

**ANALOGIAS NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS  
CONTRIBUTOS E DESAFIOS**  
(Analogies in science education: contributions and challenges)

**Maria da Conceição Duarte**  
Instituto de Educação e Psicologia  
Universidade do Minho  
Braga, Portugal

**Resumo**

Uma analogia é, frequentemente, entendida como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios de conhecimento diferentes, um conhecido e outro desconhecido. Vários autores têm acentuado a importância das analogias como uma ferramenta valiosa no ensino e aprendizagem das ciências, especialmente de conceitos com um maior grau de dificuldade. Contudo, alguns problemas têm sido associados à sua utilização. Neste trabalho procuraremos contribuir para uma melhor compreensão da utilização de analogias na educação em ciências, através de uma revisão do estado da arte da investigação sobre analogias. Com base nessa revisão serão equacionados contributos para a educação em ciências, bem como alguns dos desafios que se colocam para a investigação nesta área.

**Palavras-chave:** analogia; ensino e aprendizagem das ciências; investigação em educação em ciências

**Abstract**

An analogy is a comparison between domains of knowledge that have similarities at the levels of characteristics and relationships. Several authors highlight the importance of this tool in the teaching and learning of difficult scientific concepts. Nevertheless, some problems associated to the use of analogies have been found. This paper aims at contributing to a better understanding of the use of analogies in science education, by means of a review of the state of art regarding this matter. It will take into account its contribution to science education as well as the challenges to further research.

**Key-words:** analogy; science teaching and learning; research in science education

**Introdução**

Ao abordarmos a problemática das analogias na educação em ciências, não podemos deixar de fazer uma referência, ainda que breve, à sua origem e à sua utilização na História da Ciência.

A origem do pensamento analógico remonta, muito provavelmente, ao aparecimento da linguagem (Curtis & Reigehluth, 1984). As primeiras teorias sobre a analogia e a metáfora surgiram na Grécia clássica e são atribuídas a Aristóteles (séc. IV AC), para quem a metáfora era “a marca dos génios”. A analogia tem constituído, desde então, um recurso para os teóricos da argumentação, diferentemente utilizada pelos poetas, teólogos ou filósofos que lhe

reservam uma intenção estética, procurando provocar a surpresa, na medida em que pode ser considerado um recurso estilístico que reflecte um modo original, diferente de ver e falar do mundo; para os cientistas, ela é interpretada como um guia das investigações empíricas, sendo posteriormente eliminada após ter exaurido o seu papel.

Ao longo da História da Ciência existem inúmeros exemplos de como a analogia foi utilizada e contribuiu para o avanço das ciências nas mais diversas áreas disciplinares (ver a este propósito os exemplos fornecidos por Glynn, 1991 e Gordon, 1974). Aliás, o papel atribuído à analogia na descoberta científica está bem patente na seguinte afirmação proferida por Faraday, em 1845, numa carta que escreveu a um amigo:

“Difícilmente pode imaginar como luto para utilizar as minhas ideias poéticas na descoberta de analogias e figuras remotas relativas à terra, ao sol e a toda a classe de objectos – porque acredito que é a forma verdadeira (corrigida pelo discernimento) de levar a cabo uma descoberta”. (citado em Sutton, 1996, p. 8).

Contudo, só há cerca de três décadas começa a ter expressão a investigação sobre analogias na educação em ciências. Antes de abordarmos as razões que poderão ter contribuído para esse facto, a questão que se coloca é a seguinte: De que falamos quando falamos de analogias?

### **Sobre o conceito e objectivos da Analogia**

Originariamente, analogia era um conceito matemático que significava “proporção” (Haarapanta, 1992). Contudo, posteriormente, ela desvia-se desta visão tecnicista na medida em que se considera que não corresponde a uma identidade de duas relações, mas antes assegura uma similitude de correlações (Perelman, 1993). A analogia não pressupõe, portanto, a existência de uma igualdade simétrica, mas antes uma relação que é assimilada a outra relação, com a finalidade de esclarecer, estruturar e avaliar o desconhecido a partir do que se conhece.

Ao percorrermos a literatura deparamo-nos com várias definições de analogia, de acordo com as perspectivas teóricas dos autores. Assim, para alguns, a analogia é entendida como um processo cognitivo que envolve uma comparação explícita de duas “coisas”, uma defição de informação nova em termos já familiares (Newby, 1987), ou um processo através do qual se identificam semelhanças entre diferentes conceitos, sendo um deles conhecido, familiar, e o outro desconhecido (Glynn, 1991). Outros ainda, como Duit (1991) e Treagust *et al* (1992), definem a analogia como uma comparação baseada em similaridades entre estruturas de dois domínios diferentes, um conhecido e outro desconhecido; demarcam-se, deste modo, da consideração da analogia como uma mera comparação entre semelhanças superficiais, entre atributos presentes nos domínios considerados. Os autores aproximam-se, nesta formulação, à distinção feita por Gentner (1988) entre quatro tipos de similaridades - “analogia” (analogy), “semelhança literal” (literal similarity), “abstracção relacional” (relational abstraction) e “simples aparência” (mere-appearance match) – e onde apenas a última se refere ao simples cartografar de atributos.

Apesar das diferenças, em todas as definições se reconhece que a analogia envolve o estabelecimento de comparações ou relações, entre o conhecido e o pouco conhecido ou desconhecido.

Mas a comparação e o acentuar de semelhanças, referidos pelos diferentes autores, podem ser direccionados para atingir diferentes objectivos educacionais. Distinguem-se dois que se prendem com as “funções explicativa/comunicativa *versus* inferencial/generativa” da analogia (Dagher, 2000, p. 180). Desta forma, fala-se em analogias simples ou proporcionais, que visam ver ou criar semelhanças entre as duas situações, conhecida e desconhecida; e analogias preditivas que implicam a previsão de mais semelhanças a partir das existentes (Indurkha, 1992). Ou, como referem Glynn *et al* (1989, p. 383), “ as analogias têm uma função explicativa, quando colocam conceitos e princípios novos em termos familiares; têm uma função criativa quando estimulam a solução de um problema, a identificação de um problema novo e a generalização de hipóteses”. Uma e outra destas funções podem/devem ser exploradas na educação em ciências.

### **Variabilidade terminológica associada a analogia**

A análise da literatura permite constatar a existência de uma grande variedade terminológica associada a analogia, mostrando alguma falta de acordo entre os diferentes investigadores, especialmente no que diz respeito ao termo utilizado para designar o conceito/fenómeno do domínio conhecido. Assim, enquanto que a atribuição do termo *alvo* (*target*) para o domínio desconhecido parece obter um elevado consenso, sendo reconhecido por diversos autores (por ex.: Collins & Burstein, 1989; Dagher, 1995a, Dejong, 1989; Gentner, 1989; Johnson-Laird, 1989; Palmer, 1989; Rumelhart & Norman, 1981; Thagard, 1992; Vosniadou, 1989; Vosniadou & Ortony, 1989), termos como *objecto*, *problema*, *branco*, *meta*, *tópico*, *tema*, também são referidos com o mesmo significado. O termo associado ao domínio conhecido parece ser menos consensual, aparecendo sob a designação de *foro* (Perelman, 1993), *base* ou *fonte* (*source*) (Gentner, 1989; González Labra, 1997; Oliva *et al*, 2001), *veículo* (*vehicle*) (Curtis & Reigeluth, 1984; González Labra, 1997; Nagem *et al*, 2001), *análogo* (Duit, 1991; Glynn, 1991; Newton, 2000; Thiele *et al*, 1995; Treagust *et al*, 1992) e *âncora* (Oliva *et al*, 2001).

Contudo, esta variedade não pressupõe divergência entre os autores sobre o significado atribuído aos termos. Podemos, assim, partir para a seguinte clarificação:

*Alvo, meta, tópico, tema ...*: Refere-se ao conceito/fenómeno, total ou parcialmente desconhecido, que vai ser objecto de compreensão, descrição, ilustração, explicação ou previsão, através da analogia;

*Análogo, fonte, base, veículo, foro...*: Diz respeito ao conceito/fenómeno conhecido através do qual ocorre a compreensão, descrição, ilustração, explicação ou previsão do alvo;

*Domínio*: Termo para designar a rede conceptual abrangente a que pertencem os conceitos alvo (meta, tópico, tema) e análogo (fonte, base, veículo).

### **Sobre outros conceitos associados a Analogia**

Frequentemente, o termo analogia é utilizado de forma indistinta com outros como metáfora, modelo, símile e exemplo.

Alguns autores, como Dagher & Cossman (1992) e Dagher (1995a), não procedem à distinção entre os três primeiros e falam de analogia conotando-a com toda a família de

similaridades, incluindo metáforas, modelos e símiles. Nesta linha de pensamento, a analogia refere-se a todas as situações em que “se utiliza uma situação semelhante a um fenómeno não familiar que se quer explicar” (Dagher & Cossman, 1992, p.364). Por seu lado, Vosniadou & Ortony (1989) referem a existência de duas variantes de analogia: uma relação no mesmo domínio, também designado por metáfora, e uma relação entre domínios, ou simplesmente o que, em termos literários, é designado por analogia. A metáfora compara implicitamente, acentuando aspectos ou qualidades que não coincidem nos dois domínios. Perelman (1993) considera que a metáfora não é mais do que uma analogia condensada, obtida a partir da fusão do *tema* e do *foro*.

Outros autores, como Duit (1991), embora reconhecendo que a palavra modelo tem múltiplos significados, o que torna difícil a sua definição, considera que analogia não deve ser confundida com modelo, correspondendo este a uma representação de partes de estruturas do domínio alvo.

O símile não especifica detalhes acerca de quais são os elementos de cada um dos sistemas que se relacionam; parte da analogia fica de forma tácita (Oliva, 2004).

O exemplo distingue-se da analogia porque não estabelece comparações entre traços semelhantes de dois conceitos (Duit, 1991).

### **Contributos teóricos e empíricos para uma redefinição do estatuto da analogia na educação em ciências**

O desenvolvimento das designadas Ciências Cognitivas, campo multidisciplinar que integra desde a Psicologia, Filosofia da Ciência e Linguística até à Neurociência e Inteligência Artificial (Anderson, 2000), tem levado a diferentes abordagens da analogia e do seu papel no processo de aprendizagem. E, se podemos dizer que o que caracteriza melhor o estado actual dos conhecimentos nesta problemática é o de um estimulante pluralismo teórico e empírico, é bastante consensual a ideia de que a analogia se fundamenta em processos cognitivos e interaccionais e deve ser estudada no seu uso e no contexto da conceptualização, do processamento mental e da experiência individual, social e cultural (Vosniadou & Ortony, 1989).

Distinguem-se, deste modo, estudos relativos à compreensibilidade da analogia, levados a cabo por psicólogos e linguistas (por ex.: Kittay, 1987; Tourangeau & Sternberg, 1981), e dos factores que a influenciam, nomeadamente: o contexto onde a analogia está inserida (Gibbs, 1987; Vosniadou, 1989) e o desenvolvimento cognitivo dos indivíduos (Gentner & Ratterman, 1992; Vosniadou, 1989). Mas, destacam-se também, entre outros, estudos relativos aos processos analógicos envolvidos na aprendizagem (Rumelhart & Norman, 1981), às relações entre a analogia e o raciocínio analógico (Gentner, 1989; Gick & Holyoak, 1983; Klein, 1987; Vosniadou, 1989) e a analogia e diversas competências cognitivas, de onde se realçam as relações entre: analogia e percepção (Rheingold, 1985; Vigotsky, 1979), analogia e imaginação (Ricoeur, 1983), analogia e criatividade (MacCormac, 1988; Johnson-Laird, 1989), analogia e memória (Anderson, 2000; MacCormac, 1988) e analogia e resolução de problemas (Anderson, 2000; Clement, 1988; Gick & Holyoak, 1980; Rumelhart & Norman, 1981). Embora se possa dizer que é possível constatar, no interior de cada uma destas áreas de estudo, naturais divergências entre alguns autores, o que parece emergir é a ideia de que o processo cognitivo subjacente à analogia é

baseado no raciocínio analógico, podendo envolver várias das competências cognitivas a que anteriormente se fez referência. A utilização destas leva a que a analogia estruture a compreensão conceptual individual e social pela obtenção de novos significados, promovendo, simultaneamente, o desenvolvimento dessas mesmas competências.

Mas a revalorização da analogia encontra-se também intimamente ligada a mudanças ocorridas no seio da Filosofia da Ciência. Assim, embora na visão positivista e neo-positivista se reconheça que as analogias têm na ciência um papel heurístico, de instrumento de invenção capaz de fornecer ao investigador hipóteses que o orientarão na sua investigação (Perelman, 1970), num segundo momento, o da reconstrução racional, elas desapareceriam para conferir uma dimensão proposicional ao discurso, o qual cria “a sensação que a ciência descreve a realidade independentemente das formulações linguísticas” (Gross, 1990, p. 17); ou seja, a descrição e a explicação da realidade são as tarefas da ciência e, portanto, só a linguagem literal é adequada e empiricamente respeitável para a caracterização objectiva dessa realidade. A emergência e consolidação da designada Nova Filosofia da Ciência (Duschl, 1994) vem pôr em causa muitos dos pressupostos positivistas e neo-positivistas, levando a uma nova lógica da construção do conhecimento científico, mostrando que no que se denomina de racionalidade científica entram também elementos psicológicos e sociológicos. Postula-se uma re-humanização da ciência, a que está associada uma linguagem interpretativa, onde a construção teórica não se dissocia da sua comunicação e argumentação (Sutton, 1992) e, portanto, onde a analogia passa a ter lugar. Ou seja, para além da sua capacidade heurística, a analogia confere poder discursivo ao conhecimento científico, dando uma nova visão do não observável, providenciando formas de argumentação, tornando possível quer a comunicação científica quer o desenvolvimento da ciência; ela é, por tudo isto, culturalmente intencional e socialmente significativa na ciência.

Todas estas contribuições vieram conferir um novo estatuto à analogia, incentivando a sua utilização na educação em ciências, quer ao nível da sala de aula (Dagher, 2000; Sutton, 1996), quer na formação de professores (veja-se a este propósito as recomendações presentes no currículo nacional de formação de professores para a Inglaterra e Escócia, em Bóo & Asoko, 2000; Tobin, 1990).

### **Potencialidades e dificuldades da utilização das analogias na educação em ciências**

A importância reconhecida à analogia na aprendizagem, levou a que muitos autores se refiram às potencialidades da sua utilização na educação em ciências, mas também sobre algumas das dificuldades/problemas que se colocam a essa utilização (por ex.: Duit, 1991; Newton, 2000; Treagust *et al*, 1992)).

#### *Potencialidades*

Algumas das potencialidades frequentemente aduzidas para defender a utilização das analogias no ensino das ciências são as seguintes:

1. Levam à activação do raciocínio analógico, organizam a percepção, desenvolvem capacidades cognitivas como a criatividade e a tomada de decisões;
2. Tornam o conhecimento científico mais inteligível e plausível, facilitando a compreensão e visualização de conceitos abstractos, podendo promover o interesse dos alunos;

3. Constituem um instrumento poderoso e eficaz no processo de facilitar a evolução ou a mudança conceptual;
4. Permitem perceber, de uma forma mais evidente, eventuais concepções alternativas;
5. Podem ser usadas para avaliar o conhecimento e a compreensão dos alunos.

### *Dificuldades/Problemas*

A par das potencialidades, também são apontadas algumas dificuldades/problemas que se colocam à utilização das analogias no ensino das ciências e que podemos resumir aos seguintes aspectos:

1. A analogia pode ser interpretada como o conceito em estudo, ou dela serem apenas retidos os detalhes mais evidentes e apelativos, sem se chegar a atingir o que se pretendia;
2. Pode não ocorrer um raciocínio analógico que leve à compreensão da analogia;
3. A analogia pode não ser reconhecida como tal, não ficando explícita a sua utilidade;
4. Os alunos podem centrar-se nos aspectos positivos da analogia e desvalorizar as suas limitações.

### **As analogias na investigação em educação em ciências**

Embora, como referimos no ponto anterior, haja autores que colocam reservas à introdução das analogias na educação em ciências, chamando a atenção para os problemas que existem quando se tenta tornar o conhecimento científico mais relevante e compreensível para uma grande parte dos alunos através da utilização de analogias (Duit, 1991; Gilbert, 1989; Oliva *et al*, 2001), a investigação nesta área tem tido um enorme incremento. Efectivamente, nas décadas de 80 e 90, assiste-se a uma intensificação do número de trabalhos de investigação sobre a utilização das analogias na educação em ciências. Esta tendência traduz-se em várias dezenas de trabalhos publicados, quer em revistas quer em actas de congressos, e até num número temático sobre analogias da revista *Journal of Research on Science Teaching*, publicado em 1993.

Estes trabalhos orientam-se para enfoques diversos sobre a utilização das analogias e que de alguma forma definem diferentes linhas de investigação, nomeadamente: (1) a utilização e exploração didáctica de analogias; (2) as analogias em manuais escolares; (3) as analogias na prática dos professores de ciências; (4) as analogias e as concepções de professores sobre o seu papel no processo de ensino-aprendizagem.

Procuraremos, de seguida, dar conta de estudos realizados no interior de cada linha de investigação. Não se pretende, nem isso seria possível dentro dos limites de extensão deste trabalho, apresentar detalhadamente os estudos realizados. Tentaremos, tão só, fazer uma caracterização geral da investigação e dos principais resultados obtidos.

### *Utilização e exploração didáctica das analogias*

Uma das linhas de investigação que tem tido bastante visibilidade é a que se refere a estudos onde foram utilizadas analogias com o objectivo de promover a aprendizagem dos alunos em diferentes temas/conceitos científicos. Seguindo a classificação proposta por

Dagher (1995b), num trabalho de revisão sobre alguns estudos realizados, podemos *grosso modo* considerar que se podem agrupar em duas grandes categorias: estudos onde as analogias estão inseridas em textos escritos para uso didáctico (por ex.: Bean *et al*, 1990; Gilbert, 1989; Vosniadou & Schommer, 1988) e estudos onde as analogias são apresentadas/facilitadas pelo professor/investigador (por ex.: Black & Solomon, 1987; Brown, 1994; Brown & Clement, 1989; Clement, 1993; Cosgrove, 1995; Dupin & Johsua, 1989 e 1994; Friedel *et al*, 1990; Gineste & Gilbert, 1995; Harrison & Treagust, 1993; Kaufman *et al*, 1996; Lin *et al*, 1996; Oliva *et al*, 2003; Pittman, 1999; Treagust *et al*, 1996; Vassini & Donati, 2001; Wong, 1993a,b).

Não é fácil dar conta da diversidade de estudos realizados, mas tentaremos fazê-lo por referência aos seguintes aspectos: estratégias utilizadas, responsabilidade da produção/apresentação da(s) analogia(s), utilização/não utilização de um modelo de ensino com recurso a analogias, área disciplinar investigada, níveis de ensino em que incidiram, metodologia privilegiada e principais resultados obtidos.

1- No que respeita às estratégias utilizadas, elas são variadas. Embora em todos os estudos se assumam, de um modo mais ou menos explícito, a adesão a uma abordagem construtivista, a forma de utilização das analogias varia. Assim, em alguns estudos as analogias apresentadas são da responsabilidade do professor/investigador (Black & Solomon, 1987; Brown, 1994; Brown & Clement, 1989; Clement, 1993; Cosgrove, 1995; Dupin & Johsua, 1989 e 1994; Friedel *et al*, 1990; Gineste & Gilbert, 1995; Harrison & Treagust, 1993; Lin *et al*, 1996; Oliva *et al*, 2003; Treagust *et al*, 1996; Vassini & Donati, 2001) e noutros privilegia-se a produção de analogias pelos próprios alunos (Cosgrove, 1995; Kaufman *et al*, 1996; Pittman, 1999; Wong, 1993a,b).

2- Nos estudos onde as analogias são da responsabilidade do professor/investigador observa-se o recurso a diferentes tipos de analogias, de que são exemplos: analogias sequenciais apresentadas oralmente (Dupin & Johsua, 1989 e 1994); analogias simples onde a apresentação oral é acompanhada de uma representação pictórica (Gineste & Gilbert, 1995; Harrison & Treagust, 1993; Lin *et al*, 1996; Treagust *et al*, 1996); série de analogias, incluindo “analogias ponte”, onde a apresentação oral é acompanhada de uma representação pictórica (Brown & Clement, 1989; Clement, 1993); analogias cuja apresentação é oral, pictórica e com recurso a “modelos físicos” (Oliva *et al*, 2003); série de analogias incluindo “analogias ponte” apresentadas sob a forma escrita (Brown, 1994).

Nos estudos onde há produção de analogias pelos alunos distinguem-se aqueles onde essa produção ocorre de forma não planeada (Cosgrove, 1995), de outros cujo objectivo se centra na caracterização do papel explicativo das analogias produzidas de forma espontânea pelos sujeitos (Kaufman, 1996) e, ainda, estudos onde os alunos são incentivados a produzir as suas próprias analogias na explicação dos fenómenos em estudo (Pittman, 1999; Wong, 1993a,b).

3- Um número considerável de estudos parte da identificação das concepções alternativas dos alunos no tópico/conceito em estudo (por ex.: Black & Solomon, 1987; Brown, 1994; Brown & Clement, 1989; Clement, 1993; Cosgrove, 1995; Dupin & Johsua, 1989 e 1994; González-Labra, 1997) e alguns referem-se explicitamente à utilização de um modelo de ensino com recurso a analogias (por ex.: Brown, 1994; Brown & Clement, 1989; Lin *et al*, 1996; Harrison & Treagust, 1993; Oliva *et al*, 2003; Pittman, 1999; Wong, 1993a).

4- Quanto às áreas disciplinares investigadas, o que parece predominar são estudos no âmbito da Física (Black & Solomon, 1987; Brown, 1994; Brown & Clement, 1989; Clement, 1993;

Cosgrove, 1995; Dupin & Johsua, 1989 e 1994; González-Labra, 1997; Harrison & Treagust, 1993; Lin *et al*, 1996; Treagust *et al*, 1996; Wong, 1993 a,b); e, em menor número, nas áreas da Química (Friedel *et al*, 1990; González-Labra, 1997; Oliva *et al*, 2003; Vassini & Donati, 2001) e da Biologia (Bean *et al*, 1990; Gineste & Gilbert, 1995; González-Labra, 1997; Kaufman *et al*, 1996; Pittman, 1999).

5. Os estudos centram-se essencialmente no ensino secundário (Bean *et al*, 1990; Brown, 1994; Brown & Clement, 1989; Clement, 1993; Dupin & Johsua, 1989 e 1994; González-Labra, 1997; Oliva *et al*, 2003; Treagust *et al*, 1996; Vassini & Donati, 2001; Wong, 1993 a,b) ou nos últimos anos do ensino básico (Black & Solomon, 1987; Dupin & Johsua, 1989; Lin *et al*, 1996; Pittman, 1999) e muito poucos no ensino universitário (Brown & Clement, 1989; Friedel *et al*, 1990; Wong, 1993a), e nos primeiros anos do ensino básico (Vosniadou & Schommer, 1988).

6- A metodologia de investigação utilizada é variada. Assim, alguns dos estudos, de natureza semi-experimental, utilizam um grupo experimental e um grupo de controlo (Black & Solomon, 1987; Clement, 1993; Friedel *et al*, 1990; González-Labra, 1997; Lin *et al*, 1996; Oliva *et al*, 2003; Treagust *et al*, 1996; Vosniadou & Schommer, 1988), e a avaliação dos resultados é feita com recurso a questionários, utilizados antes e após o ensino (Clement, 1993; Lin *et al*, 1996) ou só após o ensino (Oliva *et al*, 2003), questionário complementado com entrevistas (Black & Solomon, 1987; Treagust *et al*, 1996; Pittman, 1991), ou entrevistas (Vosniadou & Schommer, 1988).

Outros estudos, de natureza descritiva, utilizam questionários (Brown, 1994), entrevistas (Brown & Clement, 1989; Harrison & Treagust, 1993; Wong, 1993a) ou questionários e entrevistas (Dupin & Johsua, 1989).

7- Os resultados de alguns estudos são ambíguos (por ex.: Brown & Clement, 1989) ou negativos (Bean *et al*, 1990; Friedel *et al*, 1990), mas de uma forma geral os autores referem resultados positivos.

Estes resultados, fruto da revisão efectuada, parecem estar em concordância com os referidos nas revisões feitas por Dagher (1995b) e por Duit (1991), e podem constituir um sólido apoio à conclusão de que o raciocínio analógico pode facilitar a aprendizagem. Contudo, e como nos alerta Dagher (1995b), a aprendizagem via ensino com analogias não pode ser vista apenas em função da utilização de analogias, mas também de como elas são utilizadas, por quem, com quem e como são avaliadas. “É na consideração detalhada de todos estes factores e não apenas em alguns deles que podemos obter uma melhor compreensão da contribuição da analogia na aprendizagem das ciências” (p. 308).

### *Analogias em livros de texto*

A inclusão de analogias nos livros de texto, nomeadamente na área da Física, remonta ao século XIX. A influência de físicos como Lord Kelvin, sobre textos contemporâneos, e Maxwell, através do modelo do “circuito hidráulico” para explicar o “circuito eléctrico”, levou a que esta analogia se mantenha há mais de cem anos em livros de texto, apesar da sua comprovada inadequação (Stocklmayer & Treagust, 1994).

A incorporação de analogias nos livros de texto continua a ser defendida por diversos autores, utilizando argumentos do tipo: as analogias podem mudar a linguagem do manual, tornando-a mais compreensível e atractiva (Merzyn, 1987); elas facilitam a aprendizagem



(Gilbert, 1989); promovem uma codificação mais rápida da informação e a sua mobilização (Royer & Cable, 1976); activam estruturas cognitivas (Mayer, 1985); e aumentam a imaginação do aluno, ajudando à formação de imagens mentais que facilitam a construção de novas estruturas conceptuais (Schallert, 1980).

A investigação no âmbito dos livros de texto, no que respeita à inclusão de analogias, contempla estudos diversificados que podemos resumir fazendo referência a alguns aspectos como: objectivos; metodologia de análise; níveis de escolaridade investigados; áreas disciplinares mais contempladas; e principais resultados.

1. Os principais objectivos perseguidos passam, nomeadamente, por identificar:

- a presença/ausência de analogias, as relações analógicas (estruturais, funcionais ou as duas), o formato de apresentação (apenas escritas ou escritas acompanhadas de figuras) e a sua frequência (Ângelo, 2000; Ângelo & Duarte, 2001; Curtis & Reigeluth, 1984; Glynn *et al*, 1989; González *et al*, 2000; Monteiro & Justi, 2000; Newton, 2003; Stocklmayer & Treagust, 1994; Thiele & Treagust, 1995; Thiele *et al*, 1995);
- a posição no texto do análogo relativamente ao alvo (Curtis & Reigeluth, 1984; Newton, 2003; Monteiro & Justi, 2000; Thiele & Treagust, 1995);
- a inclusão de uma estratégia de identificação da analogia (González *et al*, 2000; Monteiro & Justi, 2000; Thiele & Treagust, 1995);
- a referência a limitações associadas à analogia (González *et al*, 2000; Monteiro & Justi, 2000; Thiele & Treagust, 1995);
- a referência ao uso de analogias na introdução do manual (Glynn *et al*, 1989), etc.

2. Alguns dos objectivos referidos no ponto anterior derivam do facto da metodologia utilizada em alguns dos estudos realizados ter por base a classificação proposta por Curtis & Reigeluth (1984).

3. Os estudos têm recaído sobre livros de texto de diferentes níveis de escolaridade, que vão desde o ensino básico ao ensino universitário, embora com um predomínio nos níveis de escolaridade mais altos.

4. As áreas disciplinares são igualmente diversificadas, incluindo a Química (Ângelo, 2000; Curtis & Reigeluth, 1984; Monteiro & Justi, 2000; Newton, 2003; Thiele & Treagust, 1995; Thiele *et al*, 1995), mas também a Biologia (Ângelo & Duarte, 2001; Newton, 2003; Thiele *et al*, 1995), a Física (Glynn *et al*, 1989; Newton, 2003; Stocklmayer & Treagust, 1994) e a Geologia (Ângelo, 2000; Newton, 2003).

5. As principais conclusões retiradas são as seguintes:

- Existem grandes diferenças entre os livros de texto, quer na quantidade quer na qualidade das analogias incluídas (Ângelo & Duarte, 2001; Curtis & Reigeluth, 1984; González *et al*, 2000; Monteiro & Justi, 2000; Newton, 2003; Thiele & Treagust, 1995; Thiele *et al*, 1995).
- Em muitos livros de texto não é feita qualquer tentativa de descrever o análogo ou de mostrar como se deviam usar as analogias fornecidas (Curtis & Reigeluth, 1984; González *et al*, 2000).
- A maioria dos livros de texto analisados não fazem referência às limitações das analogias (Curtis & Reigeluth, 1984; González *et al*, 2000; Thiele & Treagust, 1995).
- O repertório de boas analogias parece ser limitado (Ângelo & Duarte, 2001; Curtis & Reigeluth, 1984; Glynn *et al*, 1989).

- Mesmo os livros de texto que contêm uma “introdução” (onde são dadas informações sobre a organização do manual) não referem as analogias (nem sequer os livros de texto que contêm “boas” analogias) (Glynn *et al*, 1989).
- Existe um predomínio de analogias simples, em particular no Ensino Básico; as mais elaboradas aumentam com o nível de escolaridade (Curtis & Reigeluth, 1984; González *et al*, 2000; Newton, 2003).
- Estratégias relativas à utilização eficaz de analogias não parecem ser familiares aos autores dos livros de texto (Ângelo, 2000; Thiele & Treagust, 1995).
- Algumas analogias, embora inadequadas, permanecem nos livros de texto há mais de cem anos (Stocklmayer & Treagust, 1994).

Baseados em alguns destes resultados, há autores que referem algumas condições a observar quando se pretende promover a aprendizagem através das analogias presentes nos livros de texto, nomeadamente:

- os alunos poderem interactuar com a analogia apresentada (Alesandrini & Rigney, 1981);
- serem explicitadas as razões para o uso da analogia (Curtis & Reigeluth, 1984);
- as analogias serem exploradas em interacção com o professor (Bean *et al*, 1990).
- as limitações da analogia estarem bem explícitas no texto (Glynn, 1991).

A utilização de analogias nos livros de texto escolares implica, portanto, acrescidos cuidados aos autores dos livros de texto, mas também aos professores quando procedem à sua exploração didáctica.

### *Analogias na prática dos professores de ciências*

Uma outra linha de investigação inclui estudos onde se procura investigar as analogias presentes na prática dos professores ou futuros professores. Alguns desses estudos centram-se no que os professores dizem, utilizando-se para esse efeito questionários (Jarman, 1996; Oliva, 2003; Nottis & McFarland, 2001) ou entrevistas (Ângelo, 2000; Leite & Duarte, 2004); outros, centram-se no que os professores fazem, recorrendo, neste caso, à observação de aulas (Dagher & Cossman, 1992; Dagher, 1995a; Nascimento & Cachapuz, 2000; Ferraz & Terrazan, 2003; Treagust *et al*, 1992) e, em alguns casos, complementadas com entrevistas aos professores (Treagust *et al*, 1992).

Uma revisão, ainda que sumária, dos estudos realizados, permite constatar:

1. Os estudos têm incluído futuros professores do ensino secundário (Jarman, 1996) e do ensino básico (Nottis & McFarland, 2001) e professores em serviço. Estes últimos estão ligados quer ao ensino básico (Ângelo, 2000; Dagher & Cossman, 1992; Dagher, 1995a; Ferraz & Terrazan, 2003; Treagust *et al*, 1992) quer ao ensino secundário (Leite & Duarte, 2004; Nascimento & Cachapuz, 2000; Oliva, 2003; Treagust *et al*, 1992).
2. As áreas disciplinares investigadas são diversificadas, incluindo a Física (Jarman, 1996; Oliva, 2003; Nottis & McFarland, 2001; Treagust *et al*, 1992), Química (Ângelo, 2000; Jarman, 1996; Nascimento & Cachapuz, 2000; Oliva, 2003; Treagust *et al*, 1992), Biologia (Ângelo, 2000; Ferraz & Terrazan, 2003; Jarman, 1996; Oliva, 2003; Treagust *et al*, 1992) e Geologia (Ângelo, 2000; Oliva, 2003; Nottis & McFarland, 2001).

3. Alguns dos estudos realizados adoptaram, para a análise de aulas observadas, o esquema de análise de analogias proposto por Curtis & Reigeluth (1984). Este é o caso dos estudos realizados por Ferraz & Terrazan (2003) e Treagust *et al* (19992). Outros, não utilizaram qualquer esquema de análise pré-especificado, sendo as analogias examinadas como acontecimentos ocorridos num determinado contexto (Dagher, 1995a).

3. Os principais resultados referidos, no que respeita aos aspectos de maior convergência, podem ser sintetizados da seguinte forma:

a) Muitos dos professores inquiridos ou observados utilizam pouco as analogias (Dagher, 1995a; Jarman, 1996; Nottis & McFarland, 2001) ou utilizam-nas de forma inadequada, dado que:

- O processo de selecção de situações análogas é pouco crítico, surgindo, em muitas situações da aula, de uma forma improvisada (Ângelo, 2000; Ferraz & Terrazan, 2003; Leite & Duarte, 2004; Oliva, 2003);

- As analogias utilizadas são confusas e, por vezes, tão complexas ou mais do que o alvo (Treagust *et al*, 1992; Glynn, 1991);

- Raramente se exploram as semelhanças mais relevantes entre o alvo e o análogo (Ferraz & Terrazan, 2003; Jarman, 1996; Leite & Duarte, 2004; Nascimento & Cachapuz, 2000; Oliva, 2003);

- As limitações das analogias não são clarificadas (Ângelo, 2000; Dagher, 1995a; Jarman, 1996; Leite & Duarte, 2004; Nascimento & Cachapuz, 2000);

- Não é costume recorrer-se a vários análogos para explicar o mesmo fenómeno (Ângelo, 2000; Nascimento & Cachapuz, 2000; Oliva, 2003);

b) Raramente os professores dão oportunidade aos alunos para sugerirem as suas próprias analogias (Ângelo, 2000; Ferraz & Terrazan, 2003; Leite & Duarte, 2004; Oliva, 2003).

c) Muitos professores confundem analogias com exemplos (Jarman, 1996; Leite & Duarte, 2004; Treagust *et al*, 1992).

d) Raramente é feita a avaliação da eficácia da analogia na aprendizagem dos alunos (Ângelo, 2000; Leite & Duarte, 2004; Jarman, 1996; Oliva, 2003)

e) A frequência e o critério de utilização de analogias parece estar muito relacionada com a perspectiva pedagógica do professor e com as estratégias de ensino desenvolvidas de acordo com essa perspectiva (Dagher & Cossman, 1992; Oliva, 2003) ou com o estilo pessoal do futuro professor (Jarman, 1996);

f) Parece não existir uma relação entre a experiência dos professores e o recurso mais frequente à analogia no seu ensino (Dagher, 1995a; Jarman, 1996).

Em suma, embora os resultados referidos tenham que ser lidos com alguma cautela, dadas as naturais limitações de alguns dos estudos realizados, quer no que respeita à dimensão das amostras de professores utilizadas, quer aos instrumentos de recolha de dados e mesmo às informações fornecidas, a semelhança de resultados encontrados entre diferentes estudos é um indicador importante para permitir inferir que em muitas salas de aula a utilização de analogias parece ocorrer de uma forma espontânea, sem qualquer referência a um modelo de ensino com recurso a analogias. Como resultado, os alunos nem sempre compreendem as

analogias que lhes são apresentadas (Lin *et al*, 1996), a sua utilização pode conduzir a conclusões erradas (Thiele & Treagust, 1995), levando, em alguns casos, à indução de concepções alternativas (Curtis & Reigeluth, 1984).

### *Analogias e crenças do professor sobre o seu papel no ensino*

Esta linha de investigação inclui estudos onde se analisa o papel da analogia (ou de metáforas) no processo de explicitação, por parte dos professores, das suas próprias crenças sobre o processo de ensino-aprendizagem (por ex.: Tobin & Fraser, 1989) ou se utiliza como ferramenta promotora da reflexão para iniciar e manter mudanças na prática pedagógica do professor (Tobin & LaMaster, 1995; Ritchie, 1994). Alguns destes estudos, muito baseados nos trabalhos de Lakoff (1987) e Johnson (1987), assentam no pressuposto de que as analogias (e metáforas) utilizadas pelos professores para conceptualizarem o seu papel no ensino das ciências estão relacionadas com a sua prática de ensino (Tobin & LaMaster, 1995). Elas constituem, deste modo, instrumentos poderosos para investigar o pensamento profissional dos professores e para orientar a mudança de práticas.

Alguns dos estudos realizados, de natureza interpretativa, dão-nos conta de como as analogias explicitadas pelos professores para definir o seu papel na sala de aula, influenciavam o seu estilo de ensino e a aprendizagem dos alunos (Tobin & Fraser, 1989), bem como a auto-confiança do professor para abordar conteúdos que lhe eram menos familiares (Ritchie, 1994).

Outros estudos evidenciam que uma mudança de analogia ajudou alguns professores conduzindo a mudanças, quer na prática do professor quer dos alunos (Tobin, 1990; Tobin & LaMaster, 1995). Estes resultados vão levar os autores a considerar que a compreensão do ensino em termos de novas analogias (ou metáforas), por parte dos professores, pode constituir uma forma de promover a reflexão e a mudança das práticas.

Contudo, não podemos ignorar, que este processo formativo depende da compreensão, por parte dos formadores de professores, das concepções, conhecimentos e valores que estão condensados numa analogia (ou metáfora) utilizada por cada professor (Tobin & LaMaster, 1995)

Como nos refere Oliveira (1996, p. 446), “ajudando os professores (na formação contínua) ou os futuros professores (na formação inicial) a examinar e a questionar as próprias analogias e metáforas sobre o ensino e a aprendizagem, fornecendo-lhes bases teóricas para desenvolver e enquadrar o seu conhecimento profissional, acompanhando-os no seu percurso formativo, dando-lhes oportunidade de avaliarem em equipa as novas analogias e metáforas que vão construindo pelos êxitos e fracassos das práticas implementadas, os formadores podem ajudá-los a construir ou reconstruir o seu conhecimento pedagógico de acordo com as linhas de um ensino de qualidade das ciências”.

### **Modelos de ensino com recurso a analogias**

A consideração de que a utilização de analogias no processo de ensino-aprendizagem não deve ser feita de uma forma espontânea, mas deve seguir uma metodologia pensada, com

actividades estudadas e previamente planificadas (Anderson & Thompson, 1989), conduziu à proposta de diversos modelos de ensino com recurso a analogias (para uma revisão mais exaustiva ver Dagher, 2000).

Podemos agrupá-los em três tipologias, de acordo com a estratégia que privilegiam: *modelos centrados no professor*, *modelos centrados no aluno* e *modelos centrados no professor e no aluno*.

Em relação a cada uma destas tipologias, apresentam-se os modelos mais representativos e sobre os quais existem alguns estudos empíricos, fazendo referência a aspectos comuns que se reconhece existirem noutros modelos.

### *Modelos centrados no professor*

Existem diversos modelos que apresentam uma estratégia centrada no professor (Nagem *et al*, 2001; Glynn, 1991; Harrison & Treagust, 1993; Treagust *et al*, 1996; Brown & Clement, 1989; Spiro *et al*, 1989; Newton, 2000; Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001; Zeitoun, 1984).

Destes, destaca-se o *Modelo de Ensino com Analogias* (“Teaching-with-Analogies”), abreviadamente TWA, desenvolvido por Glynn (1991), e que compreende seis etapas: (1) introduzir o conceito *alvo*; (2) propôr uma experiência ou ideia como análoga da anterior; (3) identificar os aspectos semelhantes entre o conceito *alvo* e o *análogo (fonte)*; (4) relacionar as semelhanças entre os dois domínios; (5) esboçar as conclusões sobre o *alvo*; (6) indicar onde falha a analogia.

Muito embora este modelo seja uma referência (Duit, 1991; Harrison & Treagust, 1993; Oliva *et al*, 2001; Oliveira, 1996), foram-lhe apontadas algumas limitações, nomeadamente: o facto de utilizar uma analogia simples e apenas fornecer uma estrutura geral, com uma sequência de etapas, sem se referir como é que efectivamente essas etapas se concretizam; o facto de as conclusões serem descritas antes de se identificar as limitações da analogia, o que possibilita uma ocorrência mais fácil de concepções alternativas nos alunos. Harrison & Treagust (1993), bem como Treagust *et al* (1996), recorrem a uma *versão modificada do Modelo de Ensino com Analogias*. Os autores, alegando que só depois de se reconhecer os atributos que não são compartilhados é que se pode partir para as conclusões sobre o conceito, invertem a posição das duas últimas etapas do modelo. Contudo, a probabilidade de as analogias simples serem acriticamente adoptadas poderá ser um outro aspecto a ter em conta. De qualquer modo, é importante que o aluno compreenda a analogia da mesma forma que o professor pensa que ele o fará, isto é, é necessário assegurar que o aluno reconheça as semelhanças que o professor tem em mente. Estas limitações parecem estar minimizadas no *Modelo das Analogias Múltiplas*, proposto por Spiro *et al* (1989), e que integra, na abordagem ao tema em estudo, analogias múltiplas interligadas, em que cada uma delas é elaborada a partir da anterior.

Na mesma linha de raciocínio, Brown & Clement (1989) propõem um outro modelo, designado de *Modelo das Analogias de Aproximação* (“Bridging Strategy”). O modelo, utilizado em contexto de sala de aula e em tutorias, consiste em estabelecer um raciocínio analógico entre situações que não são vistas pelos alunos como análogas, aproveitando-se das suas intuições para chegar ao conceito científico através de uma série de analogias intermédias, cada uma delas elaborada com base na anterior.

Estas duas últimas abordagens partem do mesmo princípio – o aperfeiçoamento de cada analogia a partir da que a precede. No entanto, na abordagem das analogias múltiplas pretende-se corrigir, em cada nova analogia, aspectos negativos da anterior, enquanto que nas analogias de aproximação há a necessidade de escolher as analogias intermédias em função das intuições dos próprios alunos. Numa análise mais pormenorizada destes dois modelos, parece evidente que existem alguns factores determinantes no seu sucesso: (a) a existência de um ambiente de ensino interactivo; (b) o estabelecimento de relações analógicas. Também se podem referir factores que poderão justificar o eventual insucesso destes modelos, nomeadamente: a existência de uma concepção prévia que poderá competir com a nova concepção e a dificuldade em encontrar quer analogias de aproximação quer analogias intermédias.

Para além dos modelos referidos, existem outros (Galagovsky & Adúriz-Bravo, 2001; Nagem *et al*, 2001; Newton, 2000; Oliveira, 1996; Zeitoun, 1984) que apresentam pontos comuns com os anteriores – em traços gerais, todos eles apresentam uma fase de planeamento, uma de implementação e uma fase de avaliação.

Qualquer um dos modelos abordados, embora com as suas particularidades, pode constituir uma ferramenta útil quer na interpretação e análise crítica de uma analogia utilizada, quer na análise e discussão, por parte do professor, de uma analogia apresentada num manual (quando este não sugere a estratégia a seguir) ou, ainda, como guia para a elaboração de novas analogias pelos intervenientes no processo de ensino-aprendizagem.

#### *Modelo centrado nos alunos*

O Modelo de Analogias Produzidas pelos Alunos, proposto por Wong (1993a,b), baseia-se no princípio de que os alunos em vez de serem receptores de analogias vindas do professor, devem ser estimulados a criar, a aplicar, a avaliar e/ou a alterar a analogia produzida.

O modelo compreende um conjunto de quatro etapas: (1) explicação do fenómeno em estudo; (2) concepção de analogias que permitam compreender o fenómeno; (3) aplicação da analogia ao fenómeno, apontando as semelhanças e diferenças; (4) avaliação da adequação das analogias propostas.

De uma forma geral, este modelo apresenta as seguintes vantagens: os alunos podem trabalhar em contexto diferente da situação de *resolução de problemas*, em que lhes é fornecida a solução; as questões são mais interessantes e relevantes para os alunos, dado surgirem de problemas que advêm dos seus conhecimentos prévios; os alunos poderão identificar, confrontar e trabalhar os seus conhecimentos prévios com a mínima intervenção do professor. Contudo, a construção de relações analógicas segundo as perspectivas do próprio aluno poderá conduzir ao aparecimento de limitações, nomeadamente: a dificuldade em seleccionar uma fonte análoga; uma insuficiente compreensão do domínio desconhecido; e a incorporação no domínio alvo de concepções alternativas presentes no domínio conhecido. Deste modo, impõe-se a exploração didáctica da analogia em interacção com o professor.

#### *Modelo centrado no professor e no aluno*

O Modelo de Ensino Assistido por Analogias, proposto por Cachapuz (1989), faz uma distinção entre uma estratégia centrada no aluno (ECA) e uma centrada no professor (ECP). A

primeira verifica-se quando o aluno selecciona o domínio familiar, enquanto a segunda surge na situação de ser o professor a apresentá-lo.

O modelo apresenta uma sequência de quatro etapas (Cachapuz, 1989, p. 123): (1) apresentação da situação problema/conceito pertencendo ao domínio em estudo; (2) introdução do(s) conceito(s) que pertence(m) ao domínio familiar (sub-domínio analógico); (3) exploração interactiva da correspondência estabelecida; (4) estabelecimento dos limites da analogia.

A opção entre as duas estratégias referidas é, segundo o autor, função do horizonte do professor e objectivo de ensino. Se o conceito a introduzir é conceptualmente novo para o aluno, a ECP será a melhor escolha. Nesta situação, as analogias podem exercer uma função de organizadores prévios, promovendo a incorporação da nova informação na estrutura cognitiva do aluno. Se, por outro lado, o domínio em estudo estiver estruturado pelos alunos, embora possa ser deficiente, a ECA é preferível.

Nesta abordagem, o autor enfatiza algumas questões, assinalando-as como factor limitativo da sua aplicação: a faixa etária do público alvo, dado que entre jovens e adultos existem algumas diferenças, nomeadamente ao nível dos esquemas conceptuais; a selecção de aspectos relevantes no domínio familiar; a necessidade de estabelecer claramente quais os limites da analogia; a importância da acção do professor na selecção e abandono de analogias que deixaram de ser adequadas.

Do exposto, podemos concluir que existe hoje um número considerável de modelos de ensino com recurso a analogias, alguns dos quais já testados empiricamente, e que podem permitir aos professores utilizar no seu ensino analogias de uma forma mais sistematizada e reflexiva. Contudo, todos os modelos têm potencialidades e limitações e, possivelmente, será o recurso a vários modelos que darão uma resposta mais satisfatória aos professores e alunos, especialmente quando se trata do ensino e aprendizagem de assuntos científicos mais complexos (Rumelhart & Norman, 1981).

### **Algumas conclusões e desafios para a investigação**

A revisão efectuada, onde procurámos dar conta, embora com algumas limitações, do estado da arte no que respeita à investigação sobre a utilização de analogias na educação em ciências, parece permitir retirar não só algumas conclusões como equacionar alguns desafios que se colocam para a investigação nesta área.

#### *Algumas conclusões*

A primeira conclusão, porventura a mais óbvia, é a da existência de um *corpus* de investigação, teórica e empírica, considerável no que respeita à utilização de analogias na educação em ciências.

A segunda, inferida com base nos resultados da primeira, é o reforço da importância da utilização de analogias na educação em ciências, envolvendo alunos e professores.

A terceira é a do pouco impacto que os resultados da investigação, teórica e empírica, parecem ter tido na prática dos professores, bem como nos livros de texto escolares.

### *Alguns desafios para a investigação*

Na introdução do número temático sobre analogias da revista *Journal of Research in Science Teaching*, Lawson (1993) colocava como agenda para a investigação em educação em ciências “inventar e avaliar a eficácia de várias aulas de ciências nas quais os alunos utilizem o raciocínio analógico para produzir explicações alternativas e raciocínio lógico para as testar” (p. 1214). Os objectivos dessa investigação, afirmava o autor, devem incluir “a avaliação da eficácia das aulas em termos de promover competências de raciocínio analógico, a compreensão de conceitos teóricos, a compreensão da natureza da ciência e desafiar os alunos a realizarem mudanças conceptuais (de analogias cientificamente rejeitadas para analogias científicas aceites actualmente). Se o último objectivo parece ter até ao momento uma visibilidade significativa, reflectida no número de estudos de investigação realizados, alguns dos outros parecem não ter merecido ainda uma grande atenção da parte dos investigadores. Como assinala Dagher (2000, p. 191), “uma das falhas da investigação nos estudos sobre analogias está relacionada com outros assuntos que não o alcançar de conceitos específicos na ciência”. O desafio é, portanto, o de utilizar analogias para atingir objectivos educacionais adicionais, nomeadamente: a compreensão da natureza da ciência e tecnologia, a promoção da criatividade e do desenvolvimento de atitudes positivas face à ciência e o desencadear do pensamento metacognitivo.

Mas, para além destes desafios, mais estreitamente ligados à aprendizagem dos alunos em ciência e sobre a ciência, outros nos parecem relevantes. Destacamos os seguintes:

- Investigar a capacidade de alunos, de níveis de escolaridade básica, na produção de analogias;
- Investigar que factores contextuais podem favorecer ou impedir a utilização bem sucedida de uma analogia;
- Investigar como os professores utilizam as analogias presentes nos livros de texto;
- Compreender melhor como explorar as analogias na identificação/evolução das concepções dos professores sobre o ensino e a aprendizagem.

Finalmente, terminaríamos com as palavras de Boaventura Sousa Santos (1989, p. 130-131): “é promissora a linha de investigação que procura identificar, numa perspectiva histórica, os tipos de analogias e metáforas que as diferentes ciências têm privilegiado em momentos diferentes do seu desenvolvimento”.

### **Referências**

Alesandrini, K. & Rigney, J. (1981). Pictorial Representations and Review Strategies in Science Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 105-120.

Anderson, J. (2000). *Cognitive Psychology and its Implications*. New York: Worth Publishers.



- Anderson, J. & Thompson, R. (1989). Analogy in a Production System Architecture. Em Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 267-297.
- Ângelo, P. (2000). *A Utilização de Analogias em Manuais Escolares e por Professores de Ciências da Natureza*. Tese de Mestrado, Universidade do Minho (não publicada).
- Ângelo, P. & Duarte, M.C. (1998). Analogias nos manuais escolares de Ciências da Natureza do 6º ano de escolaridade. Em Castro, R. *et al* (Org.). *Manuais Escolares - Estatuto, Funções e História*. Braga: Universidade do Minho, 71-80.
- Bean, T., Searles, D. & Cowen, S. (1990). Test-based Analogies. *Reading Psychology*, 11, 323-333.
- Black, D. & Solomon, J. (1987). Can Pupils Use Taught Analogies for Electric Current? *Teaching GCSE Electronics*, 248-254.
- Bóo, M. & Asoko, H. (2000). Using Models, Analogies and Illustrations to Help Children Think about Science Ideas. *Primary Science Review*, 65, Nov/Dec, 25-28.
- Brown, D. (1994). Facilitating Conceptual Change Using Analogies and Explanatory Models. *International Journal of Science Education*, 16 (2), 201-214.
- Brown, D. & Clement, J. (1989). Overcoming Misconceptions via Analogical Reasoning: Abstract Transfer versus Explanatory Model Construction. *Instructional Science*, 18, 237-261.
- Cachapuz, A. (1989). Linguagem Metafórica e o Ensino das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 2 (3), 117-129.
- Clement, J. (1988). Observed Methods for Generating Analogies in Scientific Problem Solving. *Cognitive Science*, 12, 563-586.
- Clement, J. (1993). Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students' Preconceptions in Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1241-1257.
- Collins, A. & Burstein, M. (1989). Afterword: A framework for a Theory of Comparison and Mapping. In Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 546-565.
- Cosgrove, M. (1995). A Study of Science-in-the-making as Students Generate an Analogy for Electricity. *International Journal of Science Education*, 17 (3), 295-310.
- Curtis, R. & Reigeluth, C. (1984). The Use of Analogies in Written Text. *Instructional Science*, 13, 99-117.
- Dagher, Z. & Cossman, G. (1992). Verbal Explanations Given by Science Teachers: Their Nature and Implications. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), 361-374.

- Dagher, Z. (1995a). Analysis of Analogies Used by Science Teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (3), 259-270.
- Dagher, Z. (1995b). Review of Studies on the Effectiveness of Instructional Analogies in Science Education. *Science Education*, 79 (3), 295-312.
- Dagher, Z. (2000). O Caso das Analogias no Ensino da Ciência para a Compreensão. Em Mintzes, J.J., Wandersee, J.H. & Novak, J.D. (Eds.). *Ensinando Ciência para a Compreensão*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 180-193.
- Dejong, G. (1989). The Role of Explanation in Analogy; or, The Curse of an Alluring Name. Em Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 346-365.
- Duit, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*, 75 (6), 649-672.
- Dupin, J.-J. & Johsua, S. (1989). Analogies and “Modeling Analogies” in Teaching: Some Examples in Basic Electricity. *Science Education*, 73 (2), 207-224.
- Dupin, J.-J. & Johsua, S. (1994). Analogies et Enseignement des Sciences: Une Analogie Thermique pou L’Électricité. *Didaskalia*, 3 (Avril), 9-26.
- Duschl, R. (1994). Research on the History and Philosophy of Science. Em Gabel, D. (ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan Publishing Company.
- Ferraz, D. & Terrazan, E. (2003). Uso Espontâneo de Analogias por Professores de Biologia e o Uso Sistematizado de Analogias: Que Relação? *Ciência & Educação*, 9(2), 213-227.
- Friedel, A., Gabel, D. L. & Samuel, J. (1990). Using Analogs for Chemistry Problem Solving: Does it Increase Understanding? *School Science and Mathematics*, 90 (8), 674-682.
- Galagovsky, L. & Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y Analogías en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. El concepto de Modelo Didáctico Analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), 231-242.
- Gentner, D. (1988). Methaphors as Structure-Mapping. The Relational Shift. *Child Development*, 59, 47-59.
- Gentner, D. (1989). The Mechanisms of Analogical Learning. Em Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 199-241.
- Gentner, D. & Ratterman, M. (1992). Language and the Carrer of Similarity. Em Gelman, S. & Byrnes, J. (eds). *Perspectives on Thought and Language: Interrelations in Development*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Gibbs, R. (1987). What Does it Mean to Say that a Metaphor has Been Understood? Em Haskel, R. (eds). *Cognition and Symbolic Structures: The Psychology of Metaphor Transformations*. New York: Ablex.

- Gick, M. & Holyoak, K. (1980). Analogical Problem Solving. *Cognitive Psychology*, 12, 306-355.
- Gick, M. & Holyoak, K. (1983). Schema Induction and Analogical Transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1-38.
- Gilbert, S. (1989). An Evaluation of the Use of Analogy, Simile, and Metaphor in Science Texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 26 (4), 315-327.
- Gineste, M-D & Gilbert, L. (1995). Les Analogies dans L'Acquisition de Concepts en Biologie Chez des Élèves de 10-11 Ans. *Didaskalia*, 7 (Dez.), 27-42.
- Glynn, S. (1991). Explaining Science Concepts: A Teaching-with-Analogies Model. Em Glynn, S.M., Yeany, R.H. & Britton, B.K. (Eds.). *The Psychology of Learning Science*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associate, 219-240.
- Glynn, S., Britton, B., Semrud-Clikman, M. & Muth, K. (1989). Analogical Reasoning and Problem Solving in Science Textbooks. Em Glover, J., Ronning, R. & Reynolds, C. (eds). *Handbook of Creativity*. New York: Plenum Press, 383-398.
- González, B., Moreno, T. & Fernández, J. (2000). Modelos de Enseñanza com Analogias. Em Martín Sanchez, M. & Morcillo Ortega, J. (eds). *Reflexiones sobre la Didáctica de las Ciências Experimentales. Actas de los XXI Encuentros de Didáctica de las Ciências Experimentales*. Madrid: Editorial Nivola, 161-169.
- González-Labra, M. (1997). *Aprendizaje por Analogía: Análisis del proceso de Inferencia Analógica para la Adquisición de Nuevos Conocimientos*. Madrid: Trotta.
- Gordon, W. (1974). Some Source Material in Discovery-by-Analogy. *Journal of Creative Behavior*, 8(4), 239-257.
- Gross, A. (1990). *The Rhetoric of Science*. Cambridge: Harvard University Press.
- Haaparanta, L. (1992). The Analogy Theory of Thinking. *Dialectica*, 46 (2), 169-183.
- Harrison, A. & Treagust, D. (1993). Teaching with Analogies: A Case Study in Grade-10 Optics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1291-1307.
- Indurkha, B. (1992). *Metaphor and Cognition. An Interactionist Approach*. Dordrecht: Kluwer.
- Jarman, R. (1996). Student Teachers' Use of Analogies in Science Instruction. *International Journal of Science Education*, 18(7), 869-880.
- Jonhson, M. (1987). *The Body in the Mind: The Bodily Basis of Meaning, Imagination, and Reason*. Chicago: University of Chicago Press.

- Johnson-Laird, P. (1989). Analogy and the Exercise of Creativity. Em Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 313-331.
- Kaufman, D., Patel, V. & Magder, S. (1996). The Explanatory Role of Spontaneously Generated Analogies in Reasoning about Physiological Concepts. *International Journal of Science Education*, 18 (3), 369-386.
- Kittay, E. (1987). *Metaphor its Cognitive Force and Linguistic Structure*. Oxford: Oxford University Press.
- Klein, G. (1987). Applications of Analogical Reasoning. *Metaphor and Symbolic Activity*, 3, 201-218.
- Lakoff, G. (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lawson, A. (1993). The Importance of Analogy: A Prelude to the Special Issue. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1213-1214.
- Leite, R. & Duarte, M.C. (2004). Utilização de Analogias por Professores Portugueses: Contributos para a sua Compreensão. Em Díaz Palacio, P. et al (org.). *La Didáctica de las Ciencias Experimentales ante las Reformas Educativas y la Convergencia Europea – XXI Encuentros sobre Didáctica de Ciencias Experimentales*. País Basco: Servicio Editorial de la Universidad del País Basco, 233- 238.
- Lin, H., Shiau, B. & Lawrenz, F. (1996). The Effectiveness of Teaching with Pictorial Analogies. *Research in Science Education*, 26 (4), 495-511.
- MacCormac, E. (1988). *Metaphor and Myth in Science and Religion*. Durham: Duke University Press.
- Mayer, P. (1985). Structural analysis of science prose: can we increase problem-solving performance. Em Black, J. (Ed.). *Understanding expository texts*. Hillsdale, N. Y.: Erlbaum, 65-87.
- Merzyn, G. (1987). The language of school science. *International Journal of Science Education*, 9, 483-489.
- Monteiro, I. & Justi, R. (2000). Analogias em Livros Didáticos de Química Brasileiros destinados ao Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5 (2), 67-91.
- Nagem, R., Carvalhaes, D. & Dias, J. (2001). Uma Proposta de Metodologia de Ensino com Analogias. *Revista Portuguesa de Educação*, 14 (1), 197-213.
- Nascimento, A.C. & Cachapuz, A. F. (2000). Linguagem e Construção do Conhecimento Didático: Metáforas e Analogias no Ensino e Aprendizagem do Tema Equilíbrio Químico – 10º Ano de Escolaridade. Comunicação apresentada no VIII Encontro Nacional de Educação em Ciências, Universidade dos Açores.

- Newby, T. (1987). Learning Abstract Concepts: The Use of Analogies as a Mediation Strategy. *Journal of Instructional Development*, 10(2), 20-26.
- Newton, D. (2000). *Supporting Understanding with Analogies. Teaching for understanding: what it is and how to do it*. London: RoutledgeFalmer, 71-85.
- Newton, L. (2003). The Occurrence of Analogies in Elementary School Science Books. *Instructional Science*, 31, 353-375.
- Nottis, K. & McFarland, J. (2001). A Comparative Analysis of Pre-Service Teacher Analogies Generated for Process and Structure Concepts. *The Electronic Journal of Science Education*, 5(4).
- Oliva, J.M. (2004). El Pensamiento Analógico desde la Investigación Educativa y desde la Perspectiva del Profesor de Ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(3).
- Oliva, J.M. (2003). Rutinas y Guiones del Profesorado de Ciências ante el Uso de Analogías como Recurso de Aula. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(1).
- Oliva, J.M., Aragón, M., Bonat, M. & Mateo, J. (2003). Un Estudio sobre el Papel de las Analogías en la Construcción del Modelo Cinético-Molecular de la Materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 429-444.
- Oliva, J.M., Aragón, M., Mateo, J. & Bonat, M. (2001). Una Propuesta Didáctica basada en la Investigación para el Uso de Analogías en la Enseñanza de las Ciências. *Enseñanza de las Ciências*, 19 (3), 453-470.
- Oliveira, M. (1996). *A metáfora, a analogia e a construção do conhecimento científico no ensino e na aprendizagem. Uma abordagem didáctica*. Dissertação de Doutoramento. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Palmer, S. (1989). Levels of Description in Information-Processing Theories of Analogy. Em Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 332-345.
- Perelman, C. (1993). *O Império Retórico – Retórica e Argumentação*. Porto: Edições ASA.
- Perelman, C. (1970). Analogie et Metaphore en Science, Poesie et Philosophie. Em Perelman, C. (ed.). *Le Champ de L' Argumentation*. Bruxelles: Presses Universitaires de Bruxelles.
- Pittman, K. (1999). Student-Generated Analogies: Another Way of Knowing? *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (1), 1-22.
- Rheingold (1985). Development as the Acquisition of Familiarity. *Annual Review of Psychology*, 36, 1-17.
- Ricoeur, P. (1983). *A Metáfora Viva*. Porto: Rés-Editora.
- Ritchie, S. (1994). Metaphor as a Tool for Constructivist Science Teaching. *International Journal of Science Education*, 16(3), 293-303.

- Royer, J. & Cable, G. (1976). Illustrations, Analogies and Facilitative Transfer in Prose Learning. *Journal of Educational Psychology*, 68(2), 205-209.
- Rumelhart, D. & Norman, D. (1981). Analogical Processes in Learning. Em Anderson, J. (Eds.). *Cognitive skills and their acquisition*. Hillsdale: Erlbaum, 335-359.
- Santos, B. S. (1989). *Introdução a uma Ciência Pós-Moderna*. Porto: Edições Afrontamento.
- Schallert, D. (1980). The role of illustrations in reading comprehension. Em Spiro, R., Bruca, B. & Brewer, W. (Eds.). *Theoretical issues in reading comprehension*. Hillsdale, N. Y.: Erlbaum, 503-524.
- Spiro, R., Feltovich, P., Coulson, R. & Anderson, D. (1989). Multiple Analogies for Complex Concepts: Antidotes for Analogy-Induced Misconception in Advanced Knowledge Acquisition. Em Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 498-531.
- Stockmayer, S. & Treagust, D. (1994). A Historical Analysis of Electric Currents in Textbooks: A Century of Influence on Physics Education. *Science & Education*, 3, 131-154.
- Sutton, C. (1992). *Words, Science and Learning*. Buckingham: Open University Press.
- Sutton, C. (1996). Beliefs about Science and Beliefs about Language. *International Journal of Science Education*, 18(1), 1-18.
- Thagard, P. (1992). Analogy, Explanation, and Education. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 537-544.
- Thiele, R. & Treagust, D. (1994). The Nature and Extent of Analogies in Secondary Chemistry Textbooks. *Instructional Science*, 22, 61-74.
- Thiele, R. & Treagust, D. (1995). Analogies in Chemistry Textbooks. *International Journal of Science Educacion*, 17 (6), 783-795.
- Thiele, R., Venville, G. & Treagust, D. (1995). A Comparative Analysis of Analogies in Secondary Biology and Chemistry Textbooks Used in Australian Schools. *Research in Science Education*, 25 (2), 221-230.
- Tobin, K. (1990). *Teacher Mind Frames and Science Learning*. Em Tobin, K., Kahle, J. & Fraser, B. (eds). *Windows into Science Classrooms: Problems Associated with High Level Cognitive Learning in Science*. London: Falmer Press, 33-91.
- Tobin, K & Fraser, B. (1989). Barriers to Higher-Level Cognitive Learning in High School Science. *Science Education*, 74(4), 409-420.
- Tobin, K. & LaMaster, S. (1995). Relationships between Metaphors, Beliefs, and Actions in a Context of Science Curriculum Change. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(3), 225-242.

- Tourangeau, R. & Sternberg, R. (1982). Understanding and Appreciating Metaphors. *Cognition*, 11, 203-244..
- Treagust, D., Duit, R., Joslin, P. & Lindauer, I. (1992). Science Teachers' Use of Analogies: Observations from Classroom Practice. *International Journal of Science Education*, 14 (4), 413-422.
- Treagust, D., Harrison, A. & Venville, G. (1996). Using an Analogical Teaching Approach to Engender Conceptual Change. *International Journal of Science Education*, 18 (2), 213-229.
- Vassini, E. & Donati, E. (2001). Uso de Analogías Adecuadas como Recurso Didáctico para la Comprensión de los Fenómenos Electroquímicos en el Nivel Universitario Inicial. *Enseñanza de Las Ciencias*, 19 (3), 471-477.
- Vigotsky, L. (1979). *Pensamento e Linguagem*. Lisboa: Edições Antídoto.
- Vosniadou, S. (1989). Analogical Reasoning as a Mechanism in Knowledge Acquisition: a Developmental Perspective. Em Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 413-437.
- Vosniadou, S. & Ortony, A. (1989). Similarity and Analogical Reasoning: a Synthesis. Em Vosniadou, S. & Ortony, A. (Eds.). *Similarity and Analogical Reasoning*. Cambridge: Cambridge University Press, 1-17.
- Vosniadou, S. & Schommer, M. (1988). Explanatory Analogies Can Help Children Acquire Information from Expository Text. *Journal of Educational Psychology*, 10, 524-536.
- Wong, E. (1993a). Self-Generated Analogies as a Tool for Constructing and Evaluating Explanations of Scientific Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (4), 367-380.
- Wong, E. (1993b). Understanding the Generative Capacity of Analogies as a Tool for Explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1259-1272.
- Zeitoun, H. (1984). Teaching Scientific Analogies: A proposed Model. *Research in Science and Technological Education*, 2 (2), 107-125.

Conferência apresentada no II Encontro Iberoamericano sobre Investigação Básica em Ensino de Ciências, Burgos, Espanha, 21-24 de setembro de 2004.