

# **O experimento da vela encapsulada e a argumentação: uma investigação com base no Modelo Argumentativo de Toulmin (MAT)**

An experiment with an encapsulated Candle and argumentation: a research based on Toulmin's Argument Pattern (TAP)

*Wagner Alves Moreira<sup>1,2</sup>, Paulo Henrique Trentin<sup>2,3</sup>, Carmen Fernandez<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Instituto de Química da Universidade de São Paulo

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências

<sup>2</sup>Faculdade São Bernardo – FASB, <sup>3</sup>Centro Universitário da FEI

*wagner.moreira@usp.br, trentin@fei.edu.br, carmen@iq.usp.br*

## **Resumo**

A partir de um problema aberto, os estudantes investigaram porque a chama da vela encapsulada se apaga. A argumentação que se desenvolveu durante essa investigação, foi registrada em vídeo pelos próprios estudantes (licenciandos em um curso de Prática do Ensino de Química), transcrita e submetida à análise com base no modelo de Toulmin.

Com esses dados foi possível identificar as operações epistêmicas empregadas na resolução do problema e o nível de argumentação alcançado pelos estudantes. Além disso, também foi possível inferir que, dependendo do contexto em que o experimento é inserido esse é suficientemente complexo para favorecer o ensino por investigação e uma argumentação de alta qualidade.

Palavras-chave: Modelo Argumentativo de Toulmin; argumentação; ensino investigativo.

## **Abstract**

From an open problem, students investigated why the candle flame is extinguished when encapsulated. The argumentation that developed during this investigation, was recorded on video by the students (undergraduates in a course of Teaching Practice in Chemistry), transcribed and analysed based on the Toulmin's Pattern.

With these data it was possible to identify the epistemic operations employed in problem solving and the level of argument achieved by students. In addition, it was also possible to infer that, depending upon the context in which the experiment is inserted, it is complex enough to support inquiry-based teaching and well-grounded argumentation.

Key words: Toulmin's Argument Pattern; argumentation; inquiry-based teaching.

## Introdução

Na literatura especializada, nas últimas décadas, têm sido encontrados muitos estudos defendendo a prática argumentativa em sala de aula, dentre os quais se pode destacar Driver (2000), Lemke (1990) e Applebee (1996). Cappechi e Carvalho (2006) ressaltam que as aulas do tipo “receita de bolo<sup>1</sup>” são empregadas desde a década de 1950, como forma de confirmar determinado conhecimento científico, obrigando os estudantes a verificar a “veracidade” de determinadas teorias em vez de investigá-las. Cabe ressaltar que esse tipo de situação escolar é o que Jiménez-Aleixandre (1999) denominou “Doing School”<sup>2</sup> (Fazer Escola).

Carvalho (2010, p.54) ao discutir as práticas experimentais no Ensino de Física, propôs uma tabela com a qual é possível verificar os graus de liberdade intelectual que podem ser dados aos estudantes durante o trabalho experimental. Com base no trabalho de Pella (1969), a autora discute de que modo o alto grau de restrição da liberdade de investigar, imposto aos estudantes, os faz buscar apenas resultados experimentais, por vezes até forjando dados, em vez de desenvolver uma visão crítica a respeito de como o conhecimento científico é construído e quais são as limitações dessa construção.

Carvalho (2010) destaca que o aumento do grau de liberdade só poderá ocorrer a partir de uma mudança na maneira pela qual o problema experimental é proposto e que os estudantes, devem enxergar esse problema como deles. Ainda resalta que é necessário mudar os tipos de questionamentos propostos, tradicionalmente nas aulas experimentais, nos quais os estudantes devem apenas comprovar hipóteses já consagradas na literatura (Doing School). Esse tipo de trabalho experimental pode contribuir para a manutenção do que Konstantinidou *et. al.* (2010) denominaram de “raciocínio comum arraigado, socialmente” o que pode validar as concepções errôneas dos estudantes.

O presente trabalho tem como ponto de partida as inquietações que surgem a partir do aporte teórico citado anteriormente e o objetivo de contribuir com as investigações que o meio científico tem realizado, no sentido de compreender o papel da argumentação e do ensino investigativo nas aulas de Ciências.

## Questões da pesquisa

Neste trabalho intenta-se investigar o potencial do experimento da vela encapsulada para favorecer a argumentação e o ensino investigativo. Sendo assim, as seguintes questões guiaram esta pesquisa:

- I) Essa atividade promoveu a construção de argumentos que apresentam os elementos do layout proposto por Toulmin (1958)?
- II) Qual é o nível da argumentação desses estudantes a partir dessa situação-problema?
- III) A atividade promove a tomada de consciência da complexidade da combustão da vela encapsulada?
- IV) Quais operações epistêmicas estão relacionadas a essa tomada de consciência e como esse processo ocorre?

---

<sup>1</sup> Trata-se de roteiros de aula que irão direcionar o trabalho dos estudantes em laboratório de modo que esses somente tenham a liberdade de obtenção dos dados experimentais e cujas conclusões já estão pré-estabelecidas.

<sup>2</sup> Esse termo foi empregado para as atividades, que sem um propósito definido, são solicitadas aos estudantes de modo que esses apenas cumprem o protocolo escolar sem que ocorra um ganho intelectual significativo durante o processo.

# Metodologia

## Contexto da Pesquisa

No período de três semanas, foi desenvolvida uma atividade investigativa com licenciandos do curso de Prática do Ensino de Química de uma faculdade particular do ABC paulista. Trata-se de um curso noturno que é frequentado por estudantes que, em sua maioria, durante o dia, atuam em indústrias químicas da região.

Nas aulas de laboratório, ao longo do curso (Bacharelado com Licenciatura em Química e Atribuições Tecnológicas) os estudantes, frequentemente, seguem roteiros de aula e, sendo assim, somente comprovam dados da literatura, o que se enquadra no grau de liberdade I (um grau caracterizado pela elevada restrição intelectual) em que o professor estabelece: o problema a ser investigado, as hipóteses, o plano de trabalho e as conclusões, ficando a cargo dos estudantes apenas obter os dados experimentais (Carvalho, 2010).

Nesse contexto, esses estudantes não estão familiarizados a: (i) propôr hipóteses; (ii) criar e gerir um plano de trabalho experimental; (iii) propôr conclusões diferentes daquelas consagradas na literatura. Por conta disso, também não estão familiarizados com o processo de construção dos saberes científicos (fazer e falar Ciências) como aponta Jiménez-Aleixandre (1999). Portanto, o contexto dessa pesquisa também inclui três etapas, que serão descritas a seguir.

**1ª Etapa:** Apresentação da situação-problema aos estudantes.

A pesquisa iniciou-se apresentando aos estudantes, nas aulas de Prática do Ensino, o experimento no qual uma vela acesa, presa à superfície interna de um prato contendo uma certa porção de água, é encapsulada por um copo. Nesse experimento, alguns segundos após a chama de vela ser coberta, ela se apaga e uma pequena porção de água, dependendo das condições experimentais, entra no copo. Nessa etapa, os estudantes deveriam produzir um texto individual para responder à questão: *Por que a chama da vela encapsulada apaga?*

**2ª Etapa:** Refinamento da situação-problema

Na segunda etapa, foi solicitado aos estudantes que tentassem refutar suas hipóteses iniciais. Assim, solicitou-se que trouxessem para a sala de aula: pratos, velas, copos e água ou qualquer líquido que julgassem importante no processo investigativo. Nessa fase, foi identificado um grupo (composto por quatro alunas e um aluno, denominado de agora em diante grupo (A)) que estava disposto a filmar seu processo de argumentação ao longo da investigação.

Foi explicitado (ao grupo (A) e aos demais estudantes) que teriam liberdade para propôr qualquer arranjo experimental que julgassem necessário ao desenvolvimento daquela nova fase da investigação, desde de que esse, não comprometesse a integridade física dos componentes do grupo e de outros ao seu redor.

Nessa etapa, os estudantes, nos seus respectivos grupos (doze grupos contendo cinco elementos cada), fizeram levantamentos de hipóteses e testes experimentais. Ao final da etapa as ideias dos vários grupos foram socializadas com toda a sala, de modo que os estudantes argumentaram e defenderam seus pontos de vista.

A partir da socialização de ideias, verificou-se que para metade dos grupos a chama da vela se extinguía porque ocorria o consumo total de oxigênio gasoso ( $O_2$ ). Por outro lado, para a outra metade dos grupos (o grupo (A) situava-se nessa metade) verificou-se que os estudantes tinham ideias controversas e pouco consenso acerca do fenômeno.

### **3ª Etapa:** Reforçando a controvérsia

Para reforçar a controvérsia duas situações foram apresentadas aos estudantes. Em primeiro lugar lhes foi, mostrado que na internet (no site *Discovery Kids Brasil* [www.discoverykidsbrasil.com/atividades/experimentos/oxigenio/](http://www.discoverykidsbrasil.com/atividades/experimentos/oxigenio/) último acesso em: 26/05/2011) era possível encontrar uma proposta experimental, que emprega o experimento da vela encapsulada, para medir a quantidade de O<sub>2</sub> no ar. Nessa proposta, seus autores explicitam que a água entra no copo após a chama apagar para ocupar o espaço deixado pelo O<sub>2</sub> que foi totalmente consumido.

Por outro lado, também foi apresentada a proposta encontrada no artigo escrito por Birk e Lawson (1999) na qual os autores afirmam que a ideia de consumo total de O<sub>2</sub>, no interior do copo, é uma concepção enganosa, pois essa surge a partir de um experimento que tem sido realizado, nas aulas de Ciências, com a finalidade de obter um resultado pré-determinado que desconsidera a complexidade do processo.

Sendo assim, foi também solicitado aos estudantes que continuassem a discussão com a finalidade de verificar qual proposta deveria ser mais adequada, com base nos conhecimentos científicos vigentes, ou, caso julgassem necessário, propusessem uma nova hipótese para o fenômeno. Solicitou-se aos estudantes ainda que ao final do processo, escrevessem um novo texto individual para explicitar as suas ideias com base nas investigações e discussões realizadas até aquele momento, explicando o porquê de a chama da vela no interior do copo sofrer um processo de extinção e optar por uma das hipóteses da literatura ou propôr sua própria hipótese.

Para minimizar os efeitos externos sobre a argumentação dos estudantes, nenhuma interação entre o professor e os estudantes do grupo (A) ocorreu durante o processo. O papel do professor foi apenas socializar com todos na sala as diferentes propostas experimentais que surgiram dentro dos vários grupos, nessa etapa, e apresentar os resultados experimentais obtidos a partir dessas propostas.

### **A escolha do experimento**

A escolha do experimento da vela encapsulada, como ponto de partida para essa investigação, ocorreu por 3 motivos:

1º) A concepção de que a chama de uma vela encapsulada se apaga porque o oxigênio é totalmente consumido é persistente e compartilhada por professores de Ciências e Química, o que mostra que esse experimento tem sido empregado, de forma acrítica conforme relatado por Birk e Lawson (1999) e Braathen (2000).

2º) O fenômeno é complexo e não há uma explicação reducionista para o resultado experimental (a extinção da chama e a entrada de água no copo) de modo que a resolução da situação-problema é complexa, o que propicia um processo de investigação, envolvendo reflexão e tomada de decisão.

3º) Há uma visão controversa acerca dos resultados experimentais na literatura, o que pode desfavorecer a concepção do conhecimento científico com algo pronto e acabado.

Portanto, esse experimento apresenta perspectivas para ser empregado no ensino por investigação, apesar do fato dessa prática experimental ter sido empregada durante muito tempo (e ainda o é atualmente) para erroneamente comprovar a porcentagem de oxigênio no ar.

## Análise dos dados

O trabalho experimental dos estudantes (grupo (A)) e também suas interações discursivas foram registradas em vídeo. Com a finalidade de obter dados, sem a interferência direta do pesquisador, foi solicitado aos estudantes que filmassem os trabalhos e registrassem, na íntegra, os procedimentos experimentais e as discussões decorrentes desses. Foi solicitado também aos estudantes que após a realização do experimento<sup>3</sup> produzissem um texto individual para responder a questão: *Por que a chama da vela encapsulada se apaga?*

A partir dos vídeos, foram feitas transcrições das falas dos estudantes com a finalidade de identificar os elementos presentes no argumento produzido pelo grupo. O Modelo Argumentativo de Toulmin (MAT) (Toulmin,1958) foi empregado para analisar os argumentos falados e escritos. Desse modo, foi feita uma análise qualitativa dos turnos de fala, buscando os elementos propostos no MAT, e identificando operações epistêmicas relacionadas a esses elementos.

Na análise dos níveis de argumentação foi empregada a estrutura analítica proposta por Erduran, Simon e Osborne (2004) com a qual foi caracterizada a qualidade da argumentação.

Tabela 1: Estrutura Analítica empregada para Diagnosticar a Qualidade da Argumentação<sup>4</sup>

---

Nível 1	A argumentação consiste de argumentos que são uma afirmação <i>versus</i> uma afirmação.
Nível 2	A argumentação tem argumentos que consistem de uma afirmação <i>versus</i> uma afirmação contendo um dado, ou uma garantia ou suporte porém não há qualquer refutação.
Nível 3	A argumentação tem argumentos com uma série de afirmações ou contra-afirmações contendo dados ou garantias ou apoios com uma eventual refutação fraca.
Nível 4	A argumentação mostra argumentos com uma afirmação contendo uma refutação claramente identificável. Tal argumento pode ter várias afirmações e contra-afirmações.
Nível 5	A argumentação exhibe um argumento estendido com mais de uma refutação.

---

Na tabela 1, os autores propõem cinco níveis de argumentação que estão relacionados à presença dos elementos do MAT. Analisando esses diferentes níveis de argumentação, é possível verificar que a refutação apresenta um papel importante nessa classificação. Erduran, Simon e Osborne (2004) destacam que argumentos sem refutação não são capazes de desafiar epistemologicamente os participantes da argumentação e, sendo assim, não há alterações nas crenças e na maneira de pensar dos indivíduos engajados nesse processo.

Esses autores propõem que, além da presença de dados, garantias e apoios para sustentar uma conclusão, a presença de refutações faz com que a argumentação seja de melhor qualidade e, sendo assim, é possível qualificar a argumentação.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O total de tempo registrado em vídeo foi equivalente a 38 minutos e 48 segundos, no restante do tempo os estudantes dedicaram-se aos registros escritos. As transcrições efetuadas a partir desses vídeos geraram 393 turnos. Na análise das transcrições verificou-se que o argumento final do grupo apresenta a maioria dos elementos propostos no MA conforme se verifica na figura 1.

---

<sup>3</sup>Descrito no item contexto da pesquisa (vide 1ª Etapa).

<sup>4</sup> Tradução dada pelo autor.

Na estrutura final do argumento, representado na figura 1, verifica-se que o grupo propõe duas conclusões para o fenômeno de extinção da vela e cinco garantias para relação dado/conclusão. Cabe ressaltar que, no presente trabalho, não foram encontrados os problemas geralmente citados na literatura (KELLY, DRUKER e CHEN, 1998; SAMPSON e CLARK, 2006; ERDURAN e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, 2008) relacionados à ambiguidade enfrentada para identificar e diferenciar as garantias dos apoios presentes nos argumentos dos estudantes.

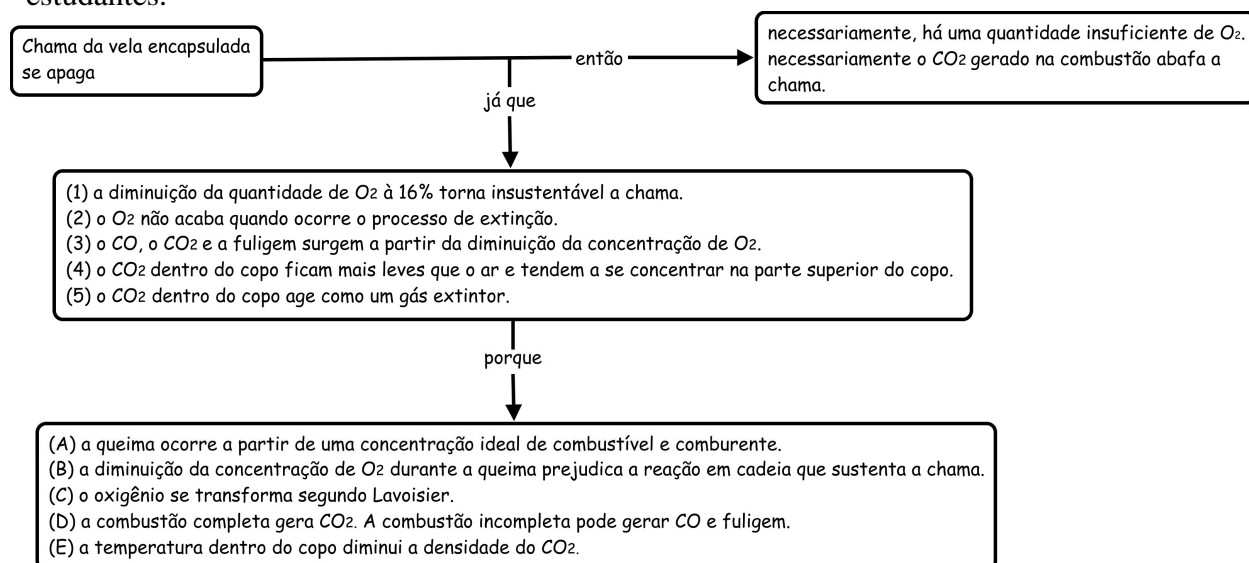


Figura 1: Estrutura do argumento produzido pelo grupo ao final da investigação.

Neste trabalho, apoio, e garantias foram identificados e diferenciados a partir da análise dos textos e das transcrições dos registros em vídeo, levando em consideração o contexto no qual o argumento (garantia ou apoio) surgiu e a relação desses com suas respectivas alegações, como proposto por Erduran, Simon e Osborne (2004). Desse modo, foi possível identificar e contabilizar, ainda, oito operações epistêmicas que surgiram no contexto dessa pesquisa, como se verifica na figura 2, além dos tipos de refutação mostrados na figura 3 (optou-se, por questões práticas, mostrar essas operações epistêmicas em um único gráfico).

Na figura 2, está representada a relação entre as operações epistêmicas, que ocorreram durante a construção do argumento final do grupo, os estudantes que participaram dessas operações e o número de turnos envolvidos no processo de construção do argumento.

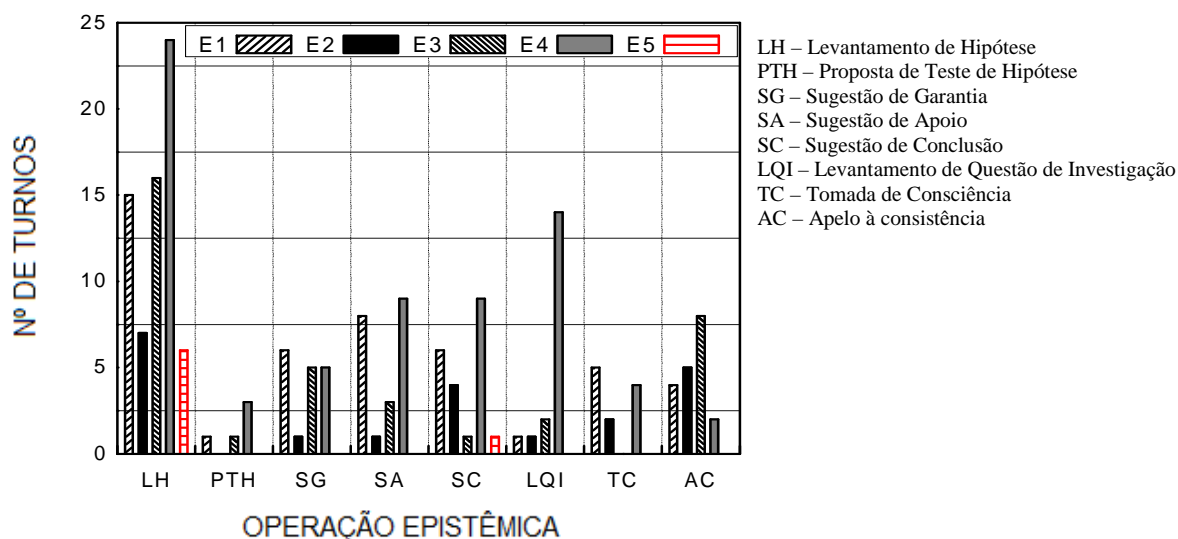


Figura 2: Relação entre as operações epistêmicas e o nº de turnos.

Da análise desse gráfico é possível observar que a operação epistêmica mais presente durante o processo foi o levantamento de hipóteses<sup>5</sup>. Com isso, verifica-se a forte presença de um passo metodológico que é característico da investigação científica e é necessário à resolução de um problema via experimentação.

Esse resultado está relacionado ao grau de liberdade dado aos estudantes. A atividade investigativa, do modo como foi proposta, pode ser classificada como de grau IV (Carvalho, 2010) uma vez que o professor apenas propôs, aos estudantes, um problema aberto e esses ficaram responsáveis por desenvolver todo trabalho intelectual.

Conforme apontam Guisasola, Ceberio e Zubimendi (2003), a elaboração de estratégias e a análise dos resultados obtidos na resolução de uma situação-problema estão diretamente relacionadas ao levantamento de hipóteses. Para esses pesquisadores, essa operação epistêmica possibilita a análise dos resultados experimentais uma vez que gera um padrão para contrastar com os dados experimentais.

Outro aspecto interessante surge quando se relaciona a quantidade de proposta de testes de hipóteses com o número de levantamento de hipóteses. É possível identificar que essa relação é aproximadamente da ordem de 1/13. Observando a figura 3, é possível identificar um dos motivos para esse fato.

Conforme se verifica na figura 3, no processo de argumentação, ocorreram também vinte e sete turnos nos quais foram propostas refutações de hipóteses. Analisando o processo de argumentação verificou-se ainda, em vários turnos, que quando uma hipótese era proposta e questionada ou refutada, caso os demais estudantes acreditassem na hipótese proposta, esses se engajavam em uma discussão, a princípio, apresentando novas hipóteses. Com isso, a discussão se propagava até que surgia um apoio ou, garantia para dar força àquela hipótese ou essa era refutada. Isso gerava um refinamento ou abandono das hipóteses de modo que somente eram propostos testes de hipóteses quando havia um consenso no grupo acerca de determinada hipótese.

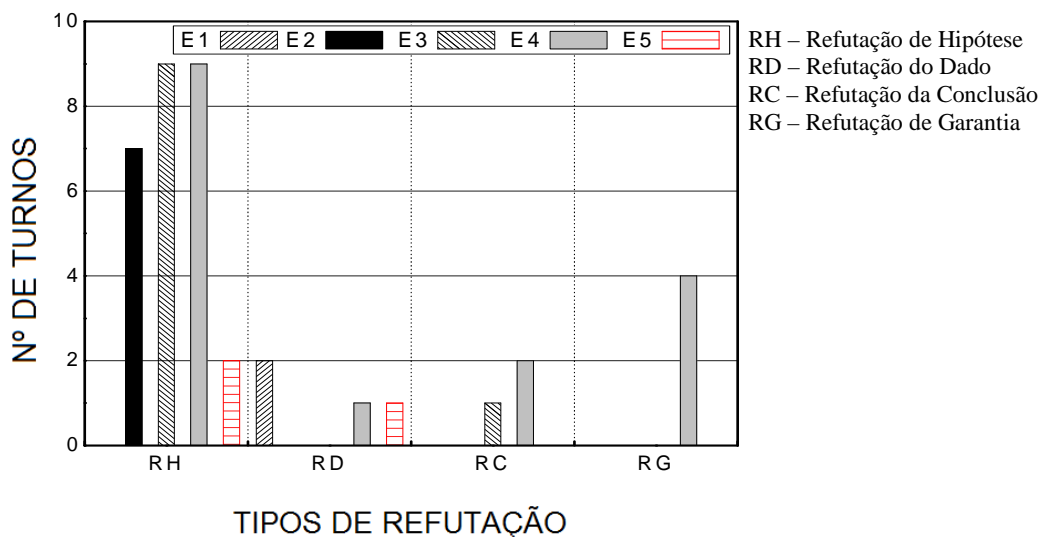


Figura 3: relação entre a quantidade de turnos e o tipo de refutação.

Na figura 4 encontra-se um exemplo de argumentação que se desenvolveu com refutação de hipótese.

<sup>5</sup> Levantamento de hipóteses no presente trabalho é entendido como a proposição de previsões plausíveis e em consonância com o conhecimento científico conforme relata McComas (2000).

- 
- 92 E5: E a água?
- 93 E2: Agora o mais difícil, a água. A sucção da água.
- 94 E4: E1? E1?
- 95 E1: Eu acho que a água é succionada para o interior do copo pela diferença de pressão que é criada dentro do sistema fechado e a pressão atmosférica que existe fora do sistema. Quando a chama aquece o gás, no interior do recipiente, esse gás, ele se expande. Quando a chama apaga, esse gás é contraído.
- 96 E4: Mas se o... se o gás se expande por que que ele não sai enquanto tá aquecendo?
- 97 E1: É um outro ponto a ser discutido. Eu não faço a menor ideia.
- 98 E4: Que que vocês acham, meninas?
- 99 E2: Eu acho que não tem pressão suficiente pra sair ali.
- 100 E3: Acho que não expande o suficiente!
- 101 E2: Acho que expande, mas ele num tem força suficiente pra sair.
- 102 E1: Tanto o gás quanto a água são fluídos. Pra empurrar um fluído é necessária uma pressão do outro fluído superior a já existente.
- 103 E2: Exatamente!
- 104 E1: Por isso, eu acho, eu acredito que não existe pressão o suficiente do gás pra empurrar a água pra fora. Porém quando ele é contraído ele ocupa um volume bem menor no interior do copo e a água é succionada para o interior do mesmo.
- 

Figura 4: exemplo de argumentação com refutação de hipótese.

No turno 92 (figura 4), os estudantes começam a argumentar no sentido de explicar o porquê de a água entrar no copo após a extinção da chama. E2 explicita que essa questão ainda é obscura para ela e para os demais integrantes do grupo. E4 que assume um papel de liderança nas discussões, pois conforme se verifica nos gráficos, participa em muitos turnos nos quais estão presentes operações epistêmicas e refutações, pede a E1 que explique o fato sob investigação.

E1 inicia sua explicação levantando uma hipótese e apresentando uma garantia. No turno 96, E4 questiona os argumentos de E1 e conforme se verifica no turno seguinte esse ainda não possuía uma resposta para aquele questionamento.

Com isso, E2 e E3 (turnos de 99 a 101) levantam novas hipóteses, o que faz com que E1 (turno 102) proponha um apoio ao seu argumento inicial. Nesse momento, verifica-se um aspecto importante, relacionado ao processo de argumentação. As falas de E2 e E3 fizeram com que E1 reestruturasse seu argumento baseado nas hipóteses levantadas, previamente, por essas estudantes. Perguntado a respeito desse fato E1 argumentou: *“Eu sou assim... Eu acredito numa coisa, mas se você me provou um fato, eu deixo de acreditar naquela coisa e reformulo minhas ideias imediatamente.”*

Outro aspecto, a ser considerado, é que a refutação também favoreceu a tomada de consciência da complexidade do processo. E4 propõe uma questão de investigação<sup>6</sup> (turno 109 na figura 5) na tentativa de refutar o apoio dado por E1 nos turnos 102 e 104. A partir disso, E1 (turno 112) inicia sua fala sugerindo nova hipótese e mostrando evidências de tomada de consciência da complexidade do processo. Ao finalizar esse turno, E1 propõe mais uma hipótese que é refutada por E4.

---

<sup>6</sup> Nesse trabalho a operação epistêmica denominada questão de investigação é entendida como um tipo de questionamento, que se caracteriza por ter o propósito de fazer com que a investigação prossiga de modo mais coerente, explorando as ideias do grupo e favorecendo uma melhora na qualidade da investigação.

Sendo assim, nos demais turnos, verifica-se o levantamento de hipótese, a proposta de teste de hipótese, a refutação de hipótese e a tomada de consciência da complexidade do processo. Analisando os turnos ao longo de todo o processo de argumentação, verificou-se que os turnos em que ocorreram tomadas de consciência, foram precedidos por turnos em que ocorreram levantamentos de hipóteses e refutação ou algum tipo de questionamento dessas hipóteses.

---

- 109 E4: Vocês acham que contração é suficiente pra subir 20% do líquido?  
110 E1:Não!  
111 E4: Pro líquido ocupar 20% do espaço?  
112 E1: Eu acho que a contração não é suficiente, porque se a contração fosse proporcional à água... , a água que entra no interior do copo o experimento acaba aí. Nós sabemos que ele não acaba por que existem outras variáveis. Por que quando você acende duas velas o comportamento do fluido interno e externo é diferente.  
113 E4: Mas duas velas a gente não fez.  
114 E1: É que na verdade existem outras variáveis que nós não sabemos ainda qual é. Porque quando você acende duas velas no interior do copo, a quantidade de fluidos que entra nele é diferente de que uma vela só. E quando você queima outros combustíveis, diferentes do pavil, ele também tem um comportamento diferente. Então, nós precisamos descobrir agora porque que a fonte que produz calor faz o comportamento do líquido ser diferente.  
115 E4: É, então..., só que se você fizer uma outra experiência pegando um recipiente maior, um copo maior, com um volume maior de água, a chama vai apagar e a água não vai entrar.  
116 E1: Então o volume também é uma variável considerável no processo.  
117 E4: Tudo é variável  
118 E1: Várias variáveis (*Risos*)
- 

Figura 5: exemplo de argumentação com refutação de hipótese e tomada de consciência.

A seguir será apresentada e discutida a sequência argumentativa que ocorreu enquanto os estudantes discutiam por que a chama encapsulada apaga. Analisando os turnos mostrados na figura 6 é possível identificar os elementos do MAT, incluindo refutações (turnos 82 e 89). Inicialmente, E4, pede a E2, E3 e E5 que enunciem a conclusão do grupo.

Contudo, como a conclusão dada pelas estudantes vai de encontro das concepções de E4, essa é refutada imediatamente (turno 82). A partir disso, E2 apresentou uma conclusão (turno 83), que foi formulada anteriormente, (nos turnos 85 e 89, encontram-se referências às discussões que ocorreram fora da aula) que foi corroborada por E4. Sendo assim, E4 apresenta os apoios a essa conclusão nos turnos 86 e 89. Com base nisso e na análise do contexto da apresentação dos argumentos, verificou-se que as garantias [(1) e (2)] (vide figura 1) são sustentadas respectivamente pelos apoios [(A) e (B)]. Verificou-se ainda que a garantia (3) é sustentada pelos dos apoios [(C) e (D)] e que o apoio (E) dá sustentação à garantia (4).

Por outro lado, a garantia (5) foi prontamente aceita por todos uma vez que não foi questionada e, portanto, não houve a necessidade de mostrar o apoio relacionado a essa garantia. Isso ocorreu porque o gás CO<sub>2</sub> é empregado em extintores de incêndio e foi prontamente reconhecido pelos estudantes com um gás extintor.

- 
- 79 E4: Por que a chama apagou meninas?  
80 E2: Vamos em coral?  
81 E2, E3 e E5: Pela falta de oxigênio!  
82 E4: Pela falta não! Não é falta de oxigênio.  
83 E2: Pela quantidade insuficiente de oxigênio.  
84 E4: Pela quantidade insuficiente de oxigênio.  
85 E2: Agora eu respondi certo. Você filmou isso E1?(*Risos*)  
86 E4: Quantidade insuficiente. Por que se a gente tiver menos de 16% de oxigênio a atmosfera não é inflamável. Não vai pegar fogo. Por que pra ter uma..., a queima, você precisa ter uma concentração ideal. Se você tiver uma concentração pobre ou uma concentração muito rica, não vai pegar fogo. Você precisa ter uma mistura ideal. Combustível, comburente e a chama.  
87 E2: Tudo? Os três você tá falano?  
88 E4: Aqui eu acho que a gente tem os três ainda.  
89 E4: A gente ainda tem oxigênio. A gente ainda tem combustível, ainda tem comburente. Só que aqui o que a gente não tem mais é reação em cadeia. Por que o oxigênio a gente tem uma concentração muito menor. Então por isso que a vela não continua queimando. Então o oxigênio, só pra reforçar, por que isso tá muito claro pra gente, porque a gente já discutiu muito, mas o oxigênio não desaparece.  
90 E1: Ele se transforma segundo Lavoisier.  
91 E2: Ele se transforma. Tudo se transforma.
- 

Figura 6: Turnos contendo a construção do argumento para explicar a extinção da chama encapsulada.

Com a finalidade de diagnosticar o nível de argumentação alcançado pelos estudantes, foram analisados apenas os turnos em que esses discutiram o porquê de a água entrar no copo (figuras 4 e 5). Esse procedimento foi adotado, pois, esses turnos constituem uma amostra significativa da argumentação dos estudantes e apresentam um padrão que se repetiu ao longo de todo o processo.

Na figura 4, verifica-se uma argumentação que apresenta refutação de hipótese e das garantias (turno 96) apresentadas por E1. Além disso, nos turnos 113 e 116 verifica-se que E4 refuta, respectivamente, a hipótese que E1 apresenta no final do turno 112 e a hipótese que aparece no turno 114. Portanto, quando observamos a sequência de turnos presentes nas figuras 4 e 5 é possível identificar a presença de pelo menos quatro refutações dentro de um argumento extenso no qual estavam envolvidas outras operações epistêmicas tais como: levantamento de hipóteses, sugestão de teste de hipótese, garantias e apoios, e a tomada de consciência da complexidade do fenômeno. A partir desses dados, considera-se que os estudantes com essa atividade investigativa produziram uma argumentação nível 5, uma vez que foram identificados os elementos propostos para a estrutura desse nível de argumentação (Erduran, Simon e Osborne, 2004).

## CONCLUSÕES

A situação-problema da maneira como foi proposta aos estudantes foi claramente identificada como um problema que merecia ser investigado, o que desencadeou um processo de questionamentos, levantamento de hipóteses e propostas de testes de hipóteses. Retomando as questões iniciais de pesquisa, alguns pontos devem ser salientados:

- l) O experimento da vela encapsulada é suficientemente complexo para ser empregado no ensino por investigação. Essa complexidade, juntamente com o contexto em que a proposta de investigação ocorreu, favoreceu o surgimento dos elementos propostos no MAT.

- II) Durante as discussões observou-se a construção de uma argumentação de alta qualidade.
- III) No processo investigação houve a tomada de consciência da complexidade do processo de combustão da vela encapsulada e essa tomada de consciência foi precedida de turnos em que os estudantes estiveram envolvidos em várias operações epistêmicas. Uma vez que os turnos de tomada de consciência surgiram, em sua maioria, ao final de sequências longas de argumentação, envolvendo mais de uma operação epistêmica (figura 2), e algum tipo de refutação com predomínio de refutação da hipótese (figura 3), verifica-se uma forte relação entre tomada de consciência e esse tipo de refutação.
- IV) Ainda que o experimento da vela no copo tenha sido e, ainda seja, empregado como uma “receita de bolo” para comprovar a quantidade de oxigênio, esse, devido à complexidade e aos dados analisados neste trabalho, apresenta grande potencial para o ensino investigativo dependendo do contexto em que é inserido na sala de aula.

Sendo assim, verificou-se que a atividade no contexto em que foi proposta promoveu a construção de argumentos que apresentam os elementos propostos no MAT e favoreceu uma argumentação que se enquadra no nível 5 proposto por Erduran, Simon e Osborne (2004). A atividade promove também a tomada de consciência da complexidade do processo de combustão encapsulada e essa, por sua vez, está relacionada a discussões estabelecidas em sequências argumentativas envolvendo algumas operações epistêmicas tais como: levantamento de hipóteses, sugestão de garantias e apoios, proposta de teste de hipóteses e refutações com predomínio da refutação de hipótese.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APPLEBEE, A. Curriculum as conversation: Transforming traditions of teaching and learning. Chicago: The University of Chicago Press.
- BIRK, J.P. e LAWSON, E. The persistence of the candle-and-cylinder misconception. *Journal of Chemical Education*, v. 76, n. 7, p. 914-916, 1999.
- BRAATHEN, P.C. Desfazendo o mito da combustão da vela para medir o teor de oxigênio no ar. *Revista Química Nova na Escola*, São Paulo, n. 12, p. 43-45, novembro. 2000.
- CAPECCHI, M. C. M. E CARVALHO, A. M. P. Atividades de laboratório como instrumentos para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. *Pro-Posições*, v.17, n.1, p. 137 – 152, 2006.
- CARVALHO, A. M. P. Ensino de Física – Coleção Ideias em Ação. 1ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010
- DRIVER, R e Newton, P. Establishing the norms of scientific argument in classroom. *Science Education*, v. 84, p.287 – 312, 2000.
- ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P., “Methodological Foundations in the Study of Science Classroom Argumentation”, In: Jiménez-Aleixandre e Erduran, Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research, Springer, Dordrecht, 2008.
- ERDURAN, S., SIMON, S. e OSBORNE, J. TAPing into argumentation; Developments in the application of Toulmin’s Argument Pattern for Studying Science Discourse. *Science Education*, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004,
- GUISASOLA, J., CEBERIO, M. e ZUBIMENDI, J. L. El papel científico de las hipótesis y los razonamientos de los estudiantes universitarios en resolución de problemas de Física. *Investigações em Ensino de Ciências* v.8, n.3, p. 211-229, 2003.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; RODRÍGUEZ, A. B. E DUSCHL R. A. “Doing the lesson” or “Doing Science”: Argument in high school genetics. *Science Education*, v. 84, p.757 – 792, 2000.

KELLY, G., DRUCKER, S. E CHEN, K. Students’ reasoning about electricity: Combining performance assessment with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, v. 20, n.7, p. 849 – 871, 1998.

KONSTANTINIDOU, A., CASTELLS, M. e CERVERÓ, J.M. Ens podem ajudar els “tòpics” d’Aristòtil a entendre les formes espontànies de raonar em Física i a trobar arguments arguments persuasius per als estudiants? *Actes d’Història de la Ciència i de la Tècnica*, v. 1, n.2, p. 13 – 30, 2008.

LEMKE, J. L. Talking Science: Language, learning, and values, Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation, 1990.

McCOMAS, W.F. (2000). *The Nature of Science in Science Education Rationales and Strategies*. Kluwer Academic Publishers. London.

PELLA, M. O. The Laboratory and Science Teaching. In: Andersen, H. O. *Reading in Science Education for the Secondary School*. Londres: The Macmillan Company, 1969.

SAMPSON, V e CLARK, D. Assessment of argument in science education: A critical review of the literature. In: Proceedings of International Conference of the Learning Science, Bloomington, IN. p. 655 – 661, 2006.

TOULMIN, S. The uses of argument. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.