

VÍDEOS DE EXPERIMENTOS: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA SOBRE O FENÔMENO DA COMBUSTÃO

Milton Basto Lira ¹
Dario Xavier Pires ²
Thiago Weslei de Almeida Sousa ³

RESUMO

Com base na teoria semiótica peirceana e utilizando experimentos filmados, propomos uma abordagem didática em uma sequência lógica que busca proporcionar uma compreensão mais completa e aprofundada sobre conceitos envolvidos no fenômeno da combustão, como por exemplo estados físicos da matéria, gases e suas propriedades, misturas, reagentes limitantes de uma reação química e limite de inflamabilidade. A atividade buscou causar dúvidas nos estudantes para instigar processos de significações e ressignificações e a pesquisa demonstrou viabilidade para promoção de signos argumentativos pelos alunos, apontando a teoria semiótica peirceana como uma proposta eficaz para análise das escritas e diálogos em pesquisas no âmbito educacional do campo do ensino de química e de ciências.

Palavras-chave: Semiótica Peirceana, Combustão, Vídeos de Experimentos.

INTRODUÇÃO

O fenômeno da combustão é estudado pelo homem por gerações e sua compreensão interage com múltiplas áreas de conhecimentos. Na Química existem diversos conceitos que alicerçam sua compreensão e, neste ponto de vista, os professores são os principais responsáveis por utilizarem metodologias pedagógicas que esclareçam, tornem didáticos e favoreçam um entendimento mais completo acerca da temática.

Dentre os vários recursos disponíveis para utilizações em atividades didáticas, com foco no ensino de química, a experimentação é uma alternativa que ganha destaque pela possibilidade de articulação entre fenômenos e teorias e por sua potencialidade, quando utilizada de forma adequada, em despertar o interesse dos estudantes.

Giordan (1999) indica que as experimentações no ensino de ciências permeiam os processos de investigações para construção de um conhecimento científico e, nesse sentido,

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, milton.basto@gmail.com;

² Professor Dr. do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, daxpires@yahoo.com.br;

³ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, tsqi@msn.com;

demonstram sua eficiência e sua relevância nos processos de ensino e aprendizagem para aqueles que o pensam e o fazem.

Não obstante, Silva, Machado e Tunes (2010) fazem uma colocação sobre a história, as tendências e o papel da experimentação no Ensino de ciências e apresentam diversas facetas desse contexto, dentre elas, descrevem uma vertente das experimentações investigativas, as “Atividades Demonstrativas - Investigativas” que com a apresentação de um fenômeno simples possibilitam a discussão dos aspectos teóricos relacionados a sua observação.

Atividades experimentais demonstrativas-investigativas podem possibilitar: maior participação e interação dos alunos da relação teoria-experimento; o levantamento de concepções prévias dos estudantes; a formulação de questões que gerem conflitos cognitivos em sala de aula a partir das concepções prévias; o desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio da formulação e teste de hipótese; a valorização de um ensino por investigação; a aprendizagem de valores e atitudes além dos conteúdos, entre outros. (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010, p. 246).

Ressaltamos que as experimentações, no âmbito educacional, podem ser acopladas com outros recursos didáticos para favorecer a aprendizagem dos conceitos pelos alunos, como por exemplo em um planejamento que utilize as tecnologias de informações e comunicações (vídeos, simulações e animações).

Certamente, existe uma grande diversidade de recursos e experimentações à escolha dos educadores e professores da área de ciências para a promoção do ensino e aprendizagem dos conceitos e conteúdos e, ao considerar a atual participação das tecnologias midiáticas em nosso cotidiano e a grande quantidade de jovens e adultos em idade escolar que possuem afinidades com esses recursos, utilizamos uma vertente da experimentação, mencionada por Lira (2013), na qual são empregados vídeos de experimentos em uma abordagem demonstrativa investigativa.

Os vídeos possuem vasta utilização em diversas áreas de conhecimento e contam com repositórios e portais de acesso livre que proporcionam uma distribuição global, como por exemplo o site do YouTube, no qual os usuários podem, gratuitamente, visualizar, compartilhar, avaliar e comentar as mídias.

Referente à utilização das experimentações filmadas na esfera educacional, podemos constatar, com uma simples busca nesses portais e repositórios, uma grande quantidade de experimentos e comentários tecidos pelos usuários, fatores que podem ser mais explorados pelos campos do ensino de ciências.

Lira (2013), em uma pesquisa que vídeos de experimentos demonstrativos investigativos foram aplicados em uma sequência didática fundamentada nos pressupostos da

teoria semiótica peirceana, observou características positivas sobre a adequação da metodologia para o ensino de química e constatou sua viabilidade e eficácia.

Neste trabalho, com base na teoria semiótica peirceana e utilizando experimentos filmados, propomos uma abordagem didática em uma sequência lógica que busca proporcionar uma compreensão mais completa e aprofundada sobre conceitos envolvidos na combustão de uma vela, como por exemplo o de limite de inflamabilidade.

Por este ângulo é oportuno destacar que a pesquisa visa aumentar o leque de possibilidades e recursos, sobre a utilização de vídeos de experimentos, que auxiliam os professores a promoverem processos de significação e ressignificação com seus estudantes no ensino de química e de ciências.

COMBUSTÃO E EXPERIMENTAÇÕES FILMADAS

Ao realizarmos um levantamento das pesquisas publicadas em periódicos da área de ensino de ciências sobre o tema combustão, verificamos indicativos de uma problemática em sua compreensão e definição.

Galiazzi et. al. (2005) aponta que os alunos, antes de serem submetidos à aplicação da sequência didática proposta, apresentavam equívocos na compreensão dos fenômenos envolvidos e a compreensão parcial da reação química de combustão.

Silva e Pitombo (2006) estudaram a compreensão de como os alunos entendem os termos de queima e combustão e indicaram que vários estudantes os associaram a fogo e destruição. Esses alunos chegaram a outras conclusões, mas vale citar que eles afirmaram que alguns grupos de alunos não possuíam uma representação social de combustão totalmente constituída, visto que apresentavam associações e opiniões desconexas e com ausência de sentido, considerando os significados aceitos no meio científico. No entanto, apesar da apresentação de conceitos prévios equívocos os alunos foram capazes de aprimorar seus conhecimentos sobre a combustão e a intensidade de associações com o termo destruição foi reduzido.

Ressaltamos que resultados similares aos apresentados foram encontrados em outros países, conforme pesquisas realizadas por Boujaoude (1991), Schoolum (1981, 1982), Méheut, Saltiel e Tiberghien (1985), Hesse (1988), Basili (1989) e outros.

Lira (2013) ao desenvolver uma pesquisa sobre combustão percebeu e indicou que os estudantes de nível médio apresentavam dificuldades de compreensão sobre o conteúdo de

gases, principalmente relacionados ao entendimento de sua natureza submicroscópica e suas relações com o conhecimento representacional da Química.

Consideramos que uma metodologia que favoreça o entendimento e a inter-relação das três dimensões do conhecimento químico (macroscópico, submicroscópico e representacional) pode favorecer significações mais elaboradas e colaborar positivamente para o processo de ensino e aprendizagem dos conceitos envolvidos na combustão.

Acerca das experimentações no ensino de química no cenário brasileiro, Lisbôa (2015) realizou uma pesquisa sobre os artigos de experimentos publicados em 20 anos da revista Química na Escola (QNEsc). Fez um levantamento desde maio de 1995 até maio de 2015, onde salienta a importância da seção experimentação nas aulas de Química e divulga que 97 artigos de experimentos foram publicados nesse intervalo de tempo, sendo eles de caráter investigativos ou ilustrativos.

Francisco, Ferreira e Hartwig (2008) indicam que, em uma perspectiva pedagógica, as atividades experimentais possuem duas formas de abordagens principais: ilustrativa e investigativa.

A experimentação ilustrativa geralmente é mais fácil de ser conduzida. Ela é empregada para demonstrar conceitos discutidos anteriormente, sem muita problematização e discussão dos resultados experimentais. Já a experimentação investigativa, por sua vez, é empregada anteriormente à discussão conceitual e visa obter informações que subsidiem a discussão, a reflexão, as ponderações e as explicações, de forma que o aluno compreenda não só os conceitos, mas a diferente forma de pensar e falar sobre o mundo por meio da ciência. (FRANCISCO; FERREIRA; HARTWIG, 2008, p. 34).

Vale ressaltar que Silva, Machado e Tunes (2010) expressam que experimentações que privilegiam somente a comprovação de teorias, abordagens ilustrativas, pouco contribuem para aquisição de conceitos e desenvolvimento educacional dos estudantes e, ainda na perspectiva de aprendizagem, segundo pesquisas de Ferreira, Hartwig e Oliveira (2010), Suart e Marcondes (2009) e Lira (2013), abordagens investigativas podem proporcionar situações que auxiliem o estudante no desenvolvimento cognitivo e assim facilitar a apropriação do conhecimento químico.

Referente às abordagens de atividades experimentais, Silva, Machado e Tunes (2010) descrevem uma vertente das experimentações investigativas, as “Atividades Demonstrativas - Investigativas” que com a apresentação de um fenômeno simples possibilitam a discussão dos aspectos teóricos relacionados a sua observação.

Atividades experimentais demonstrativas-investigativas podem possibilitar: maior participação e interação dos alunos da relação teoria-experimento; o levantamento de concepções prévias dos estudantes; a formulação de questões que gerem conflitos cognitivos em sala de aula a partir das concepções

prévias; o desenvolvimento de habilidades cognitivas por meio da formulação e teste de hipótese; a valorização de um ensino por investigação; a aprendizagem de valores e atitudes além dos conteúdos, entre outros. (SILVA; MACHADO; TUNES, 2010, p. 246).

Em uma corrente similar, Lira (2013) realizou, com base na teoria semiótica proposta por Charles Sanders Peirce, um estudo dos signos manifestados por estudantes quando submetidos à uma sequência didática utilizando vídeos de experimentos com uma abordagem demonstrativa – investigativa e pode observar que, no panorama da pesquisa, a análise crítica, o raciocínio lógico, a formulação de hipóteses e a significação e ressignificação de conceitos científicos foram favorecidos.

Partindo do pressuposto de utilização de vídeos no ensino, Morán (1995) aponta que uma abordagem adequada pode facilitar os processos de ensino e aprendizagem e, neste sentido, algumas características citadas em trabalhos podem tornar viável e eficiente a aplicação dos vídeos de experimentos no ensino de química e destacaram-se dentre elas, como aspectos favoráveis, a abordagem investigativa, o controle de tempo gasto, o espaço utilizado, a reprodutibilidade, a possibilidade de utilização dos fatores de edição gráfica, a linguagem visual, a segurança, a redução da possibilidade de falhas durante a ilustração de um fenômeno e a quantidade de resíduos gerados. (LIRA; RECENA, 2010; LIRA, 2010; LIRA, 2013).

Neste ângulo, vídeos de atividades experimentais com abordagens investigativas podem tornar-se ferramentas úteis e versáteis para os docentes nas discussões e estudos de conceitos científicos no ensino de ciências.

Silva, Machado e tunes (2010) indicam que a utilização de atividades demonstrativas investigativas pode favorecer o estudo dos três níveis do conhecimento químico: observação macroscópica, a interpretação microscópica e a expressão representacional.

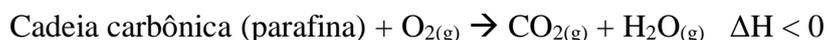
Segundo Johnstone (1982, 1991) o conhecimento químico pode ser dividido em três categorias básicas: macroscópica, submicroscópica e representacional. De forma geral, o nível macroscópico é aquilo que visualizamos, que enxergamos, o submicroscópico seriam as concepções científicas das interações atômicas e moleculares que ocorrem em um fenômeno e o nível representacional consiste nos signos linguísticos utilizados para o representar.

Levando em consideração as abordagens e discussões acerca de experimentações e vídeos, escolhemos experimentos utilizando velas para discutirmos o fenômeno da combustão.

Buscamos a compreensão, por parte dos estudantes, da composição química da vela e das substâncias que a cercam, como também dos processos envolvidos no fenômeno de sua combustão e nesse sentido os vídeos de experimentos nos auxiliaram nessas discussões.

A maioria das velas atuais são compostas pela parafina (mistura de hidrocarbonetos saturados, com alto peso molecular, derivados do petróleo) e de um pavio.

Sabemos que a combustão de uma vela é uma reação exotérmica que ocorre entre a parafina de hidrocarboneto com o O₂ (comburente) existente no ar. Se essa reação ocorresse de forma ideal e completa, a equação química poderia ser descrita pela reação genérica abaixo:



No entanto, sabemos que tal equação só demonstra uma situação hipotética e ideal. Acreditamos que a equação abaixo seja uma descrição mais próxima da realidade:



Ressaltamos que, como descrito na equação, o combustível que participará da reação com o oxigênio é a parafina. O pavio (fio localizado na parte central da vela, geralmente de algodão) possui a função de direcionar, por capilaridade, a parafina no estado líquido e consequentemente a chama.

Durante o processo de queima da vela, além da reação de combustão da parafina existem outros processos acontecendo. Em um deles a parafina, que está no inicialmente no estado sólido, absorve parte do calor oriundo da reação de combustão o que possibilita sua fusão. Já no estado líquido, por capilaridade percorre o pavio e ao chegar na parte superior da vela e continuar absorvendo calor e entra em ebulição. Na fase gasosa, a parafina continua absorvendo calor e entra em combustão gerando como produtos água, gás carbônico, monóxido de carbono, carbono sólido e, possivelmente, outros compostos orgânicos voláteis (COVs) em menores quantidades.

Para entendermos o processo de combustão, dois conceitos devem ser compreendidos: ponto de fulgor e limite de inflamabilidade.

O ponto de fulgor, de forma simplificada, seria a menor temperatura na qual um composto libera vapores para possam manter uma mistura ativa para propagar uma chama, desde que em contato com uma fonte de ignição. Na temperatura do ponto de fulgor a combustão não se sustenta e é rápida.

Já o Limite de inflamabilidade é descrito por Lovachev et al. (1973) e Cartagena (2013) como sendo as fronteiras na qual a mistura entre o combustível e o oxigênio torna-se incapaz de propagar uma chama, ou seja, somente entre um limite inferior de inflamabilidade e um limite superior de inflamabilidade existe uma situação ideal para a ocorrência de uma chama.

Em referência ao Limite inferior de inflamabilidade e ao limite superior de inflamabilidade, quando a mistura estiver abaixo do Limite inferior de inflamabilidade é denominada de “mistura pobre” e quando estiver acima do limite superior de inflamabilidade é

chamada de “mistura rica”. Tanto na “mistura pobre” como na “mistura rica” inexitem as condições necessárias para propagação e manutenção de uma combustão.

Durante a combustão normal de uma vela, a troca gasosa proporcionada pela reação não é interrompida, pois ocorre o fluxo de ar e assim, a mistura entre os gases combustíveis e $O_{2(g)}$ é mantida nas concentrações ideais para inflamabilidade.

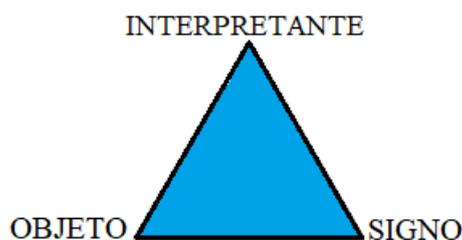
Ao emborcarmos um copo sobre a vela, limitamos um dos reagentes, o gás oxigênio ($O_{2(g)}$) e conseqüentemente alteramos as concentrações dos gases na mistura inflamável, tornando a mistura rica em combustível, porém, pobre em comburente. Como a mistura saiu das condições ideais para que a reação prossiga, entendemos que o $O_{2(g)}$, nesse caso, funciona como um reagente limitante para a reação, cessando assim a combustão.

Assim, o professor, com auxílio de experimentos filmados, ministrará uma sequência didática investigativa, fundamentada em pressupostos da teoria semiótica peirceana, que buscará a significação e ressignificação, pelos estudantes, de conceitos que foram discutidos, como por exemplo reações de combustão, e estados físicos da matéria, gases e suas propriedades, misturas, reagentes limitantes de uma reação, ponto de fulgor, limite de inflamabilidade, pressão e temperatura.

SEMIÓTICA PEIRCEANA

Peirce buscou entender como a mente humana funciona, nesse sentido fundamentou sua teoria semiótica que, de forma resumida, consiste em estudar os signos e as linguagens. As linguagens são as formas verbais ou não verbais que utilizamos na comunicação e os signos, segundo Santaella (2002), pode ser entendido como qualquer coisa que represente uma outra coisa, que chamamos de objeto do signo e que produzirá um efeito interpretativo em uma mente. O signo, o objeto e o interpretante são relacionados entre si, conforme figura 1.

Figura 1 – Relação triádica que constitui um signo na teoria semiótica peirceana



Esta estruturação lógica triádica foi a forma como Peirce entendeu e buscou explicar como a mente processa a concepção de uma experiência de um fenômeno de forma reduzida.

Nesse sentido, levando em consideração a tricotomia básica do signo, objeto e interpretante, Peirce (1972) propôs uma relação triádica utilizando as terminologias de primeiridade, secundidade e terceiridade. Segundo Santaella (2007) a primeiridade é associado a sensação primeira, a qualidade, é tudo que vem a nossa mente no instante que é apresentado o signo, a secundidade é relacionada ao fato da existência do fenômeno e a terceiridade é correlata as duas anteriores, a relação triádica entre signo, objeto e o interpretante, seria a inteligibilidade, os pensamentos, a forma como interpretamos o mundo, a síntese intelectual, as elaborações cognitivas.

Dentro dessas categorizações, outras relações ainda são possíveis, conforme quadro 1.

Quadro 1 – Tricotomias das relações dos signos com signos, objetos e interpretantes

	1ª TRICOTOMIA	2ª TRICOTOMIA	3ª TRICOTOMIA
PRIMEIRIDADE	1 – QUALISSIGNO	1 – ÍCONE	1 – REMA
SECUNDIDADE	2 – SINSIGNO	2 – ÍNDICE	2 – DICENTE
TERCEIRIDADE	3 – LEGISSIGNO	2 – SÍMBOLO	3 - ARGUMENTO

Das categorias indicadas no quadro 1, iremos focar no referente a terceira tricotomia com a primeiridade, secundidade e terceiridade, na qual o signo é relacionado com seu interpretante, e os estudos são realizados no nível de interpretações. Esta tríade pode ser dividida em rema, dicente ou argumento.

Sobre essa categorização, Santaella (2007) indica que quando um signo relacionado ao seu interpretante indica somente uma qualidade, temos um caráter de primeiridade, portanto, rema. Quando for uma relação em caráter existencial, é associado a secundidade, logo, tratar-se-á de um dicente. O argumento é relacionado às leis, estabelece a produção de induções, proposições, argumentações, sempre pautado em elaborações de raciocínios lógicos.

Com base nessas, no ensino de química, podemos analisar os dados e a profundidade dos significados apresentados pelos estudantes.

Peirce buscava entender quais os caminhos executados pela mente para sanar dúvidas. Para ele a mente transformava as experiências em objetos de conhecimento para responder a dúvidas existentes, ou seja, por influências externas a mente buscava novos significados para compreender algo. Nesse sentido, existe a geração de uma dúvida genuína, ou seja, uma dúvida pela qual temos o anseio em saber a resposta. Neste trabalho focamos a atenção na geração de dúvidas pelos estudantes, para que executassem processos de significações e ressignificações, manifestando signos remáticos, dicentes e argumentativos.

Com base no exposto, analisamos as falas e respostas dos alunos com base na teoria semiótica peirceana.

METODOLOGIA

A pesquisa foi fundamentada metodologicamente como uma pesquisa de natureza qualitativa de acordo com os pressupostos de Bogdan e Biklen (1982) na qual os dados obtidos são investigados e interpretados.

A sala de aula é utilizada como espaço físico para obtenção direta dos dados que foram obtidos pela transcrição das falas do professor e dos alunos e nas respostas escritas aos questionamentos. As respostas e os diálogos foram analisados buscando categorizar os signos em rema, dicente e argumento, de acordo com o nível de interpretação dos alunos, ou seja, levando em consideração qualidades, constatações, capacidade de argumentação, manifestação de raciocínio lógico e de formulação hipóteses produzidas por eles.

Enquadramos a pesquisa como exploratória, no sentido da busca pelos processos de significações e ressignificações dos conceitos, fundamentados nos apontamentos de Lakatos e Marconi (1993).

Utilizando um projetor e um computador portátil para apresentação da sequência didática, o estudo foi realizado em uma sala de aula convencional, com a participação de 25 alunos do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual da cidade de Campo Grande-MS.

Aplicamos uma sequência didática com foco na demonstração de vídeos de experimentos sob a perspectiva investigativa sobre o conteúdo de combustão voltada para disciplina de química no ensino médio. A atividade foi realizada e é indicamos sua aplicação em duas aulas com duração de 50 minutos cada.

Durante as práticas pedagógicas, foi utilizado o diálogo entre o professor e os alunos e os vídeos de experimentos com abordagens demonstrativas investigativas para possibilitar a geração de dúvidas genuínas pelos estudantes e assim proporcionar a discussão dos conceitos acerca do tema combustão e conseqüentemente a formação de signos genuínos.

Vale ressaltar que a sequência didática busca promover o aprimoramento de signos nos três níveis de conhecimento químico, e para isso, o professor aplicador da sequência didática deverá estar apto para verificar as dificuldades e possíveis fatores que possam gerar signos não genuínos durante os processos do desenvolvimento da significação e ressignificação dos estudantes.

Com o objetivo de aumentar as possibilidades de os estudantes focarem a atenção nas apresentações e a promoção do diálogo sobre os conteúdos, nos pautamos em proposições realizadas por Lira (2010) e Lira (2013), que indicaram a viabilidade no emprego de vídeos produzidos com até 5 (cinco) minutos de duração cada.

Aplicamos uma sequência didática baseada em vídeos de experimentos, elaborada para proporcionar a manifestação de conhecimentos sobre o conteúdo de combustão pelos estudantes. Para tal, os dispomos em uma sequência lógica de 4 (quatro) experimentos filmados que foram fundamentados em diferentes fontes de conhecimentos: livros, periódicos, websites, professores, artigos, entres outros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para iniciar a atividade propomos a utilização de um vídeo de experimento que consiste em emborcar um recipiente de vidro (copo) sobre uma vela acesa e fixada no centro de um outro recipiente (pires/prato). Utilizamos uma vela de parafina, um copo de vidro, um pires de porcelana e uma caixa de fósforos para a produção deste. A figura 2, ilustra o experimento. Esse experimento inicial busca problematizar o tema e gerar a dúvida, para que posteriores processos de ressignificações sejam facilitados.

Figura 2- Ilustração do vídeo do primeiro experimento



A aplicação do primeiro experimento pode ser dividida em duas partes: Em um primeiro momento o professor deverá questionar os estudantes sobre o que acontecerá quando o copo for emborcado sobre a vela. No segundo momento, após a observação do experimento, surge um segundo questionamento aos estudantes, por parte do professor. Qual a causa para o fenômeno (a vela apagar) ocorrer? Algumas respostas dos alunos para estes questionamentos estão descritas no Quadro 2.

Quadro 2 - Exemplos de respostas dos alunos para primeiro vídeo de experimento sobre o questionamento do que aconteceria com a vela quando o copo fosse emborcado sobre ela.

Alunos	Respostas dos Alunos
Aluno 5	<i>“A vela vai apagar.”</i>
Aluno 6	<i>“Não tem ar, ela vai apagar”</i>
Aluno 9	<i>“A vela queima o fio e quando vc cobre, ela abafa e apaga.”</i>
Aluno 11	<i>“Para o fogo queimar precisa de ar e se colocar o copo ela apaga”</i>
Aluno 21	<i>“Eu acho que ela fica acesa e só apaga quando o pavio acabar”</i>

No decorrer dos primeiros questionamentos sobre os vídeos, os alunos apresentaram em sua maioria, signos em nível remático e dicente, com explicações superficiais e pouco elaboradas.

Ao observarem que a vela apagou ao final do primeiro experimento, grande parte dos alunos argumentou que a chama da vela apagou devido o consumo do ar presente dentro do copo e, no auge das discussões, o professor propôs a observação e análise de um segundo experimento que consistiu em emborcar dois recipientes de vidro com tamanhos diferentes (copos) sobre velas acesas e fixadas no centro de dois recipientes (pratos/pires). Utilizamos duas velas de parafina, dois copos de vidro de tamanhos diferentes, dois pires de porcelana e uma caixa de fósforos, conforme figura 3.

Esse experimento busca mostrar a influência do espaço existente no interior do recipiente de vidro para a manutenção da existência da chama na vela. Quanto maior o espaço, maior a quantidade de ar e, assim, mais tempo é gasto para reduzir a quantidade de oxigênio dentro do recipiente.

Figura 3 - Ilustração do vídeo do segundo experimento



Este experimento também pode ser dividido em duas etapas, em um primeiro diálogo o professor deverá fazer questionamentos sobre o que acontecerá e qual das duas velas que se apagará primeiro. Após a visualização do experimento o professor instigaria a discussão sobre

as diferenças causadas devido ao espaçamento diferente dentro do copo. Respostas dos alunos para estes questionamentos estão descritas no Quadro 3.

Quadro 3 - Exemplos de respostas dos alunos sobre o segundo vídeo de experimento para o questionamento sobre o que aconteceria com as velas e qual das duas velas apagaria primeiro.

Alunos	Respostas dos Alunos
Aluno 12	<i>“Vão apagar juntas.”</i>
Aluno 10	<i>“A maior vai apagar depois”</i>
Aluno 11	<i>“A maior tem mais ar e por isso vai demorar mais para apagar.”</i>
Aluno 21	<i>“Eu acho que a menor apaga depois já que o ar está mais concentrado perto dela”</i>
Aluno 24	<i>“Eu acho que a menor vai apagar primeiro”</i>

No segundo experimento os alunos iniciaram debates entre eles, argumentando que a quantidade de ar dentro do recipiente iria interferir diretamente na duração da chama da vela. A maioria dos alunos indicou que a vela que estava no maior recipiente demoraria mais para apagar devido a quantidade de ar existente dentro do copo. No desenrolar dessa atividade, os alunos apresentaram majoritariamente signos dicentes e participaram efetivamente das atividades propostas. Signos argumentativos começaram a surgir com maior frequência como também elaborações de hipóteses com maior grau de complexidade.

Após as discussões e debates com os estudantes, para dar continuidade à atividade, deve ser proposto um terceiro experimento, conforme figura 4, que consistiu em uma adaptação do experimento proposto por Birk e Lawson (1999), no qual, uma campânula de vidro é colocada sobre um rato e uma vela acesa. Utilizamos mosquitos no lugar do rato e após algum tempo, a vela apaga, porém, os mosquitos continuam vivos e com energia, o que mostra que aquela atmosfera no interior do recipiente continuava contendo uma quantidade de oxigênio considerável.

Figura 4 - ilustração do vídeo do terceiro experimento



A execução do mesmo, foi dividida em duas etapas. Na primeira um questionamento sobre o que acontecerá com os mosquitos e a vela. Na segunda etapa, deve questionar sobre a

quantidade de $O_2(g)$ necessária para manutenção da vida dos mosquitos e da chama da vela. Esse é um bom momento para discussão sobre reagentes limitantes da reação de combustão. Respostas elaboradas pelos estudantes para estes questionamentos estão descritas no Quadro 4.

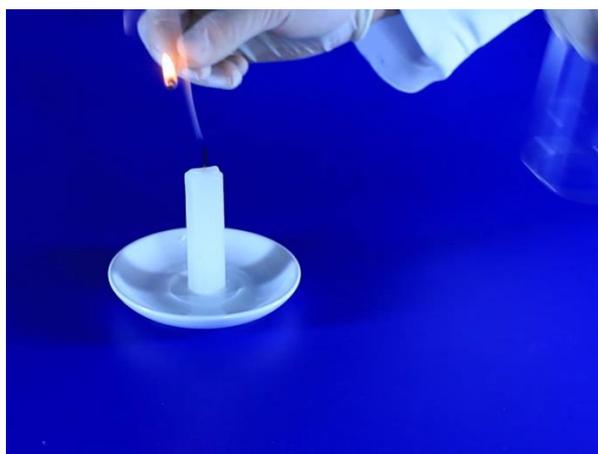
Quadro 4 - Exemplos de respostas dos alunos sobre o terceiro vídeo de experimento para o questionamento sobre o motivo da vela apagar e os mosquitos continuarem vivos.

Alunos	Respostas dos Alunos
Aluno 2	<i>“Espera, não era para eles morrerem? Não sei!!”</i>
Aluno 6	<i>“Ainda tem oxigênio!”</i>
Aluno 11	<i>“Ué, acho que o ar não acaba então. Eles estão vivos. Deve só diminuir a quantidade.”</i>
Aluno 21	<i>“Acho que o fogo usa um gás diferente”</i>
Aluno 22	<i>“Bom, o que aconteceu professor? Me explica pelo amor de Deus!”</i>

Durante as discussões desse experimento conceitos científicos começaram a surgir e o professor discutiu com os estudantes sobre a temática dos gases e sua relação com o fenômeno da combustão. Os alunos, que responderam aos questionamentos, correlacionaram a teoria com a experimentação e apresentaram majoritariamente signos em nível argumentativo.

Ainda com as discussões sobre o terceiro experimento em alta, o quarto experimento deve ser proposto. Ele consiste em queimar a parafina gasosa, particulados e COVs inflamáveis liberados pela absorção de calor pela parafina líquida após emborcar rapidamente um recipiente de vidro (um copo) sobre uma vela acesa fixada em um recipiente (prato/pires), retirando-o em seguida. Utilizamos uma vela de parafina, um copo de vidro, um pires de porcelana, e uma caixa de fósforos, conforme figura 5.

Figura 5 - ilustração do vídeo do quarto experimento



Esse experimento busca mostrar qual é o material combustível na queima de uma vela, e teve sua fundamentação baseada em uma experiência proposta por Faraday (2003):

Vou instalar cuidadosamente um outro tubo na chama e não ficarei admirado se, com um pouco de cuidado, conseguirmos fazer este vapor atravessar o tubo até a outra extremidade, onde iremos acendê-lo, obtendo exatamente a chama

(83) 3322.3222

contato@conedu.com.br

www.conedu.com.br

da vela, num local distante dela. Bem, olhem para isto. Não é um lindo experimento? Por aí os senhores podem ver que existem, claramente, dois tipos diferentes de ação – um de produção do vapor e outro de sua combustão –, ambos os quais ocorrem em partes específicas da vela. Não conseguirei nenhum vapor da parte que já está queimada. Se eu elevar o tubo até a parte superior da chama, assim que o vapor tiver sido varrido para fora, o que vai sair já não será combustível, já terá sido queimado. Queimado de que modo? Assim: no centro da chama, onde fica o pavio, há este vapor combustível; na parte externa da chama fica o ar, que veremos ser necessário para a combustão da vela; entre os dois ocorre uma intensa reação química; o ar e o combustível atuam um sobre o outro e, no exato momento em que obremos a luz, o vapor do lado de dentro é destruído. (FARADAY, 2003, p.45)

Com esse experimento o professor deve voltar as discussões para a composição química da vela e a formação de uma mistura gasosa inflamável. É um momento oportuno para discussão do ponto de fulgor e dos limites de inflamabilidade. Algumas colocações dos alunos, para os questionamentos realizados, estão descritas no Quadro 5.

Quadro 5 - Exemplos de respostas dos alunos sobre o quarto vídeo de experimento para o questionamento sobre o fenômeno observado.

Alunos	Respostas dos Alunos
Aluno 4	<i>“Como que a fumaça pega fogo?”</i>
Aluno 6	<i>“Com certeza a vela libera alguma coisa na forma de gás que pega fogo, olha lá como o fogo queima aquela fumaça. Repete o vídeo professor!”</i>
Aluno 9	<i>“Eu acho que essa fumaça não é fumaça.”</i>
Aluno 11	<i>Professor, essa fumaça é a vela no estado gasoso?”</i>
Aluno 20	<i>“É bruxaria, como é possível? Quero entender isso!”</i>

Ao debaterem o último vídeo da sequência didática, os alunos apresentaram respostas com indicativos de signos dicentes e argumentativos, utilizando terminologias e conceitos adquiridos ao decorrer das atividades e demonstrando uma compreensão mais elaborada dos conceitos estudados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os vídeos foram pensados e organizados em uma sequência lógica para favorecer e potencializar a geração de dúvidas nos estudantes, de forma que os conhecimentos fossem externalizados por meio dos diálogos e escritas.

Os vídeos funcionaram como a base para que o professor pudesse causar dúvidas nos estudantes e assim, proporcionasse, processos de ressignificações sobre a temática por meio de diálogos para que os estudantes conseguissem apaziguar as dúvidas geradas e conseguisse introduzir novos conceitos em sua estrutura cognitiva.

A sequência didática utilizou principalmente os vídeos produzidos e o diálogo entre professor e alunos como recursos para promoção de significados e, pautado na teoria semiótica peirceana, possibilitou aos estudantes passarem por diversas significações e ressignificações sobre conceitos envolvidos no fenômeno da combustão.

A pesquisa demonstrou viabilidade para promoção de signos argumentativos pelos estudantes e a teoria semiótica peirceana demonstrou-se eficaz em sua proposta para análise das escritas e diálogos dos estudantes, sendo uma possibilidade para outras pesquisas em âmbitos educacionais no campo do ensino de química e de ciências.

REFERÊNCIAS

BASILI, P. **Conceptual change strategies and cooperative group work in chemistry: an experiment.** Paper presented at the annual meeting of the National Association of Research on Science Teaching, San Francisco, CA, 1989.

BIRK, J. P.; LAWSON, E. The persistence of the candle-and-cylinder misconception. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 7, p. 914-916, 1999.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Qualitative Research for Education.** Boston, Allyn and Bacon, Inc., 1982.

BOUJAOUDE, S.B. A study of the nature of students' understandings about the concept of burning. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 28, p. 689-704, 1991.

CARTAGENA, J.G.Q., **Determinação Experimental e Predição dos Limites de Inflamabilidade do Etanol Anidro e Hidratado para Uso na Indústria Aeronáutica.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2013.

FARADAY, M. **A história química de uma vela: As forças da matéria.** Trad. Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto, p.222, 2003.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino Experimental de Química: Uma abordagem Investigativa Contextualizada. **Química Nova na Escola**, v. 32, p. 101-106, 2010.

FRANCISCO, W. E. Jr.; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. Experimentação Problematicadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a Aplicação em Salas de Aula de Ciências. **Química Nova na Escola**, n.30, p.34-41, 2008.

GALIAZZI, M. C.; GONÇALVES, F.P.; SEYFFERT, B.H.; HENNIG, E.L.; HERNANDES, J.C. Uma sugestão de atividade experimental: a velha vela em questão. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 21, p. 25-29, 2005.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, v. 10, nov, 1999.

HESSE, J. **Students' conceptions of chemical change**. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, LA, 1988.

JOHNSTONE, A. H. Macro and Micro-Chemistry. **The School Science Review**, p. 64 – 377, 1982.

JOHNSTONE, A. H. Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, p. 75–83, 1991.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3. ed. São Paulo: Atlas S. A, 1993.

LOVACHEV, L. A., BABKIN, V.S., BUNEV, V.A., V'YUN, A.V., KRIVULIN, V.N. e BARATOV, A.N., **Flammability Limits: An Invited Review, Combustion and Flame**, vol. 20, pp.259-289, 1973.

LIRA, M. B; RECENA, M. C. P. Avaliação das possibilidades de uso de vídeos digitais didáticos de experimentos para o ensino de estequiometria. In: XV ENEQ - Encontro Nacional de Ensino de Química, Brasília. **Anais**, 2010.

LIRA, Milton Basto. **Estudo das habilidades cognitivas manifestadas pelos estudantes de ensino médio com experimentos demonstrativos-investigativos e seus respectivos vídeos digitais**. 2010. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Química, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010.

LIRA, Milton Basto. **Vídeos de experimentos demonstrativo-investigativos: um estudo de signos produzidos por alunos de ensino médio sobre o tema combustão**. 2013. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo grande, 2013.

LISBÔA, J. C.F. QNEsc e a Seção Experimentação no Ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 37, n. 2, p. 198 – 202, dez, 2015.

MEHEUT, M; SALTIEL, E; TIBERGHEN, A. **Pupils' (11-12 year olds) conceptions of combustion**. European Journal of Science Education, 7, 83-93, 1985.

MORÁN, J. M. O Vídeo na Sala de Aula. **Comunicação e Educação**, São Paulo, SP: Editora Moderna, n. 2, jan-abr, 1995.

PEIRCE, C. S. **Semiótica e Filosofia**. Trad. Mota e Hegenberg. São Paulo, Cultrix, p. 164, 1972.

SANTAELLA, L. **Semiótica aplicada**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 186, 2002.

SANTAELLA, L. **O que é semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 2002.

SCHOLLUM, B. **Chemical change**. University of Waikato, Hamilton, New Zealand, Learning in Science Project, 1981.

SCHOLLUM, B. **Burning: A resource unit for teachers**. University of Waikato, Hamilton, New Zealand, Learning in Science Project, 1982.

SHOOK, J. R. **Os pioneiros do pragmatismo americano**. Rio de Janeiro, DP & A, p. 211, 2002.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L.; TUNES, E. Experimentar sem medo de errar. In: Wildson Luiz P. dos Santos; Otavio Aloísio Maldaner. (Org.). **Ensino de Química em Foco**. 1ª ed. Ijuí: Unijuí, 2010, v. Único, p. 231-261.

SILVA, M. A. E.; PITOMBO, L. R. M. Como os alunos entendem queima e combustão: contribuições a partir das representações sociais. **Química Nova na Escola**, n. 23, p. 23-26, 2006.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de Química. **Ciências & Cognição (UFRJ)**, v.14, p.50-74, 2009.