

**FUNÇÃO ESTÉTICA DOS SIGNOS ARTÍSTICOS PARA PROMOVER PROCESSOS
DISCURSIVOS EM SALA DE AULA:
uma aplicação durante o ensino do conceito de energia mecânica
(Aesthetic function of artistic signs to promote discursive processes in the classroom:
an application for teaching mechanical energy concept)**

Carlos Eduardo Laburú* [laburu@uel.br]

Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.

Roberto Nardi* [nardi@fc.unesp.br]

Departamento de Educação, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru, SP.

Andreia de Freitas Zômpero [andzomp@yahoo.com.br]

Universidade Norte do Paraná, Londrina, PR.

Resumo

O trabalho investigou o uso de uma obra artística como recurso mediador para provocar e sustentar a participação discursiva de estudantes do ensino médio em sala de aula. Dado que a dimensão discursiva é elemento fundamental para um ensino de orientação construtivista, a ideia geral que orienta o trabalho procura fazer uso da função estética dos signos para potencializar a participação discursiva de aprendizes. Com esse objetivo em mente, o signo artístico notabilizado pelo quadro Queda d'Água do artista Maurits Cornelis Escher é empregado durante o ensino do conceito de física da conservação da energia mecânica. O estudo confronta duas metodologias de um professor que tenta promover a interatividade discursiva dos seus estudantes. Uma metodologia é norteada apenas por formulação de perguntas e outra emprega também um signo artístico junto com as perguntas. O trabalho mostra que o professor consegue efetivar com maior êxito a participação discursiva dos seus alunos quando aproveita o recurso didático do signo artístico em sala de aula do que quando emprega somente questionamentos.

Palavras-chave: semiótica; discurso; física; ensino; função estética.

Abstract

The study investigated the use of an artistic work as mediator to trigger and sustain discursive participation of high school students in the classroom. Since the discursive dimension is an essential factor in constructivist teaching orientation, the general idea behind the work seeks to make use of the aesthetic function of signs to enhance the participation of learners discourse. With this goal in mind, the artistic sign painting Water Fall of the artist Maurits Cornelis Escher is employed for teaching physics concept of conservation of mechanical energy. The study compares two methods of a teacher who tries to promote students interactivity discursive. One methodology is guided only by formulating questions and other uses also an artistic sign along with the questions. The work shows that the teacher gets more successfully discursive participation of their students using the second methodology.

Keywords: Semiotics; discourse; physics; teaching; aesthetic function.

Introdução

A pedagogia sócio-construtivista considera fundamental a participação discursiva do aprendiz para a efetivação da apropriação do conhecimento e do desenvolvimento do seu pensamento. A contribuir com essas questões, a semiótica tem sido referência para o campo da educação (Semetsky, 2010) e indutora de promissoras pesquisas em educação científica e matemática, cobrindo, nesses

*Auxílio parcial CNPq.

últimos casos, diversas linhas de investigação (p. ex., Steinbring, 2006; Otte, 2006; Klein, 2003). Se observado o contexto deste trabalho, duas linhas devem ser destacadas. Uma se refere à semiótica social, cuja atenção volta-se para a construção do discurso e validação do conhecimento científico. Essa linha empreende um esforço analítico em cima da retórica que se produz no âmbito da sala de aula durante o ensino de ciências, ao mesmo tempo em que se volta para aqueles aspectos que privilegiam a interação entre o texto e seu contexto na construção de sentidos pelos aprendizes (p. ex., Kubli, 2005; Nascimento & Martins, 2005). Tais perspectivas semióticas reúnem-se em torno da temática geral denominada análise do discurso (Santaella, 2005, p. 276). Outra linha parte do princípio de que a apreensão e o diagnóstico da aprendizagem da linguagem científica e matemática essencialmente se prendem em análises semióticas de produção e interação comunicativa de múltiplas formas e modos de representação pelos aprendizes (p. ex., Waldrup; Prain & Carolan, 2010). Encontra-se subentendido nessa última linha de pesquisa que a maneira de raciocinar, visualizar e expressar os conhecimentos científicos pelos estudantes permanece intrinsecamente ligada à utilização de diversas linguagens representacionais semióticas. Dentre suas temáticas de investigação têm-se a produção e a conversão de múltiplos registros semióticos, as operações cognitivas que são possíveis ou favorecidas por elas, as formas e modos de representação mais apropriados para o aprendiz alcançar e expressar o pensamento científico e matemático, as dificuldades de aprendizagem provocadas pelo emprego das representações científicas e pelas conversões semióticas etc. (Duval, 2004; Prain & Waldrup, 2006). De ambas as linhas de investigação mencionadas deriva o interesse comum com a apropriação dos significados dos conceitos científicos e matemáticos pelos alunos, assim como com a compreensão dos mecanismos semióticos gerais envolvidos na aprendizagem desses conceitos.

Tomando por base as considerações anteriores, este estudo se concentra na seguinte problemática. Em Scott; Mortimer & Aguiar Junior (2006) é preconizado a alternância dos gêneros discursivos dialógico e de autoridade para que tensões discursivas sejam provocadas entre os atores da sala de aula, com a intenção de que aconteçam interações cognitivamente produtivas entre os aprendizes, por meio da participação ativa dos mesmos, visando a construção conjunta do conhecimento científico ensinado. Todavia, em Santos; Mortimer & Scott (2001) já fora advertido que os professores têm dificuldades em implementar, manter e conduzir, em suas aulas, um discurso que não seja exclusivamente de autoridade centrado neles, mas que combine um diálogo com os estudantes. As dificuldades primeiras são de como provocá-lo, em que momento instrucional, e ao serem superadas tais questões fica ainda o problema maior de administrar o gênero discursivo multivocal de modo a sustentá-lo, por um tempo suficiente, para que o desencadeamento argumentativo do conteúdo estudado possa produzir algum efeito desejado de aprendizagem nos estudantes.

Costumeiramente, a geração e condução pelo professor de discursos dialógicos em sala de aula se fazem mediante questionamentos, havendo todo um estudo na área sobre o tema (p. ex., Albergaria Almeida, 2012; Chin & Osborne, 2008). A formulação de perguntas é a forma interativa mais comum utilizada para que haja contato contínuo entre o professor e os aprendizes (Lorencini, Jr., 2000, p. 218). Porém, é frequente a metodologia de questionamento apresentar o indesejado contratempo de encurtar as tentativas de diálogo. A razão disso se deve, basicamente, às repostas diretas, muito curtas e raras dos alunos, visto que poucos deles se prontificam a dizer algo em razão de não gostarem de se expor, por se sentirem avaliados, de poderem ser criticados pelo professor ou até mesmo como reação ao risco de cometerem algum disparate, tornando-se alvo de brincadeiras dos colegas. Esses tipos de respostas, ou suas ausências, são obstáculos para o professor levar a cabo uma interação discursiva com os alunos com a finalidade de desenvolvimento de debates e argumentações e, com isso, para o acompanhamento do que estão aprendendo. Para aquele professorado pouco preparado para enfrentar esse tipo de problema ou que tenha dificuldade em fazer uso de formulação de perguntas pelos motivos levantados, ao ver-se frustrado nessa tentativa, acaba rapidamente retornando para a corriqueira metodologia de transmissão verbal centrada tão somente nele.

Diante da problemática colocada, este trabalho propõe utilizar o conceito semiótico de função estética, prevacente nos signos de tipo artístico, para promover e sustentar um processo discursivo em sala de aula. Como melhor será detalhado a frente, uma tela selecionada do artista gráfico holandês Maurits Cornelis Escher, que apresenta potencialidade conotativa com o conteúdo científico de conservação da energia mecânica, foi utilizada para instigar as falas dos estudantes. A investigação indica, basicamente, que um professor pouco afeito a interagir discursivamente com seus alunos, mas que mostra interesse em implementar tal didática, apresenta um ganho discursivo de seus alunos ao utilizar a estratégia proposta caso apenas fizesse uso de questionamentos.

Fundamentação teórica

Múltiplas representações e pensamento

Investigações na educação científica em multimodos e múltiplas representações aproveitam variados modos e formas representacionais para estimular o pensamento e o aprofundamento dos significados conceituais no ensino das ciências. O motivo de isso acontecer deve-se a distintos tipos de representações sógnicas, se formais ou informais, encontrarem-se inextricavelmente ligadas às faculdades mentais diferenciadas, além de envolverem aspectos motivacionais (Laburú; Barros & Silva, 2001). As muitas aptidões de ordem motivacional e computacional da mente não se desenvolvem com base em um único recurso mental, mas a partir de uma variedade de recursos cognitivos, cada qual especializada para lidar com uma particular forma de informação, em muitas e diferentes linguagens. Isso permite que as diferenciemos entre si, identifiquemos suas características distintivas, consigamos discriminar suas relações formais para que sejam traduzidas uma na outra, ou compreendamos para que e como são usadas no processo de comunicação. Em parte, o poder funcional do cérebro humano advém dessas suas diferentes formas especializadas de encaminhar a informação. Elas proporcionam um repertório próprio de habilidades e talentos para realizar distinções, combinações peculiares, contribuindo cada uma com a sua característica para o enriquecimento da nossa compreensão do mundo (Santaella, 2005, p. 68). Portanto, a semiose, que quer dizer ação do signo, mantém-se relativa ao tipo de linguagem sógnica empregada, que, por sua vez, estimula uma forma de pensar (Santaella, 2005, p. 43; Laburú; Zômpero & Barros, 2012).

Dado que o pensamento se desenvolve e se aprimora no uso de múltiplas linguagens representacionais, por conseguinte, efeitos mais apurados da semiose acabam por se refletir em aprendizagem mais aprimorada quando se aprovisiona o ensino com combinações, integrações e transformações em diferenciadas representações (Prain & Waldrip, 2006; Duval, 2004). De interesse para o trabalho, fixemo-nos na transformação denominada por Joly (2004, p. 72) de transcodificação. Por transcodificação a autora quer significar a passagem do modo de representação da percepção visual para o verbal, ou vice-versa, de modo que as retóricas visual e verbal emitidas apresentem equivalência de significado. Embora o primeiro caso seja aquele que interessa a este estudo, porém, tendo em vista esclarecer esse conceito, seja o seguinte exemplo do segundo caso. Quando na publicidade se deseja mostrar determinada pessoa, traje, lugar ou evocar determinado conceito, como liberdade, felicidade ou feminilidade, o profissional desse campo tenta encontrar e retratar em uma imagem o equivalente visual de um projeto verbal. Em outras palavras, do publicitário é esperado que consiga traduzir em imagens as mesmas ideias que as conceituações verbais transmitem. A tarefa de transcodificação de um roteiro verbal para imagem não é nada simples e requer escolhas de todos os tipos, como diz Joly (op. cit., p. 73).

Ações de transcodificação são concordantes com a condição plural do intelecto humano e com a existência de muitos fatores separados da cognição. Estes últimos, conforme garante Gardner (1995, p. 13, 42), quando sobrepostos, tornam-se necessários para pensar, operar, resolver problemas e elaborar produtos. Por essa concepção pluralista e multifuncional da mente, e em razão dela,

depreende-se que indivíduos, com perfis intelectuais múltiplos, portanto, possuidores de desempenhos e combinações relativos e contrastantes, devem ter seus pensamentos incitados a buscar a maximização do significado dos conceitos científicos através de várias vias representacionais. Do contrário, deixa-se de aproveitar facetas de maior desenvoltura intelectual de cada aprendiz, conseqüentemente de apelo motivacional, ou que venham a amadurecer em razão desse tipo de instrução. Pelo mesmo motivo, decorre de tal concepção, que a reunião de aprendizes em cooperação argumentativa, mesclando distintos perfis intelectuais, implica em autoenriquecimento.

Os alicerces para as argumentações colocadas são originários de Vygotsky (2003) e Peirce (Santaella, 2005). Ambos postulam que todo pensamento se dá por meio de signos, não havendo pensamento sem eles. No entanto, enquanto o primeiro quase sempre enfatiza o signo associando-o a linguagem, o segundo tende a uma compreensão de signo mais abrangente, podendo o mesmo ser uma palavra, texto, ideia, gesto, ação ou reação, sentimento, odor, figura etc. Por sua vez, os dois coincidem no entendimento de que o signo é capaz de se manifestar tanto externamente, por meio de algum recurso material, ou mediante pensamento interior. Logo, o signo é qualquer coisa que se apresente à mente ou é exteriorizado e, independentemente de sua natureza, consiste inevitavelmente em pensamento (Santaella, 2005, p. 55, 56). Por isso, a cada característica própria da forma de representação sêmica externa corresponde características peculiares de pensar, reforçando os argumentos afirmados.

Conotação e denotação de um signo

Situada brevemente a linha de investigação de ensino de ciências em múltiplas representações, passamos a apresentar os conceitos semióticos de conotação e denotação que, de modo complementar, compõem a ideia central do trabalho. Justificados por essa linha investigativa, ambos os conceitos estarão voltados para a transcodificação do signo visual para a linguagem verbal.

Antes, porém, é preciso situar que um signo qualquer sempre pode ser compreendido como constituído por uma mútua correlação codificada, portanto, arbitrária e convencional, entre elementos de um plano de expressão (significante) e de conteúdo (significado), estabelecendo assim uma função sêmica (Eco, 2003, p. 39). Posto isto, dizemos que uma semiose se torna conotativa quando o significante do signo se constitui de outro signo cujo significado lhe corresponde em segunda instância. Caso o significado se faça em primeira instância, fala-se em denotação. Nesta se considera uma relação codificada unívoca ou direta, em que há uma primeira forma precisa de relacionamento entre expressão e conteúdo (Coelho Netto, 2003, p. 37), ao passo que na conotação a relação é vaga ou indireta. O que constitui uma conotação enquanto tal é o fato da mesma se instituir de maneira “parasitária” à base de um código precedente, não podendo ser veiculada antes de o conteúdo primário ter sido denotado (Eco, 2003, p. 46). Na passagem de um signo denotativo para um conotativo não há simples substituição de significado. O significado denotado permanece, no signo, agregado ao seu significante, enquanto ao conjunto significante e significado se acrescenta outro novo significado, no caso, conotado. É exatamente porque o significado denotativo continua a permanecer no signo que surge a ambiguidade de mensagens que, conforme o entorno contextual, assumirá uma ou outra significação, se denotada ou conotada (Coelho Netto, 2003, p. 25). Assim, o significado da unidade cultural de primeira instância, na qual se identifica a marca denotativa, é a base para conotações sucessivas.

Para Barthes (1972, p.96), a relação de primeira instância denotativa entre um significante e significado amplia-se para uma segunda instância conotativa de significante e significado quando o primeiro par denotativo significante/significado incrusta-se como componente subjacente do significante segundo, que permanece associado ao novo significado de mesma segunda instância.

Deste modo, a significação é um processo entre pares significantes/significados num devir infinito de significantes e significados, de denotações e conotações. Uma marca conotativa é, conseqüentemente, uma das posições dentro de um campo semântico, cujo código faz corresponder um significante através da mediação prévia de uma marca denotativa precedente, estabelecendo outra função sêmica com nova entidade semântica. Por seu turno, a marca denotativa não requer nenhuma mediação de marcas precedentes para ser associada ao significante (Eco, 2003, p. 74, 75). Na marca conotativa buscam-se as intenções, os sentidos possíveis que o objeto, ou imagem artística, caso de interesse deste trabalho, se apresenta à mente e por ela é entendida. Ou, ainda, buscam-se as propriedades que podem ser atribuídas ao denotado, que, contrariamente, representa a classe e a extensão de todos os objetos que o signo possa se referir. O signo remete, quanto ao seu denotado, para um significado, e quanto aos seus sentidos possíveis ou intenções, para as possíveis conotações ou propriedades que podem ser atribuídas ao denotado do signo (Eco, 1985, p. 132, 133). Para ilustrar essas ideias, vejamos que num primeiro momento um casaco de pele denota uma proteção ao frio e também remete, num segundo momento, a um valor antropológico e social de significação. Barthes mostra, mediante o exemplo do jovem negro vestido com um uniforme francês, fazendo saudação militar à tricolor, como o sentido primeiro de uma imagem constitui o significante de outro signo. O sentido primeiro é o de um jovem soldado negro, fazendo continência à bandeira francesa. Mas o segundo sentido que assenta sobre o anterior é bem diferente. Ele tenta significar “que a França é um vasto império, que todos os seus filhos, sem distinção de cor, servem fielmente sob sua bandeira, e que não há melhor resposta aos detratores de um pretensão colonialismo do que o zelo deste negro em servir os seus pretensos opressores” (Barthes, 1988, p. 187). Nestes exemplos, os objetos adquirem um sentido para além dos seus sentidos funcionais, sendo possível uma estratificação de sentidos. Existem sentidos primeiros, sentidos segundos assentes sobre os primeiros, sentidos assentes nos segundos etc. O sentido aparece composto de camadas sucessivas de sentidos ou múltiplos níveis de significação.

As figuras de linguagem metafóricas, por imagens ou palavras, são casos de conotação intencional. Por elas é possível dar grande poder evocativo aos objetos linguísticos. Também são capazes de transportar uma extraordinária carga semântica, visto que seu objetivo é sugerir muito mais do que o objeto que designam, desencadeando, conforme a situação, ideias, sentimentos e emoções de toda ordem. Representações semióticas no formato de narrativas, semelhante aos contos de fadas, mitos, lendas, textos poéticos, ditados, entre outros, são carregados de sentidos metafóricos. É de se observar que faz parte da natureza da criação artística ser fonte de segundos sentidos, de transgressão, de poder de imaginação, como é o propósito de muitas metáforas visuais empregadas em publicidade já referida. Deriva daí que os signos artísticos são arquitetados para possuírem funções distintas, diferentes dos signos científicos. De acentuada função semântica, estes últimos signos são lógicos, estruturados, facilmente traduzíveis de uma linguagem para outra e demandam respostas ativas dirigidas a fins explícitos. Concernente à determinação precisa do significado, tal dimensão semântica prepara para a ação e observação, para a experimentação e conduta, deste modo esses signos têm que ser únicos e acurados para facilitar a comunicação e conferir ou ratificar as teorias propostas (Epstein, 2002, p. 33-35). O ponto de vista semântico funda-se num código evolutivo que é desenvolvido para conferir veracidade a um argumento e credibilidade no que diz respeito à realidade. Por ele, procura-se garantir à mensagem científica um significado com máxima transparência e que flua na comunicação com a maior objetividade.

Em contraposição à função semântica, os signos artísticos se caracterizam pelo predomínio da função de dimensão estética. Essa dimensão joga com a violação da norma (Eco, 2003, p 224), com a inescrutabilidade dos sentidos, sendo que seu significado poderá variar para diferentes receptores ou para o mesmo receptor em momentos diferentes (Coelho Netto, 2003, p. 171). A função estética do signo não demanda respostas únicas, exatas, mas prepara estados psicológicos ligados a sensações e sentimentos. Daí vem que a mensagem estética dos signos de obras de arte é capaz de apresentar muitos significados, não se podendo falar em um compartilhamento comum, último e final do conteúdo, mas em polissemia. Ademais, um ponto de vista estético é de difícil tradução de uma

linguagem para outra e seus significantes tornam-se mais opacos já que chamam a atenção para si, para a sua forma e materialidade (Epstein, 2002, p. 34). De acordo com Coelho Netto (2003, p. 169, 170), uma vez que a informação estética é fundamentalmente conotativa, o valor do estado estético frequentemente é tanto maior quanto mais “ilógico” (aspas do autor) for sua forma, mais se afastar dos padrões habituais e se tornar imprevisível.

A problemática

A função estética das representações visuais de natureza artística distingue-se por viabilizar a produção de diversificados roteiros verbais, sendo que, para isso, aproveita-se da riqueza infinita das experiências pessoais. Um sujeito ao receber e perceber um estímulo de uma representação desse tipo é imediatamente capturado pelos esquemas gerais de interpretação que domina. Em sendo o sujeito um aprendiz em processo instrucional, almeja-se que esses esquemas se modifiquem e aventurem-se na direção da realização de correspondências associativas engenhosas com os conhecimentos científicos ensinados. Com efeito, na medida em que os estudantes vão se apropriando do conhecimento científico, o professor pode instigá-los a estabelecer relações inventivas que associem elementos da obra com o que está sendo ensinado. O objetivo dessa ação é coletivizar um roteiro discursivo com fins de aprimoramento da aprendizagem. Através da intermediação de esquemas reconstruídos dos aprendizes por intermédio do ensino, leituras da obra, com novos olhares, são possíveis de irem sendo feitas, porém impregnadas com hábitos mentais científicos construídos e que vão regular a formação do juízo a respeito da percepção defrontada. Então, por meio da formação desse juízo, tendo por base conceitos científicos, o estudante vai ficando apto a reconhecer, por tradução conotativa, aquilo que percebe. Por outro lado, na falta desses conceitos, o percebido ou permanece algo meramente externo, sendo aquilo que surge à primeira vista, logo, aparecendo como uma denotação de primeira ordem, “muda” e “bruta” que bate à porta da percepção superficial do aprendiz, ou acaba por virar um devaneio sem interesse pedagógico, próximo daquele que pode advir de testes projetivos (Lilienfeld; Wood & Garb, 2001). Entretanto, em situação de instrução dos conceitos científicos, é possível solicitar dos estudantes um esforço imaginativo para tradução da obra observada mediante os conceitos adquiridos. Todavia, a adequabilidade da transcodificação de um elemento artístico visual para o verbal científico fica na dependência direta do nível de aprendizagem do estudante. Em outras palavras, uma leitura de uma obra artística, via termos científicos, manifesta-se com maior grau de desenvoltura quanto melhor qualificada se encontrar a aprendizagem. De forma semelhante e em geral, portanto, o desempenho da imaginação e criatividade, que satisfaça uma referencialidade científica coerente e desejada na efetivação da transcodificação oral científica das representações visuais artísticas abstratas, fica condicionado à profundidade do que está sendo estudado.

Por conseguinte, direcionados por essa perspectiva educacional e com a intenção de buscar ultrapassar as dificuldades de provocação, condução e sustentação de um processo discursivo participativo, utiliza-se o quadro Queda d'Água¹ de Maurits Cornelis Escher durante um momento instrucional de uma aula de física a respeito da conservação da energia mecânica. A seleção da respectiva obra se deve a sua força de sugestão e de contiguidade, condições típicas dos signos icônicos, estar fortemente associada ao referido conceito, visto apresentar qualidades sensíveis que se assemelham com aquelas do objeto em estudo. Por causa dessa sua natureza icônica, a obra escolhida abre a possibilidade de excitar na mente do receptor impressões conceituais comparáveis às que o objeto conceitual estudado deveria excitar.

Logo, a hipótese de fundo que orienta o estudo é de que o tema estético, por não possuir um conteúdo de sentido único, torna-se rico para proporcionar abertura e sustentação de diálogos entre o professor e estudantes. Dois pontos dão fundamento à hipótese. O primeiro resulta do sentimento de despreocupação dos alunos em estar sendo avaliados quando solicitados a emitir opiniões e ideias,

¹ [Http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/seminario/escher/quedaagua.html](http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/seminario/escher/quedaagua.html)

efeito colateral negativo que advém da metodologia de questionamentos. Por isso, estando livres para falar e expressar diante do quadro o que sentem, veem e pensam, os alunos dão espaço para a ocorrência do jogo estético da adivinhação, por meio da criação de mensagens com sobrecódigo que surpreendam, pois a incerteza composicional inerente aos elementos formativos dos signos artísticos favorece a ambiguidade e a autorreflexividade (Coelho Neto, 2003 p. 35). A rigor, nenhuma forma é sem sentido, uma vez que o observador sempre dá algum significado àquilo que contempla, potencializando o diálogo. A partir disso, o professor aproveita essa condição de ambiguidade para deslocar o sentido da leitura da pintura cada vez mais para o foco do estudo, redirecionando, inclusive, conceitos ainda mal construídos. Agora, do lado do professor, um segundo ponto que fundamenta a hipótese refere-se à proposta colocada de ajudar a suprimir ou dificultar que apareçam respostas curtas dos alunos, efeito negativo imputado igualmente à dinâmica da metodologia de questionamentos. Ao potencializar que o professor desenvolva narrativas mais extensas dos estudantes, a proposta permite respostas mais trabalhadas, oferecendo maior tempo de reflexão para que o professor redirecione as ideias dos alunos.

A fim de testar a viabilidade da proposta, confronta-se como um professor se sai na tarefa de envolver estudantes em discussão durante uma aula quando simplesmente aplica a metodologia de formulação de perguntas em comparação com a aplicação da mesma metodologia em que é acrescentada uma obra artística com esse objetivo.

Metodologia

A pintura *Queda d'Água* de Maurits Cornelis Escher (ver nota 1) foi selecionada tendo em vista certos critérios. Primeiramente, por seu tema coadunar-se com os conceitos físicos de energia mecânica e da sua lei de conservação estudados, possibilitando que os aprendizes realizassem relações associativas entre esses conceitos e a obra. Segundo, a pintura ilustra uma situação de violação da conservação da energia, que é flagrante para quem a interpreta à luz daqueles conceitos. Por último, a obra apresenta potencial conotativo, o que significa dizer que a mesma convida associações indiretas, portanto, não óbvias e nem automáticas à primeira vista com os referidos conceitos. Por conseguinte, apenas por meio de uma leitura atenta, com base nos conceitos físicos apropriados, o olhar é capaz de ser orientado para essas associações, impedindo que não se desvie ou dê prioridade para aspectos composicionais estéticos mais atrativos da figura, todavia, irrelevantes para os conceitos físicos tratados. Nesse sentido, Escher é conhecido pelas estranhas e intrigantes ilusões de óptica que produz em suas obras. Suas temáticas exploram o infinito, metamorfoses, geometrias entrecruzadas que se transformam gradualmente para formas completamente diferentes e inesperadas, o que faz a atenção do observador ser capturada. A obra, em particular, é motivada pelo efeito estético de uma construção impossível, uma situação paradoxal da circulação de uma correnteza de água autossustentável que gira de modo permanente uma roda d'água. O contrassenso da circulação da água, que continuamente caminha para um nível mais elevado, é causado pela ilusão de óptica produzida por perspectivas gráficas distorcidas aparentemente naturais, mas que vão de encontro ao logicamente aceitável quando uma apreciação mais cautelosa é realizada.

Dos estudantes diante da obra se estava a esperar, em razão do ensino, que conseguissem aplicar os conceitos aprendidos e perceber que a pintura retrata um caso de violação da lei da conservação da energia. Deveriam compreender que o consumo de energia para girar a roda d'água, gerando energia cinética de rotação, resulta da conversão da energia potencial gravitacional da água. Contudo, a água reaproveitada tem sua energia potencial elevada novamente, sem que exista realização de trabalho externo, o que é fisicamente impossível. Com isso, deveriam perceber que a corrente d'água adquire energia potencial do nada, visto retornar ao nível energético inicial maior, ocasionada pela ilusão de óptica elaborada pelo artista. A obra, essencialmente, é uma espécie de moto-contínuo, todavia, em contraste com as máquinas de moto-perpétuo, apresenta um caráter estético motivador, de mais fácil compreensão e interpretação para os aprendizes iniciantes do que tais máquinas imaginárias,

com suas capciosas artimanhas físicas difíceis de serem desveladas teoricamente, necessitando o domínio de conceitos físicos adicionais, caso fossem utilizadas com fins didáticos semelhantes.

Amostra e contexto

Os dados obtidos da investigação vieram de uma amostra de 31 estudantes do segundo ano do ensino médio de um colégio público, durante uma terceira aula de 50 minutos sobre o assunto de física acima. A amostra pertencia a uma população de perfil urbano, predominantemente de classe média. O professor de física participante da pesquisa tinha dois anos de magistério, e suas aulas costumavam ser expositivas, visto confessar pouca desenvoltura e segurança para promover um ensino na forma de diálogo com os estudantes. Sua participação foi voluntária, ocorrida após um curso de extensão de formação continuada de trinta horas em que foi abordado o ensino por alternância discursiva dialógica/autoridade (Scott; Mortimer & Aguiar Junior, 2006) e metodologia por questionamentos (Albergaria Almeida, 2012; Chin & Osborne, 2008; Hargie, 1983). Com o professor houve dois encontros separados do curso para planejamento da aplicação da proposta. Acordou-se que em duas aulas anteriores à terceira aula da aplicação da proposta ele apresentaria o conteúdo de energia mecânica e resolveria exercícios do livro didático, como regularmente fazia. A terceira aula, inteiramente videogravada com duas câmeras em posições distintas da sala para posterior análise e tendo mais o pesquisador como observador *in loco* anotando as reações dos alunos (cf. critérios abaixo), foi organizada em três momentos da seguinte maneira. Os primeiros vinte minutos iniciais o professor apresentou na lousa o corriqueiro problema do *looping* da montanha-russa, complementado por meio de um desenho, para ser discutido conceitualmente, partindo da questão: “um carrinho saindo do repouso de uma altura “h” conseguirá realizar o looping na montanha russa?”. Após a discussão do problema, fez uma apresentação de dez minutos da vida e da obra de Escher. Na sequência, nos vinte minutos restantes da aula, aplicou a proposta da utilização do signo artístico, projetando na parede o quadro da Queda d’Água e colocando a pergunta desencadeadora do processo discursivo: “Que elementos da obra Queda d’Água podem ser interpretados à luz dos conceitos de física estudados até agora?”. Ou em termos mais diretos para os estudantes: Como o quadro pode ser associado com o que foi aprendido de energia?”. Exceto a apresentação de dez minutos do artista foi acertado com o professor que encaminhasse ambas as atividades por meio de alternância discursiva dialógica e de autoridade, fazendo uso da formulação de questionamentos. O objetivo foi levantar as concepções dos estudantes para debatê-las, assim como diagnosticar o aprendido para reorientar os seus conceitos errôneos ou incompreendidos.

Instrumento analítico

Para confrontar a condução e sustentação discursiva sem e com o uso da obra de Escher utilizou-se um instrumento analítico constituído de cinco critérios comparativos. A constituição dos cinco critérios considerou certos condicionantes característicos da ocorrência de um processo discursivo. Os critérios considerados foram: 1) Alunos participantes do discurso; 2) Duração da alternância discursiva entre o professor e estudantes; 3) Intervenções espontâneas dos alunos; 4) Qualidade das falas dos estudantes; 5) Alunos desinteressados. A numeração corresponde às indicadas na tabela apresentada na próxima seção. O primeiro critério foi obtido contando-se o número de estudantes que interagiram e intervíram oralmente com o professor, respondendo suas perguntas. O segundo critério determinou o tempo decorrido total, em segundos, da ocorrência da alternância discursiva. O terceiro critério identificou o número de estudantes que entraram na discussão, complementando, concordando ou discordando de alguma fala dos seus pares, colocando argumentos, perguntas, dúvidas, opiniões, ideias etc. sem que o professor lhes dirigissem diretamente perguntas ou lhes pedissem opinião. Esse critério permitiu assinalar que a fala dos alunos não permanecia somente vinculada à pergunta do professor e que o aluno interagiu e participou do debate independentemente de ser diretamente provocado por uma pergunta, portanto, mostrando haver engajamento. O quarto

critério identificou a proporção média do número de falas dos estudantes do tipo curtas ou de respostas diretas, como, por exemplo, “é”, “sim”, “não”, “porque não”, “porque sim”, em relação às que foram melhor elaboradas ou argumentadas. O último critério buscou obter o número de estudantes desinteressados, pois não participaram da discussão e nem mantiveram a atenção voltada para o professor ou colegas na maior parte do tempo, permanecendo quase sempre distraídos, desatentos ou dispersos. Aqui não se incluíram os calados, mas que se mantiveram, por outro lado, atentos.

Resultados

No quadro abaixo se comparam a aplicação dos critérios nos dois momentos do emprego da metodologia de formulação de perguntas em que houve ausência ou presença da intervenção do signo artístico.

Como se constata, de maneira geral, os cinco critérios dão indicações de que o expediente do signo artístico favoreceu a manutenção discursiva. O item 1 mostra que a mediação da obra mais que dobrou o número de estudantes que participaram do processo discursivo (12) frente a sua ausência (5). Da mesma forma, o item 2 informa que o professor conseguiu sustentar o processo discursivo mais do que o triplo do tempo (7,5 minutos) em relação ao tempo (2,2 minutos) da formulação exclusiva de perguntas, indicando, com isso, maior efetividade em utilizar a metodologia de questionamentos e, por consequência, a alternância discursiva entre ele e os estudantes.

Quadro Comparativo

Critérios	Metodologia de Formulação de perguntas	
	Ausência da obra	Emprego da obra
1) Alunos participantes	5	12
2) Duração alternância discursiva	2,2 min.	7,5 min.
3) Intervenções espontâneas	3	9
4) Qualidade das falas (relação elaboradas/curtas)	3,7	8,8
5) Alunos dispersos	8	3

O item 3 faz ver que antes da obra ser colocada e discutida, apenas três alunos participantes interviram na discussão espontaneamente, contra nove após a mesma ser introduzida. Isso indica que a obra permitiu engajamento de um número bem maior de alunos do que quando o professor só empregou questionamentos. Tal acontecimento reforça uma das suposições levantadas pelo trabalho, de que a função estética dos signos artísticos possibilita a abertura de uma fala menos compromissada com a percepção do aluno de estar sendo avaliado, deixando-o mais à vontade para que se expresse.

O item 4 além de revelar que o signo artístico proporcionou aumento relativo de falas mais elaboradas do que de respostas curtas, também apoia o aspecto relativo ao item 2. Isto porque uma parcela da dificuldade do professor em manter a metodologia de perguntas deve-se às respostas curtas e diretas dos estudantes, reduzindo-lhe o tempo de espera (Davenport, 2003) para refletir sobre o que o aluno disse e elaborar novos questionamentos em cima da sua fala. Todavia, é preciso advertir, falas mais trabalhadas e elaboradas não significam que elas se restringiram propriamente ao conteúdo. Conforme colocado no parágrafo antecedente, devido à liberdade expressiva, aspectos de ordem estética e observações de caráter geral sobre a figura, mas sem vínculo com o conteúdo, também foram comentados, como, por exemplo, a respeito dos poliedros nos topos das construções ou das plantas estranhas no jardim (ver nota 1 e exemplos de fragmentos de discurso a seguir). Contudo, como dito, tais comentários auxiliam a desconstruir o assunto estudado, ajudam a aumentar o tempo de espera para

o professor poder pensar e orientar as suas novas colocações, além de que a provocação da conversação fica menos dependente ou sob a responsabilidade única do professor.

O último item do quadro mostra o aspecto de atração da atenção do uso da obra artística e que pode ser interpretado como elevando o interesse dos estudantes, pois foi reduzido para quase um terço (3) o número de estudantes que ficaram dispersos se comparado aos oito na primeira parte da aula. E isso sem levar em conta que durante os três minutos iniciais da discussão, aproximadamente, esses mesmos sujeitos mantiveram-se com a atenção voltada para a pintura e discussões.

A título de ilustração do quadro Comparativo, apresentamos um fragmento de discurso ocorrido para cada situação e que dá indicação dos primeiros quatro critérios de forma relativa e não absoluta como conta do quadro. A omissão do quinto critério deveu-se a impossibilidade de evidenciá-lo na forma de um extrato escrito, pois são determinados por comportamentos ligados a representações não verbais.

Fragmento de discurso na ausência do signo

... (Prof.) *E aí pessoal, o carrinho consegue fazer o looping e chegar até o fim da montanha russa? Quem pode dar uma ideia?* (A1) (estudante levanta o braço e o professor pede para ele falar) *Vai depender da velocidade que entra?* (Prof.) *Não tem como pensar em termos de energia em vez de velocidade?* (Prof.) (o professor vendo que ninguém se manifesta, questiona um estudante) *O que você acha A4?* (A4) *Não sei dizer.* (Prof.) *E você A2, o que acha?* (A2) *Seria energia de movimento?* (Prof.) *Isso. Essa energia de movimento a gente chama de* (pergunta olhando para toda a classe)? (A1) *Energia cinética, né?* (Prof.) *Isso mesmo, muito bom. Então como poderemos usar o conceito de energia para saber se o carrinho completa o looping, hein A3?* (A3) *Não sei dizer não professor.* (Prof.) *E você A1, como fica a energia que tem a ver com a altura e com a gravidade, a energia potencial?* (A1) *Tem que saber essa energia.* (Prof.) *Ela tem que ser igual a qual energia?* (A1) *Iguala com a energia cinética.* (Prof.) *Porque conserva, não é?.* (A1) *É. Por causa da conservação da energia que se conserva, não é professor?* (Prof.) (nenhum estudante mais se manifesta e professor passa a resolver o problema) ...

Fragmento de discurso auxiliado pelo signo artístico

... (Prof.) *Como a gente pode associar este quadro Queda d'Água de Esher com os conceitos de física aprendidos até agora?* (após alguns instantes) *Quem não entendeu a pergunta* (alguns alunos se manifestam e professor explica outra vez a pergunta)? (A4) *A imagem é uma arquitetura, ela é possível de reprodução?* (Prof.) *O que você quer dizer?* (A4) *Se isso acontece na realidade?* (Prof.) *O que você acha?* (A4) *A cascata existe, por causa da gravidade que atrai a água que cai para baixo, e movimenta a roda, e a roda recoloca a água no caminho de volta na cascata. É um sistema cíclico.* (A6) *Usa a força da gravidade para deslocar a água sem utilizar nenhuma força mecânica, apenas a força gravitacional?* (Prof.) *O que vocês acham de isso acontecer na prática, realmente?* (A4) *Para mim é impossível.* (A7) *Tudo aí é esquisito, têm uns poliedros nas torres de enfeite, plantas que não existem e uma escada que parece que derreteu uma parte dela* (escada no centro do canto inferior direito) *que não serve pra gente usar.* (A1) *É um projeto onde existe o deslocamento da água, sobe e volta a cair na cachoeira movimenta através da pressão do acúmulo no tempo.* (A2) *Mas não tem que ver com o que aprendemos, não é professor* (referindo-se aos comentários de A7)? (Prof.) *Isso mesmo. Quais conceitos do que aprendemos de energia podemos usar na figura?* (A3) *Energia potencial e cinética?* (Prof.) *Elas se conservam? Lembrem, a energia tem que conservar, é uma lei universal.* (A5) *Conservação da energia quando a água percorre a canaleta e empurra a roda.* (Prof.) *Vocês acham que a energia se conserva aqui? A roda realiza trabalho, que é energia, e a energia vem da energia potencial da água no alto, mas da onde vem a energia para a água subir, conserva ou não conserva?*

(A1, A3, A1 falam simultaneamente). *Não conserva.* (Prof.) Quem pode explicar melhor? (A1) *A água está ganhando energia na subida dela mesma, viola a conservação da energia. ...*

Como a própria extensão relativa dos fragmentos discursivos selecionados como exemplos já evidencia, descontadas obviamente as observações do analista colocadas entre parênteses, o segundo momento discursivo exhibe maior densidade discursiva e apresenta melhor qualidade das respostas, nos sentidos atribuídos pelos critérios dois e quatro, respectivamente. Em relação aos critérios um e três, nesta ordem, o fragmento de discurso que se encontra com ausência da obra apresenta três estudantes participantes contra sete daquele em que a intermediação da obra se faz presente, sendo que dois estudantes (A2 e A3) no primeiro extrato precisaram ser instigados pelo professor enquanto no outro extrato é mostrado que a totalidade dos alunos intervíram no discurso de modo espontâneo, ou seja, sem necessidade do professor estar induzindo-os a se expressarem.

Apesar de que se possa imaginar que exista influência positiva do debate transferido do problema do looping da primeira parte da aula para a discussão da obra artística, o que sem dúvida seria uma transferência desejada e provável de acontecer, entendemos que essa influência permanece restrita a qualidade da aprendizagem do conteúdo e não diz respeito tanto as dimensões necessárias para favorecimento de uma interlocução discursiva entre professor e alunos, esta, sim, podendo ser confiada ao emprego da obra; ainda que se possa imaginar que alunos com maior conhecimento tendam a ser mais protagonistas, um vínculo difícil de separar na investigação. Por outro lado, descartamos o conhecido efeito pigmaleão (Rosenthal & Jacobson, 1968), pois o professor somente ficou inteirado do que buscávamos na investigação após o término da aula.

Uma observação final adicional, todavia deveras importante, apesar de não antecipada no momento da definição do instrumento analítico, mas que vai ao encontro de justificar o emprego da proposta, foi o comentário do professor de que a atividade com a pintura facilitou o emprego da alternância discursiva e o deixou mais seguro e a vontade para implementá-la, além de ter afirmado o desejo de utilizar outras obras em outros conteúdos para estimular a conversação com os alunos e motivar a aula.

Conclusões

Os resultados do trabalho apontam que o uso do signo artístico constituído pelo quadro *Queda d'Água* como recurso didático favorece a manutenção e condução pelo professor da interatividade discursiva em sala de aula. Constatou-se que a mediação desse signo tornaram positivos vários aspectos relacionados à manutenção e condução de um processo discursivo, tais como: aumentou o número de estudantes que interagiram discursivamente; um número menor deles ficaram dispersos durante a tarefa; as respostas aos questionamentos do professor, em vez de menos diretas e evasivas, se tornaram mais detalhadas; o tempo da interação discursiva se prolongou e mais estudantes se dispuseram a contribuir com ideias voluntariamente. Como se justificou no decorrer do artigo, um motivo fundamental para isso acontecer deve-se a propriedade estética dos signos artísticos. Além da tendência de atrair a atenção, essa propriedade pode propiciar a interatividade discursiva dos aprendizes, pois tende a potencializar uma riqueza interpretativa imaginativa e criativa capaz de facilitar a abertura e manutenção de um diálogo. Evidentemente que as possibilidades e características conotativas do signo artístico escolhido e principalmente a predisposição do professor para trabalhar por meio dessa didática são fatores essenciais sem os quais o atributo didático da função estética se tornaria pouco efetivo.

Afora a contribuição investigada para o processo instrucional, é possível aproveitar o expediente da arte como fonte de cultura junto ao ensino das ciências. A sua introdução é um momento capaz de descontrair e de tornar mais criativo e participativo o estudo de conhecimentos científicos

frequentemente árdusos, pesados e cansativos para muitos estudantes, visto sempre estarem suportados em linguagens e representações rigorosas e distantes do senso comum.

Dentro desse contexto e pensando em dar continuidade à linha de pesquisa deste trabalho, poder-se-ia imaginar investigações que venham perscrutar os limites abstratos capazes de serem utilizados pedagogicamente, ou que indaguem de que maneira a criatividade discursiva fomentada é direcionada para a aprendizagem de conceitos científicos. No primeiro caso, poder-se-ia estudar se outras manifestações ou escolas artísticas podem servir para os propósitos aqui colocados, como o cubismo e o futurismo, por exemplo, que apresentam maior grau de abstração, mas que ainda permanecem mantendo características representativas e figurativas afastadas de simples imitação dos elementos da realidade natural. Também se abre a possibilidade de investigar o impacto que o emprego de outras manifestações artísticas, como charges, tirinhas, filmes artísticos etc., com forte conotação com o tema de ciências estudado, causam em jovens escolares durante o ensino. No que se refere à questão da aprendizagem, vemos que a opção analítica do instrumento da pesquisa se concentrou em aspectos de ensino. Entretanto, um caminho analítico deveria voltar-se para a aprendizagem. Para tanto, examinar a maneira pela qual o potencial de produção de emoções e ideias, de exploração da capacidade criativa e imaginativa, de estimulação de instâncias da consciência que perpassa a percepção estética, sob à luz de fundo de uma dinâmica discursiva que leve à apropriação dos conceitos científicos, é um projeto de estudo que deriva naturalmente.

Finalmente, como última perspectiva promissora de investigação, fica a sugestão colocada pelo professor protagonista desta pesquisa, de que variadas obras artísticas, com seus efeitos estéticos singulares, podem ser usadas em variados momentos do ensino para realizar correspondências conotativas com os conteúdos científicos, gerando produção discursiva entre os atores da sala de aula com objetivos também de aprendizagem.

Referências

- Albergaria Almeida, P. Can I ask a question? The importance of classroom questioning. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, v. 31, p. 634-638, 2012.
- Barthes, R. *Mitologias*, Lisboa: Edições 70, 1988.
- Barthes, R. *Elementos de semiologia*, Editora Cultrix, 2^a edição, São Paulo, 1972.
- Chin, C. & Osborne, J. Students' questions: a potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, v. 44, p. 1-39, 2008.
- Coelho Netto, J. T. *Semiótica, informação e comunicação*, Editora Perspectiva S.A., São Paulo, 6^a edição, 2003.
- Davenport, N. A. M. Questions, Answers and Wait-time: implications for assessment of young children, *International Journal of Early Years Education*, v. 11, n 3, 245-253, 2003.
- Duval, R. *Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales*, Universidad del Vale, Instituto de Educación y Pedagogía, Santiago de Cali: Peter Lang, Colombia, 2004.
- Eco, H. *O signo*, Editorial Presença, LDA. Lisboa, 1985.
- Eco, H. *Tratado geral de semiótica*. Estudos, Editora Perspectiva S. A., São Paulo, 2003.
- Epstein, I. *O signo*, Série Princípios, 7^a Edição, Editora Ática, São Paulo, SP, 2002.
- Gardner, H. *Inteligências múltiplas, a teoria na prática*, Artmed, Porto Alegre, 1995.
- Hargie, O. The importance of teacher questions in the classroom. . In: *Readings on Language, Schools and Classrooms*. Eds.: Stubbs, Michael and Hillier, Hilary, Methuen, London, pp. 185-192, 1983.

- Joly, M. *Introdução à análise da imagem*, Papirus Editora, 7ª edição, Campinas, 2004.
- Klein, P. D. Rethinking the multiplicity of cognitive resources and curricular representations: alternatives to “learning styles” and “multiple intelligences”. *Journal of Curriculum Studies*, v. 35, p. 45-81, 2003.
- Kubli, F. Science teaching as dialogue – bakhtin, vygotsky and some applications in the classroom, *Science & Education*, v. 14, p. 501-534, 2005.
- Laburú, C. E., Barros, M. A. & Silva, O. H. M Multimodos e múltiplas representações, aprendizagem significativa e subjetividade: três referenciais conciliáveis da educação científica, *Ciência & Educação*, v. 17, n. 2, 469-487, 2011.
- Laburú, C. E.; Zômpero, A. F. & Barros, M. A. Vygotsky e múltiplas representações: leituras convergentes para o ensino de ciências, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, ISSN 1677-2334, v. 30, n. 1, p. 7-24, 2012.
- Lilienfeld, S. O.; Wood, J. M. & Garb, H. N. What's wrong with this picture? *Scientific American*. In: http://www.psychologicalscience.org/newsresearch/publications/journals/sa1_2.pdf, 2001.
- Lorencini, A. J. *O professor e as perguntas na construção de um discurso em sala de aula*, Tese (Doutorado em Didática), Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, SP, 2000.
- Nascimento, G. T & Martins, I. O texto de genética no livro didático de ciência: uma análise retórica crítica, *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 2, p. 255-278, 2005.
- Otte, M. Mathematical epistemology from a Peircean semiotic point of view, *Education Studies in Mathematics*, v. 61, p. 11-38, 2006.
- Prain, V. & Waldrip, B. An exploratory study of teachers’ and students’ use of multi-modal representations of concepts in primary science, *International Journal of Science Education*, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.
- Rosenthal, R. & Jacobson, L. *Pygmalion in the classroom: Teacher expectation and pupils' intellectual development*, Irvington publishers, New York, 1968.
- Santaella, L. *Matrizes da linguagem e pensamento*. Editora Iluminuras Ltda. São Paulo, SP, p. 431, 2005
- Santos, W. L. P.; Mortimer, E. F & Scott, P. H. A argumentação em discussões científicas: reflexões a partir de um estudo de caso, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 1, 2001.
- Scott, P. H.; Mortimer, E. F & Aguiar Junior, O. The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons, *Science Education*, v. 90, n. 7, p. 605-631, 2006.
- Semetsky, I. *Semiotics education experience*. Rotterdam, Netherlands, Sense Publisher, 288 p., 2010.
- Steinbring, H. What makes a sign a mathematical sign? An epistemological perspective on mathematical interaction, *Education Studies in Mathematics*, v. 61, p. 133-162, 2006.
- Vygotsky, L. S. *Pensamento e linguagem*, Martins Fontes, São Paulo, 2ª Edição, p.194, 2003.
- Waldrip, B.; Prain, V. & Carolan, J. Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science, *Research in Science Education*, v.40, p. 65-80, 2010.

Recebido em: 05.11.13

Aceito em: 02.06.15