínio alvo (tais como relações de hierarquia, oposição e proporcionalidade). No caso das analogias, as correspondências são estabelecidas, exclusiva ou predominantemente, entre relações (Mozzer & Justi, 2013). Gentner atribui às analogias um papel cognitivo superior. Para a autora as comparações por similaridade literal ou por mera aparência podem ser atraentes e úteis, localmente, mas possuem um poder explicativo limitado. Em uma analogia não interessa a quantidade de correspondências entre os elementos ou entre os atributos dos elementos presentes nos dois domínios. Ao invés disso, relações estruturais identificadas entre os elementos do domínio base devem corresponder a relações estruturais que são atribuídas aos elementos do domínio alvo. As semelhanças superficiais entre os dois domínios não têm importância. Uma analogia serve para destacar, principalmente, correspondências entre relações (Gentner, 1983).

A Teoria do Mapeamento Estrutural foi inicialmente proposta em 1983. Em um trabalho posterior a essa publicação, Gentner & Markman (1997) apresentam de forma mais sistemática as diferenças entre as comparações analógicas e as comparações por similaridade literal. Nesse contexto, os autores fazem considerações mais pontuais a respeito da teoria do mapeamento estrutural das comparações. Segundo os autores, para compreender o processo da analogia, é necessário fazer suposições não somente a respeito dos processos de comparação, mas também sobre a natureza das representações cognitivas conceituais e sobre como essas representações e processos interagem. A partir dessa consideração, os autores afirmam que, portanto, “*é necessário que tenhamos um sistema representacional que seja suficientemente explícito sobre a estrutura relacional para expressar as dependências causais que se correspondem nos domínios*” (p.47). Ferry (2016), baseado nessas proposições feitas por Gentner & Markman (idem), propôs uma metodologia de mapeamento com um sistema de sinais gráficos criados com a finalidade de representar correspondências entre elementos, atributos e relações que constituem os domínios das comparações. Na seção da metodologia descrevemos o padrão de representação das correspondências elaborado por Ferry (idem) para o mapeamento estrutural da comparação que estruturou essa atividade diagnóstica.

Além desses aspectos, Gentner & Markman (1997) descrevem ainda três restrições no alinhamento estrutural de uma analogia: *a consistência estrutural*, ou seja, deve haver uma conectividade em paralelo e uma correspondência “*um a um*” em uma analogia; *o foco relacional*, isto é, o foco de uma analogia deve estar nas relações, e não nos atributos dos objetos de cada domínio comparado; e a *sistematicidade*. Outro foco de preocupação de parte da literatura dedicada ao estudo das analogias na Educação em Ciências é o modo como as limitações das analogias são abordadas. Segundo Mozzer & Justi (2015), as limitações de uma analogia podem ser compreendidas como sendo as “*características e propriedades não compartilhadas entre o análogo e o alvo e/ou as condições nas quais a analogia não se aplica*” (p. 125). Duarte (2005) destaca a possibilidade dos estudantes centrarem-se somente nos “*aspectos positivos*” das analogias e desvalorizar suas limitações. Por outro lado, Mozzer & Justi (idem) dizem que o “*problema*” não é a existência de limitações inerentes a qualquer comparação, mas a não explicitação das mesmas. Nesse sentido, essas autoras reiteram as orientações de Glynn (1991), e Thiele & Treagust (1994) ao afirmarem que: “*as limitações das analogias devem ser exploradas com os estudantes*” (Mozzer & Justi, 2015, p. 137).

No contexto da Teoria do Mapeamento Estrutural das comparações, Markman & Gentner (1996) apresentam dois conceitos que, a nosso ver, são úteis para a identificação de limitações nas analogias: as diferenças alinháveis (*alignable differences*) e as diferenças não-alinháveis (*nonalignable differences*) entre os domínios comparados. As diferenças alinháveis estão relacionadas ou conectadas com os pontos em correspondência entre os domínios. As não-alinháveis são diferenças que não estão conectadas aos pontos correspondentes, ou seja: não se integram à estrutura relacional comum da analogia (Ferry, 2016, p. 55), podendo ser compreendidas como condições nas quais a analogia não se aplica.

Segundo a teoria do mapeamento estrutural, as diferenças alinháveis não podem ser determinadas até que as semelhanças entre os domínios (*the commonalities*) sejam conhecidas. Dessa forma, podemos entender que as diferenças alinháveis se aproximam daquilo que a literatura chama de limitações da analogia, na medida em que tais diferenças, se não explicitadas, podem conduzir a mal-entendidos acerca do domínio alvo. Há uma tensão nas comparações constituída pela existência de correspondências que devem ser estabelecidas e outras que devem ser interditas. De acordo com o referencial teórico que adotamos em nossa pesquisa, a interdição se faz pela explicitação das diferenças alinháveis e contribui para determinar a abrangência e a limitação da comparação. No entanto, consideramos que as diferenças alinháveis de uma analogia não consistem, necessariamente, em suas limitações. Concebemos as diferenças alinháveis como sendo aspectos, características ou relações presentes no domínio base, conectadas a pontos em correspondência, que não podem ser transferidas para o alvo, ou características ou relações presentes no domínio alvo, conectadas a pontos em correspondência, mas que são diferentes da base. Por outro lado, concebemos as limitações como sendo condições do domínio base que não se aplicam no alvo, ou condições do domínio alvo que não estabelecem relações de similaridade com a base. Tais condições não estão, necessariamente, conectadas a pontos em correspondência, o que nos permite compreendê-las, nesses casos, como sendo as diferenças não-alinháveis.

Metodologia

Contexto do estudo e da atividade diagnóstica

A atividade diagnóstica aplicada aos estudantes foi baseada em uma comparação entre o funcionamento de um laboratório de Química, tomado como seu domínio base, e o funcionamento de uma célula eucarionte animal, o seu domínio alvo. Para tanto, as principais organelas da célula foram agrupadas em seis grupos funcionais, de acordo com os conceitos científicos: núcleo, citoplasma, membrana plasmática, mitocôndria, lisossomos e retículo endoplasmático em conjunto com complexo de Golgi. Cada uma delas foi relacionada com uma instância de um laboratório de Química.

A atividade diagnóstica foi aplicada em uma turma da primeira série do Curso Técnico em Química de uma escola de Educação Profissional e Tecnológica de Belo Horizonte, Minas Gerais. A turma era composta por 34 estudantes com idade entre 14 e 17 anos. Para tabulação dos dados, utilizamos as siglas de EST1 a EST34 (Estudante 1 a 34). A atividade foi realizada por meio de questionário organizado em três partes com os seguintes objetivos:

Parte 1: Verificação do conhecimento da estrutura de uma célula e do funcionamento de suas organelas, no início da atividade.

Parte 2: Verificação dos conhecimentos básicos das funções dos agentes envolvidos com o funcionamento de um laboratório de Química e da estrutura do mesmo, entendido como domínio familiar para o estabelecimento da comparação.

Parte 3: Associação e levantamento das correspondências na comparação entre o funcionamento de um laboratório e o de uma célula eucariota animal.

Procedimentos da análise

A fim de analisar a atividade didática baseada na comparação entre o funcionamento de uma célula e o funcionamento de um laboratório de Química, primeiramente realizamos um mapeamento estrutural dessa comparação a fim de, posteriormente, confrontar as respostas dos estudantes ao questionário com as possíveis correspondências levantadas em nosso mapeamento.

A partir dessas considerações teóricas dos trabalhos de Gentner (1983) e seus colaboradores, optamos pelo padrão representacional das correspondências entre os elementos, atributos e relações constituintes dos domínios comparados desenvolvido por Ferry (2016). Segundo as orientações desse autor, as correspondências entre os elementos de cada domínio devem ser representadas por setas bidirecionais acompanhadas pela letra **E** (maiúscula), identificada por um número de ordem. As correspondências entre os atributos desses elementos também devem ser representadas por setas bidirecionais, acompanhadas, porém, pela letra **A**, com um número de ordem e endereçada ao elemento diretamente relacionado. As relações são representadas pelo mesmo sinal gráfico, acompanhadas pela letra **r** (minúscula) ou **R** (maiúscula). A letra minúscula representa uma relação de primeira ordem, enquanto a maiúscula representa uma relação de segunda ordem ou de ordem superior. No caso das limitações da comparação, ou seja, condições ou características nos quais a analogia não se aplica, assinalamos a seta bidirecional com um sinal gráfico semelhante à letra “X” e a codificamos com a letra **L** (maiúscula). No caso das diferenças alinháveis, ou seja, diferenças relacionadas ou conectadas com pontos em correspondência entre os domínios, codificamos as setas bidirecionais assinaladas com a letra **D** (maiúscula).

O mapeamento estrutural da comparação mediadora da atividade diagnóstica foi validado por meio de uma triangulação entre três autores deste trabalho – um professor de Química e duas professoras de Microbiologia, sendo uma delas também professora de Química. Cada um analisou cuidadosamente a pertinência de cada correspondência mapeada ao verificar: (i) a adequação dos elementos alinhados; (ii) a relevância dos atributos indicados e, (iii) a consistência e a correção conceitual das relações correspondentes.

A partir do mapeamento estrutural da comparação proposta na atividade diagnóstica, analisamos a sua consistência estrutural, o seu foco e a sua sistematicidade, a fim de avaliar suas potencialidades pedagógicas e sua adequação como recurso de mediação didática e, conseqüentemente, a pertinência da atividade elaborada. Por último, o mapeamento estrutural validado foi tomado como referência para a análise das respostas dos estudantes.

Resultados e discussão

A tabela 1 apresenta as correspondências do mapeamento estrutural da comparação entre o funcionamento de um laboratório de Química (DB) e o funcionamento de uma célula (DA), que estruturou a atividade diagnóstica aplicada aos estudantes.

Tabela 1 Mapeamento estrutural das similaridades e diferenças alinháveis levantadas na comparação entre o funcionamento de um laboratório químico e o funcionamento de uma célula eucarionte.

Domínio Base	Correspondências	Domínio Alvo
Laboratório	$\longleftrightarrow E_1$	Célula
Recursos humanos e estruturais do laboratório	$\longleftrightarrow E_2$	Componentes da célula
Professor	$\longleftrightarrow E_3$	Núcleo

Espaço físico e infraestrutura do laboratório	E_4	Citoplasma
Equipe técnica	E_5	Membrana plasmática
Equipe de limpeza	E_6	Lisossomos
Fonte de energia	E_7	Mitocôndria
Estudantes	E_8	Retículo Endoplasmático Liso e Complexo de Golgi
A equipe de limpeza é responsável pelos serviços de limpeza	$A_1 (E_6)$	Os lisossomos são responsáveis pelos processos de digestão celular
Há divisão de funções (e atividades) entre os recursos humanos e estruturais do laboratório	$A_2 (E_2)$	Há divisão de funções entre os componentes celulares
No laboratório não há funções tão bem definidas entre os diferentes recursos humanos e estruturais	$D: [A_2 (E_2)]$	Na célula, os seus componentes possuem funções bem definidas
No espaço físico do laboratório estão presentes os recursos humanos e estruturais	$r_1 (E_1, E_2, E_4)$	No citoplasma estão presentes (engloba/envolve) os componentes internos da célula
A equipe técnica realiza o transporte de vidrarias, reagentes, soluções para dentro e fora do laboratório	$r_2 (E_5, E_1)$	A membrana regula a entrada e saída de substâncias da célula
Os estudantes realizam diversas funções no laboratório; cada grupo é responsável por uma determinada tarefa	$r_3 (E_8, E_1)$	O Retículo Endoplasmático e o Complexo de Golgi realizam diversas funções: sintetiza, armazena e transporta lipídeos e proteínas no citoplasma, realiza secreção de proteínas
A rede elétrica é responsável pelo funcionamento de equipamentos do laboratório fornecendo energia elétrica	$r_4 (E_7, E_2)$	As mitocôndrias são responsáveis pelo funcionamento da célula por meio da respiração celular, fornecendo energia para a célula
O professor controla (determina, direciona) todas as atividades do laboratório.	$r_5 (E_3, E_1)$	O núcleo controla as funções celulares.

Fonte: Produzida pelos autores.

Por meio do alinhamento estrutural de oito (8) elementos de cada domínio e de dois (2) atributos relevantes, um do E_2 e outro do E_6 , foi possível levantar cinco (5) relações de ordem estrutural (relações de primeira ordem) em correspondência entre os dois domínios. Além dessas correspondências, o mapeamento realizado também indicou uma diferença alinhável relevante conectada ao segundo atributo em correspondência (A_2): enquanto no laboratório não há funções tão bem definidas entre os diferentes recursos humanos e estruturais, nas células os seus componentes possuem funções bem definidas.

Além disso, o mapeamento estrutural da comparação entre o funcionamento de uma célula e o funcionamento de um laboratório de Química, apresentado na Tabela 1, revela que a mesma pode ser considerada como uma analogia em potencial. Tal consideração decorre da análise das três

restrições estruturais descritas por Gentner & Markman (1997). Por meio desse mapeamento podemos afirmar que a referida comparação possibilita tanto uma correspondência um a um entre os elementos constituintes de cada domínio quanto a conectividade em paralelo das relações mapeadas. Desse modo, podemos afirmar que a comparação proposta na atividade diagnóstica pode se configurar como uma analogia estruturalmente consistente.

A segunda restrição analisada levou em consideração o fato da quantidade de relações mapeadas ter sido significativamente superior à quantidade de atributos colocados em correspondência: 5 relações e apenas 2 atributos. Portanto, podemos afirmar que essa comparação pode ser explorada com um foco relacional, e não meramente baseada em alguma espécie de aparência entre os domínios propostos. O foco da comparação sobre as relações em correspondência aumenta as possibilidades didáticas ou pedagógicas do uso dessa analogia em uma atividade escolar, pois lhe confere uma maior capacidade explicativa sobre o seu domínio alvo, tornando-a mais abrangente a respeito do funcionamento das células.

No entanto, a comparação proposta entre o funcionamento de um laboratório e o funcionamento de uma célula é pouco sistemática. Embora possamos considerar que as relações mapeadas apresentam certo poder preditivo, por inferência, a respeito dos seus elementos, todas as cinco relações apareceram como predicados isolados, sem qualquer relação de ordem superior que as interconectassem. A correspondência de relações de ordem superior entre os dois domínios aumentaria a sistematicidade da analogia, o que provavelmente ampliaria o seu poder preditivo não somente sobre as formas pelas quais os elementos constituintes se relacionam, mas também sobre a relevância dos atributos mapeados e sobre as implicações de uma relação sobre as outras. As cinco relações de primeira ordem mapeadas são relações de ordem estrutural, pois apenas se referem às maneiras como os diversos elementos constituintes estão organizados e se relacionam no laboratório (DB) e em uma célula eucarionte animal (DA).

Contudo, consideramos que a baixa sistematicidade dessa analogia não a compromete ou a invalida para o contexto e a finalidade do seu emprego na composição da atividade diagnóstica, pois concordamos que se trata de uma comparação estruturalmente consistente e com foco relacional. Após a validação desse mapeamento, partimos para a análise das respostas dos 34 estudantes aos questionários da atividade diagnóstica.

Análise dos questionários

A análise das respostas à atividade revelou que 90% dos estudantes conhecem plenamente o domínio alvo (célula eucarionte). Além disso, constatamos que os estudantes apresentam uma compreensão parcial do domínio base (funcionamento de um laboratório): as funções do professor, da equipe de limpeza, fonte de energia e do laboratório como local de trabalho, conforme pretendido para a efetiva comparação. No entanto, 91% das respostas entendem o aluno como um agente passivo frente ao conhecimento a ser aprendido, ao invés de ser o agente principal na realização das atividades do laboratório, demonstrando uma falta de autonomia nas tarefas, seguindo unicamente o que foi estabelecido pelo professor, como podemos verificar pela fala dos estudantes: “Ouvir e acatar às ordens do professor com o intuito de sempre aprender mais” (EST 13). “Os estudantes são uma peça fundamental, pois eles são responsáveis por adquirir todo conhecimento transmitido pelo professor” (EST 17). Esta abordagem apresenta estudantes passivamente envolvidos em receber toda a informação necessária a partir do professor e do livro texto. Nesta perspectiva, ao invés de inventar soluções e construir o conhecimento durante estes processos, os estudantes são ensinados a procurar a "resposta certa" segundo o método do professor. As práticas de avaliação ainda são muito focadas na medida do conhecimento e das habilidades, com pequena ênfase no desempenho ou entendimento. Na estrutura do mapeamento compreendemos a sala de aula como um lugar onde o conhecimento deva ser construído por meio de interações sociais protagonizadas pelos estudantes, sendo o laboratório um ambiente onde os estudantes são confrontados com problemas contextualizados

capazes de promover o compartilhamento de significado, na medida em que aparecem vinculados aos contextos mais próximos da realidade. Resolvendo estes problemas, os estudantes são encorajados a explorar possibilidades, inventar soluções alternativas, colaborar com outros estudantes, testar novas ideias e hipóteses, revisar seus pensamentos e finalmente apresentar a melhor solução que eles puderem encontrar.

Para 73% dos estudantes a função da equipe técnica é vista como organizadores dos materiais necessários e preparo de soluções para execução das aulas práticas no interior do próprio laboratório, não visualizando este profissional como aquele que realiza o fluxo de reagentes e resíduos entre os diferentes laboratórios e setores. Isso mostra que o domínio base é conhecido de forma distinta em relação aquele que era previsto no mapeamento proposto.

Os estudantes percebem semelhanças entre o funcionamento de um laboratório de Química e uma célula. “Em um laboratório, assim como na célula, cada um tem uma função específica a desempenhar” (EST 4). Em relação às funções, 79% dos estudantes relacionam as funções das organelas da célula com o funcionamento do laboratório. No entanto, apesar dos estudantes estabelecerem em média cinco relações entre as atividades de um laboratório e a célula com clareza de detalhes, nem todas as relações propostas no mapeamento foram identificadas.

Ao confrontar as respostas dos estudantes com as correspondências levantadas em nosso mapeamento estrutural (tabela 1), tivemos os seguintes resultados:

Todos os estudantes foram capazes de estabelecer as correspondências entre os elementos 1 e 2 (E_1 e E_2). Em seguida os elementos E_3 , E_4 (88%) e E_7 (85%) apresentaram o maior número de ocorrências, revelando que as correspondências laboratório/célula, recursos do laboratório/componentes celulares, espaço físico/citoplasma e professor/núcleo são pertinentes para os estudantes. Já as relações entre equipe de limpeza e lisossomos apresentou 73,5% das ocorrências, seguidos das relações entre estudantes/complexo de Golgi e Retículo Endoplasmático (35%) e equipe técnica / membrana plasmática (32%). Tais resultados sugerem que as duas últimas correspondências não são tão claras para os estudantes. Quanto aos atributos que nós mapeamos, todos os estudantes estabeleceram a correspondência codificada como A_2 , que trata da divisão de funções em cada domínio. A correspondência A_1 foi indicada por 76% dos estudantes.

A respeito das relações de primeira ordem mapeadas, observamos que as maiores porcentagens ocorreram para as correspondências que envolvem as relações r_1 e r_4 (ambas 82%), seguido de r_5 (76%), o que nos permite pensar que tais relações sejam as mais pertinentes ou evidentes na construção da analogia proposta. As relações r_3 , que trata das funções dos estudantes, e r_2 , que trata do papel da equipe técnica do laboratório, somente foram apontadas por apenas por 24% dos estudantes. O mapeamento apresentou predominantemente relações consideradas de primeira ordem e um número menor de atributos.

Em relação à diferença alinhável que nós levantamos na tabela 1, que tratou das funções bem definidas das organelas na célula, em oposição as funções e tarefas executadas em um laboratório (tabela 1), vimos que a mesma foi apontada por alguns estudantes: “O comportamento intracelular e suas funções são extremamente específicas, enquanto em um laboratório essas funções são variáveis” (EST 14). “No laboratório alguns usuários podem realizar a função de outros eventualmente, o que não ocorre em uma célula” (EST 30).

Em uma das questões da atividade diagnóstica os estudantes puderam enumerar outras relações entre o laboratório e outras organelas não mencionadas. Os resultados são apresentados na tabela 2. Três novos elementos do domínio base foram apontados: equipamentos (indicado por 3 estudantes), departamento (indicado por um estudante) e substâncias (indicado por um estudante) e em relação a equipe de limpeza um novo objeto de comparação foi listado. A partir da análise dos resultados onde a atividade de comparação visa conhecer o domínio familiar dos estudantes, novos

itens podem ser posteriormente propostos no mapeamento. Segundo Nagem et al (2001), a elaboração por parte dos alunos de outra analogia para o domínio alvo pode evidenciar entendimento e compreensão do conceito.

Tabela 2 Diferenças e limitações apontadas pelos estudantes a respeito da comparação entre o funcionamento de uma célula e o funcionamento de um laboratório de Química.

Estudante	Diferença entre os domínios ou limitações da comparação
1	“Um meio é macroscópico e o outro microscópico”.
3	“Professores e alunos na sala são os tutores de tudo o que acontece no laboratório, ao passo que na célula muitas coisas acontecem sozinhas”.
15	“Se necessário, no laboratório as pessoas podem realizar funções diversas e trocar de papéis, mas isso não ocorre nas células”.
20	“A célula está sempre trabalhando da mesma maneira, já no laboratório é mais dinâmico, na célula já se espera o que vai acontecer, no laboratório também mas pode ocorrer algo fora do comum”.
21	“Se algo der errado no laboratório, logo ele estará funcionando de novo. Se algo der errado na célula, ela morre rapidamente”.
27	“O laboratório não sofre divisão, como as células constantemente sofrem”.

Fonte: Produzida pelos autores.

Consideramos que a atividade elaborada a partir da analogia entre o funcionamento da célula e o funcionamento de um laboratório tanto pode ser utilizada para se levantar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito das células, quanto pode auxiliar na compreensão a respeito dos seus conceitos fundamentais, uma vez que 73,5% dos estudantes responderam “sim” a esta questão. Apenas 14,7% disseram que não, 8,8% responderam *razoavelmente* e um estudante deixou este item em branco. De acordo com os estudantes, a atividade ajudou a lembrar funções celulares, facilitando a memorização e o entendimento, uma vez que a comparação foi considerada algo mais próximo do cotidiano dele: *“Pois muitas vezes para compreender e aprender todas as organelas e as funções das mesmas em uma célula é mais complicado, por se uma matéria teórica. Comparando com o laboratório, sua compreensão fica mais fácil, pois são temas, funções que já estou acostumada a ter aulas práticas”*. Já para os estudantes em que a comparação não foi eficiente eles consideraram a comparação um pouco complexa e parcial, porque eles já entendiam alguns conceitos. Segundo Nagem et al (2001), a proposta de utilização de analogias dentro de uma metodologia própria permite um redimensionamento do papel atribuído à memória no entendimento e assimilação de conceitos, na medida em que a observação, a reflexão e o raciocínio podem substituir, em parte, a atividade de memorização do aluno.

A tabela 3 apresenta ainda outras associações ou correspondências que os estudantes estabeleceram na comparação entre o funcionamento de uma célula e de um laboratório de Química, tais como, por exemplo, os mecanismos de defesa que as células apresentam e que foram comparados aos equipamentos de proteção coletiva (EPC) utilizados em um laboratório.

Tabela 3 Relação de outras associações ou correspondências entre o funcionamento do laboratório e da célula estabelecidas pelos alunos.

Laboratório (Domínio Alvo)	Célula (Domínio base)	Correspondência/associação
Equipamentos	Proteínas	Forma de catalizadores
	Ribossomos	Produção de substâncias
Departamentos	Centríolo	Quem ministra as ideias principais para serem realizadas nas atividades a serem passadas pelos professores (DNA)
Equipamentos de proteção coletiva (EPC)	Mecanismos de defesa	Um laboratório possui EPC's e existem dentro das células organelas que ajudam na sua defesa.
Equipe de limpeza	Peroxisomos	Decompor molécula de água oxigenada que é tóxica ao organismo, da mesma forma a equipe de limpeza elimina o que pode ser prejudicial a pessoas que utilizam o laboratório
Substâncias	Material genético	Contém algo necessário para o funcionamento do laboratório/célula

Fonte: Produzida pelos autores.

Considerações finais

Os resultados mostraram que os estudantes conhecem razoavelmente bem os domínios alvo e base e perceberam a semelhança entre o funcionamento de um laboratório de Química e de uma célula. As cinco relações levantadas em nosso mapeamento foram estabelecidas pelos estudantes. Além disso, eles afirmaram que a comparação proposta auxiliou no entendimento e fixação dos conceitos do domínio alvo. Contudo, após a análise do mapeamento estrutural das respostas da atividade notamos que foram estabelecidos, predominantemente, relações de primeira ordem e que as relações entre estudantes e algumas organelas e equipe técnica/membrana plasmática não foram totalmente compreendidas pelos estudantes, evidenciando uma limitação do mapeamento realizado. A análise que empreendemos sobre a comparação proposta na atividade didática, bem como os dados obtidos sugerem que essa analogia não pode ficar inteiramente a cargo dos estudantes, sendo de fundamental importância a mediação do professor, caso ele decida utilizar a comparação proposta em uma atividade em sala de aula.

A análise que fizemos das restrições estruturais que condicionam uma comparação como sendo uma analogia adequada ao ensino – a consistência estrutural, o foco relacional e a sistematicidade, nos permitiu responder a nossa primeira questão: *quais as características de uma comparação que nos permitem compreendê-la como sendo um recurso de mediação adequado para compor uma atividade didática baseada em analogias?*

Vimos que a comparação proposta na atividade didática, mesmo sendo pouco sistemática, pode se configurar como uma analogia estruturalmente consistente e foco relacional. Tais características nos permitem compreendê-la como uma analogia promissora para o contexto da atividade e a finalidade para a qual foi concebida. Consideramos que a análise das respostas dos estudantes corrobora com essas considerações.

Isso também nos permitiu responder à segunda questão: *como uma analogia poderia ser usada para se fazer o levantamento de conhecimentos prévios de estudantes a respeito de algum tópico de conteúdo da ciência escolar?* Consideramos que a estrutura da atividade, organizada em três partes distintas, consistiu em uma forma adequada de se propor uma analogia com o propósito de fazer o levantamento de conhecimentos prévios, não somente do domínio alvo da comparação, mas também sobre o seu domínio base. Primeiramente os alunos foram solicitados a descrever o que sabiam a respeito do domínio alvo. Em seguida, foram solicitados a descrever o domínio base. As correspondências entre os dois domínios foram solicitadas em um terceiro momento. Tendo em vista os dados percentuais encontrados entre as respostas dos estudantes, acreditamos que essa estratégia tenha favorecido a percepção deles a respeito das possíveis correspondências que estruturam a analogia, permitindo também que eles refletissem um pouco mais sobre os conhecimentos que tinham a respeito dos dois domínios da comparação.

Por meio da análise das respostas dos estudantes participantes da atividade mediada pela analogia proposta, foi possível verificar como eles compreendiam as principais organelas de uma célula eucarionte animal e suas funções, comparando-as com as funções executadas no laboratório. Como afirmamos na discussão dos resultados, consideramos que a atividade elaborada a partir dessa analogia tanto pode ser utilizada para se levantar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito das células quanto pode auxiliar na compreensão a respeito dos seus conceitos fundamentais.

Agradecimentos

Agradecemos pelas contribuições dadas pelo Grupo de Estudos em Analogias e Metáforas na Educação, na Tecnologia e na Ciência (GEMATEC) do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET/MG).

Referências

- Duarte, M. C. (2005) Analogias na educação em ciências contributos e desafios. *Investigações em Ensino de Ciências*. 10 (1), 7-29.
- Ferraz, D.F. & Terrazzan, E.A. (2002). O uso espontâneo de analogias por professores de Biologia: observações da prática pedagógica. *Ensaio, Pesquisa em Educação em Ciências*, 3(1),7-21.
- Ferry, A.S. & Nagem, R.L. (2008). Analogias & Contra-analogias: uma proposta para o ensino de ciencias numa perspectiva bachelardiana. *Experiências em Ensino de Ciências*, 3(1), 7-21.
- Ferry, A. S. & Paula, H. F. (2015). *Mapeamento estrutural de analogias e outras comparações em uma sala de aula de Química*. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC - SP, Águas de Lindóia: 2015.
- Ferry, A. S. (2016). *Análise Estrutural e Multimodal de Analogias em uma Sala de Aula de Química*. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte [Tese de Doutorado].

- Figuerola, A.; Nagem, R. & Carvalho, E. (2004). Metodologia de Ensino com Analogias: Um Estudo sobre a Classificação dos Animais. *Revista Ibero Americana de Educação*. Acesso em 10 ago., 2015, http://www.campus_oei.org/revista/did_mat26.htm.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7: 155-170.
- Gentner, D. & Markman, A.B. (1997). Structure Mapping in Analogy and Similarity. *American Psychologist*, 52 (1), 45-56.
- Glynn, S. (1991). Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model. In: Glynn, S. M.; Yeany, R.H. & Britton, B.K. (Eds). *The Psychology of Learning Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240.
- Markman, A. B.; Gentner, D. (1996). Commonalities and differences in similarity comparisons. *Memory & Cognition*. 24 (2), 235-249.
- Mozzer, N. & Justi, R. (2013). A elaboração de analogias como um processo que favorece a expressão de concepções de professores de Química. *Educação em Química*, 24(1),163-173.
- Mozzer, N. & Justi, R. (2015). “Nem tudo o que reluz é ouro”: uma discussão sobre analogias e outras similaridades e recursos utilizados no ensino de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(1), 123-147.
- Nagem, R.L.; Carvalhaes, D.O. & Dias, J.A.Y. (2001). Uma proposta de metodologia de ensino com analogias. *Revista Portuguesa de Educação*, (2)14.
- Thiele, R.; Treagust, D. (1994). An interpretative examination of high school chemistry teachers' analogical explanations. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (3), 227- 242.
- Tortora, G.J.; Funke, B.R. & Case, C.L. (2010). *Microbiologia*. 10. ed., Porto Alegre: Artmed.