

Elaboração de comparações por crianças para explicar o processo de dissolução

Elaboration of comparisons by children to explain the process of dissolution

Clara Milene Cirino, Thais Mara Anastácio Oliveira *, Nilmara Braga Mozzaer

Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

Resumo

Este trabalho tem como objetivo investigar a elaboração de comparações por crianças de 3 a 11 anos para explicar o processo de dissolução. Os dados foram coletados em entrevistas individuais semiestruturadas e sua análise evidenciou que as crianças foram capazes de elaborar diferentes tipos de comparações que se diferenciam com relação ao grau de abstração. Outra evidência foi a de que as experiências vivenciadas e o conhecimento das crianças influenciam no tipo de comparação que elas são capazes de elaborar. Por meio dessas comparações, elas expressaram ideias sobre o processo de dissolução como: desaparecimento, derretimento, transmutação e desintegração. Com base nessa análise, apoiamos a hipótese de outros autores de que há uma progressão nos tipos de comparação que as crianças elaboram ao longo de sua vida, passando de comparações superficiais para aquelas que envolvem o mapeamento de relações de similaridade entre os domínios comparados, mas que a idade não é o fator determinante do tipo de comparação que elas irão elaborar. No contexto do Ensino de Ciências, o qual envolve processos de significação de conceitos, destacamos a necessidade de que os professores compreendam como as crianças elaboram suas comparações para explicá-los.

Palavras-chave: raciocínio analógico; comparações; crianças; dissolução.

Abstract

This study aims to investigate the elaboration of comparisons by children from 3 to 11 years to explain the process of dissolution. The data were collected in individual semi-structured interviews and your analysis showed that the children were able to develop different types of comparisons that differ with respect to the degree of abstraction. Another evidence was that the experiences and knowledge of the children influence the type of comparison that they are able to elaborate. Through these comparisons, they expressed ideas about the process of dissolution such as: disappearance, melting, transmutation and disintegration. Based on this analysis, we support the hypothesis of other authors that there is a progression in the types of comparison that children develop over your life, from superficial comparisons to those involving the mapping of relations of similarity between domains compared, but age is not the determining factor in the type of comparison that they will develop. In the context of teaching science, which involves processes of signification of concepts, we highlight the need for teachers to understand how children develop their comparisons to explain them.

Keywords: analogical reasoning; comparisons; children; dissolution.

* T.M.A. Oliveira - E-mail: thais-moliveira@hotmail.com

1. Introdução

O uso de comparações é tão comum quando pretendemos explicar ou compreender algo que sequer percebermos que, na verdade, estamos buscando correspondências entre algo que nos é familiar e algo que não nos é tão familiar assim. Isso também acontece com as crianças. Frequentemente, elas usam as comparações de forma espontânea para conferir sentido ao mundo em que estão inseridas (May, Hammer & Roy, 2006).

Entre os vários tipos de comparações, destacam-se as analogias, especialmente porque as relações de similaridade inerentes a este tipo de comparação permitem que as pessoas façam inferências e aprendam sobre situações e conceitos desconhecidos e abstratos como os científicos (Gentner & Holyoak, 1997). Apesar disso, há poucos trabalhos que investigam o processo de elaboração de analogias e outras comparações por crianças na tentativa de explicar conceitos científicos, como a dissolução (Goswami & Brown, 1989; Rattermann & Gentner, 1998). Razão pela qual é relevante investigar o raciocínio analógico de crianças nesse campo.

1.1. Analogias e outros tipos de comparações

Diferentes pesquisas na área de Psicologia Cognitiva e Ensino de Ciências têm se proposto a investigar como as analogias têm sido utilizadas como recursos de raciocínio (Gentner, 1983; 1988; Vosniadou, 1989; Goswami & Pauen, 2005) e como ferramentas didáticas (Harrison & Treagust, 2006; Nottis & Mcfarland, 2001; Oliva, Aragón, Mateo & Bonat, 2001; Thiele & Treagust, 1991).

Entre as várias potencialidades das analogias nos processos de ensino e aprendizagem destaca-se a capacidade de facilitar o entendimento de algo desconhecido ou pouco familiar - domínio alvo (Gentner, 1983; Glynn, 1991; Gentner & Markman, 1997; Justi & Gilbert, 2006; Vosniadou, 1989; Wilbers & Duit, 2006),- por meio do estabelecimento de relações de similaridade com algo familiar – domínio base (Gentner, 1983) ou *análogo* (Glynn, 1991).

Se, por um lado, as *analogias* se caracterizam por correspondências de relações de similaridade entre os domínios alvo e análogo, por outro, as *comparações de mera aparência* são caracterizadas por correspondências de atributos de objetos (propriedades descritivas/perceptuais como: cor, tamanho, forma etc.). Por isso, as analogias podem ser consideradas o oposto das comparações de mera aparência, uma vez que, nas primeiras, características perceptuais e descritivas são ignoradas em prol de relações de similaridade entre os domínios comparados (Gentner, 1989).

Existem ainda comparações nas quais tanto correspondências de relações de similaridade quanto de atributos de objetos são estabelecidas entre os domínios. Nestes casos, tem-se as chamadas *similaridades literais* (Gentner, 1983, 1989). Portanto, pode-se dizer que existe um *continuum* entre as similaridades literais e as analogias e não uma dicotomia como aquela existente entre as comparações de mera aparência e analogias (Gentner & Markman, 1997).

Frente aos aspectos discutidos até o momento, podemos dizer que o estabelecimento de analogias requer o desenvolvimento de uma compreensão mais profunda sobre o domínio alvo. Isto ocorre porque o indivíduo tem que ser capaz de realizar ou propor correspondências de relações de similaridade entre o análogo e o alvo (processo conhecido como *mapeamento* (Gentner, 1989), que se referem ao papel similar que elementos de cada um desses domínios desempenham em sua estrutura; algo muito mais complexo do que identificar em que esses elementos se parecem. Assim, por permitirem a elaboração de representações mais abstratas

e refinadas do conhecimento científico, as analogias são consideradas recursos mais desejáveis do que os outros tipos de comparações quando se trata de processos de ensino e aprendizagem de Ciências (Mozzer & Justi, 2015).

1.2. A elaboração de comparações pelas crianças

Gentner e Holyoak (1997) realçam o papel das analogias no desenvolvimento cognitivo dos indivíduos. De acordo com esses autores, o raciocínio analógico nos capacita a encontrar ou criar similaridades entre situações passadas e presentes, permitindo a categorização de objetos e conceitos.

Segundo Piaget (1995), entretanto, esse desenvolvimento cognitivo não ocorre de forma similar em todas as etapas de nossa vida. Por essa razão, ele propõe diferentes estágios, os quais são entendidos como formas de organização da atividade mental, características de cada faixa etária no desenvolvimento humano (Souza & Wechesler, 2014).

Caracterizamos, de forma simplificada e de acordo com as faixas etárias, cada um desses estágios propostos por Piaget, ainda que, atualmente, seja discutida a associação estrita à idade das crianças.

O primeiro estágio é o sensório-motor (0 a 2 anos), no qual a criança desenvolve uma inteligência prática por meio das percepções e dos movimentos. Prevalece, dessa forma, uma coordenação sensório-motora das ações, sem o uso exato do pensamento. Neste estágio, em geral, a criança é capaz de resolver alguns problemas de ação - por exemplo, alcançar objetos afastados ou escondidos - e, a partir de reflexos neurológicos básicos, começa a construir esquemas⁽¹⁾ de ação para assimilar mentalmente o meio em que está. O estágio pré-operatório (2 a 7 anos) pode ser caracterizado pelo desenvolvimento de uma inteligência simbólica. Nessa idade, a criança passa pela interiorização de esquemas de ação construídos no estágio anterior, desenvolvendo, por exemplo, habilidades de questionamento. No estágio operatório-concreto (7 a 11 anos), a criança desenvolve noções de tempo, espaço, velocidade, ordem, casualidade, o que significa que, geralmente, elas se tornam capazes de relacionar diferentes aspectos e abstrair dados da realidade. No entanto, essa capacidade de abstração torna-se mais efetiva no estágio operatório-formal (11 a 16 anos). Neste, o indivíduo trabalha com a abstração total e não se limita mais à representação imediata, nem somente às relações previamente existentes. Ele é capaz de pensar logicamente em todas as relações possíveis, buscando soluções a partir de hipóteses e não apenas pela observação direta da realidade (Souza & Wechesler, 2014).

Segundo Halford (1993, *apud* Goswami & Pauen, 2005), as operações lógicas piagetianas (concretas), como a inclusão de classe, dependem de fazer os mapeamentos analógicos apropriados – ou seja, exclusivamente de relações de similaridade - a partir das estruturas relacionais do mundo real. Por isso, segundo Piaget (1995), crianças antes dos 7 anos (estágio operatório concreto), não seriam capazes de estabelecer comparações do tipo analogia, porque tal processo demandaria um nível de abstração muito maior do que aquele desenvolvido por elas nesse estágio.

Em oposição a estas ideias e usando uma variedade de métodos de estudo, diferentes pesquisadores (Goswami & Pauen, 2005; May et al., 2006; Rattermann & Gentner, 1998) têm mostrado que crianças jovens podem perceber similaridades relacionais e serem capazes de elaborar diferentes tipos de comparações. Com isso, sugerem que o raciocínio analógico é desenvolvido em uma idade muito precoce.

Goswami e Pauen (2005) discutem se os conceitos operacionais concretos estão disponíveis para as crianças muito antes do que seria previsto pela teoria de Piaget (7 a 11

anos) e que o uso de conjunto inclusivo de família pode ser uma estrutura relacional útil para embasar a resolução de problemas de inclusão de classe. Com a utilização desse recurso, as crianças podem alinhar a estrutura relacional comum existente entre o domínio alvo (a classe) e o domínio análogo (conceito de família). Isso foi evidenciado no trabalho das autoras com crianças de 4 e 5 anos. Em uma das tarefas propostas, as crianças foram apresentadas a um conjunto de balões (cacho) composto por 3 balões pequenos e 2 balões grandes e, em seguida, solicitadas a avaliar quem teria mais balões: uma pessoa que possuísse os balões pequenos ou uma que possuísse o cacho de balões. Inicialmente, a maioria delas não obteve êxito na tarefa. Em seguida, para se referir ao “cacho de balões”, as autoras passaram a utilizar a expressão “família de balões”, fato que refletiu positivamente no sucesso de realização da tarefa pelas crianças.

Os resultados desse trabalho evidenciaram que, antes do fornecimento de uma dica sobre o conceito de família, significativos efeitos de analogia foram encontrados somente em crianças de 5 anos de idade. No entanto, após o fornecimento de uma dica sobre o conceito de família, foram encontrados efeitos significativos tanto nas crianças de 4 anos quanto nas de 5 anos. Segundo Goswami e Pauen (2005), as crianças elaboram analogias mesmo sem serem solicitadas, como uma forma de explicarem algo que elas ainda não possuem domínio; em outras palavras, para desenvolverem seus conhecimentos sobre o mundo.

May et al. (2006) também afirmam que muitas crianças geram analogias de forma espontânea para ajudá-las a atribuir sentido aos fenômenos e fundamentar suas explicações. Nessa mesma direção, Rattermann e Gentner (1998) afirmam que crianças podem estabelecer diferentes tipos de comparações baseadas em domínios que são altamente familiares a elas. De acordo com estas, crianças menores estão limitadas a fazer comparações baseadas em similaridades de objetos (características físicas), enquanto as maiores estabelecem relações de similaridade em suas comparações. Ainda segundo elas, isso ocorre devido à pouca experiência que as crianças menores podem ter com o domínio alvo e não às suas idades.

É nesse sentido que Rattermann e Gentner (1998) supõem que as comparações elaboradas pelas crianças passam de superficiais e visuais (mera aparência) para comparações mais profundas (como as similaridades literais e analogias), à medida que a idade progride. Essa suposição foi denominada por elas *hipótese de mudança relacional*.

Gentner (1988) já havia identificado que ocorre uma mudança de atenção das propriedades comuns dos objetos comparados (como a cor e o formato, por exemplo) para uma posterior atenção às propriedades relacionais comuns. Essa evolução foi denominada por Gentner e Rattermann (1991) de *carreira de similaridade*.

Essas mesmas autoras, em um trabalho posterior (Rattermann & Gentner, 1998), afirmaram que a hipótese de mudança relacional está em consonância com a carreira de similaridade, pois em ambas se espera que ocorra uma evolução dos tipos de comparações que as crianças estabelecem. Para essas autoras, essa evolução pode estar diretamente relacionada ao aumento do conhecimento que as crianças têm sobre os domínios comparados.

Em um estudo empírico, Rattermann e Gentner (1998) adaptaram alguns itens das comparações apresentadas por Goswami e Brown (1989) às crianças por questionarem as conclusões desses autores de que crianças focalizam unicamente em similaridades relacionais e desconsideram similaridades de objeto quando elaboram comparações. Rattermann e Gentner suspeitavam que a dispersão dos resultados obtidos por Goswami e Brown, com relação às opções escolhidas pelas crianças, ocorria devido ao fato destas não terem tido acesso a opções que realmente realçavam similaridades físicas entre os domínios comparados. Nesse sentido, adaptações foram realizadas para que as opções de análogos que

foram apresentadas às crianças fossem altamente similares ao domínio alvo comparado caracterizando, de maneira mais acurada do que a proposta elaborada por Goswami e Brown, as comparações do tipo mera aparência.

Apesar disso, tanto as ideias de Gentner e Rattermann, quanto as de Goswami e Brown sobre as comparações são consonantes em dois pontos: (i) o conhecimento desempenha um papel fundamental na habilidade das crianças estabelecerem analogias causais; e (ii) as similaridades podem levar as crianças a considerarem novas hipóteses, que as ajudam a desenvolver e enriquecer seus conhecimentos sobre o domínio alvo.

1.3. As concepções sobre dissolução

Um dos conceitos de difícil compreensão em salas de aula de química é o de dissolução. Ele envolve noções muito abstratas como átomos, molécula, íons, além das interações entre essas entidades. Dessa forma, para uma compreensão adequada sobre este conceito os estudantes precisam entender que o termo dissolver refere-se ao processo de produzir uma solução. Quando misturadas, as partículas constituintes dos componentes da solução (do solvente e do soluto) estabelecem interações eletrostáticas entre si, formando um sistema energeticamente mais favorável do que aqueles sistemas formados pelos componentes da solução separados (Atkins & Jones, 2012).

Embora este seja o significado científico do termo, temos que considerar também que ele é utilizado com significados diferentes no cotidiano. Um exemplo disso é a sua utilização como sinônimo de derreter (fundir) e vice-versa (Mozzer, 2013). Isso ocorre porque o processo de dissolução está presente em nossas vidas muito antes de termos iniciado nossa vida escolar.

Essas podem ser as possíveis razões para as diferentes concepções alternativas⁽²⁾ que as pessoas manifestam sobre o processo de dissolução. Na maioria das vezes, estas são baseadas somente nos aspectos macroscópicos ou perceptuais do fenômeno. Por exemplo, quando a dissolução do suco em água é explicada como *desaparecimento*, isso está diretamente relacionado com a não visualização do suco sólido em água (Piaget & Inhelder, 1971). Além disso, podemos ressaltar a concepção de dissolução como junção de matérias e formação de uma nova, associada à ideia de *transmutação* (Piaget & Inhelder, 1971). Concepções de dissolução como a mencionada *fusão ou derretimento* (Driver, 1985) também são muito recorrentes.

Essas diferentes ideias sobre o processo de dissolução e as considerações da literatura de que crianças são capazes de elaborar analogias, motivaram-nos a investigar a elaboração de comparações por crianças da faixa etária de 3 a 11 anos, para explicar o comportamento do suco e do giz em água, buscando estabelecer relações com a hipótese de mudança relacional de Rattermann e Gentner (1998). Esse objetivo pode ser traduzido nas seguintes questões de pesquisa:

- i) Quais os tipos de comparações crianças de 3-11 anos elaboram para explicar o comportamento do suco e do giz em água?
- ii) Que fatores determinam o tipo de comparação que elas são capazes de estabelecer?
- iii) Como os resultados desse estudo se relacionam à hipótese de mudança relacional de Rattermann e Gentner (1998)?

2. Metodologia

Nesta seção, descrevemos o percurso metodológico adotado, visando responder as questões de pesquisas propostas. Por meio de uma abordagem qualitativa, a qual envolve dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação a ser estudada, enfatizamos o processo (a elaboração de comparações pelas crianças) e não somente o produto da pesquisa (as comparações elaboradas como um fim em si mesmo) (Ludke & André, 1986).

2.1. Caracterização e seleção da amostra

Nossa amostra foi constituída por 22 crianças na faixa etária de 3 a 11 anos de uma escola particular de Belo Horizonte, as quais cursavam diferentes séries do Ensino Fundamental. Nenhuma dessas crianças havia vivenciado discussões formais sobre o processo de dissolução em sala de aula. As atividades desenvolvidas por elas em suas aulas de Ciências eram predominantemente do domínio da Biologia.

O fato de não terem estudado, formalmente, o tema dissolução foi o principal motivo que nos levou a selecionar crianças dessa realidade escolar, uma vez que nosso interesse era reconhecer as influências das experiências cotidianas no desenvolvimento de comparações e explicações sobre o tema. Somados a ele, a seleção dos 22 sujeitos de pesquisa se deu em virtude da disposição das próprias crianças em participar da pesquisa e da autorização dos pais.

Com o intuito de resguardar os princípios éticos, a pesquisa, cujos dados são apresentados neste trabalho, teve seu projeto aprovado por um Comitê de Ética, conforme Certificado de Apresentação para Apreciação Ética de número 0358.0.203.000-10; e os pais ou responsáveis pelas crianças entrevistadas assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido autorizando sua participação no estudo.

2.2. Coleta de dados

Para a coleta de dados, realizou-se entrevistas semiestruturadas com todas as crianças. As entrevistas foram guiadas por um roteiro pré-estabelecido, elaborado de acordo com a idade dos entrevistados. Esses roteiros apresentam diferenças nas solicitações realizadas aos entrevistados, em função das diferentes faixas etárias.

Para os entrevistados de 3 a 4 anos, as perguntas eram realizadas com uma linguagem mais simples, com intuito de estimular os entrevistados a observar os componentes dos sistemas e de facilitar a compreensão deles sobre o que estava sendo solicitado. Para isso, foram realizados questionamentos, como: *Você sabe o que é isso?*; *Onde você já viu isso?* (as repostas das crianças a questões como essas determinavam, por exemplo, o termo a ser utilizado para designar o giz ao longo da entrevista); *Mostra para mim o que aconteceu aqui* (materiais como papel, lápis de cor, massinha de modelar e bolinhas de isopor eram disponibilizados para que os entrevistados expressassem o que imaginavam estar acontecendo no sistema); *Parece com o que isso daqui?*.

Para os entrevistados que se encontravam na faixa etária acima de 5 anos, eram realizadas solicitações, como: *Imagine se você fosse o Super-Homem e pudesse ver como se tivesse uma lente de aumento muito potente. O que você acha que veria nesta mistura de água e giz? Por que você acha que veria isso?*; *Você poderia me mostrar isso que acabou de me explicar através de um desses materiais?*; *Com o que parece isso que você me explicou?*; ou

Você poderia fazer uma comparação para eu entender melhor isso que você está pensando?. Esse tipo de solicitação foi realizado com o intuito de favorecer a proposição/criação de explicações e comparações no nível submicroscópico (nível de representação das partículas constituintes dos materiais observados) ou algo próximo disso.

Esse roteiro era adaptado à medida que a pesquisadora sentia a necessidade de auxiliar a compreensão do entrevistado sobre alguma pergunta ou solicitação do roteiro. Tais adaptações foram realizadas tendo em vista que é de fundamental importância a compreensão adequada das solicitações realizadas ao entrevistado, uma vez que ele terá que formular uma explicação para o fenômeno que será observado; ou, ainda, para que o entrevistador compreenda melhor as ideias expressas pelo entrevistado (Ludke & André, 1986).

Apesar de também investigar o raciocínio analógico das crianças, o percurso metodológico utilizado em nosso estudo se diferencia dos estudos realizados por Rattermann e Gentner (1998) e por Goswami e Brown (1989), uma vez que nele, as próprias crianças são solicitadas a elaborar suas comparações em situação de entrevista. Em contrapartida, nos estudos mencionados, as crianças eram solicitadas a identificar similaridades entre figuras de objetos pré-definidas e apresentadas pelos pesquisadores a elas.

Os entrevistados eram solicitados a elaborar comparações para explicar o comportamento dos sistemas giz e água e suco em pó e água. Esses sistemas foram escolhidos porque o giz e o suco se comportam de forma diferente quando colocados em água. Enquanto o giz não se dissolve em água de forma perceptível, o suco em pó o faz. Consideramos que essa diferença no comportamento dos sistemas poderia aguçar a curiosidade dos entrevistados e estimulá-los a proporem explicações e comparações. Além disso, a familiaridade deles com os componentes dos sistemas também foi entendida como um possível fator de engajamento dos entrevistados na realização das atividades propostas durante a entrevista.

De maneira geral, num primeiro momento, o entrevistado era solicitado a observar e descrever um pedaço de giz branco. Após esta etapa, solicitava-se que o entrevistado previsse o comportamento do giz quando colocado em água. Posteriormente, o giz era colocado em um copo com água, o entrevistado solicitado a observar o que estava acontecendo no sistema e a propor uma explicação para o fenômeno.

Nos casos em que a previsão divergia da explicação proposta após a observação do fenômeno, o entrevistado era solicitado a explicar porque essas explicações foram diferentes. Em seguida, foram disponibilizados diferentes materiais (massa de modelar, bolas de isopor, folhas de papel ofício, lápis de cor, canetinha, tesoura escolar e cola) e o entrevistado solicitado a expressar suas ideias da forma que achasse mais conveniente: por meio dos diferentes materiais, de desenhos, verbalmente, ou, ainda, por escrito, no caso daqueles que eram alfabetizados. Nessa primeira etapa da entrevista, buscamos fornecer oportunidades para que o entrevistado formulasse e expressasse suas explicações para o fenômeno observado, algo que poderia facilitar a compreensão das comparações elaboradas na etapa seguinte.

Com o intuito de estimular o entrevistado a extrapolar o nível perceptual ao elaborar seus modelos e comparações, num segundo momento, ele era solicitado a imaginar que possuía um poder do tipo visão especial, por meio do qual seria possível ter um super zoom, de forma a conseguir ver tudo o que estava acontecendo no sistema. Em seguida, ele era solicitado a elaborar uma nova explicação para o que estava acontecendo no sistema giz e água e a comparar com algo familiar a ele.

Elaboradas as comparações, a entrevistadora fazia questionamentos para que o entrevistado explicitasse as correspondências e as diferenças entre o análogo escolhido por ele e o sistema giz e água. Esse procedimento foi realizado com o intuito de facilitar a compreensão da entrevistadora sobre os aspectos que fundamentavam as comparações elaboradas. Após realizar esses procedimentos para o sistema giz e água, o mesmo foi feito para o sistema suco e água.

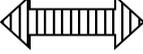
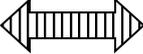
2.3. Análise dos dados

Os vídeos das entrevistas foram transcritos na íntegra, e a partir das transcrições buscamos identificar as comparações elaboradas e analisar as similaridades estabelecidas/criadas, ou seja, o processo de elaboração dessas comparações por cada entrevistado. Para preservar a identidade dos entrevistados, foram utilizados códigos constituídos pelas duas ou três letras iniciais do seu nome completo, seguidas da sua idade. Utilizou-se o código “P” para se referir à pesquisadora entrevistadora.

Para identificar os tipos de comparações (primeira questão de pesquisa) foram criados quadros nos quais as comparações estabelecidas foram mapeadas como exemplificado nos quadros 1, 2 e 3. Assim, buscamos explicitar as correspondências entre os domínios análogo e alvo estabelecidas pelos entrevistados explícita ou implicitamente, a partir de suas comparações.

Nesses quadros, as correspondências de relações de similaridade foram representadas por uma seta bidirecional preenchida, enquanto as correspondências de atributos de objeto foram representadas por uma seta bidirecional tracejada.

Quadro 1. Comparação elaborada por MEM4 para o sistema giz e água

Análogo (Bolinha de isopor)	Mapeamento	Alvo (Giz)
Branca		Branco
Apresenta furos		Apresenta furos

Quadro 2. Comparação elaborada por PO6 para o sistema giz e água

Análogo (Gelo)	Mapeamento	Alvo (Giz)
Desaparece		Desaparece
O gelo derrete na água		O giz derrete na água

Quadro 3. Comparação elaborada por AM9 para o sistema suco e água

Análogo (Bexiga com água)	Mapeamento	Alvo (Grão de Suco)
Espalhamento da água quando a bexiga cai e estoura		Espalhamento das partículas internas do grão quando em contato com a água

O quadro 1 exemplifica uma comparação de mera aparência, pois MEM4 estabeleceu somente correspondências de atributos de objeto – cor branca, furos no giz e na bolinha de isopor. No quadro 2, a comparação estabelecida por PO6 foi classificada como similaridade literal por apresentar tanto correspondência de atributos de objeto – desaparecimento do giz e do gelo do campo visual do observador, quando colocados em água – quanto de relação de similaridade entre os domínios – o processo de derretimento em ambos os domínios. Já no quadro 3, a comparação foi classificada como analogia, porque AM9 focou, exclusivamente, na relação de similaridade entre os domínios alvo e análogo - o espalhamento dos constituintes dos dois sistemas.

Todos os mapeamentos das similaridades foram considerados, independentemente de sua coerência com o que é válido cientificamente. Por isso, ainda que alguns entrevistados tenham expressado concepções alternativas sobre o processo de dissolução em suas comparações (como a de derretimento apresentada no quadro 2), tais ideias foram consideradas tendo em vista nosso interesse de investigar os tipos de comparações elaborados por eles.

Devido à limitação do número de páginas, neste trabalho não serão apresentados todos os quadros de mapeamento das comparações. Apresentaremos apenas aqueles referentes às comparações discutidas na próxima seção.

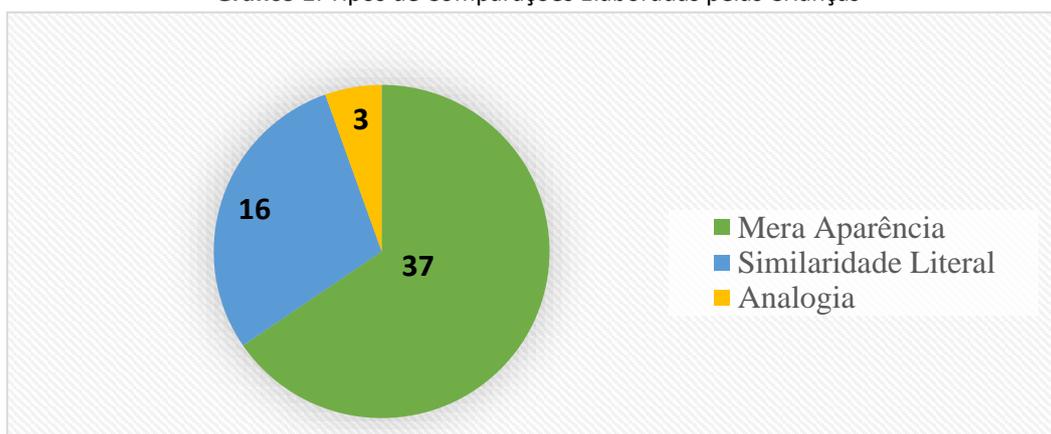
A partir dos gestos, desenhos e outros indícios que os entrevistados forneceram durante a entrevista, buscamos investigar a elaboração da comparação propriamente dita, ou seja identificar possíveis fatores determinantes nesse processo (segunda questão de pesquisa).

Com base nas evidências identificadas na análise dos resultados, que visava responder as duas primeiras questões de pesquisa deste trabalho, buscamos identificar como essas evidências corroboram com e/ou se distanciam da hipótese de mudança relacional de Rattermann e Gentner (1998) (terceira questão de pesquisa).

3. Resultados e Discussões

A partir das transcrições das entrevistas e dos quadros de mapeamento das comparações estabelecidas pelos entrevistados, elaboramos os gráficos 1 e 2, com o intuito de fornecer uma visão panorâmica dos resultados obtidos e de auxiliar na discussão das questões de pesquisa propostas neste trabalho. O gráfico 1 representa a proporção dos tipos de comparação elaboradas pelos entrevistados em relação ao todo; já o gráfico 2 apresenta a distribuição da quantidade de cada tipo de comparação elaborada em relação à idade dos entrevistados.

Gráfico 1: Tipos de Comparações Elaboradas pelas Crianças



A análise dos resultados com base no gráfico 1 indica que das 56 comparações estabelecidas pelos entrevistados, 37 foram do tipo *mera aparência*, 16 do tipo *similaridade literal* e apenas 3 (três) comparações do tipo *analogia*. Isso evidencia que os sujeitos dessa pesquisa, ao elaborarem suas comparações durante as entrevistas, focaram predominantemente em aspectos superficiais (perceptivos ou descritivos) dos objetos dos domínios comparados, com os quais possuíam maior familiaridade.

A comparação de JS4 ilustra essa situação. O entrevistado comparou a cor e a consistência da massinha de modelar e do giz para explicar o comportamento deste em água (vide quadro 4). Em suas palavras:

[P]: *E isso aqui que aconteceu com o giz parece com o quê?*

[J]: *Com massinha branca.*

[P]: *Por quê?*

[J]: *Porque eu acho que está macio e também está branco.*

Quadro 4. Comparação elaborada por JS4 para o sistema suco e água

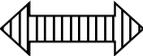
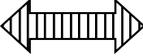
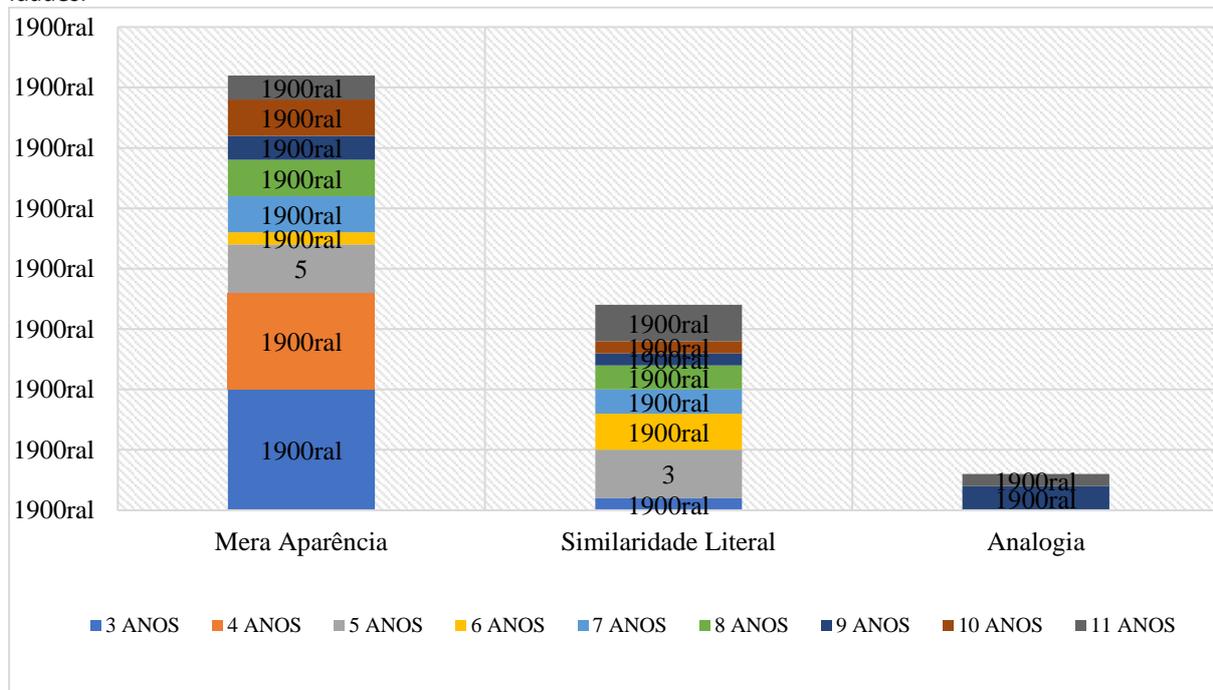
Análogo (Massinha branca)	Mapeamento	Alvo (Giz)
Cor branca		Cor branca
Macia		Macio

Gráfico 2: Quantidades dos diferentes tipos de comparações elaboradas pelos entrevistados de acordo com suas idades.



O gráfico 2 evidencia que a maioria das comparações do tipo *mera aparência* foram elaboradas por entrevistados de 3 a 5 anos. Assim, a suposição de Rattermann e Gentner (1998), de que as crianças menores podem estar limitadas a elaborar comparações mais superficiais devido à pouca experiência com o alvo, é apoiada por nossos resultados que

evidenciam que 6 (seis) dos 9 (nove) entrevistados de 3 a 5 anos elaboraram, exclusivamente, comparações de mera aparência. Conforme a idade aumentava, esse tipo de comparação apareceu em menor número. Apesar disso, encontramos entrevistados maiores de 6 anos elaborando comparações do tipo mera aparência.

Algo que também fica evidente no gráfico 2 é a distribuição, praticamente uniforme, das comparações do tipo *similaridade literal* entre os entrevistados de 5, 6, 7, 8 e 11 anos de idade (variando de 2 a 4 comparações). Contudo, a elaboração desse tipo de comparação não se restringiu às faixas etárias mencionadas, uma vez que encontramos também um entrevistado de 3 anos (GM3) elaborando comparação do tipo *similaridade literal*. O trecho transcrito a seguir e o quadro 5 trazem essa comparação e o seu mapeamento:

- [P]: *E isso aqui parece o quê mesmo?*
 [GM3]: *Sorvete.*
 [P]: *Por que parece com o sorvete?*
 [GM3]: *Porque ficou mole e virou suco de uva.*

Quadro 5 - Comparação elaborada por GM3 para o sistema suco e água

Análogo (Sorvete)	Mapeamento	Alvo (Pó de Suco)
Mole		Mole
Derrete		Derrete

Nessa comparação podemos perceber que o entrevistado focou em aspectos perceptuais (consistência do sorvete derretido e do grão de suco dissolvido em água) e na relação de similaridade entre os processos (derretimento do sorvete e do suco). Isso nos leva a acreditar, em consonância com Goswami e Pauen (2005), May et al, (2006) e Ratterman e Gentner (1998), que crianças muito jovens podem estabelecer similaridades literais (baseadas em atributos de objeto e relações), sugerindo que o raciocínio analógico se inicia em uma idade muito precoce.

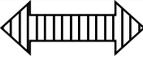
Através da comparação elaborada por GM3 podemos perceber, ainda, uma possível concepção alternativa, já identificada na literatura e que foi comum nas comparações de outros 4 entrevistados (AP5, PO6, CN8 e CA11) nessa pesquisa: o processo de dissolução como *derretimento* (Driver, 1985). O fato dessa concepção ser recorrente na fala dos entrevistados pode estar relacionado às suas experiências cotidianas com o derretimento da água ou de um sorvete, por exemplo.

CN8, por exemplo, comparou o giz com o gelo, pois para este entrevistado ambos derretem ao serem adicionados em água. Isso fica evidente na transcrição e no quadro 6 apresentados a seguir:

- [P]: *Eu quero que você tente imaginar o que vai acontecer quando a gente colocar ele aqui na água.*
 [CN8]: *Vai virar uma pasta.*
 [P]: *Me explica melhor isso.*
 [CN8]: *Ele vai derreter e virar uma cor aqui dentro da água.*
 [P]: *Que cor ele vai virar dentro da água?*
 [CN8]: *Branca.*
 [P]: *Porque branca?*

- [CN8]: *Porque o giz é branco.*
 [P]: *E porque você acha que ele vai virar uma pasta?*
 [CN8]: *Porque ele é forte, resistente, ele quebra, mas aqui dentro da água ele vai ficar mole.*
 [P]: *Ele é resistente por quê? Como ele é resistente?*
 [CN8]: *Resistente para segurar.*
 [P]: *E o que é derreter?*
 [CN8]: *Como se fosse o gelo e virasse água.*

Quadro 6 - Comparação elaborada por CN8 para o sistema giz e água.

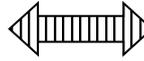
Análogo (Gelo)	Mapeamento	Alvo (Giz)
Líquido (água)		Pasta branca
Derrete		Derrete

Além dessa, outras concepções alternativas sobre o processo de dissolução foram identificadas nas comparações das crianças GM3, EM5, PO6, DA8, AM9, ALC9 e PR10, por exemplo: a dissolução como *desaparecimento* e como *desintegração* (Piaget & Inhelder, 1971).

DA8, por exemplo, conjugou em sua comparação ambas as concepções alternativas quando comparou o comportamento do papel e do giz em água. O trecho transcrito a seguir e o quadro 7 ilustram essas ideias.

- [DA8]: *Como a gente não iria poder respirar a gente iria morrer. Mas no caso dessas partículas elas iriam se desintegrar.*
 [P]: *Elas iriam se desintegrar?*
 [DA8]: *Aí tipo se isso virasse papel ele iria derreter e sumir, mas talvez ele saia e vai para a ventilação de ar.*
 [P]: *Isso que aconteceu com o giz é parecido com o que?*
 [DA8]: *Com o papel.*
 [P]: *Mas me fala o que é semelhante e o que não é com o papel.*
 [DA8]: *O papel é feito da madeira e o giz eu já nem sei de que ele é feito.*
 [P]: *E isso é uma diferença ou semelhança?*
 [DA8]: *Uma diferença.*
 [P]: *E a semelhança?*
 [DA8]: *Ele se desintegra.*

Quadro 7 - Comparação elaborada por DA8 para o sistema giz e água.

Análogo (Papel)	Mapeamento	Alvo (Giz)
O papel se desintegra na água		O giz se desintegra na água
Derrete		Derrete

No que se refere às analogias, apenas três comparações deste tipo foram elaboradas: duas por dois entrevistados de 9 anos e uma por um entrevistado de 11 anos. VP11, por exemplo, comparou a dissolução de uma pílula em água com a dissolução do suco em pó em

água, conforme quadro de mapeamento 8. Ele explicou e representou este processo com massinha de modelar, conforme o trecho transcrito a seguir e a representação da Figura 1.

[P]: *Isso que você me explicou aqui que aconteceu com o suco se parece com o quê?*

[VP11]: *Eu pensei em uma pílula, porque tem remédio que a gente joga na água e ele dissolve.*

[P]: *E isso seria parecido em quê?*

[VP11]: *Eu acho que é parecido, porque a água tem a mesma função. A água dissolve, penetrando dentro da pílula dissolvendo, fazendo com que as partículas que não são totalmente juntas se dissolvem [sic].*

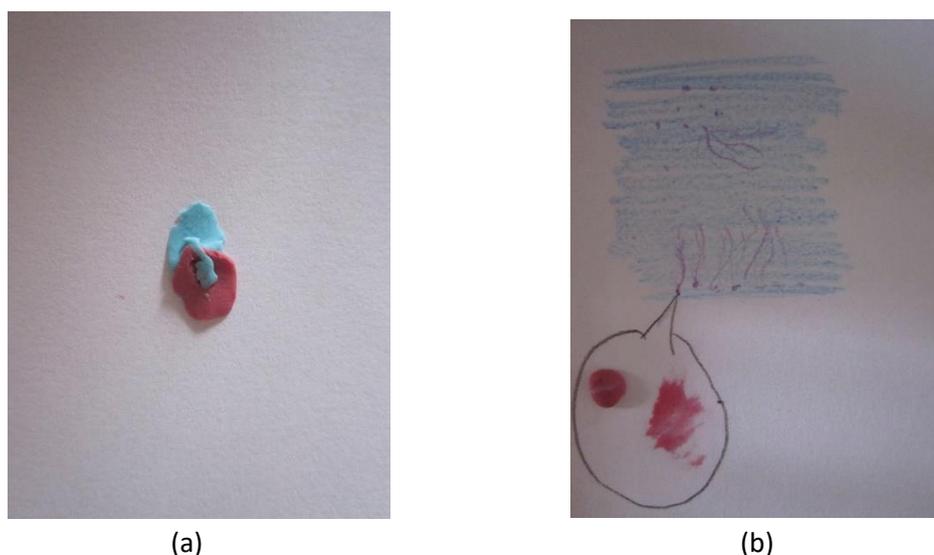


Figura 1 - Representação do entrevistado VP11 do comportamento do sistema suco em pó em água: (a) penetração da água no grão; (b) separação das partículas do grão pela água.

Quadro 8 - Comparação elaborada por VP11 para o sistema suco e água.

Análogo (Pílula)	Mapeamento	Alvo (Suco)
Formado por pequenas partículas distantes umas das outras	↔	Formado por pequenas partículas ⁽³⁾ distantes umas das outras
Penetração da água entre as partículas e sua separação e dissolução	↔	Penetração da água entre as partículas e sua separação e dissolução

Nessa comparação, o entrevistado considerou que, assim como o comprimido, o pó de suco é formado por partículas e que, para que a dissolução ocorra na água, suas partículas (do suco e da pílula) deveriam se afastar, ou seja, ocorreria um processo de espalhamento dessas partículas que seria ocasionado pela água. A figura 1 também nos fornece indícios dessas ideias, uma vez que nela VP11 representou a água penetrando no grão do suco (figura 1a) e separando suas partículas (pequenos riscos que saem dos pontos rosa na figura 1b). Isso indica certo grau de abstração nas ideias apresentadas por VP11.

A comparação elaborada por VP11 dá indícios de que ele pode apresentar uma concepção alternativa já identificada na literatura: o processo de dissolução como espalhamento do soluto ou de suas partículas no solvente (Piaget & Inhelder, 1971; Mozzer, 2013). Essa concepção também foi identificada nas comparações elaboradas por PO6 e AM9.

Algo que chama atenção em nossos resultados é o número reduzido de analogias elaboradas pelos entrevistados (3 analogias). Sob nosso ponto de vista, isso ocorreu porque a elaboração desse tipo de comparação exige que os indivíduos ignorem as características físicas e descritivas entre os domínios em prol das relações de similaridade existentes entre eles. Além disso, temos que considerar que as crianças que participaram dessa pesquisa ainda não haviam estudado sobre a dissolução em seu processo de escolarização, o que poderia justificar o número reduzido de analogias elaboradas.

Em contrapartida, no estudo realizado por Mozzer (2013) com estes mesmos sistemas (giz e água e pó de suco em água) observou-se um maior número de analogias. Essa diferença pode ser justificada em função do maior número de experiências com o domínio alvo que os indivíduos daquela pesquisa apresentavam, tendo em vista que a pesquisa foi realizada com adolescentes na faixa etária de 14-15 anos que, inclusive, já haviam discutido esse conceito formalmente em seu processo de escolarização, o que possivelmente contribuiu para que eles apresentassem um conhecimento mais elaborado sobre o alvo.

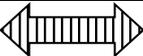
Em suma, encontramos crianças maiores elaborando comparações de *mera aparência* e crianças menores elaborando comparações do tipo *similaridade literal*. Com isso, notamos que não há um nível de maturidade associado à idade dos entrevistados, que os capacite para a elaboração de similaridades relacionais. Dessa forma, os nossos resultados são coerentes com os de Rattermann e Gentner (1998), os quais evidenciam que o que determina o tipo de comparação que os entrevistados podem estabelecer são as experiências vivenciadas por eles, bem como o conhecimento que eles possuem sobre determinado domínio.

Em nosso estudo, percebemos que os fenômenos do cotidiano, bem como as experiências vivenciadas pelos entrevistados, foram determinantes na elaboração das comparações. Isso fica evidente, por exemplo, na comparação elaborada por CA11 para o comportamento do sistema giz e água, conforme apresentado no trecho e no quadro 9 a seguir:

[P]: *E com o que isso [se refere ao sistema giz e água] é parecido?*

[C]: *Com o refrigerante, que solta bolhas quando a gente abre.*

Quadro 9 - Comparação elaborada por CA11 para o sistema giz e água.

Análogo (Refrigerante)	Mapeamento	Alvo (Giz)
Bolhas		Bolhas
O refrigerante solta bolhas quando é aberto		O giz na água solta bolhas

Como podemos observar a partir dessa comparação, o entrevistado utilizou como análogo algo do seu cotidiano, que seria o fato de que ao abrir um refrigerante este solta bolhas, de forma similar ao que acontece quando o giz é colocado na água.

Outra situação na qual ficou evidente a influência do conhecimento sobre os domínios alvo e análogo para a elaboração de comparações foi a comparação elaborada por VP11 e discutida anteriormente. Nela, podemos observar a influência do seu conhecimento, relativamente mais elaborado, sobre a constituição da matéria, uma vez que ele conseguiu relacionar o fato de que tanto na pílula, quanto no suco, a água tem a função de separar e dissolver as partículas do soluto *que não são totalmente juntas*. Por meio dessa comparação, o entrevistado evidenciou imaginar que a pílula e o suco são formados por partículas menores

distantes umas das outras, ainda que estas tenham sido entendidas em escala mesoscópica⁽⁴⁾. Assim, essa comparação demonstra um maior nível de abstração no entendimento do processo de dissolução por VP11, em relação aos demais entrevistados, realçando a influência de seu conhecimento um pouco mais elaborado sobre os domínios análogo e alvo.

Sobre a hipótese de mudança relacional, proposta por Rattermann e Gentner (1998), é possível notar nas comparações elaboradas pelos entrevistados que há uma tendência, com o passar dos anos, das comparações estabelecidas passarem daquelas de atributos de objetos para aquelas de relações de similaridade, ou seja, passarem de superficiais e visuais como as de mera aparência para comparações mais profundas como as similaridades literais e as analogias. Isso pode evidenciar que, à medida que os sujeitos vivenciam diferentes experiências (com destaque para as escolares, mas não restritas a essas) o seu conhecimento sobre o alvo progride.

Em nosso trabalho, isso foi evidenciado pelos fatos de que a maioria das comparações do tipo mera aparência foram elaboradas por entrevistados entre 3 e 5 anos e de que na medida em que a idade dos entrevistados aumentava, o número de comparações mais profundas como as analogias e as similaridades literais também aumentava.

Conclusões e implicações

Muitas vezes utilizamos as analogias para explicar conceitos ou situações de difícil compreensão para nós ou para os outros. Com as crianças não é diferente. Em geral, elas recorrem, espontaneamente, às analogias para explicar algo de que elas têm pouco domínio ou para dar sentido a algum fenômeno (May *et al.*, 2006).

Se, por um lado, esses autores acreditam que crianças são capazes de estabelecer relações de similaridade entre domínios que são familiares a elas, por outro, segundo as ideias de Piaget (1995), isso não seria possível antes dos 7 anos de idade, ou seja, antes do estágio operatório-concreto. Isso, por considerar que as crianças ainda não teriam o grau de abstração necessário para o reconhecimento ou criação de relações de similaridade e, portanto, não seriam capazes de estabelecer uma analogia.

Diante disso, em nosso estudo, investigamos as comparações elaboradas por crianças de 3-11 anos com o objetivo de investigar como elas elaboram comparações para explicar o comportamento do suco e do giz em água. Buscamos, também, estabelecer relações entre os nossos resultados e a hipótese de mudança relacional de Rattermann e Gentner (1998), a partir das três questões de pesquisa, cujas respostas são discutidas a seguir.

Em relação a *quais os tipos de comparações as crianças de 3-11 anos elaboram para explicar o comportamento do suco e do giz em água* (primeira questão de pesquisa), nossos resultados evidenciam que a maioria das comparações estabelecidas pelos entrevistados foi do tipo *mera aparência*, indicando que os sujeitos dessa pesquisa, focaram sobretudo em aspectos superficiais, com os quais eles possuíam maior familiaridade. Apesar disso, foram encontradas, em menor número, comparações do tipo *similaridade literal* e *analogia*.

As comparações do tipo *mera aparência* foram elaboradas, predominantemente, pelos entrevistados na faixa etária de 3-5 anos. Entretanto, em nossos resultados tivemos crianças de 3 anos elaborando comparação do tipo *similaridade literal*. Isso nos indica que, contrariamente às ideias de Piaget (1995), muito antes dos 7 anos, as crianças são capazes de elaborar comparações que envolvem o estabelecimento de relações de similaridade entre os domínios. De forma similar, tivemos também crianças maiores de 11 anos elaborando comparação do tipo *mera aparência*. Esses resultados, levam-nos a concluir que a idade não é o fator determinante do tipo de comparação elaborado pelas crianças.

No que diz respeito a este aspecto, a análise do processo de elaboração de comparações também nos forneceu evidências sobre os *fatores que determinam o tipo de comparação que as crianças são capazes de estabelecer* (segunda questão de pesquisa). Foi possível notar que as experiências que as crianças vivenciaram - tanto em variedade, quanto em quantidade - ao longo da sua vida, e o conhecimento que elas possuem sobre os domínios comparados foram determinantes. Isso porque, em sua maioria, os entrevistados utilizaram análogos do cotidiano em suas comparações, por exemplo, o refrigerante e o sorvete.

Esse pode ser um dos motivos pelos quais encontramos resultados tão diferentes daqueles obtidos por Mozzer (2013) em seu estudo envolvendo a elaboração de comparações por adolescentes na faixa etária de 14-15 anos. Consideramos que o maior número de experiências que os entrevistados daquela pesquisa possuía com o domínio alvo (incluindo as experiências escolares) contribuíram para que eles focassem suas comparações nas relações de similaridade existentes entre este e o domínio análogo e não nas características superficiais, como ocorreu de forma predominante com as crianças do nosso estudo.

Em resposta a nossa terceira questão de pesquisa sobre as *possíveis relações entre os resultados desse estudo e a hipótese de mudança relacional de Rattermann e Gentner (1998)*, nossos resultados corroboram com a proposição de que há uma tendência, com o passar dos anos, de que as comparações estabelecidas se tornem mais profundas, como as analogias e as similaridades literais. Como discutido por Rattermann e Gentner (1998) e evidenciado neste trabalho isso ocorre não devido à idade das crianças, mas às diferentes experiências que elas vivenciam à evolução de seu conhecimento sobre o mundo.

A análise das comparações dos entrevistados nos permitiu, ainda, identificar concepções alternativas relacionadas ao processo de dissolução (por exemplo, a dissolução como derretimento, desaparecimento, espalhamento e desintegração) muito comuns entre os estudantes de Ciências. Considerando que as crianças participantes desta pesquisa ainda não haviam passado por um processo de discussão formal sobre dissolução, isso reforça a influência das experiências cotidianas na elaboração desse conceito.

Vale ressaltar que os pontos de convergência entre as ideias de Gentner e Rattermann (1998) e as de Goswami e Brown (1989), discutidos na revisão da literatura, consideram que as analogias podem desempenhar um papel de destaque no ensino, uma vez que as relações de similaridade presentes neste tipo de comparação podem favorecer o desenvolvimento dos conhecimentos curriculares almejados pelo professor. No que se refere ao ensino de Química, elas se tornam ainda mais importantes considerando que esta ciência envolve entidades e conceitos abstratos e de difícil compreensão para os estudantes, como o conceito de dissolução (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1999).

Portanto, os aspectos mencionados apontam a potencialidade das analogias para a identificação de possíveis concepções alternativas e para a elaboração de significados de conceitos científicos. Diante disso, destacamos a necessidade de uma formação contínua por parte dos professores de Ciências dos diferentes níveis de ensino que aborde, entre outros recursos, as comparações dos estudantes, visando auxiliá-los de forma mais efetiva no processo de significação do conhecimento científico, o qual envolve diferentes conceitos, como o de dissolução discutido neste trabalho.

Referências Bibliográficas

Acher, A.; Arcá, M.; & Sanmartí, N. (2007). Modeling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education. *Science Education*, 91 (3), 398-418.

- Atkins, P.W. & Jones, L. (2012). Equilíbrios físicos. In: Atkins, P.W. & Jones, L. *Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente* (Alencastro, R.B, Trad.), 5. ed., (pp. 333-382), Porto Alegre: Brookman.
- Driver, R. (1985). Beyond Appearances: The Conservation of Matter under physical and chemical transformations. In: Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (Eds.). *Children's ideas in science* (pp 145-169). Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E.; Scott, P. (1999) Construindo conhecimento científico na sala de aula. *Química Nova na Escola*, 9 (5) pp. 31-40.
- Gentner, D. (1988). Metaphor as structure mapping: The relational shift. *Child development*, 59 (1), 47-59.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive science*, 7 (2), 155-170.
- Gentner, D. (1989). The mechanisms of analogical learning. In: Vosniadou, S. & Ortony, A. (Red.). *Similarity and analogical reasoning* (pp. 199-241). Cambridge: Cambridge University Press.
- Gentner, D. & Holyoak, K.J. (1997). Reasoning and learning by analogy: Introduction. *American psychologist*, 52 (1), 32-34.
- Gentner, D. & Rattermann, M.J. (1991). Language and the career of similarity. In: Gelman, S. A. & Bymes, J.P. (Eds.). *Perspectives on thought and language: Interrelations in development* (pp. 225-277). London: Cambridge University Press.
- Gentner, D. & Markman, A.B. (1997). Structure mapping in analogy and similarity. *American psychologist*, 52 (1), 45-56.
- Glynn, S.M. (1991). Explaining science concepts: A teaching-with-analogies model. In: Glynn, S., Yearny, R.H. & Britton, B.K (Eds.) *The psychology of learning science* (pp. 219-240). Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum.
- Goswami, U. & Brown, A.L. (1989). Melting chocolate and melting snowmen: Analogical reasoning and causal relations. *Cognition*, 35 (1), 69-95.
- Goswami, U. & Pauen, S. (2005). The effects of a "family" analogy on class inclusion reasoning by young children. *Swiss Journal of Psychology*, 64 (2), 115-124.
- Harrison, A.G. & Treagust, D.F. (2006). Teaching and learning with analogies: friend or foe?. In: Aubusson, P. J.; Harrison, A. G & Ritchie, S. M. (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 11-24). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Justi, R. & Gilbert, J. (2006). The Role of Analog Models in the Understanding of the Nature of Models in Chemistry. In: Aubusson, P.J., Harrison, A.G. & Ritchie, S.M (Eds.). *Metaphor and analogy in Science Education* (pp. 119-130). Dordrecht: Springer.
- Lüdke, M. & André, M.E. (1986). *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU.
- May, D.B., Hammer, D. & Roy, P. (2006). Children's analogical reasoning in a third-grade science discussion. *Science Education*, 90 (2), 316-330.
- Mozzer, N. B. (2008). *O ato criativo de comparar: um estudo das analogias elaboradas por alunos e professores de ciências*. Dissertação de Mestrado, Programa de pós-Graduação da Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- Mozzer, N.B. (2013). *O entendimento conceitual do processo de dissolução a partir da elaboração de modelos e sob a perspectiva da Teoria de Campos Conceituais*. Tese de Doutorado, Programa de pós-Graduação da Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

- Mozzer, N. B., & Justi, R. (2015). Nem tudo 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.
- Nakhleh, M.B. (1992). Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69 (3), 191-196.
- Nottis, K.E.K. & McFarland, J. (2001). A comparative analysis of pre-service teacher analogies generated for process and structure concepts. *Electronic Journal of Science Education*, 5 (4), Disponível em <http://unr.edu/homepage/crowther/ejse/knottisetal.html>. Acesso 24 fev 2020.
- Oliva, J.M.; Aragón, M.M.; Mateo, J.; & Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica basada en la investigación para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 453-470.
- Piaget, J. (1995). *Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais*. Porto Alegre: ArtMed.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1971). *O desenvolvimento das quantidades físicas na criança: conservação e atomismo*. Rio de Janeiro: Zahar.
- Rattermann, M.J. & Gentner, D. (1998). More evidence for a relational shift in the development of analogy: Children's performance on a causal-mapping task. *Cognitive Development*, 13 (4), 453-478.
- Souza, N.M. & Wechsler, A.M. (2014). Reflexões sobre a teoria piagetiana: o estágio operatório concreto. *Cad Educ Ens Soc*, 1 (1), 134-50.
- Thiele, R.B. & Treagust, D.F. (1991). Using Analogies in Secondary Chemistry Teaching. *Australian Science Teachers Journal*, 37, 10-14.
- Vosniadou, S. (1989). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: A developmental perspective. In: Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and analogical reasoning* (pp 413-437). Cambridge: Cambridge University Press.
- Wilbers, J. & Duit, R. (2006). Post-festum and heuristic analogies. In: Aubusson, P.J., Harrison, A. & Ritchie, S.M. (Eds.). *Metaphor and analogy in science education* (pp. 37-49). Dordrecht: Springer.

Notas

- (1) “Um esquema é a estrutura ou organização de ações, à medida que elas são transferidas ou generalizadas na repetição da ação em circunstâncias semelhantes ou análogas” (Piaget & Inhelder, 1990. p.15).
- (2) Qualquer conceito cujo significado seja diferente do científico comumente aceito para o mesmo termo (Nakhleh, 1992).
- (3) Partículas entendidas como pequenas partes do grão de pó de suco por VP11.
- (4) O termo tem sido usado na ciência dos materiais para se referir à menor unidade de cada material que pode explicar as propriedades do mesmo. Em outras palavras, uma escala mesoscópica de representação é aquela que poderíamos “situar” entre o nível macroscópico e o submicroscópico (Acher & Sanmartrí, 2007).