

Instrumentação em educação científica e o convite ao erro: uma leitura a partir do referencial de *affordances*⁺*

*Osmar Henrique Moura da Silva*¹

*Carlos Eduardo Laburú*²

Departamento de Física – Universidade Estadual de Londrina
Londrina – PR

Resumo

Neste trabalho o conceito de affordance presente na literatura é revisado e direcionado para o sentido imediato que um indivíduo atribui a determinados instrumentos ou experimentos que favorecem procedimentos e/ou entendimentos indesejados para a instrução. Por meio de uma discussão que revela as características morfológicas inerentes de certos projetos de equipamentos, procura-se, com essa leitura de affordance, a tomada de consciência do educador científico de que, além das mesmas poderem induzir interpretações equivocadas de um fenômeno, elas também são indutoras de equívocos procedimentais que dificultam uma atividade experimental.

Palavras-chave: *Educação científica; Affordances; Equívocos conceituais e procedimentais.*

Abstract

In this work, the affordance concept presented in the literature is reviewed and directed to the immediate sense that an individual attributes to certain instruments or experiments that favor procedures and / or unwanted arrangements for instruction. Through a discussion that reveals the inherent morphological characteristics of certain equipment projects, based on this reading of affordances, it is looking for the awareness of

⁺ Science education instrumentation and invitation to error: a reading from affordances framework

^{*} *Recebido: novembro de 2016.
Aceito: maio de 2017.*

¹ E-mail: osmarh@uel.br

² E-mail: laburu@uel.br

scientific educator that morphological characteristics can induce misinterpretations of a phenomenon or also inducers of procedural misconceptions that hinder an experimental activity.

Keywords: *Science Education; Affordances; Conceptual and Procedural Mistakes.*

I. Introdução

Equívocos em atividades experimentais de laboratório são avaliados em termos qualitativos e/ou quantitativos. Particularmente neste trabalho, direciona-se a atenção a determinados casos em que instrumentos e demonstrações apresentam características morfológicas de projeto que possam induzir ao erro. Os erros aqui tratados, sobressaídos de alunos de licenciandos de Física em período de estágio nas escolas, são tratados à luz do conceito de *affordance*. Para tanto, o significado desse conceito é revisado e direcionado ao sentido de reconhecimento imediato que um indivíduo atribui a um instrumento ou experimento que, na interação do aprendiz com ele, há a possibilidade de realização de procedimentos e entendimentos indesejados. Logo, a partir de uma discussão inerente às características morfológicas de projeto das tecnologias educacionais aqui exemplificadas, procura-se, por meio dessa leitura de *affordance*, conscientizar o educador de que, além de elas poderem induzir a interpretações equivocadas de um fenômeno, são também capazes de induzir procedimentos equivocados que dificultam a atividade experimental. E mesmo aos casos em que um erro detectado seja aparentemente banal e de fácil retificação, espera-se que o conceito semiótico de *affordances* contribua para a preparação do educador intencionado em ministrar aulas experimentais.

II. Affordances de objetos em educação científica

Assim como os textos, os objetos também possuem uma narrativa para a pessoa com a qual ele interage. Narrativa porque compreendem uma significação que se torna explícita em sequências de ações da pessoa, visando uma utilização. É nesse contexto que o conceito de *affordances* se situa, termo este que se trata de um neologismo derivado da palavra inglesa *afford*, introduzida pelo psicólogo Gibson (1986, p. 127) para descrever o que o meio ambiente oferece ou provê para o animal em geral, seja para o bem ou para o mal. Na medida em que o conceito de *affordances* envolve a relação de um animal com um objeto devido às necessidades do primeiro, Hammond (2010, p. 206) discute o caso de mesmo uma árvore ter suas propriedades invariantes, seus recursos são apropriados por determinados animais como, por exemplo, servir de abrigo para chuva ou sol, ou ainda pode ser fonte de alimento e até proteção para se esconder de predadores. Nesse sentido, a essência do conceito de *affordances* é indicar, na interação objeto-animal, tanto circunstâncias favoráveis como restritas. Todavia, cabe ressaltar o

ponto de que os *affordances* presentes nas coisas são percebidos pelos humanos quando conceituados em uma cultura somada a elementos de subjetividade. Distintamente dos animais, que se servem dos instintos, os humanos se servem da conceituação no interagir com os objetos, do contrário nem ao menos são perceptíveis.

Em geral, os objetos permanecem um desafio de entendimento à semiótica, que os considera e os interpreta como signos constitutivos de linguagem (VOLLI, 2007). A partir da interação de um sujeito com um objeto, o viés interpretativo desse referencial classifica aspectos semióticos ao se fixar nos comportamentos dos usuários e nas sequências de suas ações praticadas sobre ele, em que “*affordances são literalmente os ‘convites para o uso’ (forma, matéria, dimensão etc.) presentes na morfologia de cada objeto³, e comunicam a sua função: por exemplo, um objeto côncavo é adequado para ser contentor; ...*” (ibid., p. 194). Em outras palavras, *affordances* significa, portanto, aquilo que, na interação com o sujeito⁴, o ambiente físico potencialmente proporciona, oferece ou convida o sujeito a agir em razão das propriedades ou características de reconhecimento que possui, ou deveria possuir, para satisfazer certas necessidades de uso. Obviamente nesse contexto, *affordances* de um objeto podem de alguma forma induzir adequada ou inadequadamente o uso que um objeto deveria ter e para o qual foi projetado. Um caso típico de inconveniência pode ser o de um usuário vir a girar determinado botão que, pelo contrário, deveria ser apertado ou puxado. Assim, de modo análogo aos textos, os graus de objetividade dependem do quão se arquetizam “aspectos de narrativa” dos objetos. Suas eficácias comunicativas consistem compreender como e quais características morfológicas (forma, cor, dimensão, matéria, peso etc.) e contextos de uso comunicam as funções para as quais foram concebidos os materiais (ibid.). Considerando, portanto, que as qualidades perceptivas de um objeto processam semiose perceptiva e condicionam o agir de quem o usa, podendo o sujeito inclusive gerar interpretação equivocada em razão de um projeto indevido, os comentários a partir do parágrafo abaixo, dentro desta pertinência semiótica, situam destacadas investigações em educação científica que abordam o conceito de *affordances* para então direcioná-lo aos interesses do presente estudo na seção seguinte.

Ora, o conceito de *affordances* caracteriza-se com distintos interesses de investigação, situação que igualmente ocorre em outros campos de estudos nos quais ele é tão influente. Como primeiro exemplo, Waldrip et al. (2010) aplicam uma estratégia de ensino com multimodos de representação servindo-se do conceito de *affordances*. O trabalho de Kress et al. (2001) identifica diversos *affordances* de representações semióticas e que discernem potenciais propriedades ou características de reconhecimento que trazem diferentes modos semióticos de representar o conhecimento científico e que são capazes de satisfazer necessidades de aprendizagem. Nesse contexto cabe também citar a investigação de Hoban e Nielsen (2014), em que a proposta de *affordances* é aplicada na consideração de convenientes possibilidades que o modo de representação de animações, via técnica de “stop motion”, proporciona para gerar discussões

³ Encerrando uma ergonomia que precipita distinções de uso e, assim, desencadeiam uma conduta.

⁴ Pré-disposto a reconhecer determinadas qualidades funcionais.

em aulas de ciências naturais. Noutra situação, Fredlund et al.(2012) realizam um papel comparativo deste conceito, em que se pesquisam representações semióticas de física díspares⁵ ao proporcionar engajamentos comunicativos em sala de aula e, desse modo, compartilhar o conhecimento estudado. Por sua vez, Kozma (2003) investiga certas peculiaridades das múltiplas representações no ensino de química. Seus resultados indicam que o estabelecimento de uma atmosfera simbólica nessa matéria, envolvendo atividades experimentais, pode prover *affordances* para uma construção compartilhada de conhecimentos científicos. Nessa mesma direção, Wu e Puntambekar (2012, p. 756) examinam a maneira como diferentes e desejáveis *affordances* ligados às múltiplas representações são então integrados para instigar e promover processos científicos do tipo formulação de questionamentos, delinear investigações, examinar dados, gerar explicações etc.

Cabe então notar que os distintos trabalhos explicitados exibem, contudo, uma coincidência que é comum nessa linha de pesquisa referente ao emprego da ideia de *affordances* e cujo sentido é o de identificar as possibilidades que as inerentes características das estratégias de ensino, ou de formas representacionais, oportunizam para que determinados fins instrucionais sejam alcançados. Com um sentido oposto a este, a próxima seção se encarrega de descrever análises da ocorrência de duas situações típicas de *affordances* negativas de “objetos” em educação científica, aqui diferenciadas como indutoras de equívocos procedimentais e conceituais. Acerca dessa distinção, embora ambos equívocos possam ser inicialmente diagnosticados como de origem conceitual na medida em que o sujeito é regido por suas interpretações do real, o equívoco procedimental é aqui denominado quando uma *affordance* negativa de um instrumento induz o sujeito a cometer uso enganoso do mesmo, logo, resultando num procedimento inadequado para o qual ele foi planejado. Já o equívoco conceitual de uma *affordance* negativa pode ser entendido como precedente ao equívoco procedimental, pois o viés interpretativo não necessariamente caracteriza o envolvimento de uma tomada de ação, assim indevida. Na próxima seção, portanto, buscam-se exemplificar, por meio de tais denominações, uma pragmática leitura pedagógica que leve a entender o surgimento espontâneo de cometimentos de erros dos alunos quando manuseiam instrumentos de medida e/ou quando se deparam com demonstrações de fenômenos naturais, leitura esta que pode ser útil ao professor de ciências em aulas experimentais.

III. *Affordances* negativos de instrumentos e experimentos

Os dois casos interpretados à luz do conceito de *affordances* surgiram a partir do acompanhamento das ações, questionamentos e comentários de estudantes quando manipulavam um instrumento ou observavam determinado fenômeno. Os estudantes analisados pertencem ao segundo ano do ensino médio de uma escola pública paranaense. Dois casos que frequentemente

⁵ Ex.: representação de ondas num papel com raios versus frente de ondas.

ocorrem em sala de aula são apresentados como exemplos, sendo um procedimental e outro conceitual.

III.1 Caso de equívoco procedimental – Transferidor usado na medição da dilatação linear de sólidos

O estudo experimental da dilatação linear de sólidos pode ser feito com tubo retilíneo de alumínio por onde se faz passar vapor de água em ebulição (GASPAR, 2000, p. 281-282; FUNBEC, 1977, p. 74-77). Para isso, o tubo é horizontalmente posto na beirada de uma mesa com uma de suas extremidades fixa (a da entrada de vapor que se canaliza com uma mangueira nele conectada) e a outra, onde sai o vapor, fica livre para movimentar-se devido à dilatação. Para observação da pequena dilatação linear, é colocado um alfinete embaixo da extremidade livre do tubo, de modo que o alfinete gira livremente quando a extremidade se movimenta conforme o tubo é aquecido. Sabendo a circunferência do alfinete e adaptando um ponteiro perpendicularmente a ele, é possível indiretamente determinar a variação do comprimento dilatado. O alfinete torna-se um eixo sobre o qual o ponteiro gira e cujo ângulo pode ser medido por meio de transferidor. Entretanto, é comum deparar-se com transferidores escolares de acrílico que apresentam a linha base 0° - 180° do gabarito impressa alguns milímetros da borda retilínea da peça, como mostra a Fig. 1. Para realizar medidas corretas de ângulos, deve-se atentar para esse recuo ao utilizar o instrumento, fazendo com que o centro de giro do ângulo a ser medido, dado pelo eixo de rotação do ponteiro (cabeça do alfinete), fique precisamente no ponto central do gabarito⁶.

Constatação: A medição realizada pelos estudantes é frequentemente feita posicionando o eixo de rotação do ponteiro (cabeça do alfinete) na borda da peça (transferidor) ao invés do centro do gabarito que se localiza um pouco abaixo (Fig. 1), que é o procedimento correto a ser empregado com o instrumento.

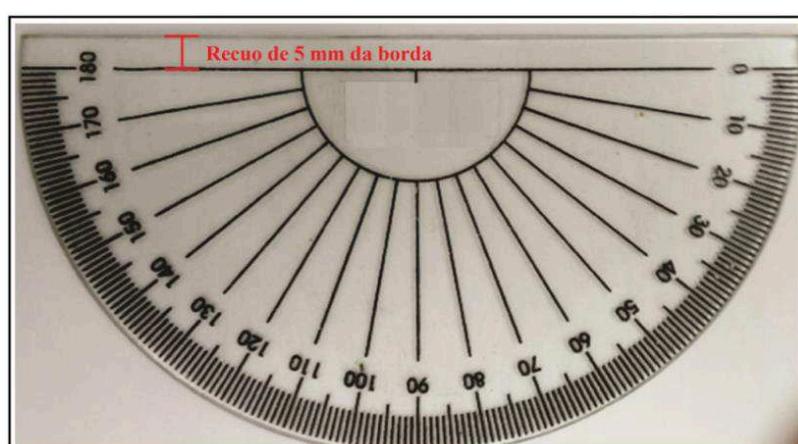


Fig. 1 – Foto de um modelo comum de transferidor escolar de acrílico (sem marca do fabricante).

⁶ Cruzamento da linha 0° - 180° com a linha 90° na Fig. 1.

III. 2 Caso de equívoco conceitual – Experiência da vela que se apaga no interior de um copo sobre prato com água

Um experimento simples e popular que visa demonstrar um dos efeitos da pressão atmosférica consiste em apagar uma vela sobre um prato com água contida por meio de um frasco transparente (Fig. 2). O fenômeno físico aparente que em termos pedagógicos se almeja logo ser notado de imediato pelos estudantes, por consequência da vela se apagar, refere-se às alterações dos níveis de água interna e externamente à parede do frasco. Beneficiando-se de tais observações, as orientações educacionais vão na direção da reflexão da explicação errada dos alunos relacionada ao consumo de oxigênio para então esclarecer e chegar na correta. O ar quente, que envolve a vela, vai resfriando-se na medida em que ela apaga, diminuindo, assim, temperatura e, por consequência, a pressão interna, o que proporciona a entrada de água no interior do frasco. Logo, uma interessante discussão deve tratar que o efeito da pressão atmosférica não se deve ao fato de o oxigênio ter sido consumido e seu volume inicial ser ocupado pelo da água, que tem o nível elevado no interior do frasco, mas devido à diminuição da temperatura e portanto da pressão ter diminuído em função disso.

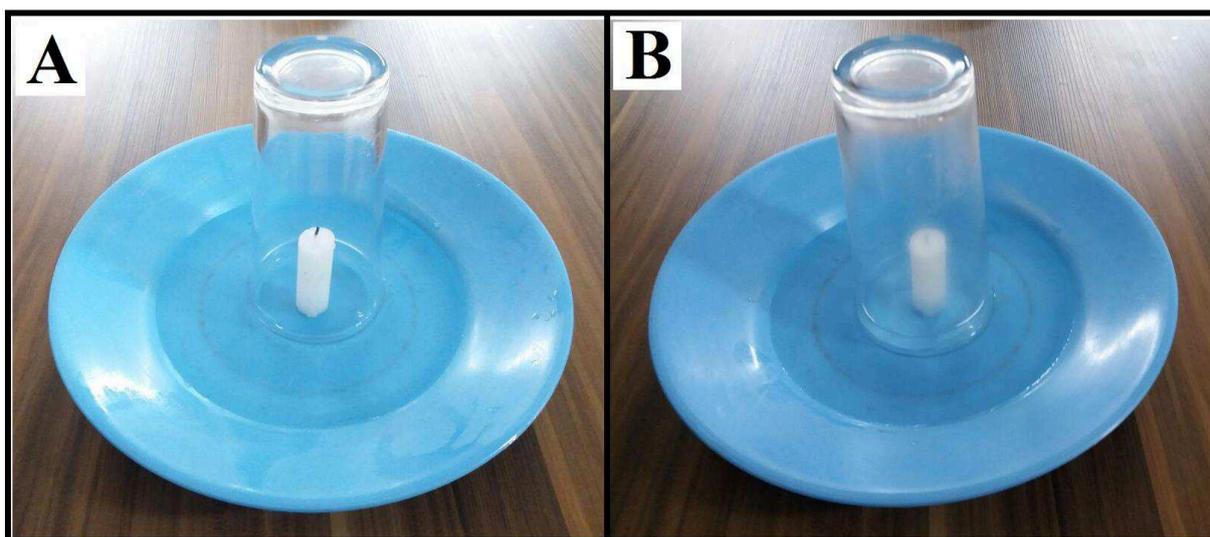


Fig. 2 – Em A, antes de realizar a experiência, tem-se um mesmo nível de água entre as partes interna e externa do vidro do copo. Já em B, logo após a vela apagar, há o desnivelamento por elevação do nível da água interna ao copo e queda do nível inicial da água na parte externa.

Constatação: Ao realizar a experiência (PROJETO RIPE, 2006; EXPERIMENTO-TECA, 2000) e logo perguntar aos alunos o que observaram na demonstração, é notável a naturalidade da resposta imediata: “a vela apagou”. Aliás, um dos professores estagiários ao realizar a demonstração em sua mesa com alunos, “relativamente” distanciados do experimento,

quando indagou novamente acerca do que notaram, os alunos mostraram-se inicialmente limitados nessa observação por eles relatada. Deste modo, da forma que a demonstração ocorre, ela quase sempre conduz os alunos a prestarem atenção para a chama da vela e não para o fenômeno de interesse que aponta para a pequena elevação do nível de água no interior do copo (Fig. 2 B). Este fato é pedagogicamente indesejado visto que, mesmo considerando relatos individuais que associam a vela para a “‘queima’ ou desaparecimento do oxigênio”, a não percepção inicial da elevação do nível de água inviabiliza a indução de raciocínios voltados para o conceito de diferença de pressão e, conseqüentemente, para a queda de temperatura no interior do frasco.

III.3 Interpretação dos casos a partir de uma leitura das *affordances*

No caso do equívoco procedimental, o instrumento da Fig. 1 ilustra *affordance* negativo visto inicialmente conduzir muitos aprendizes a empregá-lo de forma inadequada, devido à praticidade com que se adéqua o gabarito do transferidor, ligeiramente ajustado abaixo do alfinete, conforme se constata com frequência. Ocorre, no caso aqui tratado, e de acordo com a leitura de *affordances*, que detalhes morfológicos de projeto de construção do instrumento não são abordados previamente nas aulas e um particular acerto ou equívoco de uso pode surgir de uma tentativa inicial do sujeito que assim procedeu por inferência daquele específico projeto de construção do instrumento, que então se mostrou propício à produção do erro. Na atividade experimental discutida, o procedimento correto para o emprego do transferidor torna-se laborioso. Seu centro de medida do gabarito precisa ser ajustado com precisão no centro da cabeça do alfinete, segurando livremente no espaço com as mãos à sua frente, além de que há a inconveniência de mantê-lo constantemente alinhado com a borda da mesa para assegurar uma referência entre o zeramto e o ângulo final atingido devido à dilatação final. Portanto, embora nesse exemplo, ao se verificar tal equívoco procedimental dos estudantes seja fácil e imediata a tentativa de retificação por parte do professor, que na prática irá repetir o uso e mostrar como se usa o peculiar transferidor, então atentando o aprendiz ao detalhe do recuo do gabarito, o exemplo retrata um tipo de *affordance* negativo em razão de tal instrumento de medida.

Por sua vez, de modo diferente do caso procedimental do uso do transferidor relatado, no denominado caso de equívoco conceitual, o objetivo do professor com a demonstração é estabelecer uma reflexão acerca dos efeitos da pressão atmosférica, cuja observação principal não se limita ao fenômeno da vela apagar, mas, por consequência disso, na elevação do nível de água internamente ao frasco transparente. Fato importante este que, num primeiro instante, passa despercebido para os estudantes. Logo, a particular montagem experimental realizada pelo professor estagiário leva os alunos a se concentrarem no desaparecimento da chama da vela, que visualmente se destaca frente ao pequeno desnível de água. Na medida em que os estudantes descrevem o observável e são solicitados a darem explicações com seus conhecimentos prévios, o *affordance* negativo no ocorrido se dá entorno das discussões da “‘queima”

do oxigênio, além de dificultar o estabelecimento de uma associação com o conceito de diferença de pressão, envolvendo a noção de pressão atmosférica, assim, comprometendo a atuação do professor na condução dos devidos esclarecimentos.

É inicialmente prudente se tentar retificar a situação e direcionar a atenção dos estudantes, apontando imediatamente com o dedo para a pequena elevação de água no interior do copo. Cabe considerar ainda que retificações para evitar *affordances* negativos podem ser imaginadas no caso do equívoco conceitual acima relacionado. Alguns exemplos de projetos diferenciados e alternativos que poderiam reforçar a observação da elevação da água poderiam ser: 1) usar corante na água e um frasco de diâmetro fino para melhor favorecer a visualização da elevação do nível de água no frasco quando a vela apagar; 2) Substituir o aquecimento inicial realizado pela vela, retirando-a da demonstração. No caso, pode-se encher o frasco com água quente despejando-a fora logo em seguida, servindo esse procedimento apenas para deixar o ar interno bem aquecido para depois posicionar o bocal do frasco na água do prato. Deste modo, conforme o ar esfria no interior do frasco e o nível interno de água visivelmente se eleva, reflexões envolvendo a diminuição da pressão interna e a pressão atmosférica podem ser assim estabelecidas a respeito do fenômeno.

IV. Considerações finais

Este estudo por meio do conceito de *affordances* visou contribuir para compreender uma situação problemática de atividade de laboratório didático em que peculiaridades morfológicas de um instrumento ou demonstração podem favorecer o surgimento de um procedimento e/ou entendimento indesejado educacionalmente. Os exemplos analisados à luz desse conceito buscaram evidenciar ocorrências nas quais o sujeito se mantém atuante no processo experimental e outra na qual ele apresenta uma atitude observacional passiva em relação ao equipamento. Em quaisquer situações, duas recomendações pedagógicas são cabíveis. A primeira delas pode sugerir ao professor experimentado, que se depara com um tempo restrito de aula e releva um ensino mais automático e informativo, a readequação prévia dos materiais, planejando-os com *affordances* mais convidativos ao manuseio e/ou interpretações na direção do que se deseja ensinar. De um ponto de vista mais construtivista, uma segunda recomendação seria de problematizar os possíveis *affordances* negativos inerentes aos equipamentos mediante abordagem instrucional que favoreça a aprendizagem do que está sendo estudado com maior significação. Pode o professor então antecipar aos alunos os problemas que irão ocorrer, identificando os *affordances* negativos dos objetos e estimulando uma discussão dos equívocos intrínsecos que os instrumentos e demonstrações possam vir a trazer como entendimentos. Embora ambas as recomendações coincidam no interesse de evitar que *affordances* negativos predominem no decorrer de uma atividade experimental, prejudicando-a, no caso da última recomendação, no entanto, ela possibilita situar reflexões a respeito do procedimento necessário para realizar uma medida correta ao utilizar um instrumento. Semelhantemente, quando equívocos conceituais surgirem por *affordances* negativos, pode-se explorar um caminho diferenciado de debate sobre

os fenômenos encontrados, confrontando diferentes entendimentos. Enfim, dentro de uma contribuição à formação continuada de professores, uma generalização dos exemplos de ocorrências comuns de sala de aula aqui analisados, de caráter ilustrativo, faz-se produtiva explicitar aos professores outras ocorrências que possam vir a acontecer com diversos materiais em aulas práticas de ciências e que costumam passar despercebidas.

Referências

- GASPAR, A. **FÍSICA: Ondas, Óptica, Termodinâmica**. São Paulo: Editora Ática, 2000. v. 2
- GIBSON, J. **The Ecological Approach to Visual Perception**. New York: Lawrence Erlbaum Associates, 1986.
- EXPERIMENTOTECA. **O Livro da Experimentoteca**. Gráfica Editora Alves Piracicaba Ltda., 2000. v. 2.
- FREDLUND, T.; AIREY, J.; LINDER, C. Exploring the role of physics representations: an illustrative example from students sharing knowledge about refraction. **European Journal of Physics**, v. 33, p. 657-666, 2012.
- FUNBEC (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências). **Laboratório portátil – 2º grau – manual de experimentos para o professor**. São Paulo: Livraria Editora Ltda., 1977.
- HAMMOND, M. What is an affordance and can it help us understand the use of ICT in education? **Education and Information Technologies**, v. 15, 205-217, 2010.
- HOBAN, G.; NIELSEN, W. Creating a narrated stop-motion animation to explain science: the affordances of “slowmation” for generating discussion. **Teaching and Teacher Education**, v. 42, p. 68-78, 2014.
- KOZMA, R. The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. **Learning and Instruction**, v. 13, p. 205-226, 2003.
- KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J.; TSATSARELIS, C. **Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom**. London: Continuum, 2001.
- PROJETO RIPE. **Atividades Didáticas de Ciências: Experiência da Vela (4)**. Interfaces, 2006. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rip&cod=_experienciadavela4-termologia-txttem0017>. Acesso em: 18 out. 2016.
- VOLLI, U. **Manual de semiótica**. 2. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2007.

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.

WU, H-K.; PUNTAMBEKAR, S. Pedagogical affordances of multiple external representations in scientific processes. **Journal of Science Educational Technology**, v. 21, p. 754-767, 2012.