

química nova

NA ESCOLA

VOLUME

42

Nº 2, MAIO 2020

- 112 Abordagem teórico-experimental entre Química e Matemática utilizando práticas laboratoriais
Roger Borges e Kamila Colombo
- 121 Alquimia em Hogwarts: A Magia e o Ensino de Química
Bruno C. A. Costa, Jeane C. G. Rotta e Juliana E. Caixeta
- 129 Investigação Criminal e Química Forense: espaço não formal de aprendizagem investigativa
Kiany S. B. Cavalcante, Francisco R. S. de Sousa, João P. D. Monteiro, Jane da P. P. Souza, Alexandre W. V. do Nascimento, Andreia S. S. Aguiar e Adriano S. de Fonseca
- 136 Química Experimental e a Lei 10.639/2003: a inserção da história e cultura africana e afro-brasileira no ensino de Química
Antonio C. B. Alvino, Marilene B. Moreira, Geisa L. M. Lima, Aliny G. Silva, Arcanjo R. Moura e Anna M. C. Benite
- 147 Kahoot! e Socrative como recursos para uma Aprendizagem Tecnológica Ativa gamificada no ensino de Química
Bruno S. Leite
- 157 Análise de interações discursivas e ações verbais entre estudantes do nível superior de Química: um diálogo sobre a argumentação e a aprendizagem
Lôany G. da Silva e Welington Francisco
- 166 O Diagrama Heurístico em atividades experimentais baseadas em problemas no Ensino Superior de Química
Cleane C. Paz, Janildo L. Magalhães e Luciana N. A. Ferreira
- 176 Problematização: possibilidades para o Ensino de Química
Lorraine Mori e Marcia B. da Cunha
- 186 Desenvolvimento da argumentação em uma sequência de ensino investigativa sobre termoelétrica
Filipe S. de Oliveira, Maria C. P. Cruz e Adjane da C. Tourinho e Silva

EDITORES

Paulo Alves Porto (IQ-USP)

Salete Linhares Queiroz (IQSC-USP)

CONSELHO EDITORIAL

Alice Ribeiro Casimiro Lopes (FE-UERJ - Rio de Janeiro, RJ - Brasil)

António Francisco Carrelhas Cachapuz (UA - Aveiro, Portugal)

Attico Inacio Chassot (IPA - Porto Alegre, RS - Brasil)

Aureli Caamaño (UB - Barcelona, Espanha)

Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE - Recife, PE - Brasil)

Eduardo Fleury Mortimer (UFMG - Belo Horizonte, MG - Brasil)

Eduardo Motta Alves Peixoto (IQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)

Gisela Hernández (UNAM - Cidade do México, México)

Julio Cezar Foschini Lisbôa (GEPEQ-USP - São Paulo, SP - Brasil)

Lenir Basso Zanon (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)

Luiz Henrique Ferreira (UFSCar - São Carlos, SP - Brasil)

Marcelo Giordan (FE-USP - São Paulo, SP - Brasil)

Otávio Aloísio Maldaner (UNIJUÍ - Ijuí, RS - Brasil)

Peter Fensham (QUT - Vitória, Austrália)

Roberto Ribeiro da Silva (UnB - Brasília, DF - Brasil)

Roseli Pacheco Schnetzler (UNIMEP - Piracicaba, SP - Brasil)

ASSISTENTE EDITORIAL

Giseli de Oliveira Cardoso

Química Nova na Escola é uma publicação trimestral da Sociedade Brasileira de Química que tem como local de publicação a sede da sociedade localizada no Instituto de Química da USP -

Av. Prof. Lineu Prestes, 748, Bloco 3 superior, sala 371

05508-000 São Paulo - SP, Brasil

Fone: (11) 3032-2299,

Endereço-e: sbqsp@iq.usp.br

Indexada no *Chemical Abstracts*, *DOAJ*, *Latindex* e *EDUBASE*

Correspondência deve ser enviada para:

Química Nova na Escola

Av. Prof. Lineu Prestes, 748

05508-000 São Paulo - SP, Brasil

Fone: (11) 3032-2299

Fax (11) 3814-3602

Endereço-e: qnesc@sbq.org.br

Química Nova na Escola na internet:

<http://qnesc.sbq.org.br>

Copyright © 2020 Sociedade Brasileira de Química

Para publicação, requer-se que os manuscritos submetidos a esta revista não tenham sido publicados anteriormente e não sejam submetidos ou publicados simultaneamente em outro periódico. Ao submeter o manuscrito, os autores concordam que o *copyright* de seu artigo seja transferido à Sociedade Brasileira de Química (SBQ), se e quando o artigo for aceito para publicação.

O *copyright* abrange direitos exclusivos de reprodução e distribuição dos artigos, inclusive separatas, reproduções fotográficas, microfilmes ou quaisquer outras reproduções de natureza similar, inclusive traduções. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em bancos de dados ou transmitida sob qualquer forma ou meio, seja eletrônico, eletrostático, mecânico, por fotocopiagem, gravação, mídia magnética ou algum outro modo com fins comerciais, sem permissão por escrito da detentora do *copyright*.

Embora todo esforço seja feito pela SBQ, Editores e Conselho Editorial para garantir que nenhum dado, opinião ou afirmativa errada ou enganosa apareçam nesta revista, deixa-se claro que o conteúdo dos artigos e propagandas aqui publicados são de responsabilidade, única e exclusivamente, dos respectivos autores e anunciantes envolvidos. Consequentemente, a SBQ, o Conselho Editorial, os Editores e respectivos funcionários, diretores e agentes isentam-se, totalmente, de qualquer responsabilidade pelas consequências de quaisquer tais dados, opiniões ou afirmativas erradas ou enganosas.

diagramação/capa

Hermano Serviços de Editoração

Espaço Aberto / Issues/Trends

112 Abordagem teórico-experimental entre Química e Matemática utilizando práticas laboratoriais

Theoretical-experimental approach between Chemistry and Mathematics using laboratory practices

Roger Borges e Kamila Colombo

121 Alquimia em Hogwarts: A Magia e o Ensino de Química

Alchemy at Hogwarts: Magic and Chemistry Teaching

Bruno C. A. Costa, Jeane C. G. Rotta e Juliana E. Caixeta

129 Investigação Criminal e Química Forense: espaço não formal de aprendizagem investigativa

Criminalistic investigation and forensic chemistry: non formal space for investigative learning

Kiany S. B. Cavalcante, Francisco R. S. de Sousa, João P. D. Monteiro, Jane da P. P. Souza, Alexandre W. V. do Nascimento, Andreia S. S. Aguiar e Adriano S. de Fonseca

Relatos de Sala de Aula / Chemistry in the Classroom

136 Química Experimental e a Lei 10.639/2003: a inserção da história e cultura africana e afro-brasileira no ensino de Química

Experimental Chemistry and Law 10639/2003: insertion of African and Afro-Brazilian culture and history in chemistry teaching

Antonio C. B. Alvino, Marilene B. Moreira, Geisa L. M. Lima, Aliny G. Silva, Arcanjo R. Moura e Anna M. C. Benite

147 Kahoot! e Socrative como recursos para uma Aprendizagem Tecnológica Ativa gamificada no ensino de Química

Kahoot! and Socrative as resources for a gamified active technological learning in Chemistry teaching

Bruno S. Leite

Ensino de Química em Foco / Chemical Education in Focus

157 Análise de interações discursivas e ações verbais entre estudantes do nível superior de Química: um diálogo sobre a argumentação e a aprendizagem

Analysis of discursive interactions and verbal actions among undergraduate students of Chemistry: a dialogue on argumentation and learning

Lôany G. da Silva e Welington Francisco

166 O Diagrama Heurístico em atividades experimentais baseadas em problemas no Ensino Superior de Química

The heuristic diagram in problem-based experimental activities at the undergraduate chemistry teaching

Cleane C. Paz, Janildo L. Magalhães e Luciana N. A. Ferreira

176 Problematização: possibilidades para o Ensino de Química

Problems: possibilities for Chemistry teaching

Lorraine Mori e Marcia B. da Cunha

Cadernos de Pesquisa / Research Letters

186 Desenvolvimento da argumentação em uma sequência de ensino investigativa sobre termoeletrônica

Development of the argumentation in an Inquiry-Based Teaching Sequence about thermoelectricity

Filipe S. de Oliveira, Maria C. P. Cruz e Adjane da C. T. e Silva

Pandemia

Estamos vivendo o maior desafio de nossa geração. A história registrará o ano de 2020 como o da pandemia de covid-19, e as gerações futuras terão dificuldade para entender o que está acontecendo no Brasil de hoje. Ou – quem sabe? – no futuro tudo ficará muito claro.

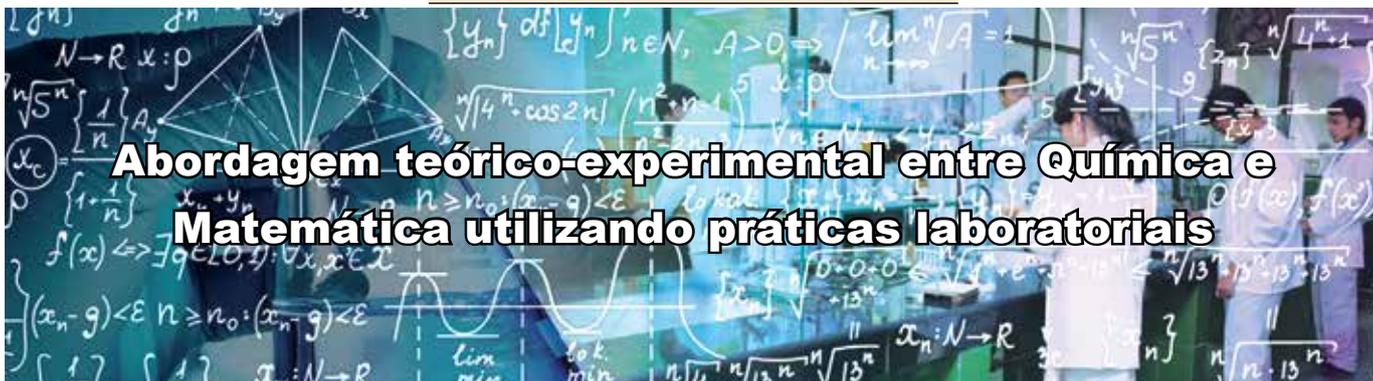
De repente, há cientistas sendo entrevistados em TVs, rádios e redes sociais. Há um renovado interesse no que a ciência tem a dizer sobre a doença, sua prevenção e sua cura. Sobre os cientistas se depositam as esperanças de milhares, milhões de seres humanos de que logo haverá vacinas ou remédios que possam deter a pandemia e evitar mais mortes. No Brasil, a maior parte dos cientistas se encontra nas Universidades e outras instituições públicas de pesquisa. Nelas, assistimos a um grande esforço para resistir à pandemia. Vemos nossos colegas químicos participando desses esforços de muitas maneiras: por exemplo, produzindo álcool em gel para hospitais, produzindo insumos para as pesquisas biomédicas, compartilhando equipamentos, reagentes e mão de obra qualificada, divulgando informações, etc. Poderíamos fazer mais, se nossas instituições públicas de ensino e pesquisa não estivessem sofrendo tantos cortes de verbas e bolsas, ou se não houvessem sido transformadas em inimigas da nação, por supostamente serem antros de “balbúrdia”, locais de “plantações extensivas de maconha” e de produção de “drogas sintéticas” em seus laboratórios de Química.

Enquanto não existe vacina ou remédio eficaz, cientistas e médicos recomendam prudência: evitar o contágio pelo isolamento social. Muitos, porém, revoltam-se contra a prudência, contra a medicina, contra a ciência: clamam pela volta ao trabalho, pela volta a uma ilusória normalidade. Alguns o fazem pela ganância, acreditando que a paralisação da economia se deve ao isolamento social e não à pandemia. Outros o fazem por desconhecer o que está em jogo, ou por estarem iludidos por mentiras (hoje pomposamente chamadas de *fake news*) espalhadas pelas redes sociais. Como resultado da desinformação, no momento em que escrevemos este Editorial, a covid-19 se alastra quase sem controle por grande parte do território brasileiro. O noticiário da mídia comercial se divide entre a pandemia e uma permanente crise política, com personagens se digladiando com acusações de corrupção e traição, e diferentes instituições da República disputando espaços de poder. Entre mentiras e disputas pessoais, não se discute, porém, a causa fundamental de um sistema educacional que não consegue reverter a ignorância sistêmica, da miséria que impede o isolamento social e favorece o contágio descontrolado, do subfinanciamento dos sistemas públicos de saúde e de pesquisa que poderiam poupar muitas vidas: o modelo econômico que concentra cada vez mais a riqueza nas mãos de uns poucos (indivíduos e países), aprofundando o abismo social tão evidente no Brasil, mas que vem se alastrando pelo mundo. Assoberbados por suas conseqüências, deixamos de enxergar a causa. A superação deste momento terrível exigirá muito de cada um de nós.

Diante de tudo isso, pode parecer fútil nosso esforço em apresentar resultados de pesquisas e experiências para a melhoria do Ensino de Química. Não podemos, porém, desanimar nem perder de vista a importância de cada pequena contribuição da pesquisa e da educação para a disseminação do pensamento crítico, tão necessário neste momento. Nesse sentido, *Química Nova na Escola* prossegue em sua missão oferecendo aos leitores mais um número com variedade de assuntos e abordagens. A argumentação, fundamental para a construção e consolidação do pensamento crítico e tema de estudo de crescente importância no contexto do ensino de ciências, está presente em dois artigos: um deles investiga o ensino superior (“Análise de interações discursivas e ações verbais entre estudantes do nível superior de Química: um diálogo sobre a argumentação e a aprendizagem”), enquanto o outro focaliza alunos de um curso técnico integrado de nível médio (“Desenvolvimento da argumentação em uma sequência de ensino investigativa sobre termoeletrônica”). Diferentes recursos vêm sendo mobilizados para atrair o interesse dos jovens para a ciência, o que se mostra tão necessário na atualidade. Nesta edição, dois artigos recorrem a contextos que podem promover a motivação dos estudantes. O primeiro remete ao universo dos livros e filmes de *Harry Potter* (“Alquimia em Hogwarts: A Magia e o Ensino de Química”); o segundo, à elucidação de casos policiais (“Investigação Criminal e Química Forense: espaço não formal de aprendizagem investigativa”). As múltiplas possibilidades de exploração do potencial didático dos laboratórios estão representadas pelos artigos: “Abordagem teórico-experimental entre Química e Matemática utilizando práticas laboratoriais” e “O Diagrama Heurístico em atividades experimentais baseadas em problemas no Ensino Superior de Química”. Além deles, um terceiro artigo sugere relacionar a experimentação a aspectos da cultura afrobrasileira: “Química Experimental e a Lei 10.639/2003: a inserção da história e cultura africana e afro-brasileira no ensino de Química”. Também o uso de tecnologia na sala de aula pode gerar mais envolvimento das novas gerações, tão acostumadas aos dispositivos eletrônicos, como se apresenta no artigo “*Kahoot!* e *Socrative* como recursos para uma Aprendizagem Tecnológica Ativa gamificada no ensino de Química”. Para aqueles professores interessados em diferentes formas de promover uma participação mais ativa dos alunos nas aulas de Química, recomendamos a leitura de uma esclarecedora revisão de diversas abordagens no artigo “Problematização: possibilidades para o Ensino de Química”.

Desejamos que esta edição de *QNEsc* possa encontrar todos os seus leitores com saúde. Cuidem-se bem!

Paulo Alves Porto
Salette Linhares Queiroz
Editores de *QNEsc*



Abordagem teórico-experimental entre Química e Matemática utilizando práticas laboratoriais

Roger Borges e Kamila Colombo

Neste estudo foi desenvolvida uma abordagem teórico-experimental entre a Química e a Matemática, formando um conhecimento conjunto. Para isso utilizou-se da experimentação como ferramenta metodológica, em que foram desenvolvidas duas práticas de laboratório sobre reações ácido-base e combustão. Os experimentos possibilitaram o envolvimento de tratamentos matemáticos relacionados ao estudo da equação da reta a partir do uso de determinantes e do cálculo do coeficiente angular. Além disso, os materiais envolvidos nos experimentos estão inseridos ou relacionados ao cotidiano, o que torna o aprendizado mais interessante. Isso propiciou uma interação efetiva entre as duas disciplinas, servindo de base para estudos em sala ou ainda tratando de outros conceitos tanto de Química como de Matemática.

► abordagem teórico-experimental, química, matemática ◀

Recebido em 21/09/2018, aceito em 24/05/2019

A Química e a Matemática são disciplinas básicas que compõem o currículo do Ensino Médio e de muitos cursos de graduação. Os educadores envolvidos nessas ciências frequentemente se deparam com certa aversão ao aprendizado por parte dos estudantes, que as julgam como impossíveis de compreensão ou desinteressantes. O ensino de Química e Matemática muitas vezes está distante das atividades cotidianas e a utilização de métodos alternativos, tais como experimentos em laboratório, aparecem como uma alternativa para minimizar esses problemas.

A abordagem teórico-prática destas disciplinas influencia no melhor aproveitamento e desempenho dos estudantes, principalmente quanto ao aprendizado (Oliveira e Silva, 2017). Os desafios e tendências para esse tipo de abordagem residem no desenvolvimento de uma problemática inter e multidisciplinar (Silva e Tavares, 2005; Branquinho e Felzenszwalb, 2007), promovendo uma maior interação

A experimentação é fundamental para construir um conhecimento científico, testando hipóteses entre variáveis independentes e variáveis dependentes, e é indicada por alunos e professores como uma importante ferramenta no processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos das disciplinas.

professor – aluno. Uma informação apresentada de maneira isolada em uma explanação do professor não desperta muito interesse, porém essa informação pode ser explorada em uma atividade prática gerando questionamentos e a busca para solucioná-los (Paraná, 2014). O que certamente não mini-

miza a importância da teoria que deve estar constantemente vinculada à experimentação (Moraes *et al.*, 2008; Silva e Machado, 2008).

A experimentação é fundamental para construir um conhecimento científico, testando hipóteses entre variáveis independentes e variáveis dependentes, e é indicada por alunos e professores como uma importante ferramenta no processo

de ensino e aprendizagem dos conteúdos das disciplinas. Isso é observado tanto no ensino básico quanto em aulas de cursos de graduação (Giordan, 1999; Lisboa, 2015; Gonçalves e Marques, 2016; Ibrahim *et al.*, 2014).

Todavia, a utilização da experimentação sem qualquer análise teórica normalmente não irá conduzir ao bom aproveitamento da atividade. Isso pode ocorrer anteriormente ou posteriormente ao desenvolvimento do experimento, o que se encaixa na classificação ilustrativa e investigativa,

A seção "Espaço Aberto" visa abordar questões sobre Educação, de um modo geral, que sejam de interesse dos professores de Química.

respectivamente. Para aumentar as possibilidades de sucesso é importante se trabalhar com a experimentação dentro de contextos reais, ou seja, observáveis facilmente em situações cotidianas, o que inicialmente enfatiza o próprio conhecimento prévio dos alunos com a subsequente comparação e aprimoramento do conhecido estudado (Francisco Jr. *et al.*, 2008; Silva *et al.*, 2015; American Chemical Society, 2012; Santos, 2007). Ou seja, um dos papéis da experimentação é modificar a concepção de que a Química é algo exclusivamente encerrado em laboratórios de pesquisa (Guimarães, 2009; Andrade e Viana, 2017). Grande parte da população leiga desconhece, por exemplo, que no corpo humano ocorre uma infinidade de reações químicas, tais como reações de neutralização entre ácidos e bases, como ao se ingerir certos medicamentos para acidez estomacal, ou até mesmo na ingestão de determinados alimentos naturalmente básicos quando há excesso de acidez no estômago (Pastre *et al.*, 2012; Gonsalves *et al.*, 2013; Lima *et al.*, 1995).

A matemática também está presente no dia a dia, e é fácil observar o uso de ferramentas, como as matrizes, sendo uma das formas de representar tabelas. A resolução do monitor de um computador (por exemplo: 600 x 800) nada mais é do que uma matriz de pixels, com 600 linhas por 800 colunas. Em Química Analítica o uso de equações é fundamental para determinação e quantificação de compostos e espécies químicas. Como reportado por Boldrini *et al.* (1980), o uso de equações aparece como uma ferramenta para a resolução de muitos problemas na área de Química. Assim, é de extrema importância o desenvolvimento de estudos conjuntos entre essas duas áreas do conhecimento, buscando um maior significado para o processo ensino e aprendizagem dos estudantes (Freire, 2007; Gorri e Filho, 2009; Skora e Santos, 2011).

Dessa maneira, a realização de estudos que incluam a experimentação entre a Química e a Matemática se torna atrativa, uma vez que a formação intelectual do indivíduo se dá de maneira mais efetiva do que quando essas duas disciplinas são estudadas isoladamente (Maranhão, 2015). Isso concorda diretamente com as orientações encontradas nos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (Brasil, 2002a) e PCN+ (Brasil, 2002b), documentos oficiais que norteiam a formação cidadã do indivíduo, diminuindo a fragmentação do ensino por meio da contextualização e interdisciplinaridade.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver duas práticas laboratoriais utilizando materiais de baixo custo e que estejam presentes no cotidiano dos estudantes, buscando promover o instinto investigativo. As práticas escolhidas no presente estudo envolvem conceitos de neutralização entre um ácido e uma base e reações de combustão, abordados no 1º e 2º anos do Ensino Médio, respectivamente. É importante salientar que o ferramental matemático foi utilizado para o tratamento dos dados, possibilitando o

estudo de equações de primeiro grau por diferentes métodos. No presente trabalho foram utilizados o método dos determinantes e por trigonometria para obter a equação da reta, que são conteúdos trabalhados a partir do Ensino Fundamental e aprofundados no 1º ano do Ensino Médio.

A metodologia proposta foi utilizada durante as aulas de Química e Matemática dos 1º e 2º anos do Ensino Médio Técnico do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC) – campus São Miguel do Oeste. Ao todo, 120 alunos participaram das atividades, e foram orientados a desenvolver um relatório da aula prática (Apêndice I), do qual constavam alguns questionamentos interdisciplinares que deveriam ser respondidos. A atividade fez parte do cálculo da nota do semestre. Os dados utilizados para demonstrar a abordagem metodológica foram baseados nos dados obtidos pelos alunos.

2. Metodologia

A metodologia será apresentada de acordo com cada um dos focos do presente trabalho de pesquisa.

2.1. Metodologia para abordagem teórico-experimental - Prática “Sopro Mágico”

A prática conhecida como “Sopro Mágico” envolve um conceito em Química que é muito utilizado em práticas laboratoriais de ensino e até mesmo na indústria. O fenômeno químico envolvido nessa prática está inserido na área da Química Analítica, especificamente com reações ácido-base.

2.1.1. Preparação das reações

Primeiramente foram preparadas 5 soluções de volumes idênticos, mas com diferentes quantidades de uma base (1 a 5 gotas, respectivamente). No presente estudo utilizou-se o Leite de Magnésia comercial, que é comumente utilizado para alívio da acidez estomacal. Cada 15 mL desse produto é constituído por 1,200 mg de hidróxido de magnésio ($Mg(OH)_2$), uma base fraca; e também hipoclorito de sódio e água purificada como excipientes, formando uma suspensão. Em seguida foi adicionado o indicador ácido-base (3 a 5 gotas) a fim de identificar o ponto final da reação de neutralização. O indicador utilizado foi a Fenolftaleína ($C_{20}H_{16}O_4$), que na presença de base adquire cor avermelhada. Para neutralização dessa base utilizou-se o ácido carbônico, que foi formado a partir do borbulhamento de gás carbônico (CO_2) em água (Ferreira *et al.*, 2008), sendo este último resultante de trocas gasosas da respiração dos seres vivos aeróbicos. Com o auxílio de um canudo plástico, os alunos puderam borbulhar o gás carbônico na solução contendo $Mg(OH)_2$, neutralizando a base presente e então observar a mudança de cor da solução de rosa para branco translúcido. Para essa etapa da prática é importante medir o tempo decorrido do início do borbulhamento até o final da reação.

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver duas práticas laboratoriais utilizando materiais de baixo custo e que estejam presentes no cotidiano dos estudantes, buscando promover o instinto investigativo.

Dessa maneira, a neutralização forma como produto a água, restando no meio um sal dissolvido caracterizado pela presença de um cátion proveniente da base e um ânion proveniente do ácido.

Segundo a teoria de Arrhenius, um ácido libera como único cátion íons hidrogênio em meio aquoso (H^+ (aq)), enquanto que uma base libera como único ânion íons hidroxila ($OH^-(aq)$), ou seja, a solução resultante é uma mistura de dois cátions, sendo um deles o H^+ do ácido, e dois ânions, sendo um deles o OH^- da base; os íons H^+ e OH^- neutralizam-se, formando água (H_2O) (Arrhenius, 1887), e os outros íons podem permanecer livres na solução, ou seja, na forma iônica, ou formarem sais poucos solúveis, precipitando de acordo com o produto de solubilidade (Kps); em cada caso particular, a precipitação do sal dependerá diretamente da concentração dos íons em solução. Na reação de formação de água os coeficientes estequiométricos são de 1:1, ou seja, para cada íon H^+ que é inserido no meio é necessário um íon OH^- para neutralizá-lo, e vice-versa (Figueira e Rocha, 2011).

É nesse sentido que os dados obtidos experimentalmente são passíveis de tratamento matemático. Através dos dados obtidos do número de gotas de $Mg(OH)_2$ (relativo à concentração de OH^-) em função do tempo de borbulhamento (relativo à concentração de H^+), pode-se construir um gráfico e obter a equação representativa de uma reta, com o uso de determinantes. Os estudos em geometria analítica demonstram que uma reta possui representação geométrica no plano cartesiano e pode ser representada por uma equação. Euclides, em seus teoremas e postulados, fundamenta que uma reta passa por infinitos pontos e que por dois pontos passa somente uma única reta (Boldrini *et al.*, 1980). Partindo desse princípio pode-se estabelecer que, em uma reta, os pontos são colineares. Dada uma reta, pode-se obter sua equação geral partindo da definição de localização de dois pontos pertencentes à reta r : ponto A de coordenadas (x_1, y_1) , ponto B de coordenadas (x_2, y_2) e um ponto Q (x, y) . A partir da seguinte matriz na definição da equação geral da reta, é possível escolher arbitrariamente dois pontos que passam pela reta do experimento referido e, através destes pontos, montar uma matriz como apresentado pela Figura 1.

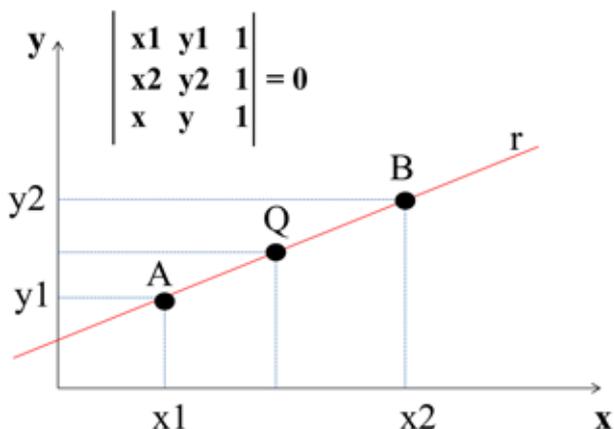


Figura 1: Exemplo demonstrativo de pontos de uma reta em um gráfico e sua representação na forma de matriz.

O cálculo do determinante de 3ª ordem pode ser feito por meio de um dispositivo prático, denominado *regra de Sarrus*. Primeiramente, repetem-se as duas primeiras colunas ao lado da terceira. Após isso se encontra a soma do produto dos elementos da *diagonal principal* com os dois produtos obtidos pela multiplicação dos elementos das paralelas a essa diagonal (a soma deve ser precedida do sinal positivo). Encontra-se a soma do produto dos elementos da *diagonal secundária* com os dois produtos obtidos pela multiplicação dos elementos das paralelas a essa diagonal (a soma deve ser precedida do sinal negativo). A Figura 2 apresenta de maneira esquemática a utilização de determinantes para a obtenção da equação da reta.

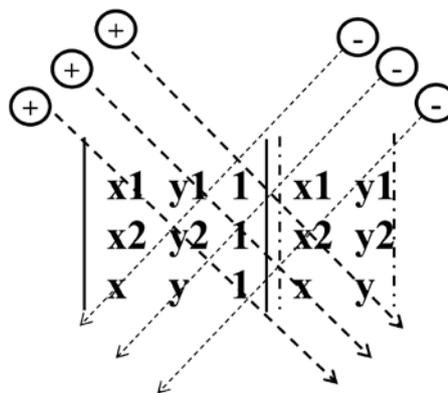


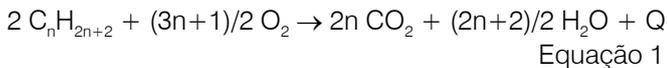
Figura 2: Exemplo esquemático da utilização de determinante para obtenção da equação da reta.

2.2. Metodologia para abordagem teórico-experimental - Prática "Combustão da Vela"

Outra prática de ensino bastante empregada para o estudo das reações de Combustão é a *Combustão da Vela*, que estabelece relação entre o conteúdo de oxigênio em um ambiente finito e a queima da parafina da vela (Equação 1, considerando combustão completa). Contudo, é importante ressaltar que a sua adequação para o objetivo deste trabalho fornece uma relação de proporcionalidade da quantidade de oxigênio em ambientes finitos de volumes diferentes, uma vez que a quantidade absoluta de oxigênio da atmosfera fornece dados equivocados considerando unicamente este método (Braathen, 2000; Galiuzzi *et al.*, 2005; Birk e Lawson, 1999). Este tipo de reação é, evidentemente, bastante utilizada para a produção de energia.

Como descrito na prática anterior, todos os materiais utilizados são simples e do cotidiano dos estudantes, tais como: o gás oxigênio da atmosfera terrestre e a parafina da vela (mistura de hidrocarbonetos; fórmula geral = C_nH_{2n+2} , $n > 20$). Ao acender a vela, a parafina que está impregnada e próxima ao pavio derrete, e é transportada para cima do pavio por absorção. Próxima à chama, o calor vaporiza a parafina, que é então queimada consumindo o oxigênio do ar de acordo com a equação genérica de combustão completa de hidrocarbonetos a seguir (Equação 1). No processo de vaporização da parafina o pavio que está exposto à chama é refrigerado e com isso não queima.

De modo geral, os elementos combustíveis mais utilizados são os hidrocarbonetos, tais como a gasolina e gás butano, ou ainda os compostos do grupo funcional álcool, tais como o metanol e o etanol.



O comburente é o elemento necessário que permite que a reação ocorra e se mantenha. O exemplo mais comum dessa classe é o gás oxigênio, um dos componentes principais do ar atmosférico da Terra, representando 21% da composição total do ar (Dias, 2007). Em uma equação química idealizada da combustão completa de hidrocarbonetos, temos como produtos a água (H₂O), o gás carbônico (CO₂) e calor (Q).

No caso desta prática, a vela acesa é encerrada dentro de um dado recipiente de volume conhecido (podendo ser um material reciclável e resistente ao fogo, por exemplo, um vidro de café), onde permanecerá acesa enquanto houver as condições necessárias para que a combustão ocorra. Ou seja, da mesma forma como observado no experimento anterior, os dados aqui obtidos são passíveis de tratamento matemático, ao se relacionar o volume do recipiente com o tempo de combustão. Porém, neste experimento aborda-se a determinação da equação da reta por meio do coeficiente angular.

A reta é um conjunto de pontos que seguem a mesma direção. Para encontrar esta equação representativa dos pontos considera-se que a reta faça um ângulo α (em graus) com o eixo x (abscissa) e que passa pelo ponto $P_0(x_0, y_0)$ (Figura 3). Denota-se $m = \text{tg } \alpha$, que é conhecida como a inclinação da reta. Seja (x, y) qualquer ponto da reta. Aplicando-se a trigonometria pode-se obter facilmente:

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0} \quad \text{Equação 2}$$

$$y = y_0 + m(x - x_0) \quad \text{Equação 3}$$

Portanto, a equação da reta que passa pelo ponto $P_0(x_0, y_0)$ e tem uma inclinação m é dada por:

$$m = \text{tg } \alpha = \frac{PA}{P_0A} = \frac{y - y_0}{x - x_0} \quad \text{Equação 4}$$

ou seja,

$$y = mx + b \quad \text{Equação 5}$$

onde $m = \text{tg } \alpha$ e $b = -mx_0 + y_0$ é uma constante.

A Figura 3 apresenta, de forma ilustrativa, uma reta r no plano xy passando pelos pontos P_0 e P , utilizada para a determinação do coeficiente angular m e do coeficiente linear, b .

3. Resultados e Discussões

3.1. Resultados da abordagem teórico-experimental - Prática "Sopro Mágico"

A Figura 4 mostra dados baseados nas observações dos

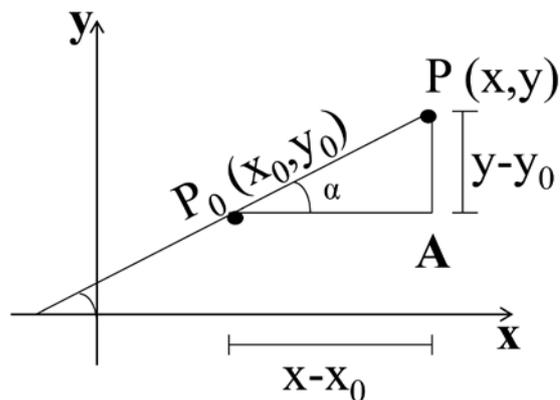


Figura 3: Desenho esquemático utilizado para a determinação da equação da reta.

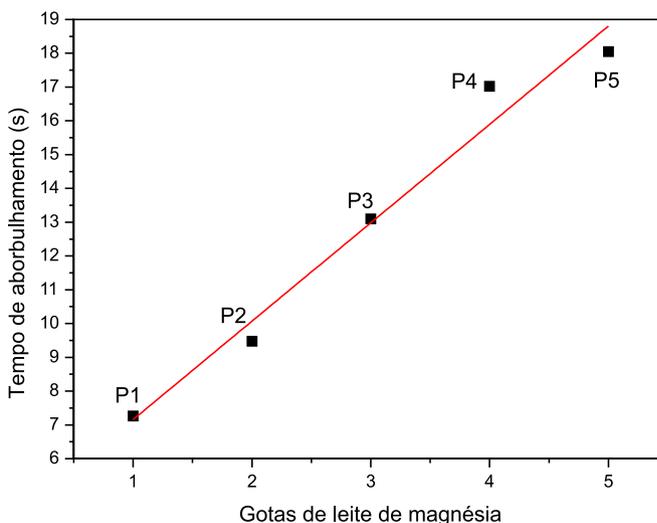


Figura 4: Relação entre o tempo de borbulhamento em função do número de gotas de leite magnésia.

alunos que desenvolveram esta prática, na qual se variou a quantidade de gotas da suspensão contendo hidróxido de magnésio e mediu-se o tempo de borbulhamento (sopro), que está atrelado à quantidade de gás carbônico que é borbulhada na solução de volume constante. O gás carbônico em solução se transforma em ácido carbônico que é um ácido que apresenta dois hidrogênios ionizáveis ($2H^+$), então este ácido reage com a base presente na solução, o hidróxido de magnésio, que apresenta duas hidroxilas dissociáveis ($2OH^-$), caracterizando assim uma reação de neutralização ácido-base, em que o cátion da base e o ânion do ácido permanecem dissolvidos, e há formação de 2 moléculas de água. Para cada mol de água formado são necessários 1 mol de H^+ e 1 mol de OH^- , logo, a proporção estequiométrica da reação de neutralização entre ácido carbônico e hidróxido de magnésio é de 1:1.

A Figura 4 mostra que, à medida que se aumenta o número de gotas da suspensão contendo hidróxido de magnésio, o tempo de borbulhamento também aumenta, e este efeito é relativo à relação das concentrações dos reagentes. Em uma reação de neutralização, quanto mais concentrado for um dos reagentes mais se precisará da outra espécie para neutralizá-lo. Neste caso, para o recipiente contendo cinco gotas da suspensão de hidróxido de magnésio foi necessária

uma quantidade maior do ácido carbônico do que para o recipiente contendo apenas uma gota da suspensão de hidróxido de magnésio, ou seja, mais tempo de borbulhamento.

Com a construção do gráfico é possível estabelecer a conexão com a disciplina de Matemática, sendo preciso definir a variável independente e a variável dependente, como traçar os pontos, etc. No entanto, o objetivo principal do trabalho do ponto de vista matemático foi a obtenção da equação da reta através do gráfico plotado escolhendo-se dois pontos arbitrariamente. Para este caso escolheu-se os pontos: P1 (1; 7,26) e P3 (3; 13). Com esses dois pontos elaborou-se uma matriz de ordem 3 para posterior aplicação do determinante (Figura 5).

$$\begin{vmatrix} x & y & 1 \\ 1 & 7,26 & 1 \\ 3 & 13 & 1 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} x & y \\ 1 & 7,26 \\ 3 & 13 \end{vmatrix}$$

Figura 5: Matriz obtida a partir dos pontos P1 e P3 dos experimentos.

Resolvendo o determinante de acordo com a metodologia apresentada tem-se:

$$7,26x + 3y + 13 - y - 13x - 21,78 = 0 \quad \text{Equação 6}$$

$$y = 2,87x + 4,39 \quad \text{Equação 7}$$

Com o uso do software Origin[®] foi possível fazer um ajuste gráfico, obtendo os seguintes parâmetros: $y = 2,91x + 4,24$ com um coeficiente de determinação (R^2) de 0,9661. Ressalta-se que o mesmo ajuste é possível de ser realizado em outros softwares, como o Excel[®], ou até mesmo no LibreOffice Calc[®], que é um software livre.

O R^2 representa a percentagem de variação em uma determinada resposta, o que é atribuído ao modelo em vez de erros aleatórios. Um modelo bem ajustado não deve possuir um valor R^2 inferior a 0,90. Quando R^2 é próximo do valor 1 isto significa que o modelo empírico é adequado para os dados obtidos (Santos *et al.*, 2013).

Com a equação obtida pelo método dos determinantes é possível observar a confiabilidade do resultado obtido. Para realização desse método em sala de aula, os estudantes poderiam construir o gráfico em um papel milimetrado e obter uma equação representativa com uma confiabilidade similar ao método computacional. Outra análise que poderia ser desenvolvida é quanto ao conteúdo envolvendo erros em um experimento químico e aos tratamentos estatísticos básicos para identificar os erros e a confiabilidade das observações, por exemplo, se o mesmo aluno repetisse o mesmo experimento três ou mais vezes, ou se três alunos diferentes fizessem o mesmo experimento com as mesmas condições para a suspensão de hidróxido de magnésio, poderiam ser feitas verificações com relação à média, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, etc.

Com a equação obtida, é possível extrapolar os resultados para quaisquer quantidades de gotas de leite de magnésia. Na prática, não seria possível utilizar, por exemplo, uma gota e meia de leite de magnésia e obter o tempo de borbulhamento.

3.2 Resultados da abordagem teórico-experimental - Prática "Combustão da Vela"

A Tabela 1 mostra os resultados baseados nos dados obtidos com o desenvolvimento dessa prática com alunos do Ensino Médio. Nessa situação, o volume do copo ou recipiente foi variado, e então foi medido o tempo em que a vela permanecia acesa. Um detalhe interessante é que, para este experimento, foram utilizados béqueres graduados; no entanto, a graduação descrita não corresponde ao volume total do recipiente, visto que geralmente a graduação não se estende até os limites da borda do béquer. Desse modo, mesmo antes de realizar o experimento, foi possível vincular a disciplina de Matemática, utilizando-se da equação de volume de um cilindro para calcular o volume aproximado de cada béquer.

$$V = \pi r^2 h \quad \text{Equação 8}$$

sendo: V = volume (cm³); $\pi = 3,14$; r = raio (cm); h = altura (cm).

Tabela 1: Relação de dados para a prática "Combustão da Vela".

Volume graduado (cm ³)	Volume real do béquer (cm ³)	Tempo (s)	Volume da vela (cm ³)
25,000	33,770	0,810	2,31
100,00	143,30	3,46	2,31
250,00	295,87	7,30	2,31
400,00	446,35	10,4	2,31
500,00	726,13	16,8	2,31

Na relação gráfica entre o volume real do béquer com o tempo que a vela permanece acesa, e desprezando a variável constante da Tabela 1, que neste caso é o volume da vela, pode-se identificar um aumento proporcional para os valores de tempo em função do volume do recipiente (Figura 6). Ao analisar a equação química envolvida nesta prática, percebe-se que o oxigênio presente no ar é um componente fundamental para que a reação ocorra.

Percebe-se ainda que, à medida que a reação ocorre, os reagentes são consumidos no processo de combustão, portanto, o tempo estimado de reação, que equivale ao tempo em que a vela permanece acesa, será regido pela quantidade de vela (hidrocarbonetos) que queima e de oxigênio. No caso dessa prática, a quantidade de hidrocarbonetos é relativamente alta, se considerarmos que a vela está encerrada em um recipiente de volume conhecido, portanto, a reação será limitada pela quantidade relativa de oxigênio consumido presente em cada um dos volumes estudados. Essa prática é extremamente eficiente na verificação de proporções de oxigênio entre recipientes de volumes diferentes, no entanto,

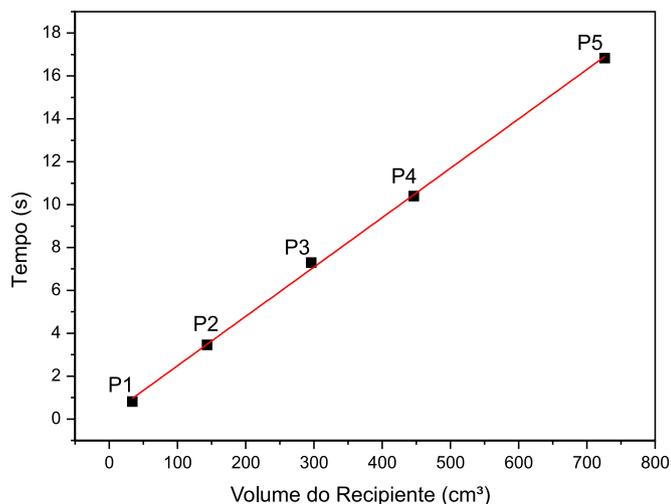


Figura 6: Relação entre o tempo em que a vela fica acesa em função do volume do recipiente.

a determinação quantitativa e absoluta de oxigênio do ar necessita de técnicas mais elaboradas.

Assim como discutido para a prática “Sopro Mágico”, aqui novamente há a inserção da disciplina de Matemática, em que, com a combinação dos valores para tempo em que a vela ficou acesa e volume do recipiente, foi possível gerar um gráfico onde os pontos e o ajuste linear têm a inclinação positiva (Figura 6). Isso indica que, na medida em que os valores para o volume do recipiente aumentam, os valores de tempo também aumentam.

Para esse caso, o método utilizado para obtenção da equação da reta foi por meio do coeficiente angular. Para isso escolhem-se dois pontos arbitrários P1 (33,77; 0,81) e P4 (446,35; 10,4) e, a partir da metodologia descrita, obtém-se o coeficiente angular da reta por trigonometria:

$$m = \frac{y - y_0}{x - x_0} \quad \text{Equação 9}$$

$$m = \frac{10,4 - 0,81}{446,35 - 33,77}$$

$$m = 0,023$$

Com o coeficiente angular, é possível obter a equação da reta:

$$y = y_0 + m(x - x_0) \quad \text{Equação 10}$$

$$y = 10,4 + 0,023(x - 446,35)$$

$$y = 0,023x + 0,133$$

A regressão linear pelo método computacional forneceu a seguinte equação da reta para este experimento: $y = 0,023x + 0,179$, com um R^2 de 0,998, o que mostra a efetividade dos experimentos e da equação obtida.

A equação da reta é uma importante relação matemática que possibilita a confirmação da participação dos pontos na reta, ou seja, a partir dos valores representados em x é possível verificar se os representados em y correspondem aos dados da Tabela 1 para os valores de tempo que fazem

referência ao eixo Y da Figura 6. Utilizando-se desta ferramenta foram calculados novos valores a partir da equação da reta (Tabela 2).

Tabela 2: Valores de volume do recipiente e tempo, calculados a partir da equação da reta.

Volume do recipiente (cm³)	Tempo (s)
27,17	0,96
142,39	3,48
309,35	6,99
723,69	16,89

Ao comparar os pontos da reta com os observados, para todos os valores verificou-se que apresentam variações. Isso ocorre porque a reta ajustada é resultado de um cálculo estatístico que fornece o comportamento médio do experimento, ou seja, dentre todos os pontos, a reta ajustada é formada de maneira a se aproximar do valor real de todos os pontos. Isso permite que a equação desta reta possa ser utilizada para outros cálculos referentes ao experimento.

É possível, nesta prática também, trabalhar com o conceito de grandeza constante. O volume da vela permanece o mesmo em todos os experimentos, e desta forma pode-se construir um gráfico do tempo que a vela permanece acesa em função do volume da vela (Figura 7A) e do volume do recipiente em função do volume da vela (Figura 7B).

Se uma reta for horizontal, então sua inclinação é nula; conseqüentemente, seu coeficiente angular é zero, pois $\text{tg}(0) = 0$. Nesse caso, a equação da reta se reduz a $y = b$. Genericamente falando, toda equação da forma $y = \text{constante}$ é equação de uma reta horizontal. Logo, $y = 2,31$ para os dois casos.

Os experimentos realizados permitem, por exemplo, o estudo da equação da reta no caso da proposta do estudo no 1º ano do Ensino Médio, além da possibilidade de uma diversidade de tratamentos estatísticos extremamente importantes em experimentos químicos de modo geral, ou ainda a obtenção de equações de segundo e terceiro grau num enfoque para cursos de graduação. Verifica-se a eficácia no estudo conjunto com a Matemática, sendo os conteúdos listados estudados pelos alunos no contexto dessas disciplinas.

Considerações finais

Neste trabalho foi desenvolvido um estudo teórico-experimental entre a Química e a Matemática. De modo geral, grande parte dos alunos apresenta dificuldades de aprendizado, ou mesmo aversão, a essas duas ciências. Com isso, o objetivo principal deste estudo foi colocar o aluno em contato com fenômenos químicos, que a partir de tratamentos matemáticos possam estabelecer uma ligação entre os conteúdos curriculares de Química e Matemática de maneira conjunta, ressaltando o intuito investigativo dos alunos por meio da experimentação. E ainda, aplicado a

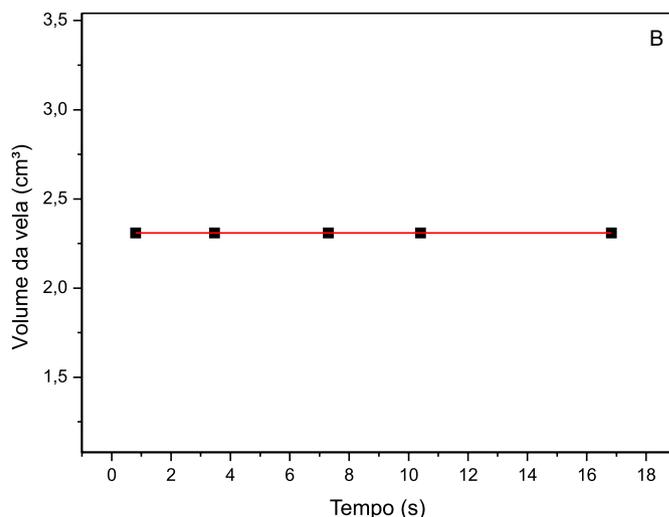
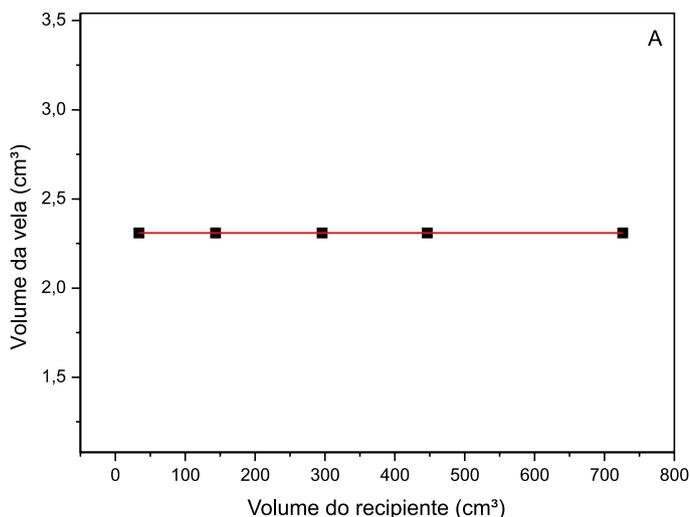


Figura 7: Relação entre volume da vela em função do volume do recipiente e tempo.

situações mais próximas da realidade, facilitando a visualização do estudo, ou seja, indo além de situações idealizadas e puramente imaginativas.

Outro ponto de importância desse estudo reside na necessidade de se produzir metodologias experimentais que possuam bases teóricas, para que os alunos consigam vincular o conteúdo teórico com atividades experimentais que possibilitem o aprimoramento crítico do seu próprio conhecimento prévio, facilitando assim o aprendizado e colocando o ensino como uma atividade apreciável. O estudo

de fenômenos do cotidiano tem grande potencial para ser utilizado como base de uma pesquisa, isso porque o cotidiano é uma forma eficiente de buscar a curiosidade e o desejo de investigação dos alunos, e a partir de então é possível aprofundar os conhecimentos e verificações experimentais, visto que a Ciência como um todo não se limita apenas aos fenômenos rotineiros, mas sim um vasto universo possível de ser explorado. As ferramentas matemáticas utilizadas também facilitam o aprendizado, uma vez que estabelecem

ligações concretas entre os conceitos estudados na teoria e as observações experimentais entre duas ciências, que conjuntamente formam uma explicação para o que se observa na prática.

Assim sendo, é possível realizar ações que possibilitaram o estudo adjacente entre as áreas de Matemática e Química, seja abordando os conteúdos durante o ano letivo, que foi o caso deste estudo, ou mesmo uma proposta futura, por meio de oficinas pedagógicas no ensino público e eventos científicos de educação, através de atividades de laboratório de Química e análise matemática dos dados obtidos.

Outro ponto de importância desse estudo reside na necessidade de se produzir metodologias experimentais que possuam bases teóricas, para que os alunos consigam vincular o conteúdo teórico com atividades experimentais que possibilitem o aprimoramento crítico do seu próprio conhecimento prévio, facilitando assim o aprendizado e colocando o ensino como uma atividade apreciável.

Roger Borges (Iroger.borges@gmail.com), licenciado e bacharel em Química pela UTFPR, mestre em Química Inorgânica pela UFPR, doutor em Química Inorgânica pela UFPR e em Química de Materiais pela Université Clermont-Auvergne (UCA). Atualmente é professor de Química do Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, São Miguel do Oeste, SC – BR. **Kamila Colombo** (kamicolombo@gmail.com), graduada em Engenharia Química FURB, mestre em Engenharia Química pela FURB, doutora em Engenharia e Ciências dos Materiais pela UFPR, e atualmente é professora de Engenharia Química da Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR, Curitiba, PR – BR.

Referências

AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, *ACS Guidelines and Recommendations for the Teaching of High School Chemistry*. Washington DC: American Chemical Society, 2012.

ANDRADE, R.S.; VIANA, K.S.L. Atividades experimentais no ensino da química: distanciamentos e aproximações da avaliação de quarta geração. *Ciência e Educação*, v. 23, n. 2, p. 507-522, 2017.

ARRHENIUS, S. Über die Dissociation der in Wasser gelösten Stoffe. *Zeitschrift für Physikalische Chemie*, n. 1, p. 631-648, 1887.

BIRK, J.P.; LAWSON, A.E. The persistence of the candle and cylinder misconception. *Journal of Chemical Education*, v. 76, p. 914-915, 1999.

BOLDRINI, J. L.; COSTA, S. R.; FIGUEIREDO, V. L.; WETZLER, H. G. *Álgebra Linear*. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Habra, 1980.

BRAATHEN, P.C. Desfazendo o mito da combustão da vela para medir teor de oxigênio do ar. *Química Nova na Escola*, n. 12, p. 43-45, 2000.

BRANQUINHO, F.; FELZENSZWALB, I. *Meio ambiente: experiências em pesquisa multidisciplinar e formação de pesquisadores*. Rio de Janeiro: Mauad X/FAPERJ, 2007.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN + Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002.

DIAS, A.A.C. A atmosfera terrestre: composição e estrutura. *Caderno de Física da UEFS*, n. 1 e 2, p. 21-40, 2007.

FERREIRA, L.H.; HARTWIG, D.R.; OLIVEIRA, R.C. Variação de pH em água mineral gaseificada. *Química Nova na Escola*, n. 30, p. 70-72, 2008.

FIGUEIRA, A.C.; ROCHA, J.B.T. Investigando as concepções dos estudantes do ensino fundamental ao superior sobre ácidos e bases. *Revista Ciências e Ideias*, v. 3, n. 1, p. 1-21, 2011.

FRANCISCO JR., W.E.; FERREIRA, L.H.; HARTWIG, D.R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 30, p. 34-41, 2008.

FREIRE, L. I. F. *Pensamento crítico, enfoque educacional CTS e o Ensino de Química*. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

GALIAZZI, M.C.; GONÇALVES, F.P.; SEYFFERT, B.H.; HENNIG, E.L.; HERNANDES, J.C. Uma sugestão de atividade experimental: a vela em questão. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 25-28, 2005.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 43-49, 1999.

GOI, M. E. J.; SANTOS, F. M. T. Reações de Combustão e Impacto Ambiental por meio de Resolução de Problemas e Atividades Experimentais. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 203-209, 2009.

GONÇALVES, F.P.; MARQUES, C.A. A experimentação na docência de formadores da área de ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 38, n. 1, p. 84-98, 2016.

GONSALVES, A.A.; ARAÚJO, C.R.M.; FILHO, C.A.L.; MEDEIROS, F.S. Contextualizando reações ácido-base de acordo com a teoria protônica de Brønsted-Lowry usando comprimidos de propranolol e nimesulida. *Química Nova*, v. 36, n. 8, p. 1236-1241, 2013.

GORRI, A.P.; SANTIN FILHO, O. Representação de temas científicos em pintura do século XVIII: um estudo interdisciplinar entre química, história e arte. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 184-189, 2009.

GUIMARÃES, C.C. Experimentação no ensino de química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 3, p. 198-202, 2009.

IBRAHIM, N.H.; SURIF, J.; HUI, K.P.; YAAKUB, S.

“Typical” teaching method applied in chemistry experiment. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 116, p. 4946-4954, 2014.

LIMA, V.A.; BATTAGLIA, M.; GUARACHO, A.; INFANTE, A. Demonstração do efeito tampão de comprimidos efervescentes com extrato de repolho roxo. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 33-34, 1995.

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

MARANHÃO, R.B. *O laboratório de ciências da natureza: uma proposta interdisciplinar para professores de matemática do 2º ano do ensino médio*. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

MORAES, R. *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

OLIVEIRA, G.A.; SILVA, F.C. Cromatografia em papel: reflexão sobre uma atividade experimental para discussão do conceito de polaridade. *Química Nova na Escola*, v. 39, n.2, p. 162-169, 2017.

PARANÁ, Secretaria de Estado da Educação. *Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE*. Curitiba: SEED, 2014.

PASTRE, I.A.; PLICAS, L.M.A.; TIERA, V.A.O. Reações ácido-base: conceito, representação e generalização a partir das energias envolvidas nas transformações. *Química Nova*, v. 35, n. 10, p. 2072-2075, 2012.

SANTOS, O.; MARUYAMA, S.; CLAUS, T.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J. V. A novel response surface methodology optimization of base-catalyzed soybean oil methanolysis. *Fuel*, v. 113, p. 580-585, 2013.

SANTOS, W.L.P. Contextualização no Ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência e Ensino*, v. 1, n. especial, 2007.

SILVA, I.B. e TAVARES, O.A.O. Uma pedagogia multidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinar para o ensino/aprendizagem da física. *Holos*, v. 21, p. 4-12, 2005.

SILVA, M.A.; MARTINS, E.S.; AMARAL, W.K.; SILVA, H.S.; MARTINES, E.A.L. Compostagem: experimentação problematizadora e recurso interdisciplinar no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 71-81, 2015.

SILVA, R. R.; MACHADO, P. F. L. Experimentação no ensino médio de Química: a necessária busca da consciência ético-ambiental no uso e descarte de produtos químicos – um estudo de caso. *Ciência e Educação*, v. 14, p. 233-249, 2008.

SKORA, A.; SANTOS, G. J. A integração do ensino de ciências e da matemática nos anos iniciais do ensino fundamental. *Ensino, Saúde e Ambiente*, v. 4, n. 3, p. 65-81, 2011.

Abstract: *Theoretical-experimental approach between Chemistry and Mathematics using laboratory practices.* In this study a theoretical-experimental approach was developed between Chemistry and Mathematics, forming a joint knowledge. For this, experimentation was used as a methodological tool, in which two laboratory practices were developed on acid-base and combustion reactions. The experiments allowed the involvement of mathematical treatments related to the study of the equation of the line from the use of determinants and the calculation of the angular coefficient. In addition, the materials involved in the experiments are inserted or related to everyday life, which makes learning more interesting. This provided an effective interaction between the two disciplines, serving as the basis for classroom studies or dealing with other concepts of both Chemistry and Mathematics.

Keywords: Theoretical-experimental approach, Chemistry, Mathematics.

Apêndice I

Questionário utilizado pelos alunos para desenvolvimento do relatório de aula prática.

Prática “Sopro Mágico”

a) Preencha os dados para a seguinte tabela:

Frasco	Número de gotas de leite magnésia	Tempo de sopro (s)

- b) Quais os compostos químicos presentes no leite de magnésia e no sopro? Quais as ligações químicas envolvidas neles?
c) O que acontece com o sopro quando é adicionado em uma solução contendo água?
d) Quais os reagentes e produtos de uma reação de titulação ácido-base? Identifique-os para o caso da prática.
e) Quais as aplicações do leite de magnésia e do composto presente no sopro no cotidiano e na indústria?
f) Escolha dois pontos da tabela inicial e elabore uma matriz de ordem 3. A terceira coluna da matriz deve ser completada com o número 1. Na última linha da matriz deve-se inserir X, Y e 1. Em seguida aplique o determinante para obter a equação da reta para estes dados. Faça também um gráfico em algum software da sua escolha e obtenha a partir deste software a equação da reta, então compare com a calculada pelo método do determinante.

Prática “Combustão da Vela”

a) Preencha os dados para a seguinte tabela:

Frasco	Altura do frasco (cm)	Diâmetro do frasco (cm)	Volume do frasco (cm ³)	Tempo que a vela permaneceu acesa (s)

- b) Quais os compostos químicos presentes no ar e na vela? Quais as ligações químicas envolvidas neles?
c) Quais os reagentes e produtos de uma reação de combustão? Quais as ligações químicas envolvidas em cada um deles? Identifique-os para o caso da prática.
d) Quais as aplicações da reação de combustão no cotidiano e na indústria?
e) Escolha dois pontos da tabela inicial, em seguida calcule a equação da reta por meio do coeficiente angular (trigonometria). Com o coeficiente angular obtido é possível achar a equação da reta utilizando qualquer ponto presente no gráfico (utilizando a fórmula da equação da reta). Faça também um gráfico em algum software da sua escolha e obtenha a partir deste software a equação da reta, então compare com a obtida pelo coeficiente angular. Calcule valores de volume do frasco e tempo a partir da equação da reta obtida pelo coeficiente angular.



Alquimia em Hogwarts: A Magia e o Ensino de Química

Bruno C. A. Costa, Jeane C. G. Rotta e Juliana E. Caixeta

Pesquisas indicam que textos literários como a série de livros *Harry Potter* podem ser uma estratégia didática para despertar o interesse dos estudantes do ensino fundamental pela Química. Este estudo teve como objetivo identificar os conteúdos relativos à Alquimia no livro *Harry Potter e a Pedra Filosofal* e utilizar o livro de divulgação científica *A Ciência de Harry Potter* para compreender cientificamente esses conteúdos. Os trechos identificados foram categorizados e, posteriormente, utilizando um capítulo do livro de divulgação científica, foram interpretados a partir de uma visão científica. A análise do livro mostrou que foi possível identificar e categorizar conteúdos sobre Alquimia e demonstrar que alguns fatos, que parecem incomuns e mágicos no livro analisado, podem ser explicados pela ciência. Assim, a partir de temas de interesse dos alunos, o professor pode fazer relações com a realidade e abordar conteúdos relativos à Química a partir da Alquimia.

► ensino de química, alquimia, texto literário ◀

Recebido em 14/04/2019, aceito em 07/09/2019

121

A série de livros *Harry Potter* conquistou pessoas de várias idades, principalmente crianças e adolescentes, despertou o gosto desse público pela leitura e a vontade de querer aprender cada vez mais sobre a realidade presente nessa série (Moura, 2010; Souza e Menequini, 2011). Em contrapartida, temos uma realidade bem distinta a esta, quando nos deparamos com o desinteresse dos estudantes pelo ensino de ciências e por profissões relacionadas às ciências (Fourez, 2003).

Nesse cenário, consideramos que um texto literário como o livro *Harry Potter e a Pedra Filosofal* (Rowling, 2000), que apresenta um contexto alquímico, pode ser uma estratégia didática para despertar o interesse dos estudantes do ensino fundamental pela Química. Assim, a utilização da saga, que é atrativa e motivadora, pode despertar o interesse dos alunos pela Química (Veiga *et al.*, 2011; Santana *et al.*, 2008).

Pesquisas têm demonstrado a possibilidade de série *Harry Potter* ser utilizada como recurso didático para explorar conceitos de Física, Engenharia, Química e Biologia

(Knobel, 2014; Nascimento e Neto, 2012; Santana, 2012; Veiga *et al.*, 2011). Moura (2010) também destaca que um

texto literário pode apresentar ao leitor uma realidade totalmente nova, com infinitas possibilidades de aprendizagem sem a necessidade de se prender à realidade concreta.

De acordo com uma publicação do jornal britânico *The Guardian*, dois artigos científicos publicados no *Journal for*

Interdisciplinary Science Topics tiveram como objetivo investigar as mágicas propostas por J. K. Rowling para *Harry Potter*. Um dos artigos investigou a viabilidade da *Poção Esquelece* consertar ossos que foram quebrados e o outro pesquisou se o *Guelricho*, uma planta que confere guelras a quem a consumir, poderia possibilitar respirar embaixo da água (Flood, 2016).

Highfield (2002) discute, em seu livro de divulgação científica *A ciência de Harry Potter*, as relações entre a Magia e a Ciência, e argumenta que muitos elementos aparentemente fantasiosos dos livros da série *Harry Potter*

[...] consideramos que um texto literário como o livro *Harry Potter e a Pedra Filosofal* (Rowling, 2000), que apresenta um contexto alquímico, pode ser uma estratégia didática para despertar o interesse dos estudantes do ensino fundamental pela Química.

podem ser explicados pela ciência moderna. Dessa forma, Highfield (2002) utiliza um tema de interesse do público (especialmente crianças e adolescentes) para divulgar o conhecimento científico.

Para Moura (2010, p. 44), um texto literário não se limita a descrever somente o real e possibilita o desenvolvimento da criatividade humana, bem como o “desenvolvimento linguístico, pessoal e social do ser humano”. Nesse sentido, uma literatura como *Harry Potter* pode ser algo mágico e encantador, capaz de conduzir a reflexão sobre vários temas – dentre eles, a Alquimia.

O tema Alquimia está presente em nosso cotidiano também em outros livros, como *O Código da Vinci* e *O Alquimista* (Santana, 2012). Chassot (1995, p.21) argumenta que em muitos momentos da humanidade a Alquimia esteve presente “nas discussões e questionamentos das pessoas”. Conhecendo a importância de um ensino de ciências que busque relações com o cotidiano do aluno e que possibilite aos mesmos pensarem, refletirem e questionarem sobre os fenômenos da Natureza, percebemos a importância de utilizar a Alquimia como um tema que possa estimular os estudantes ao aprendizado de Química (Nascimento e Neto, 2012; Santana *et al.*, 2008).

Acreditamos na importância de contextos de ensino que despertem o interesse dos estudantes do ensino fundamental para a aprendizagem da Química. Nesse sentido, este artigo tem como objetivo identificar os conteúdos relativos à Alquimia presentes no livro *Harry Potter e a Pedra Filosofal* e utilizar o livro de divulgação científica *A Ciência de Harry Potter* (Highfield, 2002) para compreender cientificamente esses conteúdos. Para Highfield, as mágicas são ponto de partida para discussões científicas, e os magos foram homens sábios antes de Newton.

Breve apresentação do livro *Harry Potter e a Pedra Filosofal*

Nesse primeiro livro que compõe uma coleção de sete volumes escritos por J. K. Rowling, foi apresentado o primeiro confronto de Lorde Voldemort com Harry Potter ainda bebê. Devido a capacidades extraordinárias para um bruxo, herdadas a partir do amor de sua mãe em protegê-lo, Harry derrota Lorde Voldemort. Segundo Souza e Menechini (2011), são raras as pessoas que não tenham conhecimento sobre o bruxo órfão, com uma cicatriz em formato de raio na testa que sobreviveu ao ataque de um bruxo das trevas, Lorde Voldemort. De acordo com a série, aos 11 anos Harry descobre ser um feiticeiro e embarca para a Escola de Magia e Bruxaria de Hogwarts, após receber uma carta. Paralelamente, Voldemort procura desesperadamente a Pedra Filosofal para obter sua mágica e ascender novamente à

vida, com o objetivo de espalhar as trevas por todo o mundo. Porém, acaba fracassando, graças a Harry e seus amigos Rony e Hermione.

Ao ler a série, seus leitores puderam acompanhar o crescimento dos personagens, o que estimulou muitos jovens a aprenderem outra língua, no caso o inglês, para não terem que esperar a tradução do livro, quando esse era lançado (Moura, 2010; Souza e Menechini, 2011).

Até então desconhecida, J. K. Rowling levou milhares de crianças e adolescentes a lerem livros extensos e sua história

não atraiu apenas este público, mas também adultos em todo o mundo. Mesmo tendo a fantasia em seu enredo, a obra literária *Harry Potter* aborda assuntos do mundo dos Trouxas (aqueles que não são Bruxos), ou melhor, do nosso mundo, como, por exemplo, preconceito, amizade e amor (Moura, 2010; Buchaul, 2009).

O amor, aliás, é uma temática recorrente na série, sendo uma poderosa forma de magia. “O sacrifício da mãe de Harry, que

entregou sua vida para salvá-lo, selou no garoto uma proteção forte, magia antiga” (Maranhão, 2011, p. 13). Esses temas acabam despertando e influenciando as pessoas a lerem a série (Buchaul, 2009).

Segundo Moura (2010), o livro faz referência a personagens históricos, literários, mitológicos, grão druidas, magos, alquimistas e poções consideradas reais em certas épocas:

Após a leitura de um livro, não deixamos de pensar sobre a experiência vivenciada, pois experimentamos uma narrativa de forma intensa. Transpomo-la para a realidade, possibilitando a reflexão, sugestão e tomada de novas ideias. Ideias estas a partir de temas presentes no livro, como, por exemplo, J. K. Rowling faz referência a personagens históricos e literários como o alquimista e hipotético inventor da pedra filosofal Nicolau Flamel (p. 31).

Nesse sentido, no livro *Harry Potter e a Pedra Filosofal* estão presentes inúmeros elementos da Alquimia, que podem ser utilizados em aulas introdutórias de Química no ensino fundamental ou no médio. Assim, esse livro pode despertar o interesse dos alunos pela Química (Veiga *et al.*, 2011; Santana *et al.*, 2008).

Alquimia e a Química

Os alquimistas tinham alguns objetivos, entre eles produzir a Pedra Filosofal capaz de transformar qualquer metal em ouro (a chamada transmutação) e o Elixir da Vida que permitiria a imortalidade (Nascimento e Neto, 2012). Strathern (2002) relata que processos químicos envolvidos

Acreditamos na importância de contextos de ensino que despertem o interesse dos estudantes do ensino fundamental para a aprendizagem da Química. Nesse sentido, este artigo tem como objetivo identificar os conteúdos relativos à Alquimia presentes no livro *Harry Potter e a Pedra Filosofal* e utilizar o livro de divulgação científica *A Ciência de Harry Potter* (Highfield, 2002) para compreender cientificamente esses conteúdos.

no embalsamamento dos mortos já eram conhecidos pelos egípcios e essa prática era conhecida como *khemeia*. De acordo com o autor, Zóximo de Panópolis foi um dos maiores alquimistas que viveu em Alexandria por volta de 300 a.C.

Para Carvalho e Silva (2008) e Chassot (1995) essas técnicas ritualísticas aliadas ao conhecimento de vários sábios, como o conhecimento de pajés de tribos na cura de doenças, deram origem à alquimia. Com isso, não podemos reduzir a alquimia somente às práticas realizadas na Idade Média e no Renascimento e Chassot (1995) discute que não é possível definir com exatidão a origem da Alquimia e da Química.

Strathern (2002) relata que as práticas alquímicas estavam presentes nas Américas do Sul e Central, na China e na Índia. De acordo com o autor, os árabes começaram a chamar a *khemeia* de *al-chemia*.

A Alquimia não seria a origem da Química (Chassot, 1995). No entanto, a mesma aparece, equivocadamente, em alguns livros didáticos como “precursora da Química”. Santana (2012, p. 31) destaca que “a Alquimia constituiu um corpo de conhecimento que não se caracteriza como uma Química antiga e arcaica.” Nesse sentido, a Química surge como uma nova Ciência para responder a questões referentes a uma nova visão de mundo que se apresentava naquele momento. Portanto, a autora discute que a Alquimia não evoluiu para Química, posto que o alquimista tinha uma relação com a Natureza baseada em “uma visão cosmológica, mágico-vitalista e qualitativa do mundo”, enquanto o químico tem um olhar “filosófico, mecanicista e quantitativo” (p. 32).

A divulgação científica e o ensino de ciências

As atividades de divulgação científica não são recentes e surgiram com a própria Ciência. No século XVIII, “algumas exposições e palestras, relacionadas à física, à química ou à medicina, eram itinerantes, percorrendo diversas cidades e, às vezes, diversos países” (Silva, 2006, p. 54). Naquele mesmo século, podemos encontrar diversos livros escritos por cientistas e destinados a um público não especializado.

Segundo Silva (2006), é difícil definir o que é divulgação científica. Apesar de não existir um consenso sobre essa definição, parece haver um consenso que divulgar a Ciência consiste na tentativa de traduzi-la para a sociedade, por meio da transformação da linguagem científica (Strack *et al.*, 2009; Marandino *et al.*, 2003).

O emprego de textos de divulgação científica é utilizado no Ensino de Ciências há alguns anos e para Martins, Nascimento e Abreu (2004) a contribuição dos textos de divulgação se centra na possibilidade de incorporação do saber científico, por meio de textos com linguagem mais acessível aos estudantes, o que tende a promover o interesse pela leitura e viabilizar a discussão de temas recentes sobre o desenvolvimento da ciência e tecnologia.

De acordo com os autores, a partir da divulgação científica, seja por meio de livros ou revistas, é possível aproximar o conhecimento científico ao cotidiano dos estudantes. Além disso, os professores têm relatado que os textos de divulgação científica podem ser mais atraentes e motivadores para os estudantes (Martins *et al.*, 2004; Strack *et al.*, 2009).

No entanto, muitos desses textos precisam ser adaptados para serem utilizados com finalidades didáticas, havendo a necessidade de uma reelaboração textual por parte do professor, que precisa considerar: a finalidade do estudo, objetivos do ensino e interesses dos alunos (Martins *et al.*, 2004).

Nesse sentido, a aprendizagem da Química pode ser estimulada pelo uso de atividades de divulgação científica. Um exemplo que podemos destacar é o livro *A Ciência de Harry Potter* (Highfield, 2002), no qual um dos

capítulos discute e analisa o tema Alquimia, abordando a Pedra Filosofal. No capítulo intitulado *A Pedra Filosofal* é abordada a História da Química, desde o alquimista Nicolau Flamel até os chamados alquimistas atômicos.

O autor desse livro, Roger Highfield, é professor do Departamento de Química da Universidade de Oxford. Ele já publicou oito livros e escreveu, em 2017, um capítulo do livro *Harry Potter: A História da Magia*, que aborda temas estudados na *Escola de Magia e Bruxaria de Hogwarts* nas aulas de Alquimia, Poções, Herbologia, até Trato de Criaturas Mágicas (Mendes, 2017).

Outro exemplo que podemos citar é o estudo de Flôr (2009) que relatou que o livro *Tio Tungstênio – Memórias de uma Infância Química*, de Oliver Sacks (2002), possibilita trabalhar, através de sua leitura, propriedades de grupos químicos e interações da matéria. Flôr (2009) também apresenta o uso das histórias em quadrinhos de Maurício de Sousa para ensinar educação ambiental.

Metodologia

Essa pesquisa de cunho qualitativo tem delineamento de pesquisa documental, e teve como primeira etapa a análise de conteúdo do livro *Harry Potter e a Pedra Filosofal* (Rowling, 2000). De acordo Lüdke e André (1986), esse tipo de análise tem caráter subjetivo. Inicialmente, foi realizada uma leitura flutuante da obra, buscando os conteúdos relacionados à Alquimia, posto que, de acordo com a literatura, esse tema pode despertar o interesse dos estudantes do ensino fundamental pelos conteúdos de Química (Nascimento e Neto, 2012; Santana *et al.*, 2008). Em seguida, os significados similares foram agrupados nas categorias e extraídos trechos que atendessem as definições das categorias criadas.

Lüdke e André (1986) relatam que é necessário decidir sobre a unidade de análise de conteúdo utilizada: unidade de registro ou de contexto. Nessa pesquisa foram utilizadas

[...] a partir da divulgação científica, seja por meio de livros ou revistas, é possível aproximar o conhecimento científico ao cotidiano dos estudantes.

as unidades de contexto (Bardin, 2009) que resultaram na construção de três categorias dos conteúdos relacionados a *Alquimia*. No entanto, as categorias têm ordens diferentes, que significam o nível de abrangência de cada categoria, que pode ser mais ou menos específica a depender da ordenação (Ferro e Caixeta, 2018).

Os trechos selecionados foram doze: cinco para a categoria *Alquimia*; três para *Nicolau Flamel* e quatro para a categoria *Pedra Filosofal*, que foram analisados a partir do capítulo *A Pedra Filosofal* do livro de divulgação científica *A ciência de Harry Potter* (Highfield, 2002). Nessa etapa da análise foi identificado se os contextos apresentados nos excertos tinham um embasamento científico de acordo com o livro de Highfield. Esse livro foi utilizado por buscar explicar cientificamente muitas coisas que são mágicas nos livros de *Harry Potter*.

Apresentação e Discussão dos Resultados

De acordo com análise realizada, foram selecionados doze trechos da obra, categorizados em: *Alquimia*, *Nicolau Flamel* e *Pedra Filosofal*, de acordo com o Quadro 1.

No entanto, as categorias têm ordens diferentes. A categoria *Alquimia* é a mais abrangente e reúne características da subcategoria de primeira ordem *Nicolau Flamel* e a subcategoria de segunda ordem *Pedra Filosofal*. Por conseguinte, a subcategoria *Nicolau Flamel* tem abrangência intermediária, porque contém em si significados da categoria *Pedra Filosofal* (Figura 1).

A categoria *Alquimia*

A categoria *Alquimia* é a mais ampla e, portanto, congrega todos os excertos do livro referentes à temática. No entanto, foi necessário separá-la para fins de discussão temática, nesta seção, para que pudéssemos destacar a *Alquimia* como um tema que possibilita a compreensão da ciência como uma produção histórica e social, marcada pelas concepções de mundo de uma sociedade referenciada no tempo e no espaço (Loguercio e Del Pino, 2006).

Nesse contexto, a *Alquimia* pode ser destacada como categoria de primeira ordem, porque reflete os significados relacionados aos objetivos da *Alquimia*. Na História da Química “vamos encontrar, em tempos imemoriais, nas mais diferentes civilizações, um grande número de tecnologias químicas” (Chassot, 1995, p.21), processos alquímicos (por exemplo a transmutação), produtos alquímicos (por exemplo: a pedra filosofal), práticas sociais no contexto histórico da alquimia e personagens alquimistas.

Os trechos a seguir demonstram esses significados nos trechos do livro:

“O antigo estudo da alquimia preocupava-se com a produção da Pedra Filosofal, uma substância lendária com poderes fantásticos” [...] (Rowling, 2000, p. 189).

Segundo Highfield (2002), a busca pela Pedra Filosofal estava associada às práticas alquímicas. Muito além de ser uma forma primitiva da Química, a *Alquimia* se concentrava na relação do ser humano com a Natureza. Para o autor, os alquimistas acreditavam na transmutação, ou seja, na transformação de metais menos nobres em ouro. Acreditavam, também, que seria possível produzir o Elixir da Vida, na tentativa de conquistar a imortalidade.

Os gregos, chineses e hindus se referiam à *Alquimia* como “a arte” e, no Egito, ela prosperou durante muito tempo, principalmente com o uso do ouro ou de artefatos, imitando o metal em muitos processos, levando a discussão sobre transmutação (Highfield, 2002). Assim, as práticas alquímicas estavam presentes em várias civilizações.

Com relação às práticas sociais no contexto histórico da *Alquimia*, podemos percebê-las nos trechos do livro que estão relacionados ao mistério. O trecho 3 do Quadro 1 retrata isto, pois foi retirado de um momento da aventura em que Harry, Rony e Hermione não sabiam que o objeto misterioso que fora retirado do

Banco dos Bruxos e posto em proteção na Escola de Magia de Hogwarts era a Pedra Filosofal.

Foi em tom de mistério, segundo Highfield (2002) e Chassot (1995), que os alquimistas buscaram manter suas descobertas em segredo. Dessa forma, os conhecimentos alquímicos podem ter sido perdidos, pois seus feitos eram protegidos por códigos.

Robert Boyle desenvolveu estudos sobre *Alquimia* e mantinha suas descobertas por códigos (Highfield, 2002). Boyle é conhecido por suas contribuições à Química moderna, como seus estudos sobre o ar, que incluem a observação de que seu volume e pressão são inversamente proporcionais.

Highfield (2002) também discute que muitos alquimistas realizavam seus trabalhos em conjunto e recebiam financiamento de imperadores como, por exemplo, Maximiliano II e Rodolfo II. Isto está presente no trecho 4 do Quadro 1, e percebemos também a presença do alquimista Nicolau Flamel no trecho 5. Devido à relevância desse personagem, ele se tornou uma subcategoria da categoria *Alquimia*.

Nicolau Flamel

Nicolau Flamel é a subcategoria de primeira ordem da categoria *Alquimia*. Sua relevância se centra no fato de ser o suposto inventor da pedra filosofal (Moura, 2010). Esta subcategoria apresenta os significados relacionados aos produtos feitos por Flamel (a Pedra Filosofal e o Elixir da

Os trechos selecionados foram doze: cinco para a categoria *Alquimia*; três para *Nicolau Flamel* e quatro para a categoria *Pedra Filosofal*, que foram analisados a partir do capítulo *A Pedra Filosofal* do livro de divulgação científica *A ciência de Harry Potter* (Highfield, 2002).

Vida) e os mistérios sobre sua vida.

Portanto, ler e interpretar com os estudantes os trechos do livro *Harry Potter e a Pedra Filosofal*, referentes a Flamel,

comparando-os com as informações contidas no livro de Highfield (2002), pode ser uma estratégia interessante para atingir a finalidade de contextualização histórica da

Quadro 1: Trechos extraídos do livro *“Harry Potter e a Pedra Filosofal”*.

Categorias	Trechos selecionados
Alquimia	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>“O antigo estudo da alquimia preocupava-se com a produção da Pedra Filosofal, uma substância lendária com poderes fantásticos”</i> [...] (ROWLING, 2000, p. 189). 2. [...] <i>“A pedra pode transformar qualquer metal em ouro puro. Produz também o Elixir da Vida, que torna quem o bebe imortal”</i> [...] (ROWLING, 2000, p. 189). 3. <i>“Mas como só o que sabiam com certeza sobre o misterioso objeto era que media uns cinco centímetros de comprimento, não tinham muita possibilidade de adivinhar o seu conteúdo sem outras pistas”</i> [...] (ROWLING, 2000, p. 143). 4. [...] <i>“Dumbledore é particularmente famoso por ter derrotado Grindelwald, o bruxo das Trevas, em 1945, por ter descoberto os doze usos do sangue de dragão e por desenvolver um trabalho em alquimia em parceria com Nicolau Flamel”</i> [...] (ROWLING, 2000, p. 92). 5. [...] <i>“Esqueçam aquele cachorro e esqueçam o que ele está guardando, isto é coisa do Prof. Dumbledore com o Nicolau Flamel... – Ah-ah! – exclamou Harry. – Então tem alguém chamado Nicolau Flamel metido na jogada, é? Hagrid parecia furioso consigo mesmo”</i> (ROWLING, 2000, p. 167).
Nicolau Flamel	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>“Nicolau Flamel – sussurrou ela teatralmente – é, ao que se sabe, a única pessoa que produziu a Pedra Filosofal. A frase não teve bem o efeito que ela esperava. – A o quê? – exclamaram Harry e Rony”</i> (ROWLING, 2000, p. 189). 2. <i>“O Sr. Flamel, que comemorou o seu sexcentésimo sexagésimo quinto aniversário no ano passado, leva uma vida tranquila em Devon, com sua mulher, Perenelle (seiscentos e cinquenta e oito anos)”</i> (ROWLING, 2000, p. 189). 3. <i>“Falou-se muito da Pedra Filosofal durante séculos, mas a única Pedra que existe presentemente pertence ao Sr. Nicolau Flamel, o famoso alquimista e amante da ópera”</i> (ROWLING, 2000, p. 189).
Pedra Filosofal	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>“A princípio viu a sua imagem, pálida e apavorada. Mas um segundo depois, a imagem sorriu para ele. Levou a mão ao bolso e tirou uma pedra cor de sangue. Aí piscou e devolveu a pedra ao bolso – e ao fazer isto, Harry sentiu uma coisa pesada cair dentro do seu bolso de verdade”</i> (ROWLING, 2000, p. 249). 2. <i>“De alguma forma – inacreditável – [Harry] estava de posse da Pedra”</i> (ROWLING, 2000, p. 249). 3. <i>Prosseguem as investigações sobre o arrombamento de Gringotes, ocorrido em 31 de julho, que se acredita ter sido trabalho de bruxos e bruxas das Trevas desconhecidos. Os duendes de Gringotes insistiam hoje que nada foi roubado. O cofre aberto na realidade fora esvaziado mais cedo naquele dia. “Mas não vamos dizer o que havia dentro, para que ninguém se meta, se tiver juízo”, disse um porta-voz esta tarde</i> (ROWLING, 2000, p.124). 4. [...] <i>“O sangue do unicórnio me fortaleceu, nessas últimas semanas... você viu o fiel Quirrell bebendo-o por mim na floresta... e uma vez que eu tenha o elixir da vida, poderei criar um corpo só meu... Agora... por que você não me dá essa pedra no seu bolso?”</i> (ROWLING, 2000, p. 250).

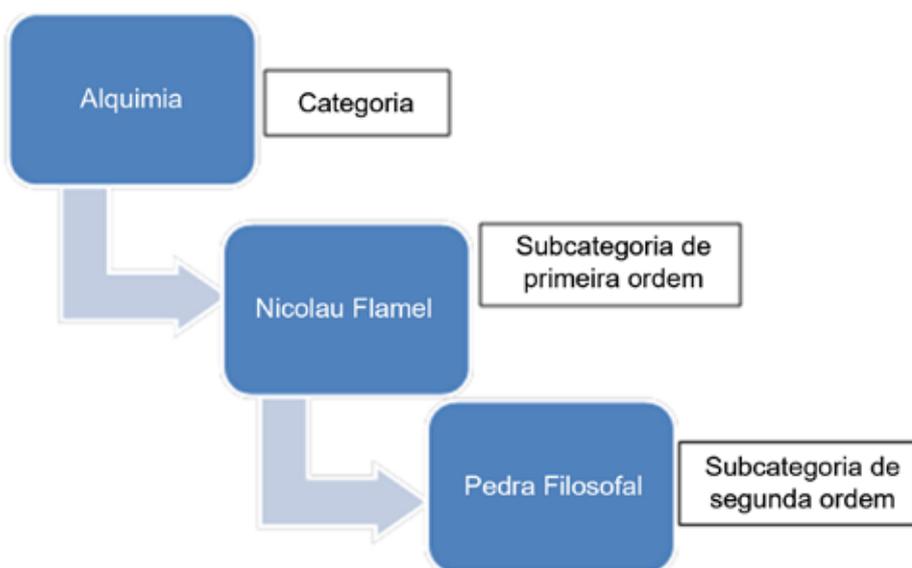


Figura 1: Representação gráfica das categorias.

Alquimia. Bem como de seus protagonistas que procuravam estudar fenômenos naturais e manipular elementos com o objetivo, também, de criar novas substâncias.

Quando Harry e seus amigos ficaram sabendo sobre a existência de Nicolau Flamel, começaram a investigá-lo e Hermione acabou descobrindo mais sobre esse personagem famoso no trecho 1. Nicolau Flamel era caixeiro e vendedor de livros (Highfield, 2002).

Highfield (2002) cita em seu livro (p. 236) que Flamel estava familiarizado com os escritos dos alquimistas de sua época e sabia algo sobre transmutação. O autor escreve que após três anos de trabalho, em 17 de janeiro de 1382, Flamel e sua esposa: “transformaram 250 gramas de mercúrio em prata, usando um tipo branco de pedra filosofal. Depois, às cinco da tarde, em 25 de abril de 1382, usaram uma variedade vermelha para transformar mercúrio em ouro” (Highfield, 2002, p. 236). Existem duas versões da Pedra Filosofal, uma era branca e a outra vermelha, assim como a que Voldemort procurava na primeira aventura de Harry.

Além disso, Flamel também produziu o Elixir da Vida, o que não foi significativo, já que morreu por volta de 87 ou 88 anos. No entanto, muitos dizem que Flamel forjou seu próprio funeral. Este fato está presente no livro de *Harry Potter*, trecho 2.

Highfield (2002) relatou que a história de Flamel não se sustenta, pois não foram encontradas evidências de que Nicolau e Pernelle estudaram a Alquimia e todos os textos atribuídos aos mesmos foram escritos após suas mortes. Contudo, a história de Nicolau continua sendo contada e elaborada até mesmo em uma ópera. Sobre essa passagem, Rowling (2000) descreve esse personagem como um admirador deste gênero artístico: “Falou-se muito da Pedra Filosofal durante séculos, mas a única Pedra que existe presentemente pertence ao Sr. Nicolau Flamel, o famoso alquimista e amante da ópera” (p. 189).

Chassot (1995) argumenta que muitos conhecimentos alquímicos podem ter sido perdidos por fatores como: dizimação por uma peste, forte influência da Igreja, destruição pela própria descoberta, poder econômico e inveja e conhecimento “científico”. Portanto, de acordo com o autor, é possível que os alquimistas tivessem o segredo dos conhecimentos que diversas formas de poder poderiam não considerar conveniente que fossem divulgados.

Apesar de ainda existirem dúvidas se Nicolau Flamel estudou a Alquimia ou se foi o inventor da Pedra Filosofal, seu trabalho parece ter influenciado alquimistas do século XVII e personagens importantes para a História da Ciência, como Isaac Newton e Robert Boyle. De acordo com Loguercio e Del Pino (2006), é importante a inserção nos currículos de Química da “construção do conhecimento químico em suas bases filosóficas e as relações socioeconômico-políticas

que o constituem em diferentes tempos e espaços históricos” (p.69). Portanto, é preciso colocar em evidência que nas ciências ocorrem mudanças de paradigma e crises no desenvolvimento do conhecimento científico, ou seja: “a ciência aristotélica, a escolástica, a clássica, a moderna, ou a mecânica newtoniana e a quântica, a teoria do flogisto e as proposições de Lavoisier sobre a combustão...” (Loguercio e Del Pino, 2006, p.70). De acordo com os autores, a teoria do flogístico foi proposta para explicar a combustão: os corpos combustíveis ou metais teriam como constituintes um elemento, denominado flogístico (espírito ígneo), que era liberado durante a queima ou calcinação (aquecimento

em alta temperatura), restando a “cal” desse corpo ou metal. Para transformar a “cal” em metal, bastava devolver o flogístico por intermédio do carvão. Essa teoria foi aceita durante certo tempo. Até que, no final do século XVIII, Lavoisier percebeu a importância do oxigênio para esse processo e realizou vários experimentos,

utilizou balanças de alta precisão e mediu a variação da massa durante a combustão de várias substâncias (Loguercio e Del Pino, 2006).

Pedra Filosofal

Essa subcategoria de segunda ordem está relacionada à subcategoria de primeira ordem *Nicolau Flamel*. A relevância dessa subcategoria se refere ao fato da Pedra Filosofal ser considerada como capaz de transformar metal em ouro, a chamada transmutação, e produzir o Elixir da Vida, que oferece a possibilidade da vida eterna (Highfield, 2002; Nascimento e Neto, 2013).

Os significados agrupados nesta categoria se referem à Pedra Filosofal em si, ou seja, suas características, e ao significado social que possuía tanto no livro, como na história da Alquimia. A Pedra Filosofal é um objeto de desejo que confere poder a quem a possui. Na trama desse primeiro livro da série *Harry Potter*, como indica o título, a trama gira em torno da pedra e do desejo desesperado de Lorde Voldemort para voltar à vida por meio dela, como está descrito no trecho 4.

Highfield (2002) realiza um debate sobre a atualização da ideia da Pedra Filosofal no que diz respeito à transmutação e ao Elixir da Vida. Atualmente, essa ideia de transformar um elemento em outro não é tão fantasiosa. Os químicos e físicos desenvolveram métodos para alterar o núcleo de um átomo. A primeira transmutação artificial ocorreu em 1919, na Nova Zelândia e foi realizada pelo físico Ernest Rutherford, que “transformou nitrogênio (número atômico 7) com núcleos de hélio por meio de uma fonte de rádio. As partículas em movimento acelerado penetraram no átomo de nitrogênio e deixaram um próton extra no núcleo, transformando-o em um átomo de oxigênio” (Highfield, 2002, p. 242).

Quando Harry e seus amigos ficaram sabendo sobre a existência de Nicolau Flamel, começaram a investigá-lo e Hermione acabou descobrindo mais sobre esse personagem famoso no trecho 1. Nicolau Flamel era caixeiro e vendedor de livros (Highfield, 2002).

Para Highfield (2002) pode-se produzir um número pequeno de transmutações com a utilização de projéteis de substâncias radioativas naturais. Com isso, surgiram estudos sobre aceleradores de partículas carregadas, para a produção de transmutações nucleares em escala maior.

Assim, em 1951, John Cockcroft e Ernest Walton, da Universidade de Dublin, ganharam o Prêmio Nobel de Física, pelo trabalho de aceleração de núcleos de hidrogênio em um alvo de lítio, para produzir hélio.

Em relação à concretização do sonho dos alquimistas, o primeiro tipo de transmutação para o ouro (que possui número atômico 79) foi pela irradiação de platina (número atômico 78) com nêutrons (Highfield, 2002). Segundo o autor, atualmente, os cientistas ainda pensam em descobrir o segredo da longevidade, por meio da identificação dos genes e mecanismos moleculares que podem ser manipulados para então produzir alguma pílula antienvhecimento. Um estudo realizado com moscas de frutas sobre radicais livres, que são substâncias químicas que danificam tecidos e causam “estresse oxidativo”, revelou que se um único gene sofre mutação, os insetos podem viver 35% a mais. Esse gene ficou conhecido como Matusalém, uma menção a um personagem bíblico que viveu 969 anos.

O autor também relata que muitos genes estão ligados ao envelhecimento, como na doença rara chamada Síndrome de Werner. Pessoas com essa doença carregam uma versão defeituosa de um tipo de gene chamado de helicase e, com isso, envelhecem na adolescência e geralmente morrem antes dos cinquenta anos. Seria possível então prolongar a vida das pessoas com essa doença se a helicase pudesse ser “consertada”?

Além disso, pesquisas sobre células-tronco embrionárias revelaram um imenso potencial, pois as mesmas podem ser transformadas em qualquer célula, em qualquer tecido ou órgão do corpo. Com isso, poderiam ser usadas em células cerebrais no tratamento da doença de Parkinson (Highfield, 2002).

Chassot (1995, p.21) também questiona que se “forem válidas as hipóteses de que plantas e animais fazem transmutações, por que não aceitar que alquimistas conheceram o segredo de algumas transmutações”. Nesse sentido, o autor discute que os conhecimentos desenvolvidos pelos alquimistas podem ter sido não-comunicados por diferentes razões e, portanto, com nossa compreensão atual sobre energia, ainda é impossível aceitar a transmutação de elementos.

Os significados sociais podem se referir ao poder atribuído a quem possui a Pedra: “*De alguma forma – inacreditável – [Harry] estava de posse da Pedra*” (ROWLING, 2000, p. 249). O personagem Harry Potter reforça a concepção que tem na história de ser um bruxo poderoso, pois tem a posse da Pedra Filosofal: um desejo que não fora alcançado por ditadores chineses, imperadores medievais, alquimistas, entre outros (Highfield, 2002).

No livro, o poder da pedra é revestido de mistério, por exemplo, no trecho 3. Highfield (2002) relata que muitos antigos se referiam a este objeto como uma “tintura”, até que

finalmente ficou conhecida como uma pedra, por se tratar de uma substância inorgânica, como um mineral.

Considerações finais

A partir da leitura e análise do livro *Harry Potter e a Pedra Filosofal*, foi possível identificarmos, inicialmente, uma categoria mais abrangente relativa à *Alquimia*. A partir dessa categoria, observamos a presença de uma categoria de primeira ordem, Nicolas Flamel, e ainda, uma categoria de segunda ordem identificada como Pedra Filosofal. Portanto, esta pesquisa demonstrou que o conteúdo Alquímico, presente na obra analisada, é complexo e pode proporcionar uma ampla abordagem no ensino de Química.

Assim, este resultado está em consonância com estudos que têm demonstrado que esse conteúdo pode despertar nos alunos interesse para a aprendizagem de Química, bem como indicam o potencial da série *Harry Potter* como recurso didático para explorar conteúdos de ciências (Knobel, 2014; Santana, 2012; Veiga *et al.*, 2011; Nascimento e Neto, 2012).

A partir dessas categorizações dos excertos, também foi realizada a discussão de alguns temas que parecem incomuns e mágicos, presentes nos trechos selecionados da série *Harry Potter*, mas que podem ser explicados pela Ciência. Essa conceitualização científica foi embasada no capítulo que aborda a Alquimia da obra de divulgação científica *A ciência de Harry Potter*. Assim, foi possível relacionar fatos aparentemente fantasiosos com a Ciência. Portanto, a partir da magia de Harry Potter que atrai o público jovem, o professor pode fazer relações com a realidade e abordar conteúdos de Química a partir da Alquimia.

Acreditamos que essa proposta, de utilizar os conteúdos relacionados à Alquimia em uma obra de ficção, poderá auxiliar o professor na motivação de seus estudantes para aprenderem Química, a partir de uma temática de interesse de grande parte dos jovens. Pois é um texto literário que apresenta uma realidade imaginária e que motiva os adolescentes à leitura (Souza e Menechini, 2011). Bem como, apresenta conteúdos específicos relacionados à Alquimia, como transformações de materiais, a presença de alquimistas em várias civilizações e as suas descobertas, bem como, a reflexão sobre a ciência como uma criação humana que está intrinsecamente relacionada a concepções de cada época da humanidade.

Assim, entendemos que aprender Química está além de decorar fórmulas e nomes de elementos químicos. Consideramos que é possível compreender a amplitude das ciências que está presente nos livros que falam de magia, possibilitando um vínculo entre o conhecimento tradicional e as formas de linguagem diversas.

Jeanne Cristina Gomes Rotta (jeanerotta@gmail.com), licenciada e bacharel em Química pela Universidade de São Paulo, Mestre e Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo, professora da Universidade de Brasília e professora e Orientadora no Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências PPGEC-UnB.

Referências

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2009.
BUCHAUL, S. V. K. Harry Potter e a jornada do herói: receita do sucesso das literaturas de massa. In: *Anais do IV Encontro Nacional de Professores de Letras e Artes*. Rio de Janeiro, p. 1-11, 2009.

CARVALHO, R. S.; SILVA, A. C. S. Estórias do Harry Potter: um catalisador para o estudo da química. *Revista Ponto de Vista*, v. 5, p.113-125, 2008.

CHASSOT, A. I. Alquimiando a química. *Química Nova na Escola*, n.1, p. 20-22, 1995.

FERRO, A. R.; CAIXETA, J. E. Olá, nós existimos! Uma pesquisa sobre professoras com práticas docentes bem-sucedidas na educação inclusiva. In: *Atas do Congresso Iberoamericano de Investigação Qualitativa*, Fortaleza, Ceará, v.1, p. 535-540, 2018.

FLOOD, A. *Science or magic? UK scientists test reality of Harry Potter spells*. The Guardian. 27 de maio de 2016. <https://www.theguardian.com/books/2016/may/27/scientists-test-reality-of-harry-potter-magic-university-leicester-gillyweed-skele-gro>, acesso em abr. 2018.

FLÔR, C. C. *Leitura e formação de leitores em aulas de Química no ensino médio*. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? *Investigações em ensino de ciências*, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

HIGHFIELD, R. *A ciência de Harry Potter*. Rio de Janeiro: Campus, p. 232-249, 2002.

KNOBEL, K. A. B. Ficção e ciência: universos paralelos sobrepostos. *Revista eletrônica de jornalismo científico, ComCiência*, 2014. <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=97&id=1188>, acesso jun. 2018.

LOGUERCIO, R.Q.; DEL PINO, J. C. Contribuições da História e da Filosofia da Ciência para a construção do conhecimento científico em contextos de formação profissional da química. *Acta Scientiae*, v. 8, n. 1, p. 67-77, 2006.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

MARANDINO, M, SILVEIRA, R. V. M.; CHELINI, M. J; FERNANDES, A. B; RACHID, V; MARTINS, L. C; LOURENÇO, M. F; FERNANDES, J. A; FLORENTINO, H. A. A educação não formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz? In: *Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Bauru, São Paulo, 2003.

MARTINS, I; NASCIMENTO, T. G; ABREU, T. B. Clonagem na sala de aula: um exemplo do uso didático de um texto de divulgação científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 9, n. 1, 2004.

MENDES, J. A. S. *Mais novidades sobre os dois novos livros complementares que chegam em outubro*. 2017. <http://www.househogwarts.com.br/2017/07/mais-novidades-sobre-os-dois-novos.html>, acesso em jun, 2019.

MOURA, J. de. S. N. de. *Indo ao encontro da literatura: uma proposta de trabalho com a série Harry Potter*. Dissertação de Mestrado em Letras, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

NASCIMENTO, H. H. F.; NETO, J. E. S. Emergências da Alquimia na Cultura Moderna: a Arte na Literatura, Cinema e Televisão. In: *Atas do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química*, 2012. Salvador, Bahia, 2012.

PAZINATO, M. S; BRAIBANTE, M. E. F. Oficina Temática Composição Química dos Alimentos: Uma Possibilidade para o Ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 4, p. 289-296, 2014.

ROWLING, J. K. *Harry Potter e a Pedra Filosofal*, Lia Wyler trad. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.

SANTANA, E. M. *O uso do Jogo Autódromo Químico como mediador da aprendizagem no ensino de química*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2012.

SANTANA, E. M.; REZENDE, D. B; ARROIO, A. O uso do filme *Harry Potter* com instrumento sensibilizador para aulas introdutórias de química. In: *Atas do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química*, 2008. Curitiba, Paraná, 2008.

STRATHERN, P. *O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da química*. Rio de Janeiro: Zahar, 2002.

STRACK, R; LOGUERCIO, R; DEL PINO, J. C. Percepções de professores de ensino superior sobre a literatura de divulgação científica. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 2, 2009.

SOUZA, E. S; MENEQUINI, J. A. *Da magia para a biologia – possibilidades da série Harry Potter para o ensino de genética*. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2011.

VANIN, J. A. *Alquimistas e químicos: o passado, o presente e o futuro*. São Paulo: Moderna, 1994.

VEIGA, E. C; ZAN, R. A; BRONDANI, F. M. M; BARBOSA, N. V; MENEGETTI, D. U. O. O filme *Harry Potter e a pedra filosofal* como ferramenta introdutória à disciplina história da química. In: *Atas dos 63ª Reunião Anual da SBPC*, 2011. Goiânia, Goiás, 2011.

Abstract: *Alchemy at Hogwarts: Magic and Chemistry Teaching*. Research indicates that literary texts such as the series of books *Harry Potter* can be a didactic strategy to arouse the interest of elementary students towards Chemistry. This study aims to identify the contents related to Alchemy in the book *Harry Potter and the Philosopher's Stone* and to use the book of scientific divulgation *The Science of Harry Potter* to understand the scientific contents. The identified parts were categorized and later, using a chapter from the book of scientific divulgation were interpreted from a scientific perspective. The analysis of the book showed that it was possible to identify and categorize Alchemy contents and to demonstrate that some facts that seem unusual and magical in the book can be explained by science. Thus, from themes of interest of the students, teachers can make connections with reality and approach contents related to Chemistry from Alchemy.

Keywords: chemistry teaching, alchemy, literary text

Investigação Criminal e Química Forense: espaço não formal de aprendizagem investigativa

Kiany S. B. Cavalcante, Francisco R. S. de Sousa, João P. D. Monteiro, Jane da P. P. Souza, Alexandre W. V. do Nascimento, Andreia S. S. Aguiar e Adriano S. de Fonseca

Este trabalho analisou as contribuições e inferências de uma exposição de Investigação Criminal desenvolvida por acadêmicos do Curso de Licenciatura em Química de um Instituto Federal de Educação e bolsistas do PIBID (Programa de Iniciação a Docência), como proposta metodológica investigativa para levar estudantes do Ensino Médio a desvendarem um crime fictício, de forma autônoma. A construção de um espaço não formal e interativo, como espaço expositivo, além de promover a divulgação científica, permitiu aos estudantes desenvolverem atitudes investigativas de forma dinâmica, analisando o texto enigmático, o cenário do crime e os laudos periciais, contendo a investigação de Química Forense proposta. A estratégia pedagógica impactou positivamente também no processo de formação inicial de futuros professores de Química, mobilizando seus próprios processos cognitivos, potencializando e concebendo os conceitos de Química Forense, por meio de pesquisa, diálogo e vivência com profissionais da área.

► química forense, metodologia investigativa, formação de professores ◀

Recebido em 18/05/2019, aceito em 16/09/2019

O fascínio dos jovens pela Química Forense tem sido impulsionado por programas de televisão, como a série *Crime Scene Investigation*, e por jogos de casos criminais, como o clássico detetive *Sherlock Holmes*, que apresentam uma visão fascinante e excitante da Ciência Forense. Uma abordagem dinâmica do tema é usada neste trabalho, como estratégia educacional de incentivo para a construção do conhecimento científico.

Cavalcante (2008) afirma que o ambiente escolar, como espaço interativo de aprendizagem, requer metodologias ativas que estimulem habilidades cognitivas de forma autônoma e participativa, como é o caso da metodologia investigativa. Enquanto no ensino tradicional o aluno adota uma postura passiva com a absorção de conteúdo sem nenhuma correlação com o seu cotidiano, no ensino que envolve metodologias ativas, as práticas pedagógicas permitem ao estudante adotar uma postura mais participativa, crítica e investigativa, como explica Jófili (2002):

[...] assegurar um ambiente dentro do qual os alunos possam reconhecer e refletir sobre suas próprias ideias; aceitar que outras pessoas expressem pontos de vista diferentes dos seus, mas igualmente válidos

e possam avaliar a utilidade dessas ideias em comparação com as teorias apresentadas pelo professor (Jófili, 2002, p. 196).

Para Piaget (2015), a formação de indivíduos com pensamentos criativos e críticos é considerada a principal meta da educação:

[...] criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que outras gerações já fizeram. Homens que sejam criadores, inventores, descobridores. A segunda meta da educação é formar mentes que estejam em condições de criticar, verificar e não aceitar tudo que a elas se propõe (Piaget, 2015, s/p).

Levar o estudante a construir o conhecimento científico é considerado desafiador para a maioria dos professores, sobretudo os de escolas públicas. Kasseboehmer, Hartwing e Ferreira (2015, p. 69) afirmam que “o senso de investigação científica se perdeu, se é que um dia existiu”, contudo acreditam que o cenário atual do ensino de ciências é de transição paradigmática.

No Ensino Médio, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias propõe que os estudantes possam construir e utilizar conhecimentos específicos da área para argumentar, propor soluções e enfrentar desafios locais e/ou globais, relativos às condições de vida e ao ambiente em que estão inseridos, conforme a Base Nacional Comum Curricular, BNCC (Brasil, 2018).

As mostras científicas escolares podem tornar-se práticas investigativas de aprendizagem, nas quais alunos e professores de maneira coletiva e colaborativa, por meio de exposições, geralmente experimentais, são instigados a pesquisar, observar, criar e solucionar problemas. Sob a mediação do professor e pela articulação dos saberes científicos com o senso comum, o conhecimento construído em espaços não formais é capaz de potencializar a compreensão dos assuntos acadêmicos. Esses espaços permitem o desenvolvimento do raciocínio investigativo e contextualizado, capaz de despertar em cada indivíduo uma postura de intervenção e transformação social.

As mostras científicas escolares podem tornar-se práticas investigativas de aprendizagem, nas quais alunos e professores de maneira coletiva e colaborativa, por meio de exposições, geralmente experimentais, são instigados a pesquisar, observar, criar e solucionar problemas.

Mostras Itinerantes cumprem um importante papel na disseminação do conhecimento científico, bem como corroboram o caráter da extensão como princípio de aprendizagem e como espaço vital para a potencialização dos diálogos entre comunidade e universidade. Portanto, podem ser concebidas como espaços pedagógicos que proporcionam aproximações entre ensino, extensão e pesquisa. Em sua concepção e desenvolvimento, podem ser caracterizadas como espaços de educação não formal que dialogam e promovem aproximações com a educação formal que é promovida nas escolas (Gonzattil et al., 2017, p. 7).

Caldas, Lima e Crispino (2016, p. 4307), acreditam que “a inserção progressiva de estudantes de licenciaturas como mediadores em espaços não formais de ensino incentiva o contato com metodologias de aprendizagem diferenciadas”. Nesse entendimento, capacitar o professor para atuar como mediador, criando situações que levem os estudantes a desenvolverem o senso crítico, é papel das Instituições de Ensino Superior na formação inicial e continuada.

Ao encontro dessas perspectivas, este trabalho analisou as contribuições e inferências de uma exposição sobre Investigação Criminal desenvolvida por acadêmicos do Curso de Licenciatura em Química de um Instituto Federal de Educação e bolsistas do PIBID, como proposta metodológica investigativa para levar jovens do Ensino Médio a desvendarem um crime fictício, de forma autônoma.

Atitudes Investigativas

A atitude investigativa é definida por Cochran-Smith

(2003, p. 21) como “[...] uma perspectiva intelectual, uma forma de questionar, dar sentido e relacionar o trabalho diário ao trabalho de outros e a contextos sociais, históricos, culturais e políticos mais amplos”. Dentre os atributos associados às atitudes investigativas destacam-se: autonomia – capacidade de tomar decisões de forma independente (Oliveira, 2011); curiosidade – desejo de compreender novas situações, tentando descobrir e compreender o fato (Flegge Hukins, 1973); e racionalidade – uso do raciocínio lógico (Rao, 2011).

Os modelos didáticos como estratégia investigativa, considerados por Porlán (1993 *apud* Pizzato et al., 2018) como métodos alternativos aos modelos didáticos tradicional e de transição, são baseados em concepções epistemológicas do conhecimento, que numa perspectiva construtivista, empregam questões investigativas.

No contexto do ensino de Ciências, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica (Brasil, 2013) já preveem o uso de atividades que mobilizam o raciocínio e o desenvolvimento de tais atitudes investigativas. Ensinar na perspectiva investigativa requer a criação de ambientes interativos e reflexivos que possibilitem as ações coletivas e colaborativas entre estudantes e professores, tornando a instituição de ensino um ambiente estimulante e prazeroso.

Quanto à formação de professores, o desenvolvimento de atitudes investigativas pode ser alcançado criando oportunidades de estímulo à sua curiosidade, criatividade, motivação e valorizando a vivência docente. Contudo, os professores formadores ainda não se convenceram da necessidade de criar situações que levem ao envolvimento ativo dos acadêmicos, instigando-os a participar, opinar, defender ideias e opiniões (André, 2016).

Metodologia

Este trabalho com abordagem qualitativa foi realizado por cinco acadêmicos do Curso de Licenciatura em Química de um Instituto Federal de Educação, bolsistas do PIBID. A abordagem qualitativa da investigação favorece a interação entre os atores do processo, possibilitando a troca de experiências, valorizando os conhecimentos prévios dos indivíduos e possibilitando a construção coletiva do conhecimento.

Esse ponto de vista encaminha os estudos que têm como objeto os seres humanos aos métodos qualitativos, sendo chamado de Interpretacionismo. Os estudiosos que se dedicam a esse tipo de pesquisa são chamados de interpretacionistas e afirmam que o homem é diferente dos objetos, por isso o seu estudo necessita de uma metodologia que considere essas diferenças (Oliveira, 2008, p. 3).

Considerando a importância dos espaços não formais de ensino, dinâmicos e interativos, os acadêmicos desenvolveram uma exposição sobre Investigação Criminal, abrangendo um crime fictício, análise de laudos periciais e a elucidação do caso. Para Rosa, Silva e Galvan (2013, p. 36), “a ciência forense, quando inserida no processo educacional, torna-se uma importante ferramenta de divulgação da ciência em geral, obtendo-se, com isso, a descentralização desejada para que esta se estenda além dos limites escolares”.

O planejamento

Nesta fase, reuniões entre os acadêmicos e o coordenador do PIBID delimitaram o campo de pesquisa e o conteúdo específico para a atividade investigativa proposta. Os acadêmicos intensificaram as pesquisas sobre os princípios da Química Forense baseado em livros, como a obra organizada por Martins e Oliveira (2015), e artigos, como o de autoria de Romão e colaboradores (2011).

Em termos de apoio técnico profissional, firmaram-se acordo de cooperação, em caráter institucional, com diretorias de órgãos estaduais que trabalham com Química Forense: ICRIM (Instituto de Criminalística e Medicina Legal) e ILAF (Instituto Laboratorial de Análise Forenses). Os acadêmicos tiveram a oportunidade de conhecer com mais propriedade o trabalho desses profissionais, os métodos utilizados nas investigações criminais e os laboratórios de análises forenses.

Discussões sobre o tema culminaram na elaboração de um caso fictício, com montagem do local do crime e construção de laudos periciais, alguns baseados em análises químicas para levar o público visitante da exposição a exercitar o seu pensamento crítico e desvendar o crime.

A Exposição

Como ambiente de aprendizagem investigativa para o Ensino de Química, a exposição foi apresentada durante a “Mostra do PIBID”, contando com a participação aproximada de 450 estudantes-visitantes da própria instituição, e na “Jornada de Divulgação Científica”, contando com a presença de 700 estudantes-visitantes de várias escolas públicas maranhenses.

A afirmação “Venha ser PERITO CRIMINAL por um dia!” foi usada para instigar os visitantes a participar de uma Investigação Criminal e tornarem-se “PERITOS CRIMINAIS POR UM DIA”. Durante a exposição, os acadêmicos auxiliavam os visitantes para garantir a interação efetiva com a exposição e esclareciam os visitantes em possíveis dúvidas. Os visitantes eram orientados a seguinte 4 (quatro) passos:

1º passo: entendendo o caso

Um texto enigmático (Figura 1) foi elaborado para contextualizar o caso e apresentar os oito vestígios coletados por um perito de local de crime.

Trata-se de um crime grave, cometido no mundo da Ciência. A vítima, Pierre Thompson, era um químico, pesquisador da Universidade de Nova Iorque do Maranhão e



Figura 1: O caso Pierre Thompson.

coordenador da patente “A Dessalinização Solar da Água do Mar e a Crise Hídrica Mundial: um Sistema Sustentável para Remoção do Cloreto de Sódio”. Considerado um projeto inovador, que revolucionaria a Química moderna, porém, carregado de desentendimentos. A temática da dessalinização da água do mar foi abordada por tratar-se de uma alternativa à crise hídrica (Saadat *et al.*, 2018), mundialmente discutida, principalmente pela ONU, Organização das Nações Unidas. A busca por processos ambientalmente sustentáveis é uma temática de grande relevância acadêmica e científica, que deve ser explorado no ambiente escolar.

2º passo: a cena do crime

Um cenário (cena de crime) foi construído para auxiliar os visitantes na análise dos vestígios e subsidiá-los para a elucidação do caso. A Figura 2 demonstra a cena do crime, o escritório da vítima, com a identificação dos oito vestígios sinalizados com placas amarelas enumeradas: (1) cadeira no chão; (2) notebook; (3) tabela periódica; (4) lesão na cabeça da vítima; (5) café; (6) copo de vidro; (7) arma; (8) mancha de sangue. O local sinalizado representava o trabalho do Perito de Local de Crime, um especialista responsável pela perícia externa, que realiza a demarcação inicial, coleta de amostras, sinalização de vestígios e os devidos encaminhamentos.

Ações do crime, como posição da cadeira, localização da lesão na cabeça da vítima, marcação na tabela periódica e localização da arma, também auxiliaram os visitantes a fazer conexões entre os vestígios e os laudos periciais.



Figura 2: A cena do crime.

3º passo: os laudos periciais

Laudos periciais foram construídos para identificar os indícios de provas e conhecimentos científicos sobre balística forense e técnicas de Química Forense Experimental (Oliveira, 2006), como a identificação de impressões digitais por reações químicas com ninidrina, detecção de substâncias entorpecentes e testes de DNA.

Laudos periciais interpretativos dos oito vestígios

levantados, demonstrados na Figura 3, foram dispostos à frente da cena do crime, com fácil acesso para leitura.

Nessa etapa, sucessivas hipóteses da possível autoria do crime começam a ser lançadas pelos visitantes, despertando o interesse em desvendar o mistério proposto, estimulando habilidades pautadas na objetividade, argumentação e interação entre colegas.

4º passo: elucidando o caso

Considerando que eram 4 (quatro) suspeitos, foram disponibilizadas 4 (quatro) provetas de 1000 mililitros, identificadas com os nomes dos possíveis criminosos. Os “visitantes investigadores” deveriam depositar o nome do criminoso de acordo com suas deduções e a identificação de cada proveta.

Ao final do dia de exposição, uma perita criminal do ILAF fez a leitura, em voz alta, do Parecer Pericial (Figura 4) que denominamos de Carta da Elucidação do Caso. O documento apresentava a reconstituição das ações dos suspeitos do crime fictício, estabelecida por meio de conhecimentos técnicos locais e laboratoriais.

Nele, Clarice era acusada por dopar Pierre Thompson e Natan acusado de efetuar o disparo que culminou com a morte do pesquisador. O desfecho encantou todos os visitantes, por empregar conhecimentos de Química na resolução do

<p>LAUDO PERICIAL 1</p> <p>Vestígio nº 1 Cadeira no chão</p> <p>Técnica: Observação.</p> <p>Resultado: Houve uma discussão no local e uma possível agressão.</p> <p>Enigma: Quem teria motivos para brigar com Pierre?</p>	<p>LAUDO PERICIAL 2</p> <p>Vestígio nº 2 Notebook</p> <p>Técnica: Observação.</p> <p>Resultado: Foi encontrado um documento, ainda em construção, que solicita a retirada do nome de Robert da patente.</p> <p>Enigma: Por qual motivo Pierre faria isto?</p>	<p>LAUDO PERICIAL 3</p> <p>Vestígio nº 3 Tabela periódica</p> <p>Técnica: Observação.</p> <p>Resultados: Há dois elementos marcados: Na e Cl. E uma frase no canto esquerdo: “o sal da traição”.</p> <p>Enigma: O Na e o Cl estaria relacionado ao NaCl? Que traição foi essa?</p>	<p>LAUDO PERICIAL 4</p> <p>Vestígio nº 4 Lesão na cabeça da vítima</p> <p>Técnica: A lesão na cabeça da vítima decorrente do projétil foi submetida a análise de Balística forense.</p> <p>Resultado: O tiro foi efetuado do lado esquerdo da cabeça da vítima. A vítima apresenta uma lesão do lado direito.</p> <p>Enigma: A lesão na cabeça foi provocada por uma queda?</p>
<p>LAUDO PERICIAL 5</p> <p>Vestígio nº 5 Café</p> <p>Técnica: Amostra do café presente na garrafa foi submetido a Investigação de entorpecentes.</p> <p>Resultado: Foi confirmado a presença de Flunitrazepam - Rohypnol® (um Benzodiazepínico conhecido como “Boa noite, Cinderela”).</p> <p>Enigma: Por que sua esposa queria deixá-lo em estado de alienação?</p>	<p>LAUDO PERICIAL 6</p> <p>Vestígio nº 6 Copo de vidro</p> <p>Técnica: Impressões digitais presentes no copo de vidro foram reveladas com Ninidrina.</p> <p>Resultado: Exame confirmou através de comparação ao banco de dados da polícia que as digitais pertencem a Robert.</p>	<p>LAUDO PERICIAL 7</p> <p>Vestígio nº 7 Arma de fogo</p> <p>Técnica: A arma e o projétil encontrado no corpo da vítima foram submetidas a análise de Balística forense e impressão digital usando Ninidrina.</p> <p>Resultados: Arma é de calibre 38, marca Taurus, e sem registro. O projétil pertence a arma encontrada. A impressão digital pertence a Antonietta.</p> <p>Enigma: Antonietta matou Pierre? Ou pegou a arma no momento de aflição?</p>	<p>LAUDO PERICIAL 8</p> <p>Vestígio nº 8 Machas de sangue</p> <p>Técnica: Amostras de sangue foram submetidas ao Teste de DNA.</p> <p>Resultado: Todas as amostras de sangue pertencem a vítima.</p>

Figura 3: Laudos periciais e vestígios no local do crime.

PARECER PERICIAL (caso fictício)

Com base em laudos periciais e investigações, pode-se inferir que:

No final da tarde de domingo, **Robert** apresentou os últimos resultados da pesquisa. **Pierre**, desconfiado dos dados inconclusivos (ausência de resultados importantes), sentiu-se traído! Assim, redigiu um documento solicitando a exclusão de Robert da patente.

Mais tarde, **Clarice** foi deixar o café adulterado para dopar Pierre.

Em seguida, **Natan** foi devolver o livro. Pierre mesmo sob o efeito da droga, não admitiu a presença dele no local de trabalho. Houve confronto. Pierre bateu a cabeça no chão. Natan efetuou o disparo, limpou suas impressões digitais e fugiu.

Quando amanheceu, **Antonietta** assustada com a morte do seu patrão, pegou a arma.

A desconfiança de Pierre havia sido comprovada: Clarice e Natan eram amantes. **Cl** as iniciais de **Clarice** e **Na** de **Natan** indicaram os dois elementos químicos que ligados quimicamente formavam um **crystal iônico do cloreto de sódio** (NaCl). O mesmo sal que lhe proporcionaria a realização de um sonho: Prêmio Nobel de Química!

Assim, profecia do "**sal da traição**" havia se cumprido: uma tripla traição e um assassino, Natan.

Realização:  Apoio: 

Figura 4: Carta da Elucidação do Caso.

enigma. A marcação do cloro e do sódio na tabela periódica comprovavam a desconfiança de Pierre: um romance proibido entre Clarice e Natan. O símbolo do cloro, Cl representavam as iniciais de Clarice e Na, símbolo do sódio, representavam as iniciais de Natan. Dois elementos que ligados quimicamente formam um cristal iônico de cloreto de sódio (NaCl). O mesmo sal que proporcionaria a Pierre a realização de um sonho: receber o Prêmio Nobel de Química devido ao seu projeto de pesquisa.

Após a leitura elucidativa, e em meio às discussões geradas, foram sorteados brindes aos visitantes que indicaram a autoria correta do crime.

Coleta de dados

Os instrumentos utilizados para a coleta de informações foram o diário de bordo (Zabalza, 2004) para registrar todas as observações referentes às descrições, dúvida e opiniões dos visitantes e do cenário, e um questionário para avaliar as contribuições e inferências da experiência para a formação dos futuros professores de Química.

Resultados e Discussão

Exposição de Investigação Criminal: uma proposta metodológica investigativa

A temática Química Forense foi adotada por permitir uma

abordagem abrangente, contextualizada, interdisciplinar e transversal no ensino de Química, atendendo às exigências dos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2002).

No tocante à contextualização, como tema que auxilia a condução do conhecimento químico em contexto social, configurando-se como tema interdisciplinar (Dias-Filho; Antedomenico, 2010) e transversal (Sebastiany *et al.*, 2013), colabora na construção do saber de forma sistêmica. A proposta abordou técnicas e conceitos químicos e biológicos na investigação dos fatos relacionados. Para Julião e colaboradores (2018) esta Ciência abrange uma abordagem multidisciplinar quando envolve Biologia, Física, Matemática, Medicina e/ou Química. Um recurso motivacional para a investigação científica e aprendizagem de forma prática e inovadora (Pizzato *et al.*, 2018).

O roteiro que sintetizava o caso fictício foi considerado pelos visitantes como claro, objetivo e interessante, levando-os à compressão inicial do caso, descrição do local do crime, da vítima, dos suspeitos e à existência de vestígios criminais.

A aceitação da proposta investigativa foi imediata. Os visitantes, atraídos pelo convite "*Venham ser PERITO CRIMINAL por um dia!*", mostraram curiosidade e ansiedade para a elucidação do caso, muitos passavam horas relendo os laudos, analisando e refletindo, o que gerou uma aglomeração de visitantes no *stand*. Como elemento motivador no Ensino Médio, é uma temática que promoveu a aprendizagem e contribuiu com a formação de cidadãos mais críticos e ativos frente ao conhecimento científico (Martins *et al.*, 2016).

Desde sua origem, o homem busca conhecer objetos e situações que o cercam, chegando ao método científico - conjunto de regras que possibilitam a sistematização da experiência. A ciência "agrupa fatos por meio de leis científicas" (Boreas, 2016, p. 368), promovendo atitudes investigativas. Para valorizar essas atitudes, a Investigação Criminal, como proposta de espaço não formal e interativo de aprendizagem, levou os visitantes a assumirem o papel de protagonistas nos seus processos de aprendizagem.

Com todas as ações interligadas, os visitantes exercitaram a habilidade de solucionar enigmas, a autonomia e a reflexão, necessários à capacidade de conexão na investigação criminal, como montar um "quebra-cabeça", elaborando hipóteses para desvendar o mistério. Segundo os visitantes, a proposta investigativa possuía indícios e provas suficientes para levar à elucidação do caso. O roteiro despertou a curiosidade, estimulou o raciocínio e promoveu a reflexão crítica, individual e coletiva, de tudo o que aconteceu. Durante a investigação, eles descobriram que a Balística Forense, além de identificar a arma de fogo (tipo, calibre, capacidade de carga, raiamento etc.) pode ser empregada para investigar lesões oriundas de projéteis da arma. Conheceram a Ninidrina, substância química usada para revelar impressões digitais na análise de superfícies e o Flunitrazepam, conhecido comercialmente por Rohypnol, um entorpecente usado no golpe "Boa noite, Cinderela", que causa forte depressão do sistema nervoso central. E por fim, o DNA Forense, considerado um dos métodos forenses mais confiáveis. Compreendendo, dessa

forma, a importância de cada técnica de investigação forense e a relevância de estabelecer as conexões entre os laudos periciais. A motivação pelas investigações criminais levou os estudantes a visitar o *stand* do ICRIM na busca por informações referentes à carreira de um Perito Criminal.

Nessa perspectiva, a investigação, ao fortalecer a interação, possibilita aos jovens enriquecer suas experiências de forma intersubjetiva. Na formação de professores, a metodologia investigativa resultou ainda no desenvolvimento de habilidades procedimentais, ou seja, derivadas da prática, e habilidades cognitivas, por exigir dos acadêmicos a prática de professor pesquisador. E possibilitou a construção de conteúdos atitudinais proveniente das interações socioafetivas estabelecidas durante o processo de ensino e aprendizagem (Zabala, 1998).

Construção da identidade docente: relatos dos futuros educadores

A experiência favoreceu o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais indispensáveis para a profissionalização docente, sobretudo com a construção de uma metodologia investigativa. Durante todo o processo de desenvolvimento e execução da proposta, os acadêmicos foram envolvidos no clima de cooperação, solidariedade, trabalho em grupo, respeito, ética, liderança, comunicação, ajuda mútua, relações afetivas e de convivência, que de forma alguma podem ser desconsiderados no processo de formação do futuro docente.

Os acadêmicos consideraram a proposta um grande desafio, que gerou ansiedade sobre o resultado final, ao mesmo tempo que gerou satisfação em realizar algo que engrandece o aprendizado de todos, tanto dos visitantes quanto dos idealizadores da proposta. Para eles “Como o papel do professor é sempre estimular o aluno a obter uma maior aprendizagem, acreditamos que uma didática diferenciada como esta, consegue ser, além de prazerosa, bem mais produtiva no processo de ensino e aprendizagem. Como futuros professores, percebemos que esse é o método que precisa ser introduzido no ambiente escolar, uma vez que a produção de conhecimento é indispensável para a aquisição de bons resultados” (Licenciando A).

Tardif (2014) afirma que o desenvolvimento dessas competências docente é um processo dinâmico instituído na própria ação. Como também que:

O professor possui competências, regras, recursos que são incorporados ao seu trabalho, mas sem que ele tenha, necessariamente, consciência explícita disso. Nesse sentido, o saber-fazer do professor parece ser mais amplo que o seu conhecimento discursivo. Por isso, uma teoria de ensino consistente não pode repousar exclusivamente sobre o discurso dos professores, sobre seus conhecimentos discursivos e sua consciência explícita. Ela deve registrar também as regularidades da ação dos atores, bem como as suas práticas objetivas, com todos os seus componentes corporais, sociais, etc. (Tardif, 2014, p. 213).

Na perspectiva de cooperação técnica, os acadêmicos reiteraram que o contato com profissionais da área fortaleceu a proposta e enriqueceu o conhecimento acerca das técnicas de Química Forense, dando subsídios para a execução da proposta pedagógica e atraindo elogios dos participantes.

“A realização dessa atividade através do PIBID mostrou para nós bolsistas que, o uso de estratégias de ensino não só torna o momento de construção do conhecimento mais atrativo, como também possibilita a produção e a apropriação dos saberes de uma forma mais qualificada, possibilitando-nos criar um ambiente de interação com novos profissionais. As pesquisas e a vivência com os peritos, de forma participativa, colaboraram com o esclarecimento de dúvida antes e durante o desenvolvimento da proposta, bem como se dispuseram a realizar exposição de seus utensílios de trabalhos na Mostra do PIBID” (Licenciando B).

Participar dessa iniciativa possibilitou aos futuros professores experimentar uma realidade de prática docente inovadora e criativa, dando-lhes condições de confirmar o valor de uma formação docente associada à prática pedagógica para a formação dos saberes docentes próprios da profissão, bem como para a afirmação da identidade docente, que será refletida nas ações futuras. Percebe-se o quanto o dinamismo do professor é importante no processo de ensino aprendizagem fazendo toda a diferença para o alcance dos resultados projetados. Além de contribuir para a compreensão do ensino como prática de intervenção e promoção.

Considerações Finais

A investigação criminalística, como espaço não formal de aprendizagem investigativa, contribuiu para promover e divulgar o conhecimento científico. De forma intersubjetiva, o público visitante da exposição foi levado a estimular o raciocínio e promover a reflexão crítica, individual e coletiva.

O envolvimento dos acadêmicos de licenciatura na proposta, desde a idealização, passando pelo planejamento, desenvolvimento e culminando com a exposição, enriqueceu seus percursos formativos consolidando os saberes emergentes da prática docente. Considerada desafiadora, a proposta favoreceu a integração de uma equipe comprometida, reforçando o caráter do trabalho coletivo e colaborativo, mediado pelo professor, consolidando conhecimentos já adquiridos, buscando a construção de novos conhecimentos e estreitando relações.

Agradecimento

À Capes e ao Instituto Federal de Educação.

Kiany Cavalcante (kiany@ifma.edu.br), doutora em Química, coordenadora do PIBID-Química e professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão. São Luís, MA – BR. **Francisco Sousa** (francisco_sousa@ifma.edu.br), especialista em Educação e professor do Instituto Federal de Educação,

Referências

ANDRÉ, M. Perspectivas inovadoras na formação. In: Práticas inovadoras na formação de professores. Campinas: Papyrus, 2016.

BOREAS, S. *Ensinando A Filosofar Com Bertrand Russell*. Aracaju: Voc3 Boreas Publicações Editora, 2016.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio. Disponível em, <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/>, acesso em abr. 2019.

BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica. Brasília: MEC, SEB, DICEI. 2013. Disponível em, <http://portal.mec.gov.br/docman/julho-2013-pdf/13677-diretrizes-educacao-basica-2013-pdf/file>, acesso em abr. 2019.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, SEMTEC. 2002. Disponível em, <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>, acesso em abr. 2019.

CALDAS, J.; LIMA, M. C. de e CRISPINO, L. C. B. Explorando História da Ciência na Amazônia: O Museu Interativo da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 38, n. 4, p. 4307, 2016.

CAVALCANTE, L. E. Competência, aprendizagem colaborativa e metodologias ativas no ensino superior. *Revista de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 4, n. 1, p. 57-65, 2018.

COCHRAN-SMITH, M. Learning and unlearning: the education of teacher educators. *Teaching and Teacher Education*, v. 19, n. 9, p. 5-28, 2003.

DIAS-FILHO, C. R., ANTEDOMENICO, E. A perícia criminal e a interdisciplinaridade no ensino de ciências naturais. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, p. 67-72, 2010.

FLEGG, R. B.; HUKINS, A. A. The measurement of a scientific attitude – curiosity. *Research in Science Education*, v. 3, n. 1, p. 69-74, 1973.

GONZATTIL, S. E. M.; BERGMANN, A. B.; MAGEDANZ, A.; MAMAN, A. S.; HERBER, J. Mostras científicas itinerantes como espaços de educação não formal: interações entre ensino e extensão. *Revista de Extensão da Unesc*, v. 2, n. 1, p. 7, 2017.

JÓFILI, Z. Piaget, Vygotsky, Freire e a construção do conhecimento na escola. *Educação: Teorias e Práticas*, v. 2, n. 2, p. 191-208, 2002.

JULIANO, M. S. da S.; RODRIGUES, S. H. B. G.; ANDRADE, L. B. S.; MELO, L. C. Teaching chemical equilibria: a contextualized scientific method and forensic chemistry class. *Journal of Laboratory Chemical Education*, v. 6, n. 5, p. 148-155, 2018.

KASSEBOEHMER, A. C.; HARTWIG, D. R.; FERREIRA, L. H. *Contém química 2: pensar, fazer e aprender pelo método investigativo*. São Carlos: Pedro & João, 2015. v.1

MARTINS, B. S. de M.; OLIVEIRA, M. F. de. *Química forense experimental*. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

MARTINS, V. P. N.; NUNES, F. B.; SANTOS, F. M.; VASCONCELOS, M. K.; CAVALCANTI, E. L. D.; WEBER, I. T.; RAZUCK, R. C. S. R. A próxima pista: Elaboração e construção de jogo utilizando a Química Forense. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 2, p. 39-46, 2016.

OLIVEIRA, C. L. Um apanhado teórico-conceitual sobre a pesquisa qualitativa: tipos, técnicas e características. *Revista Travessias, Cascavel*. v. 2, n. 3, p. 1-16, 2008.

OLIVEIRA, Marcelo Firmino de. Química Forense: a utilização da química na pesquisa de vestígios de sangue. *Química Nova na Escola*, n. 24, p.17-19, 2006.

OLIVEIRA, M. B. Formas de autonomia da ciência. *Scientia Studia*, v. 9, n. 3, p. 527-561. 2011.

PIAGET, J. Pensador: Jean Piaget. 2015. Disponível em, <http://pensador.uol.com.br/frase/NjQ2Nzgw/>, acesso em jan. 2019.

PIZZATO, M. C.; MARQUES, L. C.; ROCHA, P. DE S.; SOUZA, M. D. DE; ESCOTT, C. M.; HECK, J. X. Identificação de atitudes investigativa e científica: um estudo de caso em um ambiente interativo de aprendizagem. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 23, n. 3, p. 258-279, 2018.

RAO, D. B. *Scientific attitude, scientific aptitude and achievement*. Nova Delhi: Discovery Publishing, 2011.

ROSA, M. F.; SILVA, P. S.; GALVAN, F. B. Ciência Forense no Ensino de Química por Meio da Experimentação. *Química Nova na Escola*, v. 37, n. 1, p. 35-43, 2015.

ROMÃO, W.; SCHWAB, N. V.; BUENO, M. I. M. S.; SPARRAPAN, R.; EBERLIN, M. N.; MARTINY, A.; SABINO, B. D.; MALDANER, A. O. Química forense: perspectivas sobre novos métodos analíticos aplicados à documentoscopia, balística e drogas de abuso. *Química Nova*, 34(10), 1717-1728.

SAADAT, A. H. M.; ISLAM, M. S.; ISLAM, M. S.; PARVIN, F.; SULTANA, A. Desalination technologies for developing countries: a review. *Journal of Scientific Research*, v. 10, n. 1, p. 77-97, 2018.

SEBASTIANY, A. P.; PIZZATO, M. C.; DEL PINO, J. C.; SALGADO, T. D. M. A utilização da ciência forense e da investigação criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. *Educación Química*, v.24, n. 1, p. 49-56, 2013.

TARDIF, M. *Saberes docentes e formação profissional*. Petrópolis: Vozes, 2014.

ZABALA, A. *A Prática Educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZABALZA, M. *Diários de aula: um instrumento de pesquisa e desenvolvimento profissional*. Porto Alegre: Artmed. 2004.

Abstract: *Criminalistic investigation and forensic chemistry: non formal space for investigative learning.* This paper analyzed the contributions and inferences of a Criminal Investigation exhibition developed by undergraduate Chemistry students from a Federal Institute of Education and PIBID (Program of Initiation to Teaching) scholars, as an investigative methodological proposal to lead high school students to unveil a fictitious crime. autonomously. The construction of a non-formal and interactive space as an exhibition space, besides promoting scientific dissemination, allowed the students to develop investigative attitudes dynamically, analyzing cryptic text, crime scene and expert reports, containing Forensic Chemistry investigations. The pedagogical strategy also positively impacted the initial formation process of future Chemistry teachers, mobilizing their own cognitive process, enhancing and conceiving the concepts of Forensic Chemistry, through research, dialogue and experience with professionals in the field.

Keywords: forensic science, research methodology, teacher training



Química Experimental e a Lei 10.639/2003: a inserção da história e cultura africana e afro-brasileira no ensino de Química¹

**Antonio C. B. Alvino, Marilene B. Moreira, Geisa L. M. Lima, Aliny G. Silva, Arcanjo R. Moura e
Anna M. C. Benite**

O presente artigo é fruto do planejamento e desenvolvimento de uma disciplina criada para discutir as transformações da matéria e implementar a Lei n. 10.639/2003. O objetivo do trabalho foi conceber, planejar e desenvolver uma estratégia de ensino de química que contemple a heterogeneidade do saber em acordo com a perspectiva da Lei 10.639/2003. O estudo baseia-se em ensinar química a partir das contribuições epistêmicas afro-brasileiras e africanas. Esta é uma pesquisa participante da qual fizeram parte trinta estudantes do Ensino Médio. Os resultados empíricos dizem respeito a síntese do sabão, à química dos sabões e detergentes, aos conceitos de forças intermoleculares e tensão superficial no contexto da religiosidade afro-brasileira. Nossos resultados apontam que os estudantes compreenderam o conhecimento científico em questão: a química.

► Lei 10.639/03. pesquisa participante, química experimental ◀

Recebido em 15/02/2019, aceito em 04/07/2019

136

O presente artigo apresenta uma iniciativa de implementação da Lei 10.639/2003 (alterada pela Lei 11.645/2008ⁱⁱ) no Ensino de Química. Essa lei tornou obrigatórios o ensino de história e cultura dos afro-brasileiros e africanos no Ensino Fundamental e Médio das instituições públicas e privadas do País, alterando a Lei 9.394/1996 (LDBEN) e inserindo os artigos 26A e 79B (Brasil, 2003). A Lei 10.639/2003 é regulamentada pelo Parecer CNE/CP 03/2004 (Brasil, 2004) e pela Resolução CNE/CP 01/2004 (Brasil, 2004).

Segundo Gonçalves e Silva (2000), o Estado brasileiro tem sido omissivo com a educação de negros/as. A ausência de políticas educacionais visando promover a educação de crianças negras motivou a população negra a se organizar e cobrar do Estado medidas que incluíssem os/as negros/as no projeto educacional da nação (Gomes, 2012). Nesse

sentido, surgiram, dentre outras, importantes organizações, como a Frente Negra Brasileira, o Teatro Experimental do Negro e o Movimento Negro Unificado. Por meio dessas organizações, os/as negros/as reagiram contra a situação da

política educacional precária e o abandono em que se encontravam.

Segundo Gomes (2012, 2017), essas cobranças do movimento negro culminaram na criação da Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade (SECAD), em 2004.

Em 2003, o governo do Partido dos Trabalhadores já havia criado a Secretaria de Políticas de Promoção da Igualdade Racial (SEPPIR) e promulgado a Lei 10.639/2003. Essas políticas buscaram reduzir as desigualdades existentes entre negros/as e brancos/as no campo educacional.

Embora as desigualdades educacionais entre negros/as e brancos/as tenham sido reduzidas nos últimos anos (2000-2018), ainda convivemos com uma enorme discrepância, sendo negros/as a maior parte dos estudantes fora da escola na faixa de 7 a 14 anos (Carreira, 2013; Silva e Goes, 2013).

A ausência de políticas educacionais visando promover a educação de crianças negras motivou a população negra a se organizar e cobrar do Estado medidas que incluíssem os/as negros/as no projeto educacional da nação (Gomes, 2012).

A seção "Relatos de Sala de Aula" socializa experiências e construções vivenciadas nas aulas de Química ou a elas relacionadas.

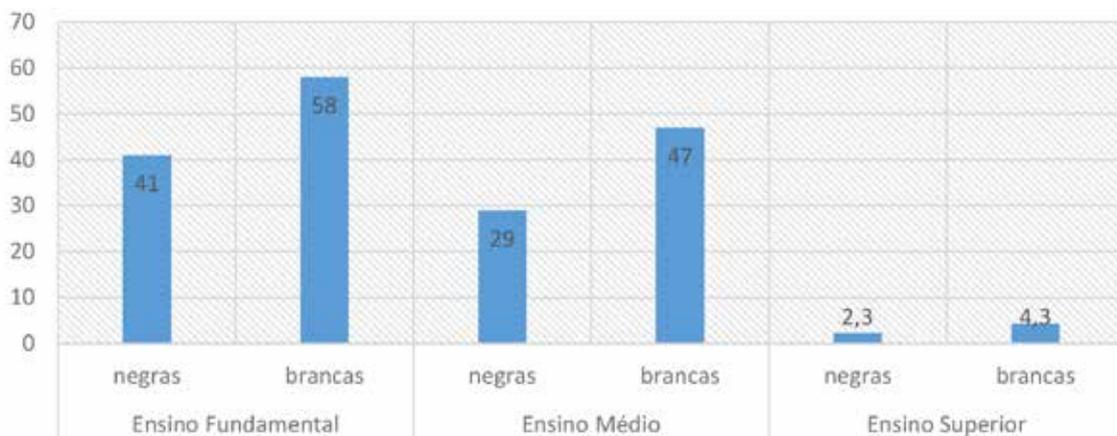


Figura 1: Percentual de concluintes do Ensino Fundamental, Médio e Superior em relação à cor/raça (2010). Fonte: IPEA (Brasil, 2013, 2013b).

A Figura 1 sintetiza o cenário das populações branca e negra na educação.

Pode-se observar, no Gráfico 1, que 58% dos/as adolescentes brancos/as que estão na faixa etária de 15 a 17 anos concluíram o Ensino Fundamental. Porém, apenas 41% dos/as adolescentes negros/as que estão na mesma faixa de idade concluíram a primeira fase da educação básica. Os dados oficiais destacam, também, que a evasão escolar aumenta no Ensino Médio, pois o índice de adolescentes e jovens brancos/as com idade entre 18 e 19 anos que concluíram o Ensino Médio era de apenas 47%. Para os/as adolescentes e jovens negros/as na mesma idade a evasão escolar é ainda maior, pois a porcentagem de alunos/as negros/as que concluíram essa fase do ensino é de apenas 29% (Carreira, 2013).

A baixa representatividade da população negra nos materiais didáticos e paradidáticos, as ações docentes/discentes racistas e um currículo eurocêntrico são fatores que potencializam a evasão escolar desse grupo (Marçal, 2012; Silva, 2004). A escola tem se mostrado uma atmosfera hostil para estudantes negros/as, uma vez que representa seus signos culturais apenas em papéis subalternizados, sem protagonismo ou de forma pejorativa (Gomes, 2003). O currículo não é apenas um documento que apresenta uma lista de conteúdos, mas um documento legal, político e ideológico que orientará os membros de uma sociedade em dado momento histórico (Gomes, 2012).

Nesse contexto, inserir a Lei 10.639/2003 no currículo escolar é combater o preconceito, o racismo e a xenofobia (Munanga, 2015). Assim, urge a necessidade de implementar práticas pedagógicas que superem as desigualdades educacionais entre negros/as e brancos/as. O objetivo é realizar um deslocamento epistêmico do currículo em ação, ensinando química a partir de contribuições científicas africanas e afro-brasileiras, ou seja, implementando a Lei 10.639/2003 no ensino de química.

Sobre o percurso metodológico

Esta investigação apresenta elementos de uma pesquisa participante em que um grupo, visando a análise e a intervenção social, busca promover a emancipação daqueles que estão socialmente excluídos (Le Boterf, 1984). Segundo Melo *et al.* (2010) a pesquisa participante está comprometida em formar cidadãos capazes de transformar sua realidade. Desse

modo, a pesquisa participante tem a pretensão de que determinado grupo possa pensar sobre sua condição e intervenção na sociedade (Cunha e Latini, 2014; Jacques e Oliveira, 2014). O enfoque participante é um instrumento utilizado pela comunidade para produzir conhecimento (Strek, 2016).

De acordo com Brandão e Borges (2007), há diferentes correntes teóricas e modelos para desenvolver uma pesquisa participante, portanto, não existe um único horizonte para participação. A participação, aqui, se dá por duas posições legítimas: a investigação parte de uma experiência idealizada por um grupo de negros/as (professora formadora, professora do ensino básico, professor em formação continuada, professores e professoras em formação inicial). Importante destacar que essas pessoas estão inseridas nessa comunidade como sujeitos sociais e também como seus professores/as e pesquisadores/as.

De acordo com Le Boterf (1984), a pesquisa participante passa por quatro fases. A primeira delas é a identificação das necessidades de um grupo; a segunda fase trata da montagem das estratégias; a terceira, captação de recursos; e a quarta e última etapa procura soluções para os problemas identificados. Como pode ser observado no Quadro 1, esta pesquisa foi desenvolvida em quatro fases segundo a metodologia consolidada para pesquisa participante.

Os dados empíricos foram coletados em uma disciplina intitulada Química Experimental, instituída em forma de uma parceria entre um colégio público federal de uma capital brasileira e um laboratório de pesquisa de uma universidade

A baixa representatividade da população negra nos materiais didáticos e paradidáticos, as ações docentes/discentes racistas e um currículo eurocêntrico são fatores que potencializam a evasão escolar desse grupo (Marçal, 2012; Silva, 2004).

Quadro 1: Os passos da Investigação - Fases da pesquisa participante

Etapas da pesquisa	Objetivos	Instruções operacionais
Primeira: montagem institucional e metodológica.	Promovemos reuniões e discussões entre os participantes da investigação em 2014 com o objetivo de: - definir o local de trabalho; - diagnosticar a estrutura do grupo social em que seria desenvolvida a pesquisa; - elaborar o cronograma de pesquisa.	Caracterização do grupo social (alunos e professor em formação inicial, caracterização social, escolar e de autodeclararão). Caracterização do conteúdo a ser explorado na disciplina (conteúdo a ser ensinado e seu grau de dificuldade).
Segunda: estudo preliminar da região e da população envolvida.	Nesta fase, os sujeitos da pesquisa se reuniram no <i>locus</i> da investigação com o objetivo de: - desenvolver o método de trabalho (ensino) a ser adotado em cada aula; - selecionar os temas (conteúdos) das aulas; - elaborar o plano trabalho (plano de aula): I) Ciclo da mineração; II) Ciclo da cana-de-açúcar; III) Ciclo do café.	Nesta etapa, a inserção da professora (pesquisadora) da instituição no grupo foi fundamental para a aproximação da comunidade a ser investigada pelos demais pesquisadores. Isso facilitou, também, o contato dos pesquisadores com os demais membros da pesquisa e o planejamento dos trabalhos pedagógicos, uma vez que esta conhecia a comunidade e sabia como poderia intervir na realidade dos participantes.
Terceira: análise crítica dos tópicos considerados prioritários e que os participantes desejam estudar.	Desenvolvimento das intervenções pedagógicas conforme os eixos temáticos, com o objetivo de: - Orientar os participantes da pesquisa, entender, identificar as raízes e as causas dos problemas sociorraciais e apontar as possibilidades de soluções para os problemas; - Levantar os estudantes a fazer uma análise crítica de seus problemas sociorraciais; - Auxiliar os participantes da pesquisa (estudantes) a questionarem suas próprias condições subjetivas. - Resgatar a memória individual e coletiva dos povos colonizados (colombiano e africano) e historicamente marginalizados.	Planejamento das intervenções pedagógicas.
Quarta: programação e desenvolvimento de um plano de ação.	- Estabelecer uma relação entre a educação e a realidade construída dos colonizados; - Buscar soluções coletivas aos problemas enfrentados pelos membros desses grupos sociais; - Desenvolver uma ação pedagógica em consonância com a realidade social dos estudantes; - Promover a produção coletiva de conhecimento, rompendo com o monopólio do saber e da informação.	Nesta etapa, os recursos educacionais são utilizados como ferramenta para despertar o senso crítico dos estudantes e mostrar diferentes formas de construção do conhecimento.

pública. Dois critérios foram determinantes para a escolha da instituição pública de ensino para o desenvolvimento da pesquisa: o primeiro foi baseado no fato do colégio ser uma unidade da universidade e também parceira do laboratório de pesquisa. O segundo se deve à estrutura física da instituição de ensino, que é adequada para o desenvolvimento de atividades de laboratório com segurança, uma vez que a atividade experimental faz parte do projeto de ensino.

Neste artigo apresentamos os discursos construídos entre 8 professores e 30 estudantes da 1ª, 2ª e 3ª séries do Ensino Médio, com idades entre 12 e 17 anos, registrados em áudio

e vídeo. Neste texto, por uma escolha metodológica, traremos resultados de apenas uma Intervenção Pedagógica (IP) – a IP 4 –, que versou sobre o estudo da religiosidade, origem e produção do sabão de cinzas ou sabão da costa, comumente utilizado na purificação do corpo nas religiões de matriz africana, candomblé (Gorski, 2012; Motta, 1998).

As intervenções foram realizadas com leituras de textos de apoio, discussões sobre os temas e execução do guia experimental (Material Instrucionalⁱⁱⁱ). Assim, antes das atividades práticas, os estudantes realizavam a leitura do material instrucional, com o objetivo de subsidiar os discentes

na interpretação dos fenômenos observados e problematizar a temática.

Todas as nossas aulas (intervenções) foram gravadas em áudio e vídeo com o auxílio de uma câmera digital, posteriormente transcritas e analisadas segundo o referencial teórico da análise da conversação. A conversação é a prática social mais utilizada como forma de comunicação entre as pessoas (Marcuschi, 2003), sendo “o mais importante instrumento social que o professor e os/as alunos/as utilizam para estruturarem o desenvolvimento das ideias” (Mortimer, 2000, p. 33).

Assim, a linguagem é o instrumento do qual os professores se apropriam para controlar o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. É através dos processos conversacionais que ambos compartilham e constroem o conhecimento em sala de aula. É nesse intercâmbio entre aluno-professor que os discentes se desenvolvem, já que o docente é o representante legítimo da cultura científica nessa relação: o docente “lidera as discussões com toda a classe” (Mortimer e Scott, 2002, p. 284) e tem a função de tornar a sala de aula um ambiente propício para promover o desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

[...] a linguagem é o instrumento do qual os professores se apropriam para controlar o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. É através dos processos conversacionais que ambos compartilham e constroem o conhecimento em sala de aula.

O planejamento da disciplina Química Experimental: a educação para relações étnico-raciais

Desde que a Lei 10.639/2003 foi promulgada, muito tem sido debatido sobre formas e possibilidades de sua implementação no ensino. Nos últimos 17 anos, houve vários incentivos dos Governos Federal, Estaduais e Municipais para a produção de materiais bibliográficos, didáticos e paradidáticos que auxiliassem professores e professoras em suas práticas pedagógicas. Porém, ainda são incipientes as iniciativas para a inserção do conteúdo da Lei 10.639/2003, do Parecer CNE/CP 03/2004 e da Resolução CNE/CP 01/2004 no Ensino de Ciências.

O Laboratório de Pesquisas em Educação Química e Inclusão - LPEQI, desde 2009, tem investido no desenvolvimento de pesquisas a respeito da temática racial, de maneira a inserir essa Lei no ensino de Química, promovendo o deslocamento epistêmico (apresentando uma visão contra-hegemônica de conhecimento) do currículo (Benite *et al.*,

2012; Benite *et al.*, 2016; Benite *et al.*, 2017). A disciplina Química Experimental é um exemplo das iniciativas desse Laboratório para promover a equidade, e pertence ao núcleo acessório (optativa) integrante do componente curricular de um Colégio Público. Ela possui carga horária de 40 horas semestrais (descrita no Quadro 2), e é oferecida dentro da temática étnico-racial.

A disciplina Química Experimental foi desenvolvida por um aluno de pós-graduação, em parceria com uma professora da educação básica (docente do Colégio) e com a participação de seis alunos e alunas de iniciação científica (ICs), bolsistas do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid). Os/as alunos/as do Pibid também foram responsáveis pelo apoio pedagógico da disciplina na forma de monitoria, com atuações voltadas, principalmente, para tirar dúvidas sobre o conteúdo estudado na disciplina. A avaliação foi realizada de forma processual (contínua), através de atividades semanais e participação nas aulas.

As aulas foram orientadas através da leitura do material instrucional, dividido em sete unidades, conforme pode ser observado no mapa de atividades, apresentado no Quadro 3, no qual se mostra como foram elaboradas as Intervenções Pedagógicas (IP). Essas IPs envolveram um tema, uma contextualização/abordagem cultural (deslocamento epistêmico) e o conteúdo/abordagem conceitual relacionados a uma atividade prática.

Nas IPs 1 e 2 foram estudados os ciclos da mineração no Brasil Colônia. Na IP 3, o ciclo da cana-de-açúcar, a produção experimental da rapadura, do açúcar mascavo e da cachaça, tendo sido realizada a construção do bafômetro (etilômetro). No desenvolvimento da IP 4, a temática foi a religiosidade afro-brasileira e a produção experimental do sabão de cinzas (artesanal) e industrial. Já na IP 5, foram discutidos os valores civilizatórios afro-brasileiros: ancestralidade, oralidade, ludicidade, circularidade e o óleo de dendê, o aquecimento global e a produção de biocombustíveis. A IP 6 debateu o ciclo do café no Brasil, a extração da cafeína a partir de produtos naturais e as ideologias raciais do século XIX (ideologia do branqueamento). Na IP 7, foi explorado o papel da experimentação no Ensino de Química.

Quadro 2: Ementa da disciplina Química Experimental

Área de Conhecimento	Tipo	Carga Horária Semestral
Ensino de Química	Teoria – Prática	40 horas
Ementa	Estudo dos ciclos do desenvolvimento (mineração, cana-de-açúcar, café) do Brasil Colônia e Imperial e as contribuições da comunidade afro-brasileira para o desenvolvimento da Química. Estudo da religiosidade e a síntese do sabão. Estudo dos valores civilizatórios da comunidade africana e a síntese do biodiesel, o comportamento da pimenta atarê e o estudo da tensão superficial.	
Conteúdo Programático	Sínteses: da Ferrita, do Sabão, do Biodiesel; Tensão Superficial; Reação de Oxirredução; Formação de Cristais; Extração de produtos naturais (Extração da Cafeína), etc.	

Unidades temáticas	Abordagem conceitual – conhecimento químico	Abordagem cultural	Atividade experimental e avaliação
IP 1 - Tema 1: A história da mineração – Ciclo da mineração no Brasil Colônia e a síntese da nanopartícula de ferrita.	1) Química na siderurgia: materiais e propriedades das substâncias; 2) Propriedades químicas e físicas: paramagnetismo e diamagnetismo; 3) Misturas: métodos de separação e composição; 4) Eletrólise; 5) Sólidos, líquidos e gases: propriedades gerais.	Contribuições históricas dos diferentes povos no desenvolvimento científico da Química.	Síntese da ferrita. Avaliação.
IP 4 - Tema 2: Estudo da religiosidade e a origem da produção do sabão.	1) Termoquímica: reações exotérmicas e endotérmicas; 2) Reação de saponificação (hidrólise alcalina): sabões e detergentes; 3) Espontaneidade de uma reação; 4) Química na higiene; 5) Tensão superficial.	Importância do sabão para religiões de matriz africana.	Síntese do sabão. Tensão superficial. Avaliação.
IP 5 - Tema 3: Valores civilizatórios afro-brasileiros: ancestralidade, oralidade, ludicidade, circularidade e o óleo de Dendê.	1) Sínteses orgânicas: síntese do biodiesel. 2) Termoquímica; 3) Cinética química: teoria das colisões, fatores determinantes da velocidade de reação, energia de ativação e catalisadores; 4) Química e meio ambiente: poluição; 5) Poluição dos efluentes: pH, ácidos e bases de Arrhenius; Bronsted-Lowry e Lewis.	Valores civilizatórios afro-brasileiros: ancestralidade, oralidade, ludicidade, circularidade e o óleo de dendê.	Síntese do biodiesel. Avaliação.

A IP4 foi desenvolvida nos dias 13 e 20 de setembro e 10 de outubro de 2014^{iv}. O tema dessas aulas foi a síntese do sabão de cinzas. Esse assunto foi escolhido porque em muitas localidades do Brasil é comum encontrar pessoas que produzem esse tipo de sabão (Pinheiro e Giordan, 2010) e o usam, inclusive, em processo de purificação do corpo em cerimônias religiosas de matriz africana. Desse modo, o contexto para a implementação da Lei 10.639/2003 foi a religiosidade de matriz africana.

Na produção do sabão de cinzas utilizam-se gordura animal (toucinho e gordura bovina) e cinzas de madeira. Esses ingredientes (reagentes) foram aquecidos por um período de uma a duas horas, para que ocorresse a reação de saponificação. Esse processo é similar ao utilizado na produção de

sabão industrial, mas, neste caso, as cinzas são substituídas por hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH), conforme representado na Figura 2.

Embora existam semelhanças entre a produção do sabão industrial e o sabão de cinzas, não é fácil reproduzir a síntese do sabão de cinzas em aulas práticas. A principal dificuldade é a falta de literatura, de artigos, roteiros e livros que guiem a produção do sabão de cinzas (Pinheiro e Giordan, 2010). Isto é, esses conhecimentos não são encontrados nos meios acadêmicos e estão, majoritariamente, sob o domínio de comunidades tradicionais.

De acordo com Pinheiro e Giordan (2010), a qualidade das cinzas depende do tipo de madeira, uma vez que algumas madeiras apresentam maior concentração de carbonato de

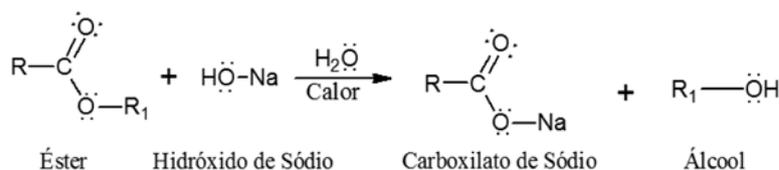


Figura 2: Hidrólise de um éster promovido por uma base.

potássio (potassa) que outras. As cinzas com baixa concentração de potassa podem ser inadequadas para a produção do sabão, pois é possível que não ocorra a reação de hidrólise básica. Um dos objetivos da aula era realizar a síntese do sabão de cinzas e, para isso, foi elaborado um guia experimental para orientar as ações dos/as discentes durante a atividade prática. O Quadro 4 ilustra o roteiro experimental.

Em sala de aula, os/as alunos/as foram divididos/as em quatro grupos de oito estudantes e cada grupo recebeu um roteiro experimental. Em seguida os/as estudantes começaram o procedimento para produção do sabão de cinzas, que consiste em aquecer o extrato de cinzas juntamente com 200 mL de gordura de porco. O aquecimento foi monitorado pelos discentes durante uma hora e quarenta minutos, até a formação de uma pasta bastante viscosa, de cor amarelada, quimicamente chamada de sal de éster e popularmente conhecida como sabão.

O sabão está entre as tecnologias importadas pelo Brasil do continente africano (Cunha Júnior, 2010; Santos, 2013). Os egípcios, os fenícios e outras civilizações do mediterrâneo estão entre as primeiras sociedades que produziram e comercializaram o sabão. Os povos dessa região obtinham os reagentes (hidróxido e carbonatos de sódio e potássio) de fontes minerais. Os africanos do centro do continente os conseguiam a partir das cinzas da madeira. Esse foi também um processo muito utilizado pelos fenícios e pelos povos do nordeste do Mediterrâneo, que utilizaram as cinzas de plantas marinhas (com um grande percentual de carbonato de potássio) (Cunha Júnior, 2010).

A tecnologia de obtenção do sabão oportunizou o processo de higienização dos corpos, removendo deles sujeiras e microrganismos e evitando, assim, o avanço de surtos epidêmicos que afetaram severamente o Brasil até meados do século XIX. A maior causa dessas epidemias foram as

precárias condições de vida e a falta de higienização adequada (Santos, 2013).

No passado, o sabão foi largamente utilizado na higiene pessoal e em atividades terapêuticas, na prevenção de doenças. Além dessas funções, também era utilizado para fins litúrgicos. Em algumas religiões o sabão tem um significado místico (Gorski, 2012). Os adeptos do candomblé utilizam o sabão da costa na purificação dos corpos em cerimônias de iniciação religiosa (Gorski, 2012; Motta, 1998). Nesse

processo se usa uma mistura de água, sabão e folhas específicas para banhar o iniciante.

O sabão utilizado nessas cerimônias é produzido a partir das cinzas obtidas no próprio terreiro e não tem outros aditivos (diferen-

te, portanto, dos produtos industrializados). Para discutir o uso de sabões em religiões de matriz africana convidamos uma pesquisadora, doutora em química (com formação em bioinorgânica e pertencente ao candomblé). O Extrato 1 traz um trecho do discurso da pesquisadora.

As cinzas com baixa concentração de potassa podem ser inadequadas para a produção do sabão, pois é possível que não ocorra a reação de hidrólise básica.

Análise das intervenções pedagógicas

Apresentamos, a partir daqui, extratos dos discursos produzidos na disciplina.

Extrato 1: O papel do sabão da costa no terreiro de candomblé.

- PF1:** Então, meninos, sou a PF1. Eu sou bioinorgânica medicinal, sou professora do Instituto de Química. E o que eu vim fazer aqui hoje? A aula de vocês vai tratar sobre a produção do sabão. E como a disciplina tem um recorte [epistêmico] de matriz africana, eu vim falar para vocês o significado do sabão nas [religiões] de matriz africana.
- PF1:** Qual a religião de vocês?

Quadro 4: Guia experimental: síntese do sabão de cinzas

Objetivo	Preparação e obtenção do sabão de cinzas a partir do extrato de cinzas, uma solução aquosa de carbonatos de potássio (K_2CO_3), carbonatos de cálcio ($CaCO_3$), hidróxido de potássio (KOH) e hidróxido de sódio (NaOH).
Materiais (equipamentos, vidrarias e reagentes)	
Equipamentos	Garra, tela de amianto, capela, banho-maria, suporte metálico, espátula, termômetro e balança analítica.
Vidraria	Panela de metal (ferro), bastão de vidro, tubos de ensaio, provetas de 50 e 200 mL, béqueres de 100 e 250 mL e vidros com tampa para guardar o produto (sabão).
Reagentes	Cloreto de sódio (NaCl), uma solução de extrato de cinzas, hidróxido de sódio (NaOH), hidróxido de potássio (KOH), carbonato de sódio (Na_2CO_3), carbonato de potássio (K_2CO_3), carbonato de cálcio ($CaCO_3$), etanol (C_2H_6O).
Procedimento experimental	Para obter o soro das cinzas, utilize uma garrafa pet com vários furos, semelhante a um filtro, e coloque as cinzas de madeira na garrafa. Em seguida, lave com água de 2 a 3 vezes, recolha a solução obtida da lavagem e descarte o filtrado. Em um béquer de 500 mL, aqueça 200 mL de gordura de porco. Mantenha a solução sob aquecimento e, em certos intervalos de tempo, adicione mais extrato de cinzas até a transformação em um sólido - gordura em sabão. Em seguida, transfira o sólido ainda quente para o recipiente no qual será armazenado o produto da reação.

3. **A1:** Católico.
4. **A2:** Cristão.
5. **PF1:** [...]. Nas religiões de matriz africana o corpo tem significado próprio. O candomblé é uma religião monoteísta que cultua Orunmilá. Então a gente vai falar um pouco sobre isso, em como o sabão é importante para a higiene, mas não só para limpeza corporal, mas como também a sua utilização [para purificação do corpo]. Esse sabão é preparado através de cinzas que são produzidas também nos terreiros. Esse sabão é preparado sem aditivos, emolientes e essências. É o sabão conhecido como sabão de quadra.
6. **PF1:** Vou mostrar para vocês, essa aqui é uma bonequinha [a professora mostra uma boneca que representa uma Orixá] como símbolo de matriz africana. Quando eu falo de religião de matriz africana vocês têm ideia do que eu estou falando?
7. **A1:** Candomblé e Umbanda.
8. **A1:** Atualmente só conheço essas duas.
9. **PF1:** A umbanda é uma religião, nasce do sincretismo entre o catolicismo e a religião de matriz africana, o candomblé, ela surge a partir de escravizados que chegaram até aqui. Para a religião [matriz africana] candomblé não existe céu e inferno, por isso não existe a demonização, vocês que são religiosos sabem que a religião é uma forma de organização política. Então, quando nos reunimos nas nossas organizações, estamos deliberando, compartilhando alguns valores como uma maneira de organização. Então a maneira para desorganizar os escravizados no Brasil foi demonizar sua religião. Cria-se todo um preconceito em torno disso, com sua religião demonizada e desarticula-se toda uma cultura.
10. **PF1:** Então a religião de matriz africana funciona dessa maneira: há um Deus criador de todas as coisas e suas manifestações - e quais manifestações seriam essas? O que Deus nos ofereceu em forma de Natureza, os orixás/inquices/voduncis fazem essa mesma leitura como aqui [mostrando a imagem de uma boneca]. Esse orixá simboliza o vento - veja a roupa dele balançando, ele não tem cara porque não é uma personificação. Enfim, essa outra chamada Nana, simboliza a terra.
11. **PF1:** O sabão é importante para a comunidade, pois ela se organiza não somente pela religião, mas sim como uma estrutura social. Ela se organiza a partir do respeito aos mais velhos e, dentro de uma comunidade, geralmente ele é o líder religioso, é ele quem ensina sobre a ancestralidade, pois ele é mais velho, o que ensina e veio antes de você e o respeito pela religião está associado a isso também. E outra coisa: o sabão é usado para o banho e também para o preparo

A participação da pesquisadora foi uma iniciativa para desconstruir os preconceitos a respeito das religiões, em especial sobre as religiões de matriz africana.

dos alimentos, para a lavagem de roupas e utensílios usados nos terreiros. E porque esse sabão não possui nenhum aditivo? Porque essas comunidades são autossustentáveis, criam e plantam seu próprio alimento. Vocês já devem ter ouvido falar disso, quando se fala: “Ah! Eu sou do candomblé”.

12. **A1:** Uma galinha preta! [Risos].
13. **PF1:** Isso mesmo, uma galinha!
14. **PF1:** [...]. E dentro dessas religiões a comida é muito importante. O ato de cozinhar é sagrado, planta-se tudo que se colhe. Tudo se cozinha ali e com o resto das cinzas do fogão de lenha se faz o sabão, que tem uma função muito importante para a manutenção dessas comunidades.
15. **PF1:** Existe muito preconceito em torno das religiões de matriz africana.

A participação da pesquisadora foi uma iniciativa para desconstruir os preconceitos a respeito das religiões, em especial sobre as religiões de matriz africana. Pode-se perceber, nesse extrato, que um discente participa da comunicação citando o termo ‘galinha preta’ e é sabido não ser muito difícil encontrar pessoas que usam essa expressão para desqualificar essas religiões.

Salientamos que a cosmologia afro-brasileira incorpora a matança de animais em muitos de seus rituais litúrgicos.

De acordo com Motta (1998), os animais utilizados nos rituais são servidos em banquetes nas cerimônias que cultuam os Orixás, conforme esclarecido pela PF1. Porém, não são apenas animais que são servidos nos banquetes,

mas também frutos, bebidas, sucos e bolos. O tipo de comida servida depende do Orixá que está sendo cultuado na cerimônia. Além disso, nas religiões de matriz africana não há separação entre o corpo e o espírito, conforme esclarecido pela professora PF1 no Extrato 1. Desse modo, alimentar o corpo através do banquete significa fortalecer e alimentar o próprio Orixá cultuado na cerimônia (Motta, 1998).

Conforme a fala de PF1, o sabão da costa (ou de quadra) é utilizado em rituais de candomblé, sendo obtido a partir das cinzas produzidas no próprio terreiro. É um sabão rico em sais de potássio e, então, mais suave ao entrar em contato com pele, sem degradá-la, ao contrário do sabão comercial usual, obtido a partir de uma mistura de hidróxido de sódio com ácidos graxos. Os membros dessa comunidade utilizam apenas o que a Natureza lhes oferece; não pode haver uma exploração ou destruição da Natureza, pois é através dela que acontece o contato com o sagrado. Sem Natureza, não há Orixá (Santos, 2013).

O sabão da costa é usado para limpeza e purificação dos terreiros, isto é, limpeza dos locais. Nesse caso, exploramos as propriedades físicas e químicas dos sabões na higienização dos corpos e espaços físicos. No Extrato 2 apresentamos

resultados da discussão dos/das alunos/as sobre os conceitos químicos envolvidos no processo de higienização dos corpos e espaços.

Extrato 2: Sobre o sabão de cinzas e o ensino de química.

1. **PF3:** [...] Vocês sabem o que é tensão superficial? [...].
2. **A3:** É aquela camada que forma sobre a água devido à força entre as moléculas semelhantes.
3. **A3:** Acho que não é com relação a líquidos.
4. **A3:** Uai, é ela que faz ficar naquele formato, ela cria aquela superfície aqui, isso que não faz ela ficar espalhada.
5. **A5:** Força.
6. **PF4:** Força?
7. **A6:** Força da superfície.
8. **A7:** Ela equilibra essa interface ar e líquido.
9. **PF4:** O que significa essas setas, gente? [O modelo de interação entre as partículas].
10. **A8:** Forças de Interação.
11. **A9:** A tensão superficial também é responsável pelo efeito da capilaridade, formação de gotas e bolhas, e imiscibilidade entre líquidos.
12. **A10:** É verdade, a tensão superficial também é responsável pelo efeito da capilaridade, formação de gotas e bolhas e imiscibilidade ou insolubilidade entre líquidos.
13. **A12:** O negocinho da água tem uma película.
14. **A12:** É o equilíbrio das forças que ocorre na interface das duas fases ar/líquido.

Mortimer e Carvalho (1996) acreditam que é nos processos conversacionais entre alunos e professores que se constrói o conhecimento em sala de aula. Essa dinâmica está presente no Extrato 2, no turno 1, quando a professora PF3 convoca os estudantes para entrarem na discussão sobre o tema ‘tensão superficial’. Nos turnos 2, 3 e 5, os estudantes A3 e A5 elaboram suas compreensões sobre o fenômeno da tensão superficial: A3 menciona que a tensão superficial é responsável por manter as moléculas unidas, enquanto A5 afirma que é uma relação de forças. Ainda que as respostas dos alunos não estivessem erradas, PF4 (turno 6) produz a contra palavra, como forma do professor conduzir os estudantes ao conceito científico.

Os alunos demonstram, em suas falas, que entenderam os fatores que culminam no fenômeno da *tensão superficial*. Porém, seus diálogos são insuficientes para constatar se realmente conseguiram aprender o conceito, lembrando que a tensão superficial ocorre entre duas fases da matéria (ar/líquido). É uma propriedade determinada pelas forças de coesão entre partículas semelhantes quando as moléculas da superfície de um líquido são atraídas pelas moléculas

que estão no interior do líquido, levando ao desequilíbrio de forças e formando uma fina película na superfície dos líquidos (Atkins e Jones, 2006).

Nos diálogos dos estudantes A6 (turno 7) e A7 (turno 8), percebemos que houve a apropriação conceitual, pois eles elaboraram uma justificativa para o fenômeno da tensão superficial a partir do estabelecimento de relações conceituais que consideram que forças de superfície equilibram a interface entre ar-líquido, formando uma fina película sobre a água. Através da interação professor-alunos, nos parece haver a compreensão do significado químico do conceito de tensão superficial.

Para Mortimer *et al.* (2000), o conhecimento químico pode ser compreendido em três níveis: fenomenológico (F), teórico (T) e representacional (R). Há uma íntima interrelação entre os níveis de conhecimento, sendo preciso que os estudantes compreendam os três níveis e estabeleçam a relação entre eles. Porém, tradicionalmente as escolas privilegiam os modelos teóricos e quase não exploram as relações F-T-R. Isso faz com que os estudantes adotem o conhecimento científico como único e verdadeiro (Machado, 2004).

No turno 9, PF4 aponta para uma figura que representa as interações entre as moléculas de águas e que causam o fenômeno da tensão superficial; são representadas por setas vetoriais significando as interações intermoleculares entre as partículas de água. Essas interações entre as partículas de um líquido são responsáveis por gerar a tensão superficial. No turno 10, o estudante A8 reconhece que tais forças de interação são causadoras de tal fenômeno, demonstrando ter compreendido o conceito de tensão superficial.

No turno 14, A12 conclui que a tensão superficial é consequência das forças de interação existentes entre as partículas. Essas forças geram o equilíbrio entre a interface ar-líquido, originando o fenômeno tensão superficial. Esses resultados mostram que os estudantes conseguiram elaborar explicações conceituais para o modelo de tensão superficial e que o professor os conduziu para que houvesse o aprendizado de conceitos químicos.

O conhecimento científico ensinado nas escolas é constituído por um conjunto de linguagem própria, denominada de linguagem científica (Mortimer, 2000). “Essa linguagem tem uma estrutura sintática e discursiva própria e faz uso de um léxico específico, que a distingue da linguagem cotidiana” (Mortimer e Braga, 2003, p. 57). Um dos passos essenciais para que os estudantes entendam a mensagem repassada pelos professores passa pelo processo de incorporação da linguagem científica.

Assim “aprender ciência envolve aprender falar ciência” (Mortimer e Scott, 2002, p. 285). O ensino de ciência deve ser estruturado de forma a promover a alfabetização científica dos estudantes; ensinar ciência é considerado um

Os alunos demonstram, em suas falas, que entenderam os fatores que culminam no fenômeno da *tensão superficial*. Porém, seus diálogos são insuficientes para constatar se realmente conseguiram aprender o conceito, lembrando que a tensão superficial ocorre entre duas fases da matéria (ar/líquido).

processo de “enculturação” dos sujeitos (Mortimer, 2000). Para Mortimer e Braga (2003), não basta somente dominar a linguagem científica, mas também aprender a dar significado aos signos da cultura científica, isto é, aprender a decifrar os seus códigos e símbolos linguísticos.

Aprender ciência implica aprender o vocabulário científico, a alfabetização científica. Nesse contexto, apresentamos, no Extrato 3, trechos que mostram como os estudantes se apropriam da linguagem científica, lembrando que a palavra está sempre relacionada a uma forma mais complexa de pensamento (Vygotsky, 2008).

Extrato 3: Alfabetização científica e a limpeza dos corpos sólidos.

1. **PF1:** [...] que compõe os reagentes. E quem são os reagentes?
2. **A9:** Hidróxido de Sódio.
3. **PF1:** Hidróxido de Sódio, e o que mais?
4. **A11:** Etanol.
5. **A12:** Cloreto [de sódio].
6. **A9:** Água de cinza, gordura...
7. **A13:** Negócio de desentupir ralo [hidróxido de sódio].
8. **A3:** Sal de éster.
9. **A3:** Água de cinzas.
10. **A11:** Substituir a soda. [Extrato utilizado na síntese do sabão substitui o hidróxido de sódio]
11. **A1:** Substituir a soda cáustica.
12. **A9:** Hidróxido de Sódio.
13. **A9:** Óleo de soja.
14. **PF1:** [...]. Explique quimicamente [teoricamente] por que o sabão remove a sujeira.
15. **A11:** É porque o sabão ele tem parte polar e apolar, e a parte apolar se liga com a gordura e a parte polar com a água, aí cria tipo uma cadeia.
16. **PF1:** A sujeira gruda no sabão.
17. **A9:** Porque a sujeira gruda no sabão.
18. **A9:** É professora, é porque o ácido como ele é polar ele vai misturar com a água e aí a base num...
19. **A11:** Assim porque sempre que vou lavar vasilha minha mãe manda eu usar o sabão de coada.

A palavra desempenha um importante papel na construção do pensamento químico, sendo que o domínio da linguagem química expressa simultaneamente, também, o domínio do pensamento químico, pois “o pensamento e a fala estão interrelacionados” e a palavra em si requer significado (Vygotsky, 2008, p. 6). Desse modo, decifrar os códigos linguísticos da ciência implica diretamente em aprender os conceitos científicos. Por isso, quando os estudantes A9 (turno 2), A12 (turno 5) e A3 (turno 8) falam “hidróxido de sódio”, “cloreto” e “sal de éster”, estão se apropriando da linguagem científica, conhecimento científico.

O discurso de A11 (turno 15) usa argumentos que podem ser classificados como nível de conhecimento conceitual, pois, ao usar os termos ‘polar’ e ‘apolar’, ele está se remetendo a uma das propriedades do estearato de sódio (sabão), que é constituído por uma parte polar e outra apolar, uma das características mais importantes dos sabões e detergentes. Essa dualidade do sabão permite que suas partículas interajam com o solvente (polar) e com a sujeira (não polar). Logo, o sabão interage (gruda) na sujeira e por interação intermolecular a remove, conforme explicado no turno 17 por A9.

Mortimer (2000) assevera que as analogias entre os níveis de conhecimento são elementos usados pelos professores/as e estudantes para explicar e entender os fenômenos, pois o conhecimento é contextual. Portanto, as analogias são ferramentas importantes para desenvolver o pensamento químico e dar sentido aos fenômenos (Francisco Júnior, 2010). Nessa perspectiva, quando o aluno A11 (turno 19) busca elementos de seu cotidiano, observe que ele fez uma relação direta entre os níveis macroscópico e microscópico, o que dá significado ao fenômeno químico.

Um das características dos sabões é que eles são constituídos por partículas que contêm uma cadeia hidrocarbônica (apolar) e uma parte polar. Segundo Toma (2013), essa dualidade faz com que ele seja capaz de solubilizar em solventes polares e apolares. No turno 16, PF1 pergunta

por que os sabões são capazes de remover as sujeiras, e no turno 18 o estudante A9 responde que é porque a sujeira gruda no sabão. No turno 18, A9 consegue elaborar suas respostas propondo que o sabão remove a sujeira porque suas partículas possuem uma parte apolar capaz de remover as sujeiras. Já no turno 15, A11 elabora

uma justificativa para explicar a limpeza dos corpos sólidos. Conforme o diálogo de A11, o sabão remove a sujeira por causa da dupla polaridade, uma vez que os sabões contêm uma bipolaridade e isso faz com que ele possa interagir com as partículas de sujeira e com as partículas de água.

Algumas considerações

A partir de nossas observações empíricas é possível constatar que há possibilidades de desenvolver um Ensino de Química que contemple a heterogeneidade do saber. Há uma necessidade de se pensar a relação entre a construção do conhecimento químico e as relações raciais no interior das salas de aula e como elas favorecem o desenvolvimento dos estudantes. Implementar a Lei 10.639/2003 no ensino de Química implica abriremos espaços para grupos historicamente excluídos e marginalizados na sociedade e, por consequência, nas salas de aulas.

A Lei 10.639/2003 traz novas possibilidades curriculares que podem minimizar as desigualdades escolares,

tratando-se, acima de tudo, de uma estratégia para se alcançar justiça social, uma medida corretiva que subsidia a população negra na luta pelo resgate ontológico de seus ancestrais. A justiça social passa primeiro por reconhecer a existência do outro; assim, só poderemos falar em justiça social quando os negros estiverem representados no currículo de Química, pois o colonialismo tornou o negro inexistente.

Notas

ⁱ Este artigo é uma versão ampliada e revisada do texto apresentado pelos autores na XVIII edição do Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016.

ⁱⁱ Em março de 2008, a Lei 11.645/2008 modificou a Lei 9.394/1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDBEN), alterada pela 10.639/2003, para incluir no currículo oficial da rede de ensino a obrigatoriedade do ensino de História e Cultura das populações indígenas. Essas leis incluíram os artigos 26-A e 79-B da LDBEN, tornando obrigatório o ensino de História e Cultura das nações indígenas, africana e afro-brasileira na educação básica.

ⁱⁱⁱ O material instrucional consiste num material de apoio para auxílio ao estudante no processo de interpretação do discurso do sistema oficial de ensino - em nosso caso, o

ensino de química em consonância com a implementação da Lei 10.639/2003 (AXT, 2004).

^{iv} A dinâmica da vida de estudantes negros e negras no país racista e colonizado, tal como o nosso, afeta o tempo de dedicação às atividades acadêmicas e, portanto, a pronta produtividade. Soma-se a este percalço o fato de que esta disciplina foi dada pela primeira vez em 2014, e por todos os anos subsequentes até fazer parte da grade oficial da escola, o que nos consumiu tempo e dedicação para tal implementação. Dessa maneira, somente agora, quase 5 anos depois, temos a oportunidade de publicar nossos resultados.

Antonio Cesar Batista Alvino (alvinoufg@gmail.com), licenciado em Química pela Universidade Federal de Goiás, mestre e doutorando em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química, bolsista Capes. Goiânia, GO – BR. **Marilene Barcelos Moreira** (nenabarcelos@gmail.com), licenciada em Química pela Universidade Federal de Goiás, mestre em Química pela UNB e doutoranda em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química. Docente do CEPAE/UFG. Goiânia, GO – BR. **Geisa Louise M. Lima** (geisalouise@gmail.com), licencianda em Química pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO – BR. **Aliny G. Silva** (linyag.silva@gmail.com), licencianda em Química pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO – BR. **Arcanjo R. de Moura** (arcanjormoura@gmail.com), licenciando em Química pela Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO – BR. **Anna M. Canavarro Benite** (anna@ufg.br), bacharel e licenciada em Química, mestre e doutora em Ciências (Química) pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Docente do Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás (UFG). Goiânia, GO – BR.

Referências

ATKINS, P.; JONES, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

AXT, R. Considerações sobre produção e disseminação de material instrucional (para ensino de ciências). *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, p. 1-5, 2004.

BENITE, A. M. C.; SOUZA, E. P. L.; ALVINO, A. C. B.; SANTOS, M. A. Cultura Africana e Ensino de Química: estudos sobre a configuração da identidade docente. In: XVI Encontro Nacional de Ensino de Química/ X Encontro de Educação Química da Bahia, 2012, Salvador. Anais do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química/ X Encontro de Educação Química da Bahia. Salvador: UFBA, 2012.

BENITE, A. M. C.; SILVA, J. P.; ALVINO, A. C. B. Ferro, ferreiros e forja: o ensino de química pela lei 10.639/03. In: *Educação em Foco: revista de educação*, Juiz de Fora, v. 21, n. 3, 2016.

BENITE, A. M. C.; SILVA, J. P.; ALVINO, A. C. B.; SANTOS, M. A.; SANTOS, V. L. Tem dendê, tem axé, tem química: Sobre história e cultura africana e afro-brasileira no ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 19-26, 2017.

BRANDÃO, C. R.; BORGES, M. C. A Pesquisa Participante: um momento da Educação Popular. *Revista de Educação Popular*, v. 6, p. 51-62, 2007.

BRASIL, 1996. Lei 9.394. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm, acesso em mai. 2019.

BRASIL, 2003. Lei 10.639/03. Disponível em, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.639.htm, acesso em mai. 2019.

BRASIL, 2004. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação das Relações Étnico-Raciais e para o Ensino de

História e Cultura Afro-Brasileira e Africana. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/res012004.pdf>, acesso em mai. 2019.

BRASIL, 2008. Lei 11.645. Disponível em, http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11645.htm, acesso em mai. 2019.

CARREIRA, D. *Indicadores da qualidade na educação: relações raciais na escola/ação educativa*. São Paulo: Ação Educativa, 2013.

CUNHA JÚNIOR, H. *Tecnologia africana na formação brasileira*. Rio de Janeiro: CEAP, 2010.

CUNHA, A. S.; LATINI, R. M. Pesquisa participante como abordagem metodológica no ensino aprendido de matemática e educação ambiental. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 19, n. 2, p. 323-341, 2014.

FRANCISCO JÚNIOR, W. F. *Analogias e situações problematizadoras em aulas de ciências*. São Carlos: Pedro e João Editores, 2010.

GONÇALVES, L. A. O.; SILVA, P. B. G. Movimento negro e educação. *Revista Brasileira de Educação*, n. 15, p. 134-158, 2000.

GOMES, N. L. Movimento negro e educação: ressignificando e politizando a raça. *Educação e Sociedade*, v. 33, n. 120, p. 727-744, 2012.

_____. Educação, identidade negra e formação de professores/as: um olhar sobre o corpo negro e o cabelo crespo. *Educação e Pesquisa*, v. 29, n. 1, p. 167-182, 2003.

_____. Políticas públicas para a diversidade. *Sapere Aude*, Belo Horizonte, v. 8, n. 15, p. 7-22, 2017.

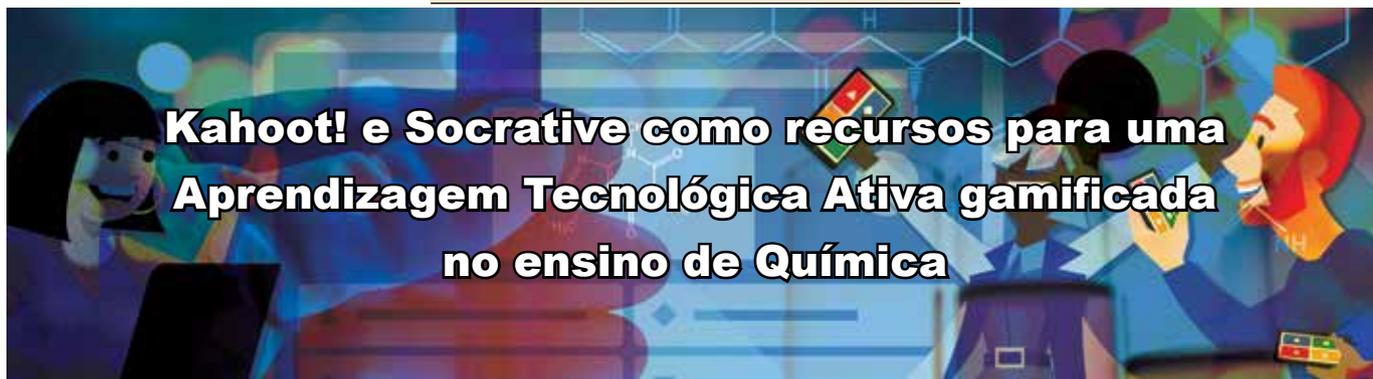
GORSKI, C. Ritual de iniciação no candomblé de ketú: uma experiência antropológica. *Revista Todavia*, v. 3, n. 4, 2012.

JACQUES, E. S.; OLIVEIRA, V. M. Escola Paulo Freire: pesquisa participante e tema gerador - construção de uma escola

- popular. *EJA EM DEBATE*, Florianópolis, ano 3, n. 4, jul. 2014.
- LE BOTERF, G. Pesquisa participante: propostas e reflexões metodológicas. In: BRANDÃO, C. R. (Org.). *Repensando a pesquisa participante*. São Paulo: Brasiliense, 1984.
- MACHADO, A. H. *Aula de química: discurso e conhecimento*. 2ª ed. Ed. Unijuí: Ijuí, 2004.
- MARÇAL, J. A. *A formação de intelectuais negros(as): políticas de ação afirmativa na universidade brasileira*. Belo Horizonte: Nandyala, 2012.
- MARCUSCHI, L. A. *Análise da conversação*. 5ª ed. São Paulo: Ática, 2003.
- MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2000.
- MELO, E.; PERES, P., E. C.; COSTA, V. M. F.; ARAUJO, L. E. B. Pesquisa participante em educação ambiental: a construção da metodologia e do currículo no ambiente escolar. *Monografias Ambientais*, v. 1, n. 1, p. 1-16, 2010.
- MORTIMER, E. F.; BRAGA, S. A. M. Os gêneros de discurso do texto de Biologia dos livros didáticos de Ciências. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 3, n. 3, p. 56-74, 2003.
- MORTIMER, E. F.; CARVALHO, A. M. P. Referenciais teóricos para análise do processo de ensino de ciência. *Cadernos de Pesquisa*, n. 96, p. 5-14, 1996.
- MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. A proposta curricular de química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova*, v. 23, n. 2, p. 273-283, 2000.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciência: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigação em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.
- MOTTA, R. O útil, o sagrado e o mais-que-sagrado no xangô de Pernambuco. *Horizontes Antropológicos*, v. 4, n. 8, p. 168-181, 1998.
- MUNANGA, K. Por que ensinar a história da África e do negro no Brasil de hoje? *Revista do Instituto de Estudos Brasileiros*, n. 62, p. 20-31, 2015.
- PINHEIRO, P. C.; GIORDAN, M. O preparo do sabão de cinzas em Minas Gerais, Brasil: do status de etnociência à sua mediação para a sala de aula utilizando um sistema hipermídia etnográfico. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 15, n. 2, p. 355-383, 2010.
- SANTOS, F. G. *Economia e cultura do Candomblé na Bahia: o comércio de objetos litúrgicos afro-brasileiros*. Ilhéus, BA: Editus, 2013.
- SILVA, A. C. *A discriminação do negro no livro didático*. Salvador: EDUFBA, 2004.
- SILVA, T. D.; GOES, F. L. *Igualdade racial no Brasil: reflexões no Ano Internacional dos Afrodescendentes*. Brasília: IPEA, 2013.
- STRECK, D. R. Metodologias participativas de pesquisa e educação popular: reflexões sobre critérios de qualidade. *Interface – comunicação, saúde e educação*, v. 20, n. 58, p. 537-547, 2016.
- TOMA, H. E. *Energia, estados e transformações química*. São Paulo: Blücher, 2013.
- VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e Linguagem*, 4ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

Abstract: *Experimental Chemistry and Law 10639/2003: insertion of african and afro-brazilian culture and history in chemistry teaching.* The present article is the result of the planning and development of a discipline created to discuss the transformations of the matter and to implement Law 10,639 / 2003. The objective of this work was to conceive, design and develop a strategy of teaching chemistry which reflects the heterogeneity of knowledge in accordance to the perspective of Law 10,639 / 2003. The study is based on teaching chemistry from Afro-Brazilian and African epistemic contributions. This is a participant research in which thirty high school students took part of. The empirical results are related to soap synthesis, the chemistry of soaps and detergents, the concepts of intermolecular forces and surface tension in the context of Afro-Brazilian religiosity. Our results showed that the students understood the scientific knowledge in question: chemistry.

Keywords: Law 10.639-03. participant research, experimental chemistry



Kahoot! e Socrative como recursos para uma Aprendizagem Tecnológica Ativa gamificada no ensino de Química

Bruno S. Leite

Este trabalho apresenta a utilização de dois recursos didáticos digitais (*Kahoot!* e *Socrative*) por 72 estudantes de um curso de licenciatura em Química, de uma universidade pública, considerando os pressupostos da Aprendizagem Tecnológica Ativa (ATA) e da gamificação. A investigação foi dividida em 5 momentos: (i) elaboração dos *quizzes*; (ii) utilização dos recursos pelos estudantes; (iii) resolução do questionário sobre cada recurso; (iv) realização da entrevista semiestruturada; (v) análise dos dados coletados. O estudo promoveu uma investigação das contribuições da ATA no processo de ensino e aprendizagem, apontando para uma postura favorável dos estudantes quanto ao uso do *Kahoot!* e do *Socrative* no ensino de Química como ambientes gamificados. Os estudantes realizaram uma experiência reflexiva que lhes permitiram identificar possibilidades para suas futuras práticas docentes, além de se sentirem engajados, motivados e autônomos durante a atividade, conforme as características da ATA.

► aprendizagem tecnológica ativa, gamificação, ensino de química ◀

Recebido em 02/09/2019, aceito em 14/10/2019

147

No Século XXI percebe-se que as tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC) desempenham papéis importantes para o desenvolvimento dos indivíduos, dos grupos sociais e da sociedade. O processo da construção de conhecimentos adequados à utilização apropriada das TDIC “para fins educativos apresenta-se como uma nova barreira a ser superada pelos professores” (Schuhmacher *et al.*, 2017, p. 564). As tecnologias digitais têm transformado as práticas tradicionais da educação fazendo uso, em alguns casos, de inovações que têm modificado as formas de significação e interpretação. Moreno e Heidelmann (2017) apresentam como inovadores alguns recursos instrucionais para o ensino de Química, nos quais incluem-se os aplicativos para dispositivos móveis que podem ser utilizados para a realização de uma aula com maior envolvimento dos estudantes.

A literatura científica tem disponibilizado diversas pesquisas no que tange às contribuições das TDIC no ensino de Química (Ferreira, 1998; Arroio e Giordan, 2006; Eichler e Del Pino, 2006; Leite, 2015; Silva e Soares, 2018). Essas contribuições fazem parte do processo de construção do conhecimento há anos e são observadas desde o uso de *softwares* educacionais até as ferramentas da Web 2.0. Ressalta-se

que a Web 2.0, considerada a segunda geração de serviços on-line, é caracterizada por potencializar as formas de publicação, compartilhamento e organização das informações (O’Reilly, 2005; Leite, 2015). Em relação às aplicações da Web 2.0, tal como as plataformas de aprendizagem on-line, sua utilização tem crescido exponencialmente nas práticas pedagógicas, conforme destaca o Comitê Gestor da Internet no Brasil (2018), revelando um impacto positivo das TDIC nos processos de ensino e aprendizagem. Entretanto, não se pode atribuir às tecnologias digitais a capacidade de melhorar a aprendizagem sem considerar como estas são utilizadas e em qual contexto estão inseridas.

Metodologias ativas

Não obstante, as tendências do século XXI indicam uma mudança nas metodologias de ensinar e aprender. Essas mudanças vêm sendo discutidas no intuito de “superar” o ensino dito tradicional (centrado no docente e na transmissão catedrática do conhecimento e de conteúdos) e promover maior autonomia e participação dos estudantes. Observa-se que uma das práticas mais comuns no ensino de Química têm sido aquelas em que o professor apresenta definições e

exemplos, seguidos de exercícios para a fixação do conteúdo. Essas práticas têm sido alvo de críticas, pois se fundamentam pela utilização (quase exclusiva) de fórmulas, regras e nomenclaturas, ocasionando a desmotivação dos estudantes.

A mudança de paradigma do ensino tradicional, que segundo Saviani (1991) consiste na transmissão dos conhecimentos, pode ocorrer por meio do uso de metodologias ativas. É importante destacar que as metodologias ativas não são novidades, pois diversos estudos (como os de Dewey, Bruner, Piaget, Vygotsky, Rogers, Ausubel, Freire, entre outros) já enfatizavam a importância de tornar o estudante ativo durante sua aprendizagem. Contudo, recentemente se observa um número crescente de pesquisas que ponderam sobre as contribuições das metodologias ativas na educação (Antunes *et al.*, 2019; Diesel *et al.*, 2017; Kozanitis, 2017). Segundo Mitre *et al.* (2008, p. 2135), as metodologias ativas utilizam “a problematização como estratégia de ensino e aprendizagem, com o objetivo de alcançar e motivar o discente, pois diante do problema, ele se detém, examina, reflete, relaciona a sua história e passa a ressignificar suas descobertas”. Reconhece-se também que, cada vez mais, a aprendizagem tende a aumentar quando os estudantes participam ativamente das atividades e quando são proporcionadas oportunidades para que eles compartilhem suas reflexões e ideias. Quando o estudante lê, escreve, debate, indaga, discute, questiona, resolve problemas, ele está envolvido ativamente no processo de aprendizagem.

Reconhece-se também que, cada vez mais, a aprendizagem tende a aumentar quando os estudantes participam ativamente das atividades e quando são proporcionadas oportunidades para que eles compartilhem suas reflexões e ideias.

Partindo do pressuposto que as metodologias ativas buscam atender as novas demandas da educação do século XXI, contribuindo para o papel protagonista do estudante e proporcionando maior envolvimento em todas as etapas no processo de construção do conhecimento (Antunes *et al.*, 2019; Diesel *et al.*, 2017; Kozanitis, 2017), elas permitem a valorização da formação crítica e reflexiva do estudante, favorecendo sua autonomia, o pensamento crítico, a valorização das culturas e das experiências para a ação transformadora diante das demandas e desafios que a contemporaneidade apresenta. Ademais, o professor assume papel pujante de mediador/orientador/facilitador em práticas baseadas nas metodologias ativas, estimulando a crítica e reflexão dos estudantes.

As possibilidades de incorporação das metodologias ativas na formação do professor podem ser observadas a partir das oportunidades de ensino que proporcionam os estudantes a terem um comportamento mais ativo, engajado, realizando atividades, desenvolvendo estratégias cognitivas no processo de construção de conhecimento. Esta metodologia se mostra importante para que os educadores possam conhecer e reconhecer os limites e as possibilidades de uso em sua prática pedagógica.

Atualmente, os desafios impostos ao professor do século XXI assinalam que o uso das tecnologias digitais e a incorporação de métodos pedagógicos ativos na educação

podem favorecer a construção do conhecimento. As TDIC suportam o uso de metodologias ativas de várias maneiras. Elas podem ser usadas como um recurso para a investigação, colaboração, apresentação e avaliação. Dessa forma, a necessidade de constante aprofundamento, renovação e inovação nas práticas pedagógicas fizeram emergir novas práticas que apontam para as contribuições das metodologias ativas incorporadas às tecnologias digitais, surgindo o modelo da Aprendizagem Tecnológica Ativa.

Aprendizagem tecnológica ativa

Pesquisas recentes têm buscado explicar e apontar possibilidades de uso das tecnologias digitais baseadas nas metodologias ativas (Coorey, 2016; Kozanitis, 2017; Leite, 2018; Ferrarini, Saheb e Torres, 2019). A combinação entre metodologias ativas e as tecnologias digitais é um novo paradigma de aprendizagem, denominada de Aprendizagem Tecnológica Ativa (ATA), constituindo uma estratégia importante para o ensino presencial, a distância e híbrido (Leite, 2018).

O desenvolvimento da ATA contribuiu para o avanço de pesquisas que envolvem o *protagonismo do aluno* ao unificar as perspectivas metodológicas da aprendizagem ativa e incorporá-las às tecnologias digitais. Em um ambiente de aprendizagem ativa os estudantes precisam ler, escrever, discutir, se engajarem na resolução de problemas. Paralelamente, na ATA o professor atua como orientador/mediador do conhecimento a ser construído em sala de aula (*papel docente*) e o estudante como um indivíduo autônomo, principal responsável pela construção de seu conhecimento. O professor, por vezes, é um dos responsáveis pela escolha dos recursos tecnológicos que irão contribuir para a Aprendizagem Tecnológica Ativa possibilitando a criação de novos caminhos para a aprendizagem (*suporte das tecnologias*). Ancorada em pressupostos conectivistas, a ATA faz uso do conhecimento que está na rede utilizando informações externas ao conhecimento primário do indivíduo (Siemens, 2004). Segundo Leite (2018, p. 591), o professor deve estar atento “as contribuições e limitações que cada recurso tecnológico apresenta, de modo que possa utilizá-lo nos projetos pedagógicos da disciplina e adequá-lo às estratégias de ensino”. Além disso, diversos tipos de *aprendizagem* (individual, colaborativa, social, ubíqua, entre outras) e de *avaliação* (diagnóstica, formativa, somativa, autoavaliação, classificatória etc.) podem ocorrer em uma ATA, o que consubstancia sua característica centrada no aluno. Cada particularidade supracitada constitui um dos Pilares da ATA (Figura 1).

Em um ambiente ativo, que utiliza as tecnologias digitais, os cinco pilares estão presentes no processo de ensino e aprendizagem. Ademais, é imprescindível que exista um relacionamento sensível e dialógico entre os envolvidos

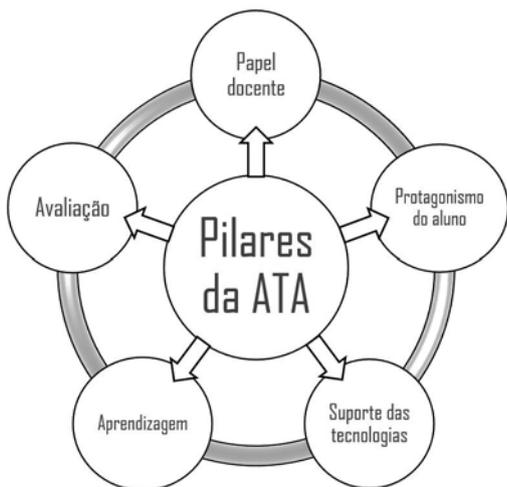


Figura 1: Pilares da Aprendizagem Tecnológica Ativa.

(professor e estudante). Dentro da ATA é possível observar uma estratégia conhecida como gamificação (que tem sido amplamente difundida nas práticas pedagógicas).

Gamificação

A gamificação é descrita como a utilização de elementos dos *games* (dinâmicas, mecânicas e componentes) fora do contexto dos *games*, com o objetivo de motivar os indivíduos à ação, auxiliando a resolver problemas e promovendo aprendizagens (Kapp, 2012). A gamificação busca motivar a participação, o engajamento e a fidelidade. Gamificar a aprendizagem é incorporar à dinâmica rotineira do estudante elementos presentes nos jogos, como regras, *feedback*, metas, pontuações, medalhas, *rankings*, entre outros. Atividades gamificadas no ensino de Química podem ser utilizadas para ensinar conceitos transversais que abordam diversos assuntos e, muitas vezes, essas atividades são mais atraentes do que as abordagens tradicionais. O Quadro 1 descreve algumas ações presentes em uma atividade gamificada, sem esgotá-las, que estão relacionadas com os pilares da ATA.

Dentro da proposta da ATA é preciso identificar quais recursos digitais permitem a realização de uma atividade gamificada e que contribua para o processo de ensino e aprendizagem. Assim, destacam-se dois recursos (*Kahoot!*

e *Socrative*) que foram utilizados em nossa pesquisa e que apresentam características da gamificação.

Kahoot! e *Socrative* como recursos tecnológicos gamificados

O *Kahoot!* (www.kahoot.com) é uma plataforma interativa e gratuita, que incorpora elementos utilizados no *design* dos jogos para engajar os usuários na aprendizagem (Licorish *et al.*, 2018). É baseado em perguntas e respostas favorecendo que professores e estudantes investiguem, criem, colaborem e compartilhem conhecimentos. Desenvolvido em 2013 por Johan Brand, Jamie Brooker e Morten Versvik, o *Kahoot!* permite criar três tipos distintos de atividades: 1) *Quiz*: com questões de múltipla escolha, podendo adicionar vídeos, imagens e diagramas. As perguntas do *quiz* são convertidas em uma atividade com pontuação, interação e ranqueamento; 2) *Jumble*: consiste em colocar as respostas na ordem correta em vez de selecionar uma única resposta, evocando a necessidade de um raciocínio intuitivo por parte do usuário; 3) *Survey*: busca reunir opiniões dos participantes, através de questões referentes a uma temática específica. Neste recurso, o professor pode questionar rapidamente os estudantes sobre um determinado evento, tema ou ocorrência, possibilitando realizar uma sondagem do perfil da turma, observando as concepções alternativas a respeito do fenômeno (Silva *et al.*, 2018; Licorish *et al.*, 2018).

O *Kahoot!* dispõe de duas interfaces (ambas em inglês), uma para o professor que precisa estar cadastrado (<https://create.kahoot.it/register>) e outra para o estudante que pode acessar a plataforma sem a necessidade de estar cadastrado (www.kahoot.it), basta estar conectado à internet, por meio de um *tablet*, *smartphone*, *notebook* ou computador. Além disso, na utilização do *Kahoot!* em sala de aula é possível que o professor obtenha *feedbacks* do desempenho dos estudantes, ou seja, pode acompanhar a aprendizagem dos alunos em tempo real. Os estudantes podem responder as perguntas em seus próprios dispositivos móveis (é possível baixar e utilizar o aplicativo *Kahoot!*), enquanto as perguntas são projetadas em uma só tela (oriunda da interface do professor). Para isso é preciso que o professor forneça o PIN (número gerado ao iniciar a atividade) para seus estudantes. O *Kahoot!* não só promove um ambiente de aprendizagem

Quadro 1: Relações entre os pilares da ATA e a Gamificação.

Pilares da ATA	Ação observada na gamificação
Papel docente	Motiva alunos a aprenderem os conteúdos disciplinares; Influencia o comportamento do aluno em sala de aula; Guia os estudantes para que possam inovar na resolução dos problemas propostos.
Protagonismo do aluno	Encoraja nos alunos a autonomia para desenvolver competências e habilidades; Aprende por competências a cada mudança de nível; Demonstra domínio do conteúdo proposto; Interação colaborativa.
Suporte das Tecnologias	Engaja os estudantes nas tarefas de casa; Promove narrativas mais interativas; Cria perfil personalizado.
Aprendizagem	Aumento do comprometimento com a aprendizagem; Maior controle sobre a aprendizagem; Oportunidade para a resolução de problemas de forma colaborativa; Aprende enquanto se diverte.
Avaliação	<i>Feedback</i> instantâneo; Refazer mais de uma vez a mesma tarefa quando erra; Acompanha sua evolução na atividade.

Fonte: Autor.

divertido, mas também desafia os estudantes no processo de aprendizagem, apresentando características da gamificação.

Criado em 2010, o *Socrative* (<https://socrative.com>), que apresenta diversas similaridades com o *Kahoot!*, trata-se de uma plataforma da nuvem (parcialmente) gratuita (com versão em língua portuguesa) que proporciona ao professor avaliação imediata do desempenho de seus alunos. Nele o professor cria um ambiente virtual interativo e elabora questões de múltipla escolha, verdadeiro/falso ou respostas curtas. Para criar as atividades o professor precisa cadastrar-se no *Socrative Teacher*. Já os estudantes devem acessar o *Socrative Student* por meio de um computador, *tablet* ou *smartphone*, entrando na sala de aula com o código que o professor lhes fornecer, não sendo necessário criar uma conta.

A plataforma dispõe de três opções de atividades: I) Teste (*Quiz*): que consiste nas perguntas de múltipla escolha, verdadeiro/falso e respostas curtas. Os *quizzes* podem ficar temporariamente disponíveis possibilitando a realização da atividade a partir de casa ou de outro ambiente; II) Corrida espacial (*Space Race*): é uma das características interativas do *Socrative* permitindo que os estudantes trabalhem em pares ou em pequenos grupos para responder as perguntas. Enquanto respondem a perguntas, os estudantes “correm” para serem o primeiro time a cruzar a linha de chegada; III) Bilhete de saída (*Deliver an Exit Ticket*): tem como objetivo obter *feedback* no final da aula, oportunizando os alunos a demonstrarem o que aprenderam e verificar se todos os objetivos de ensino definidos pelo professor foram cumpridos. Por padrão o bilhete de saída apresenta três perguntas: 1) Quão bem você entendeu o material de hoje? 2) O que você aprendeu na aula de hoje? 3) Por favor, responda a pergunta do professor (realizada no momento pelo professor).

Assim como no *Kahoot!*, o *Socrative* disponibiliza relatórios e gráficos com o desempenho de cada participante

(ou de todos), apontando quais as questões que apresentaram o menor número de acertos, possibilitando que o professor identifique qual conteúdo os estudantes estão com maior dificuldade. O *Socrative* pode ser utilizado como um recurso para realizar uma votação interativa dinâmica com a turma (Moreno e Heidelmann, 2017) e conforme as respostas corretas são postadas pelos participantes, o painel projetado na sala de aula mostra uma imagem representativa de seu avanço.

Na comparação entre o *Kahoot!* e o *Socrative* (Figura 2), o segundo apresenta uma pequena vantagem, pois permite inserir *feedback* imediato (e individual) quando o participante marca uma resposta incorreta, auxiliando-o a compreender a razão de sua resposta estar errada – uma janela apresenta a explicação da questão. No *Kahoot!* o estudante apenas é informado que acertou ou errou a questão, necessitando que o professor faça a explicação. Além disso, o *Socrative* propicia a montagem de questões abertas.

Nesse cenário, o presente trabalho relata a apropriação de estudantes do curso de licenciatura em Química, de uma universidade pública brasileira, utilizando dois recursos tecnológicos (*Kahoot!* e *Socrative*) na perspectiva da Aprendizagem Tecnológica Ativa, apresentando suas percepções, de modo a contribuir para o processo

de ensino e aprendizagem da Química. Sabe-se que atividades baseadas na Aprendizagem Tecnológica Ativa ainda são pouco utilizadas no ensino de Química. Isto demonstra potencial para serem discutidas e aplicadas como propostas inovadoras, além de engajar os estudantes utilizando as diversas possibilidades para a construção do conhecimento químico.

Caminho metodológico

A base metodológica deste artigo configura-se como pesquisa de natureza qualitativa (Lüdke e André, 2012), em

Assim como no *Kahoot!*, o *Socrative* disponibiliza relatórios e gráficos com o desempenho de cada participante (ou de todos), apontando quais as questões que apresentaram o menor número de acertos, possibilitando que o professor identifique qual conteúdo os estudantes estão com maior dificuldade.



Figura 2: Atividades do (a) Kahoot! (b) Socrative.

que abrange uma abordagem descritiva e interpretativa das interações dos sujeitos no espaço de formação investigado seguindo um processo indutivo. A pesquisa foi realizada em cinco etapas de intervenção descritas a seguir: 1) Elaboração do *quiz* no *Kahoot!* e no *Socrative* contemplando os conteúdos de Estrutura atômica. Cada *quiz* continha as mesmas 15 questões; 2) Apropriação do *quiz* em dois momentos distintos. No primeiro utilizou-se o *Kahoot!*, no segundo o *Socrative*; 3) Aplicação do questionário on-line. O questionário apresentava 11 perguntas que foram aplicadas após a utilização de cada recurso pelos estudantes; 4) Realização da entrevista semiestruturada. As perguntas da entrevista foram realizadas com todos os estudantes; 5) Análise do questionário e da entrevista.

O questionário abordou, essencialmente, dimensões sobre a usabilidade, grau de engajamento e presença de elementos da gamificação. A entrevista semiestruturada (gravada em áudio) com os estudantes foi transcrita e analisada sob a perspectiva da Aprendizagem Tecnológica Ativa (Quadro 2). Esse tipo de entrevista é utilizada quando “se deseja delimitar o volume das informações, obtendo assim um direcionamento maior para o tema, intervindo a fim de que os objetivos sejam alcançados” (Boni e Quaresma, 2005, p. 75).

Para manter a fidedignidade das narrativas, as transcrições foram realizadas após as entrevistas. Partindo do pressuposto de que a análise é “a tentativa de evidenciar as relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores” (Marconi e Lakatos, 2017, p. 22), o procedimento para escolha dos excertos das falas dos estudantes foi adaptado da análise de conteúdo de Bardin (2011), em que cada pergunta da entrevista já se configurava como uma categoria *a priori* (exceto a última pergunta) e que relacionamos com alguns referenciais teóricos, já citados, a partir da ATA.

Destaca-se que a unidade de análise da pesquisa é composta por setenta e dois (72) estudantes do curso de

licenciatura em Química de uma universidade federal brasileira, sendo quarenta e nove (49) de duas turmas da disciplina Informática, Química e Educação (IQE) e vinte e três (23) de duas turmas da disciplina Instrumentação para o Ensino de Química (IEQ). Para a identificação dos participantes, usamos E_N para representar a fala do estudante, em que $N = 1, 2, 3, \dots, 72$. Os estudantes da disciplina IQE foram numerados de E_1 até E_{49} e os da disciplina IEQ de E_{50} a E_{72} .

Resultados e Discussão

Destaca-se que a unidade de análise da pesquisa é composta por setenta e dois (72) estudantes do curso de licenciatura em Química de uma universidade federal brasileira, sendo quarenta e nove (49) de duas turmas da disciplina Informática, Química e Educação (IQE) e vinte e três (23) de duas turmas da disciplina Instrumentação para o Ensino de Química (IEQ).

Destaca-se que a abordagem da ATA em sala de aula, independentemente do nível e da modalidade de ensino, pode trazer benefícios para os processos de ensino e de aprendizagem. Destarte, antes da realização das cinco etapas da atividade os licenciandos foram apresentados às conceituações teóricas relativas às metodologias e à Aprendizagem Tecnológica Ativa. O professor da disciplina

ministrou seis aulas (cada uma com duração de 50 minutos), nas quais quatro elucidavam sobre as metodologias ativas e duas sobre a ATA. Ademais, após a atividade foi realizada uma breve explanação pelo professor da disciplina sobre as possibilidades de utilização do *Kahoot!* || *Socrative*ⁱ nas práticas pedagógicas dos futuros professores. As impressões dos estudantes sobre essas possibilidades são similares com as coletadas na entrevista, assim optamos em apresentar os resultados coletados durante as entrevistas.

Para a análise das respostas dos estudantes ao questionário, alguns exemplos serão apresentados. A Figura 3 mostra os momentos em que os estudantes se apropriaram do *Kahoot!* || *Socrative* durante a atividade.

Análise das respostas do questionário sobre a utilização do *Kahoot!* || *Socrative*

De modo propedêutico para facilitar a compreensão dos dados, sintetizamos os resultados obtidos da etapa 3. No que

Quadro 2: Perguntas da entrevista semiestruturada.

Pergunta	Pilar da ATA
Qual foi a participação do professor na atividade utilizando o <i>Kahoot!</i> <i>Socrative</i> ?	Papel docente
Como você se sentiu ao utilizar o <i>Kahoot!</i> <i>Socrative</i> ?	Protagonismo do aluno
Você acha que o <i>feedback</i> do <i>Kahoot!</i> <i>Socrative</i> possibilitou sua reflexão em relação as suas respostas?	Suporte das tecnologias
Você acredita que aprendeu se divertindo?	Aprendizagem
O <i>Kahoot!</i> <i>Socrative</i> permite que o professor realize avaliações da aprendizagem dos estudantes?	Avaliação
Em uma análise geral, qual recurso você achou mais significativo para ser utilizado como estratégia didática no ensino de química?	-

Fonte: Autor.



Figura 3: Aplicação da atividade com o Kahoot! (esquerda) e Socrative (direita) em sala de aula.

se refere às características gamificadas do Kahoot!||Socrative (1ª questão), todos os 72 estudantes concordaram que o Kahoot! é um recurso gamificado, enquanto que 95,8% consideraram o Socrative gamificado. Nas justificativas os estudantes destacaram que o Kahoot! e o Socrative apresentam os elementos de jogos, interação, diversão, motivação etc. Quando questionados “Durante a atividade você sentiu autonomia ao utilizar Kahoot!||Socrative?” (2ª questão), os estudantes afirmaram que sim (83,3% para o Kahoot! e 86,1% para o Socrative), evidenciando uma das características da ATA. Já 4,2% para ambos os recursos não souberam opinar se se sentiram autônomos durante a aprendizagem.

Quando questionados sobre seu engajamento na atividade (“Você se sentiu motivado a participar da atividade?” e “Você se sentiu envolvido durante a atividade e não percebeu o tempo passar?”, 3ª e 4ª questão, respectivamente), o Gráfico 1 descreve os resultados alcançados nas respostas dos estudantes.

Ainda neste contexto, em relação à concentração (5ª questão), no Kahoot! 29,2% dos estudantes afirmaram que estavam concentrados no início da atividade, 50% logo

após o início da atividade, 12,5% no meio da atividade e 8,3% no final da atividade. Observa-se que para a atividade com o Socrative os estudantes já estavam concentrados, em sua maioria, no início da atividade (81,9%). Apenas 18,1% estavam logo após o início da atividade. Esses dados consubstanciam com um dos pilares da ATA enfatizando a importância das tecnologias em uma aprendizagem ativa. Os estudantes relataram que não sentiram dificuldades para utilizar o Kahoot! (94,4%) e o Socrative (97,2%) (6ª questão). Para E₇₁ “foi bastante fácil, só as limitações em conhecimento que dificultou os acertos”, já E₄₇ expressa que “não tive dificuldades”. De maneira similar, E₁₆, E₃₃, E₅₈, E₆₆, entre outros, afirmam que foi “fácil de utilizar”. O Gráfico 2 demonstra que os estudantes respondiam as questões, em sua maioria, de forma competitiva nas duas atividades. Ademais, para 98,6% dos estudantes a gamificação inerente do Kahoot!||Socrative, associada à competição, possibilitou maior engajamento (8ª questão). Algumas ponderações foram: “a interação prende a atenção do estudante” (E₆₅), “há o aspecto motivador em que todo mundo se sente atraído, ainda mais sabendo que tem colocação” (E₃) e “pelo formato

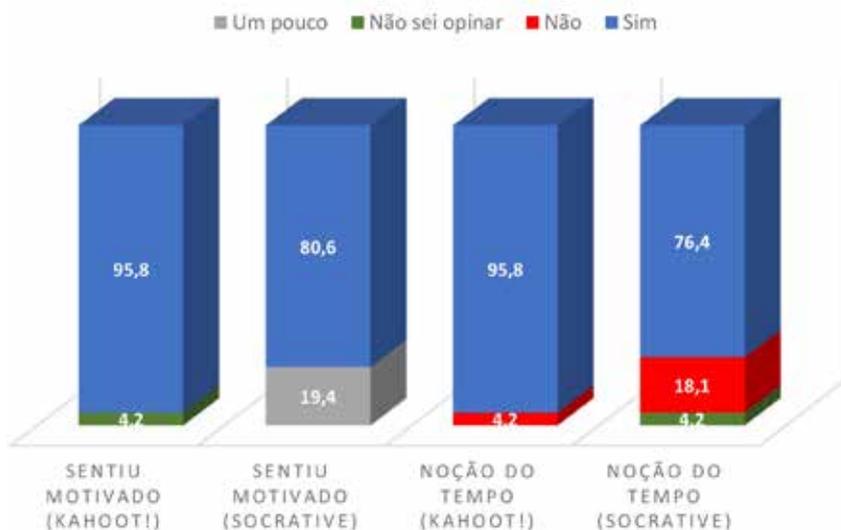


Gráfico 1: Percentual das respostas da 3ª e 4ª questão.

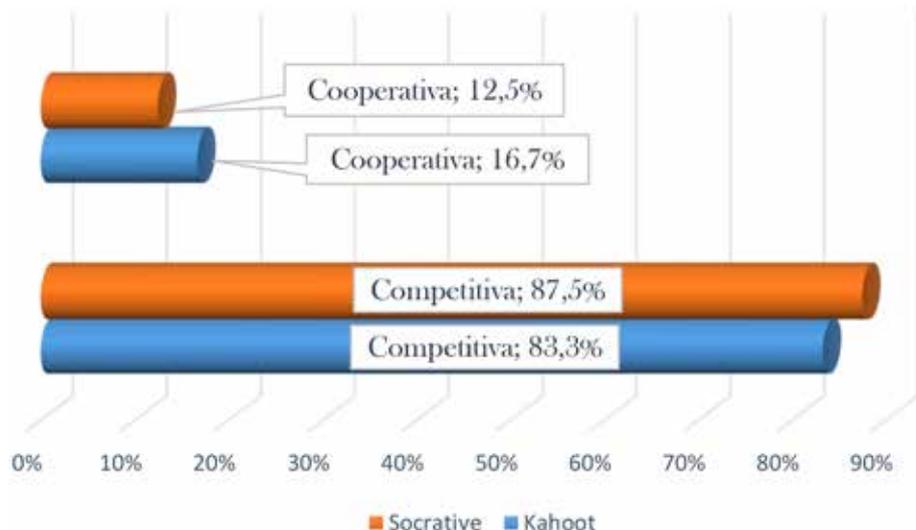


Gráfico 2: Percentual das respostas sobre a forma que os estudantes respondiam a atividade.

da atividade e o ranking o aluno quer sempre ser o primeiro por conta do espírito competitivo” (E₂₈). Segundo Licorish *et al.* (2018), a competição é um elemento motivador que contribui para que os estudantes participem das atividades, interajam com os pares e pensem criticamente. Ademais, os estudantes desafiam uns aos outros durante a atividade, em função do conhecimento adquirido, apresentando características da gamificação.

Ao serem questionados sobre os aspectos positivos (9ª questão) e negativos (10ª questão) do *Kahoot!*||*Socrative*, os estudantes foram concisos em suas respostas, algumas delas são reportadas a seguir. Em relação aos aspectos positivos: a) no *Kahoot!*: “fácil interação e motivacional” (E₆₆) e “O espaço é colorido, atrativo. A música lembra muito um suspense de um jogo, é envolvente” (E₁₂); b) no *Socrative*: “além de ser bastante interativo com o aluno, ele explica o conteúdo após cada questão, independente de erro ou acerto” (E₇) e “Podemos responder no tempo sem ser cronometrado” (E₅₀). Já os aspectos negativos: a) no *Kahoot!*: “o tempo curto” (E₂₄), “dificuldade para associar as respostas na tela com os códigos” (E₃₇) e “A falta de explicações das respostas” (E₂); b) no *Socrative*: a maioria dos estudantes (97,2%) não apontou pontos negativos, um estudante pontuou a questão da dificuldade no conteúdo e outro afirmou que “Não tem aspectos atrativo, bem diferente no Kahoot” (E₁₆).

Por fim, a última questão solicitava que os estudantes apresentassem sua opinião sobre a possibilidade do *Kahoot!*||*Socrative* ser utilizado em sala de aula. Para ambos os recursos, todos os estudantes afirmaram que sim. Uma possível justificativa para a ação unânime dos estudantes reside no caráter motivacional e engajador proporcionado por esses recursos. Por exemplo, para E₁₁ o *Kahoot!* “é uma ferramenta que possibilita aprendizagem de forma que envolve o aluno a ser participativo” e “chama

a atenção dos alunos, fazendo com que eles estudem se divertindo, além de deixar um pouco de lado a aula só em livros e quadro” (E₇₁). Já E₉ enfatiza que o *Socrative* “faz com que o aluno se engaje”, “o elemento competição é interessante para envolver nossos alunos, já que eles são muitas vezes desmotivados com a Química” (E₁₉) e na visão de E₂₉ “apresenta os acertos e erros em que o professor pode avaliar e reaplicar seus conteúdos para a sala de aula”.

Percepções dos estudantes

Devido à grande quantidade de dados coletados nas entrevistas com os estudantes (72 no total), optamos por reproduzir apenas algumas respostas, priorizando aquelas que consideramos relevantes para explicitar as percepções dos estudantes.

Com a entrevista centrada nos pilares da Aprendizagem Tecnológica Ativa, esperava-se, inicialmente, por respostas sobre ações que fornecessem informações das contribuições do *Kahoot!*||*Socrative* no processo de ensino e aprendizagem da Química. No que concerne à participação do professor na atividade, os estudantes consideraram que foi de orientador (83,3%), pois “ele dizia como proceder na atividade, sem interferir” (E₆₀). Os estudantes também destacaram o professor atuando como mediador (13,9%) e como “controlador da atividade” (2,8%). As considerações dos estudantes corroboram com o papel do professor em uma ATA de atuar

“como orientador, supervisor, facilitador do processo de aprendizagem, e não apenas como fonte única de informação e conhecimento” (Leite, 2018, p. 589), distinguindo o papel do professor e do aluno no processo de ensino e aprendizagem (Ferrarini *et al.*, 2019).

Quando questionados sobre como se sentiram ao utilizarem os recursos digitais, os estudantes destacaram a possibilidade de aprender de forma pessoal (personalizada),

Devido à grande quantidade de dados coletados nas entrevistas com os estudantes (72 no total), optamos por reproduzir apenas algumas respostas, priorizando aquelas que consideramos relevantes para explicitar as percepções dos estudantes.

ou seja, o *Kahoot!*||*Socrative* permite que eles possam aprender no seu próprio ritmo, conforme sua vontade e interesse (Ferrari *et al.*, 2019). Segundo E₂₂, no *Socrative* “foi possível rever o que errei [...], depois ficava tentando acertar e aprender com as informações que estavam lá pra poder passar de fase e pontuar”. Tal afirmação endossa os aspectos de perseverança e determinação que estão presentes em uma ATA, à medida que insistem e persistem nos problemas que estão com dificuldades até resolverem o problema (Coorey, 2016; Ferrari *et al.*, 2019). Segundo Kozanitis (2017), as atividades on-line e as ferramentas tecnológicas fomentam a autorregulação e a autonomia do estudante.

No tocante ao *feedback* proporcionado pelo *Kahoot!*||*Socrative* favorecer a reflexão das respostas dos estudantes, E₅₈ detalha que o “fato do *Socrative* mostrar meus erros, ele me ajudou a entender o assunto que estava sendo apresentado e que percebi que não tinha domínio”. Já E₆ considera que “as respostas de todos na tela do *Kahoot!*, me fez pensar que não só eu estava com dificuldade naquela questão, me fez ficar segura para perguntar ao professor o que me fez errar”. Outras respostas enfatizavam que “Sim, ao expor os acertos e erros e explicá-los, me fez pensar sobre” (E₃), “ao disponibilizar a explicação da resposta correta e incorreta” (E₇₂) e “além de mostrar que a resposta estava certa ou errada ele [o *Socrative*] mostrava de forma clara e resumida o porquê” (E₄₄). A partir destas respostas, observa-se que a tecnologia presente na ATA pode favorecer o envolvimento, a reflexão, o *feedback* e o compromisso do estudante (Leite, 2018; Ferrari *et al.*, 2019). Ademais, as atividades realizadas no *Kahoot!*||*Socrative* contribuem para que o aluno pense, discuta e avalie as ideias ou conceitos (Kozanitis, 2017; Licorish *et al.*, 2018).

Com relação à aprendizagem, todos os entrevistados afirmaram que aprenderam se divertindo. Algumas respostas foram “a exposição de conteúdos importantes de maneira inovadora, me fez aprender enquanto me divertia e competia” (E₄₇), “eu estava no último computador, mas não me sentia só, sentia que aprendia com a turma e me divertia” (E₃₃), “fiquei totalmente concentrado, pois é uma atividade divertida” (E₇) e “Quando eu errava, eu conversava com os colegas e eles também me ajudavam a entender a questão” (E₅₉). Essas respostas corroboram com as ideias de Leite (2018), quando afirma que na ATA pode ocorrer mais de um tipo de aprendizagem (a aprendizagem colaborativa e a aprendizagem individual, foram observadas nas falas dos estudantes). À medida que alternam entre o papel do professor e do aluno na disseminação de informações com os colegas, as habilidades de comunicação dos alunos são desenvolvidas e fortalecidas (Coorey, 2016; Licorish *et al.*, 2018), assim os estudantes se tornam participantes ativos no processo de sua aprendizagem, ganhando habilidades valiosas em cooperação, escuta e comunicação.

Analisando as respostas dos estudantes quanto à possibilidade do *Kahoot!*||*Socrative* permitir que o professor realize avaliações da aprendizagem, para 95,8% dos entrevistados seria possível. Algumas respostas foram: “Sim, pois mostra

os erros e acertos na hora” (E₅), “Ao final é gerado uma lista com acertos e erros, para cada resposta de cada aluno, então dá para avaliar a aprendizagem” (E₂₇) e “no fim da atividade o professor pode analisar as respostas de todos os alunos através dos gráficos e PDFs da turma ou individualmente” (E₃₄). Na utilização do *Kahoot!*||*Socrative*, dependendo da estratégia do professor, é possível ocorrer uma avaliação classificatória e/ou diagnóstica, além dos estudantes poderem realizar uma autoavaliação durante a atividade. Nesse sentido, o pilar da avaliação está presente em ambos os recursos.

Por fim, os estudantes foram questionados sobre qual recurso eles acharam mais significativo para ser utilizado como estratégia didática no ensino de Química. Os resultados obtidos estão sistematizados no Gráfico 3.

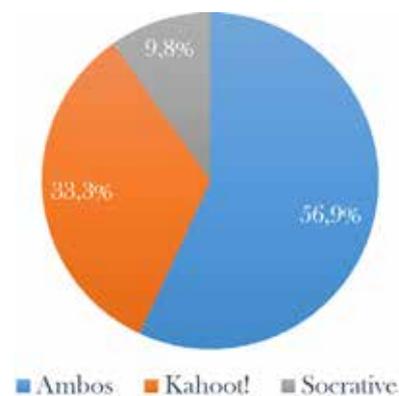


Gráfico 3: Preferência dos estudantes para utilização no ensino de Química.

Como observado no Gráfico 3, os estudantes consideraram que o *Kahoot!* e o *Socrative* são bons recursos para serem utilizados no ensino de Química. Cabe ressaltar que ambos recursos contribuem para a gamificação na sala de aula por possibilitarem a utilização dos principais elementos de games.

À guisa de algumas considerações

O uso combinado das metodologias ativas com as tecnologias digitais pode promover a aprendizagem profunda através do acesso regular e coerente de recursos disponíveis on-line (Kozanitis, 2017), além de contribuir nas interações entre o professor e os alunos. Este parece ser o caso dos recursos digitais *Kahoot!* e *Socrative* que apresentaram durante a atividade os pilares da Aprendizagem Tecnológica Ativa. Considerando as características da gamificação (motivação, engajamento, diversão etc.), este artigo aponta para o estabelecimento de relações plausíveis e fundamentadas entre a ATA, a gamificação e os recursos *Kahoot!* e *Socrative*.

A incorporação da Aprendizagem Tecnológica Ativa permite que professores e estudantes aprofundem os conteúdos de interesse. Contudo, para isso, é preciso que ambos mudem suas posturas (passivas) diante do arcabouço de recursos didáticos digitais disponíveis para a construção

do conhecimento, principalmente aqueles que apresentam princípios gamificados.

Em relação ao questionário as respostas demonstram a receptividade dos estudantes frente ao uso do *Kahoot!* e do *Socrative*, além de indicar que a inserção de atividades utilizando estes recursos em sala de aula pode criar um ambiente adequado à interação, competitividade e diversão. É indispensável a criação de ambientes favoráveis à aprendizagem que levem em consideração a participação ativa dos estudantes. Nesse contexto, a gamificação e a Aprendizagem Tecnológica Ativa podem contribuir na criação desses ambientes.

Nos discursos dos estudantes, obtidos a partir da entrevista se evidencia a presença dos pressupostos da Aprendizagem Tecnológica Ativa em ambos recursos utilizados na atividade. Ademais, a experiência no uso desses recursos em sala de aula apontam para uma postura favorável dos estudantes, contribuindo para um maior nível de interesse e concentração nas atividades. Contudo, cabe ressaltar que os estudantes após utilizarem o *Kahoot!*||*Socrative* na atividade proposta pelo professor tiveram capacitações (com duração de duas horas para cada recurso) com o objetivo de se apropriarem destes recursos e fazerem uso em suas (futuras) práticas pedagógicas.

Durante as capacitações foram evidenciadas algumas limitações de uso do *Kahoot!*||*Socrative*. Em relação ao *Kahoot!* os estudantes pontuaram algumas dificuldades em criar o *quiz*, *jumble* e o *survey*, pois o ambiente para elaboração é em inglês. Os estudantes também enfatizaram possíveis problemas para realizar uma atividade com o *Kahoot!* nas escolas devido à necessidade de projeção na sala de aula (o que em muitas escolas, quando tem, o projetor só

está disponível em uma sala multimídia ou no laboratório de informática ou no auditório da escola). A necessidade de conexão à Internet foi apontada pelos estudantes como um problema para a utilização de ambos os recursos. Essas limitações, corroboram com a realidade estrutural das escolas no Brasil, que carecem de uma infraestrutura adequada e de equipamentos disponíveis para um bom desenvolvimento das atividades educacionais. É preciso enfatizar que, em nosso caso, a atividade foi realizada em uma universidade federal que dispõe dos recursos (mínimos) necessários para a apropriação do *Kahoot!*||*Socrative* em sala de aula. Após as capacitações, os estudantes foram incentivados a produzirem uma atividade utilizando o *Kahoot!* e o *Socrative* considerando a aplicação em uma aula de Química.

Por fim, a experiência relatada neste trabalho contribuiu positivamente para o processo de ensino e aprendizagem de forma inovadora, atrativa e dinâmica, além de incentivar que atividades como esta, sejam replicadas pelos professores em seus ambientes de ensino.

Nota

ⁱ Passamos a utilizar a expressão *Kahoot!*||*Socrative* de modo a evitar a repetição das perguntas/falas que se aplicam a ambos os recursos. Quando necessário, descrevemos o recurso individualmente.

Bruno Silva Leite (leitebrunosilva@gmail.com), licenciado em Química e mestre em Ensino das Ciências pela UFRPE, doutor em Química pela Universidade Federal de Pernambuco. É professor da Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE, onde coordena o Laboratório para Elaboração e Utilização das Tecnologias no Ensino de Química (LEUTEQ). Recife, PE – BR.

Referências

ANTUNES, J.; NASCIMENTO, V. S.; QUEIROZ, Z. F. Metodologias ativas na educação: problemas, projetos e cooperação na realidade educativa. *Informática na Educação: teoria & prática*, v. 22, n. 1, p. 111-127, 2019.

ARROIO, A.; GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. *Química Nova na Escola*, v. 24, n. 1, p. 8-11, 2006.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.

BONI, V.; QUARESMA, S. J. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. *Em Tese*, v. 2, n. 1, p. 68-80, 2005.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL [CGI.br]. *TIC educação: pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras*. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2018.

COOREY, J. Active learning methods and technology: strategies for design education. *International Journal of Art & Design Education*, v. 35, n. 3, p. 337-347, 2016.

DIESEL, A.; BALDEZ, A. L. S.; MARTINS, S. N. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. *Revista Thema*, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

EICHLER, M. L.; PINO, J. C. DEL. *Ambientes virtuais de aprendizagem: desenvolvimento e avaliação de um projeto em educação ambiental*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2006.

FERRARINI, R.; SAHEB, D.; TORRES, P. L. Metodologias ativas e tecnologias digitais: aproximações e distinções. *Revista Educação em Questão*, v. 57, n. 52, p. 1-30, 2019.

FERREIRA, V. F. As tecnologias interativas no ensino. *Química Nova*, v. 21, n. 6, p. 780-786, 1998.

KAPP, K. M. *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based methods and strategies for training and education*. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

KOZANITIS, A. Las pedagogías activas y el uso de los TICs en contexto universitario: ¿una combinación posible? *Revista Diálogo Educativo*, v. 17, n. 52, p. 479-502, 2017.

LEITE, B. S. Aprendizagem Tecnológica Ativa. *Revista Internacional de Educação Superior*, v. 4, n. 3, p. 580-609, 2018.

LEITE, B. S. *Tecnologias no Ensino de Química: teoria e prática na formação docente*. 1. ed. Curitiba: Appris, 2015.

LICORISH, S. A.; OWEN, H. E.; DANIEL, B.; GEORGE, J. L. Students' perception of Kahoot!'s influence on teaching and learning. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, v. 13, n. 9, 2018.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em Educação: Abordagens qualitativas*. [Reimpr.] São Paulo: EPU, 2012.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, M. *Técnicas de Pesquisa*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MITRE, S. M., et al. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem na formação profissional em saúde: debates atuais. *Ciência & saúde coletiva*, v. 13, n. 2, p. 2133-2144, 2008.

MORENO, E. L.; HEIDELMANN, S. P. Recursos instrucionais inovadores para o ensino de química. *Química Nova na Escola*, v. 39, n. 1, p. 12-18, 2017.

O'REILLY, T. *What is web 2.0. design patterns and business models for the next generation of software*. 2005. Disponível em, <http://www.oreillynet.com/pub/a/oreilly/tim/news/2005/09/30/what-is-web-20.html>, acesso em set. 2019.

SAVIANI, D. *Escola e democracia*. 24. ed. São Paulo: Cortez, 1991.

SCHUHMACHER, V. R. N.; ALVES FILHO, J. P.; SCHUHMACHER, E. As barreiras da prática docente no uso das tecnologias de informação e comunicação. *Ciência & Educação*, v. 23, n. 3, p. 563-576, 2017.

SIEMENS, G. Connectivism: a learning theory for the digital age. *Instructional Technology and Distance Education*, v. 2, n.1, p. 3-10, 2004.

SILVA, J. B.; ANDRADE, M. H.; OLIVEIRA, R. R.; SALES, G. L.; ALVES, F. R. V. Tecnologias digitais e metodologias ativas na escola: o contributo do Kahoot para gamificar a sala de aula. *Revista Thema*, v. 15, n. 2, p. 780-791, 2018.

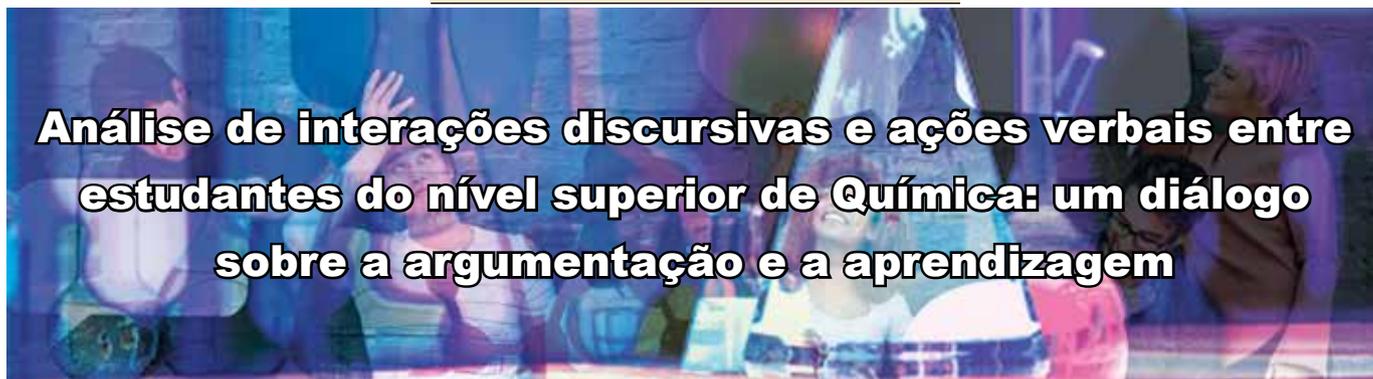
SILVA, V. A.; SOARES, M. H. F. B. O uso das tecnologias de informação e comunicação no ensino de Química e os aspectos semióticos envolvidos na interpretação de informações acessadas via web. *Ciência & Educação*, v. 24, n. 3, p. 639-657, 2018.

Para saber mais

MORAN, J.; BACICH, L. (Org.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.

Abstract: *Kahoot! and Socrative as resources for a gamified active technological learning in Chemistry teaching.* This paper presents the use of two digital didactic resources (Kahoot! and Socrative) by 72 students of an upper-year undergraduate chemistry course, from a public university, considering the assumptions of active technological learning (ATL) and gamification. The activity was divided into five moments: (i) elaboration of the quizzes; (ii) use of resources by students; (iii) resolution of the questionnaire on each resource; (iv) realization of the semi-structured interview; (v) analysis of the data collected. The study promoted an investigation of the contributions of the ATL in the process of teaching and learning, pointing to a favorable posture of students regarding the use of resources in Chemistry teaching as gamified environments. The students performed a reflexive experience that allowed them to identify possibilities for their future teaching practices, besides feeling engaged, motivated and autonomous during the activity, according to the characteristics of the ATL.

Keywords: active technological learning, gamification, chemistry teaching



Análise de interações discursivas e ações verbais entre estudantes do nível superior de Química: um diálogo sobre a argumentação e a aprendizagem

Lôany Gonçalves da Silva e Welington Francisco

A argumentação no Ensino de Ciências proporciona o debate, a apresentação de ideias e pontos de vista e a possibilidade dos estudantes produzirem enunciados de justificativas e relações causa-efeito. Nessa perspectiva, o objetivo deste trabalho é identificar e ressaltar os tipos de interações e ações verbais específicas nos enunciados dos estudantes que beneficiaram a argumentação e a discutibilidade sobre os conceitos de reações de substituição nucleofílica. Trata-se de uma pesquisa qualitativa em que participaram seis estudantes da disciplina de Reatividade de Compostos Orgânicos da Universidade Federal do Tocantins – Campus de Gurupi. A produção de dados foi realizada por meio da gravação do júri simulado e posteriormente, transcrição na íntegra. Foi elaborado um modelo de análise para correlacionar quais ações verbais e interações discursivas favorecem a discutibilidade sobre a temática. Os resultados apontam diferentes níveis de discutibilidade devido aos diferentes tipos de questionamentos proferidos. Observou-se que perguntas que exigem maior nível de reflexão e organização de conceitos favorecem a argumentação e a construção de enunciados que evidenciam o domínio conceitual dos estudantes sobre o tema.

► argumentação, ações verbais, estratégias enunciativas ◀

Recebido em 11/02/2019, aceito em 01/06/2019

157

No ensino de Ciências é crescente o desenvolvimento de estudos que abordam a argumentação, em especial, no Ensino de Química. Dentre alguns trabalhos podem-se destacar: a prática da argumentação através de interações colaborativas em ambiente virtual (Souza e Queiroz, 2013; Souza, Cabral e Queiroz, 2015); o desenvolvimento das habilidades argumentativas e cognitivas em atividades experimentais investigativas (Suart e Marcondes, 2009; Miranda *et al.*, 2017); análise da dinâmica argumentativa utilizando a abordagem CTS (Firme e Teixeira, 2008; Chiaro e Aquino, 2017); o desenvolvimento da argumentação sobre questões sociocientíficas ou estudos de casos (Mendes e Santos, 2012; Sá e Queiroz, 2007; Sá, Kasseboehmer e Queiroz, 2013); análises de atividades didáticas por meio de observação em sala de aula com o intuito de identificar as que favorecem a argumentação (Mendes e Santos, 2013); estudo de como as pessoas analisam situações reais para buscar soluções e tomar decisões (Driver, Newton e Osborne, 2000);

estudos científicos que destacam a importância do discurso na construção do conhecimento científico (Erduran, 2006; Kelly e Takao, 2002; Zohar e Nemet, 2002).

Segundo Teixeira (2015), a pesquisa sobre argumentação na área de Ensino de Ciências apresenta características em comum, como abranger assuntos que geram controvérsias, convidar os estudantes a apresentar justificativas, pontos de vista e debater sobre um assunto. Para que a argumentação seja utilizada em sala de aula com o propósito de que os estudantes se apropriem do conhecimento, os temas canônicos (temas curriculares) devem ser apresentados para que diferentes compreensões possam ser discutidas (Leitão, 2011). Caso o contexto apresentado não tenha natureza controversa, é possível provocá-la mediante atividades de debate, júris simulados e discussão em grupo (Chiaro e Leitão, 2005). Desta forma, transformam-se os temas canônicos em temas discutíveis, proporcionando ações discursivas que favorecem o surgimento da argumentação.

Dentre as principais teorias da argumentação utilizadas nos trabalhos, destacam-se duas vertentes: a monológica (Perelman e Olbrechts-Tyteca, 2005; Toulmin, 2006); e a dialógica (Chiaro e Leitão, 2005; Plantin, 2008). A vertente

A seção "Ensino de Química em Foco" inclui investigações sobre problemas no ensino de Química, com explicitação dos fundamentos teóricos, procedimentos metodológicos e discussão dos resultados.

monologal está relacionada ao convencimento, ou seja, pressupõe somente um único ponto de vista como considerável, de tal forma que os demais devem ser persuadidos a considerá-lo (Toulmin, 2006). Outrossim, a vertente dialogal assume como foco a negociação, admitindo-se a viabilidade de mais de um ponto de vista (Plantin, 2008).

Toulmin (2006) define a argumentação como um organismo, isto é, possui uma estrutura bruta e anatômica, uma estrutura fisiológica. Segundo Plantin (2008), o modelo descrito por Toulmin é uma excelente representação do modelo de argumentação monologal, pois entende-se que a argumentação é uma constelação de enunciados ligados em um sistema que dão ao discurso uma forma de racionalidade. De acordo com Capecchi e Carvalho (2000), a ferramenta descrita por Toulmin serve para o entendimento do papel da argumentação no pensamento crítico. As autoras complementam que este tipo de ferramenta tem o papel de mostrar evidências na elaboração de explicações causais, associando dados e conclusões através de justificativas de caráter hipotético.

Segundo Amossy (2011), o discurso argumentativo não se desenvolve no espaço abstrato da lógica pura, porém em uma situação de comunicação em que o enunciador expõe a sua opinião. A autora complementa que a argumentação não é o emprego de um raciocínio que se basta por si só, mas uma troca entre dois ou mais indivíduos que têm como pretensão influenciar um ao outro.

Desta forma, esta proposta de atividade baseada em um conflito discursivo no modelo dialogal de argumentação propicia uma aprendizagem mais ativa dos estudantes, pois o diálogo envolve a consideração de pontos de vista, sendo este um processo contínuo e dinâmico de negociação, ao decorrer dos argumentos e contra-argumentos dentro de um determinado assunto (Lira, 2009). Então, promover debates e discussões em pequenos grupos se faz eficaz não só para alcançar a co-construção coletiva ou concepções mais significativas para a aprendizagem, mas também para auxiliar a construção dos significados dos conceitos de forma consciente e transferi-los para contextos fora da sala de aula (Ortega *et al.*, 2015).

Assim, este trabalho, que é um recorte de uma dissertação de mestrado, possibilita ressaltar as habilidades de argumentação dos estudantes sobre os conceitos de reações de substituição e eliminação nucleofílica por meio de um caso investigativo na estratégia de debate íntimo. Tal atividade alinha-se com a perspectiva do modelo dialogal da argumentação porque traz as condições experimentais controversas entre as duas reações, dando a oportunidade dos estudantes argumentarem sobre. Portanto, busca-se responder a seguinte pergunta “Quais são e até que ponto as estratégias enunciativas e ações verbais utilizadas favoreceram a formação dos argumentos no discurso entre estudantes-estudantes?; tendo como objetivo: identificar e ressaltar os tipos de interações e ações verbais específicas nos enunciados dos estudantes que beneficiaram à argumentação e a discutibilidade sobre os conceitos de reações de substituição nucleofílica.

O modelo dialogal de argumentação

A argumentação no modelo dialogal é definida como uma atividade linguística desenvolvida em uma situação argumentativa, em que a enunciação se situa contra o pano de fundo do diálogo. Para Plantin (2008, p. 63- 64), a argumentação dialogada “é desencadeada quando se põe em dúvida um ponto de vista, em resposta a uma mesma pergunta” ou a algum fato ou conjuntura a se analisar (Plantin, 2008). Dessa forma, é esse enunciado que se coloca em dúvida na argumentação dialogal, instaurando-se uma situação tripolar, dividida em Proponente, Oponente e Terceiro (Plantin, 2008).

O Proponente é aquele que manifesta uma opinião contrária ao enunciado inicial, sendo esta opinião dominante. Já o Oponente é aquele que se opõe ao proponente e ao enunciado inicial. Por fim, o Terceiro é o locutor que não se identifica com nenhum dos dois discursos, opondo-se ao proponente e oponente, transformando esta oposição em pergunta. Assim, a construção de um discurso considerado argumentado no modelo dialogal possui uma pergunta (ou enunciado) que gera os argumentos, a favor e contra, novos questionamentos para gerar outros argumentos que geraram a conclusão, ou seja, a resposta à pergunta. Desta forma, “a argumentação pode ser vista como um modo de construção de respostas a perguntas que organizam um conflito discursivo” (Plantin, 2008, p. 70). Ademais:

Em tal situação, têm valor argumentativo todos os elementos semióticos articulados em torno dessa pergunta. Em particular, as justificativas podem se fazer acompanhar de uma série de ações concretas, co-orientadas pelas falas e visando tornar sensíveis as posições defendidas (Plantin, 2008, p. 65).

De acordo com os trabalhos de Chiaro e Leitão (2005) e Leitão (2011), a percepção de que uma ideia ou tema seja discutível é a primeira condição para que se gere a argumentação. Baseando-se nesta ideia é possível identificar ações verbais que favorecem e constroem a argumentação por meio de três planos distintos: o pragmático, o argumentativo e o epistêmico (Leitão, 2011).

O plano pragmático são ações discursivas que criam condições necessárias para que a argumentação efetivamente se instale (Chiaro e Leitão, 2005; Leitão, 2011). Dialogando com as ideias de Plantin (2008), é o momento do Proponente e Oponente opinarem contra ou a favor do enunciado apresentado (o tema discutível).

No plano argumentativo, a ação verbal tem como característica gerar e sustentar a argumentação por meio de operações definidoras, como definição/justificação de pontos de vista e negociação de divergências (Chiaro e Leitão, 2005; Leitão, 2011). É o momento em que os argumentos do Proponente e Oponente se tornam conflitantes e visam analisar o enunciado inicial. Aqui o Terceiro tem o papel de fomentar a discutibilidade a partir de novas perguntas ou enunciados.

O plano epistêmico está relacionado a ações verbais que mobilizam diretamente o conhecimento, ou seja, trazem às discussões informações como conceitos e definições relevantes ao domínio do conhecimento (Chiaro e Leitão, 2005; Leitão, 2011). Em linhas gerais, são as respostas às perguntas (ou enunciados) iniciais.

Segundo Leitão (2011), o interesse pelas relações entre argumentação e processos de construção de conhecimento tem gerado estudos que buscam compreender o papel característico que a argumentação desempenha em processos educativos e como pode ser produtivamente implementada em situações de ensino-aprendizagem.

Sá e Queiroz (2007) descrevem que a prática da argumentação pode fazer com que os estudantes entendam e compreendam o conhecimento científico adequadamente, destacando a importância de se trabalhar essa habilidade no Ensino de Ciências para a apropriação conceitual de diversos assuntos. Em um panorama educacional, gerar oportunidades de argumentação em sala de aula é proporcionar ao aluno a oportunidade de reflexão sobre fundamentos e os limites de seus conhecimentos (Leitão, 2011). Assim, as atividades que favorecem a argumentação em sala de aula podem ser aliadas para a formação de jovens pensadores críticos, que sejam capazes de utilizar seus pensamentos em favor próprio ou em conjunto, assim como discutir problemas e sugerir soluções (Bianchini, 2011).

Sá *et al.* (2007) têm mostrado que a utilização de casos colabora para o Ensino de Ciências, favorecendo a análise da dimensão discursiva em sala de aula. As autoras destacam também o papel da linguagem como componente essencial para se adquirir conhecimento científico.

Em relação aos casos investigativos, existem várias metodologias que beneficiam a comunicação oral e conseqüentemente, as interações discursivas entre os estudantes. Durante essas interações discursivas, a argumentação pode proporcionar aos estudantes uma reorganização dos enunciados, possibilitando a manifestação do pensamento crítico e a apropriação conceitual. A estratégia de uma atividade utilizando um debate favorece um ambiente propício para que os alunos pratiquem e aprendam a argumentar, ou melhor, que se tornem capazes de reconhecer as afirmações sendo estas contraditórias ou não. Ademais, quando as ideias são debatidas em caráter coletivo, podem ser reformuladas por meio das contribuições dos colegas (Altarugio, Diniz e Locatelli, 2010)

Essa estratégia favorece o direcionamento e a construção das ideias dos estudantes, promovendo uma apropriação mais significativa do conteúdo ministrado em sala de aula (Leite e Esteves, 2005). Segundo Silva e Mortimer (2011), o interesse na linguagem tem permeado várias pesquisas com diferentes formas e finalidades. Pode-se exemplificar propostas como a caracterização de enunciados em sala de aula com o objetivo de promover a argumentação e enfatizar a construção de significados em salas de aula de Ciências principalmente na área de química (Silva e Mortimer, 2010 e 2013).

Nessas perspectivas, é possível compreender a variedade de interações discursivas que um indivíduo estabelece no

espaço social da sala de aula. Para tanto, o que se pretende mostrar neste trabalho é que o uso de casos investigativos com uma situação controversa propicia uma argumentação dialógica. Isso porque os enunciados produzidos pelo Proponente e Oponente sobre o tema de reações de substituição nucleofílica e eliminação conduzem (plano pragmático) e sustentam (plano argumentativo) a argumentação na atividade e a discutibilidade do tema, na medida que os conhecimentos adquiridos são apresentados e justificados por meio da linguagem científica e operações adequadas (plano epistêmico).

Metodologia

A atividade foi desenvolvida junto a 6 estudantes matriculados na disciplina de Reatividade de Compostos Orgânicos, ofertada pelo curso de Química Ambiental da Universidade Federal do Tocantins. O caso investigativo foi organizado segundo a perspectiva do debate íntimo, sendo o método conhecido como o debate estruturado por meio de uma controvérsia ou de temas controversos (Herreid e Rei, 2007).

Para abordar o tema, o professor da disciplina elaborou um caso fictício que narra uma acusação de fraude em relação às sínteses orgânicas que abrangem as reações de substituição nucleofílica e de eliminação (Figura 1). A atividade foi desenvolvida em 9 aulas consecutivas de 50 minutos cada. Na primeira aula, o caso foi entregue aos alunos e então a discussão sobre as propriedades e características das sínteses foram conduzidas até o oitavo encontro.

Concomitantemente aos encontros, os estudantes deveriam propor uma solução para o caso na forma escrita, de acordo com a discussão das propriedades das reações envolvidas durante as aulas. A entrega da resolução individual ao professor foi marcada para o penúltimo encontro, sendo que para o último encontro foi proposta a realização de um júri simulado, uma vez que o caso proporcionava um conflito discursivo entre as condições experimentais dos dois tipos de reações estudadas.

Para iniciar o júri, o professor separou os alunos em dois grupos, baseando-se na resolução do caso por escrito entregue previamente pelos alunos que se posicionaram a favor de uma determinada síntese.

Os seis participantes foram divididos igualmente em dois grupos (Gruso e Doravante) em função da resolução escrita, previamente, do caso. Cada grupo defenderia as ideias propostas, sendo identificados como: G_{Adv} (papel do advogado do GRUSO), G_{T1} e G_{T2} (papéis de testemunhas do Gruso); D_{Adv} (papel do advogado do Doravante), D_{T1} e D_{T2} (papéis de testemunhas do Doravante).

A coleta de dados foi feita pela gravação do júri, tendo um tempo total de 1 hora, 19 minutos e 23 segundos, que posteriormente foi transcrito na íntegra e dividido em 5 episódios e cada episódio subdividido em seqüências discursivas. Para a análise dos dados utilizou-se a transcrição do segundo episódio. Para a análise e identificação das ações verbais e interações discursivas entre os estudantes foi utilizado como referencial as ideias de Plantin (2008) sobre os

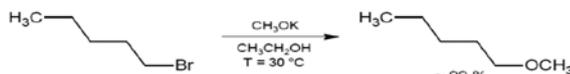
DUAS SÍNTESES, DOIS PRODUTOS?

O meio acadêmico-científico foi recentemente abalado, depois de uma séria denúncia sobre uma possível fraude de resultados experimentais. Há aproximadamente dois meses, o grupo de sínteses orgânicas (GRUSO) liderado pelo renomado professor Dr. Romualdo Cruz Silva Peregrino, da Universidade Catedrática (UC), acusou o recente grupo de pesquisa liderado pelo novo professor Dr. Donato Doravante, da Universidade Estrela Nova (UEN), de forjar resultados de uma mesma síntese feita pelo GRUSO para publicar como um novo e diferente produto.

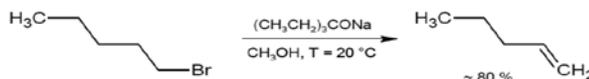
Na denúncia, o GRUSO encabeça a ideia de que o produto obtido pelo Dr. Doravante em sua síntese (**penteno**) não condiz com os mesmos resultados obtidos e já publicados pelo GRUSO, que é o **metoxipentano** ou **éter metílico e pentílico**. Ademais, o Dr. Romualdo diz que tais informações poderão prejudicar futuros financiamentos de órgãos de fomento. Em nota, logo após a acusação ir a público, o Prof. Dr. Donato disse que “a síntese obtida pelo seu grupo foi alcançada devido as diferentes condições experimentais utilizadas e que o produto não apresenta as mesmas propriedades químicas e físicas obtidas pelo GRUSO”.

Para maiores esclarecimentos na audiência marcada para o próximo mês, os advogados das duas universidades sugeriram que os grupos divulgassem as condições experimentais utilizadas nas sínteses para que elas fossem analisadas por outros especialistas. As duas condições utilizadas pelos grupos são as descritas abaixo:

Síntese do GRUSO:



Síntese do grupo do Dr. Donato Doravante:



Suponha que você seja um dos especialistas que analisará as duas sínteses e que no dia do julgamento será testemunha (de defesa ou de acusação) de um dos dois grupos de pesquisa. Qual das condições sintéticas você acha que está coerente e como você formularia seu testemunho, com base nos conhecimentos químicos envolvidos e em outros fatores que julgar importante?

Figura 1. O caso

papéis argumentativos de oponente, proponente e terceiro em uma perspectiva dialogal com intuito de identificá-los. Conjuntamente, os trabalhos de Chiaro e Leitão (2005) e Leitão (2011) fundamentaram o reconhecimento das ações verbais favoráveis à argumentação e as ideias de interações discursivas como ferramenta analítica proposta por Mortimer e Scott (2002) e aperfeiçoada pelos trabalhos de Silva (2008) e Silva e Mortimer (2010 e 2011) auxiliaram para identificar e verificar quais interações favorecem a discutibilidade e consequentemente à argumentação.

Para a análise dos dados foi criado um modelo de análise (Quadro 1) que estabelece relações entre as ações verbais executadas nos planos pragmático, argumentativo e epistêmico com as estratégias enunciativas (Mortimer e Scott, 2002).

O modelo de análise foi criado com a intenção de correlacionar qual o tipo de ação verbal com as estratégias enunciativas específicas beneficiou à discutibilidade sobre o tema. Por conseguinte, é possível verificar o que favoreceu a argumentação dos estudantes, identificando a apropriação conceitual sobre reações de substituição nucleofílica dos participantes na atividade.

Resultados e Discussão

Neste trabalho foi analisada a transcrição do episódio 2 (Perguntas do advogado do grupo Dr. Doravante para o Grupo Gruso: uma discussão sobre condições para uma reação de substituição), uma vez que o episódio 1 (Perguntas do advogado do grupo Gruso para o grupo do Dr. Doravante: uma discussão sobre condições para uma reação de eliminação) já fora publicado. O episódio tem um tempo total de 17:32 minutos, sendo dividido em 6 sequências discursivas identificadas a partir de cada nova pergunta do D_{Adv} . Essas perguntas, que se constituem como os primeiros enunciados para as demais interações discursivas, versam sobre o conteúdo científico das reações de substituição e suas condições experimentais. O Quadro 2 apresenta as principais estratégias de ações verbais utilizadas pelo advogado e testemunhas no decorrer do episódio.

Na primeira sequência, D_{Adv} inicia seu discurso com um questionamento que desafia os oponentes a formularem seus pontos de vista sobre o solvente utilizado na síntese.

Quadro 1: Modelo de análise dos dados.

Modelo de análise	
Planos	Estratégias Enunciativas relacionadas
<p><u>Plano Pragmático</u> – Ações que são consideradas um convite para a argumentação.</p>	<p><i>Tipos de Iniciações:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Iniciações de Escolha: solicita uma resposta do tipo sim ou não. - Iniciações de Produto: esta iniciação solicita um nome ou um fato. - Iniciações de Processo: se dá por uma opinião ou interpretação de quem está respondendo. - Iniciações de Metaprocessos: demanda um maior conhecimento neste tipo de iniciação pois exige uma construção de ideias e uma maior reflexão. <p><i>Tipo de Discurso:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Discurso de conteúdo: relaciona-se ao conteúdo científico. - Discurso de agenda: a intenção desse discurso é manter a narrativa.
<p><u>Plano Argumentativo</u> – Ações que surgem no confronto das ideias com o intuito de sustentar a argumentação.</p>	<p><i>Intenções:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Criar um problema: “engajar os estudantes, intelectual e emocionalmente, no desenvolvimento inicial da estória científica” (MORTIMER, SCOTT, 2002, p.285). - Explorar a visão dos estudantes: identificar e explorar as visões dos estudantes sobre ideias e fenômenos específicos relacionados ao tema. - Manter a narrativa: segundo Mortimer e Scott (2002, p. 285) possibilita “prover comentários sobre o desenrolar da estória científica, de modo a ajudar os estudantes seguir seu desenvolvimento e a entender suas relações com o currículo de ciências como um todo”. - Introduzir e desenvolver a estória científica: de acordo com Mortimer e Scott (2002, p.285), significa “disponibilizar as ideias científicas no plano social da sala de aula”.
<p><u>Plano Epistêmico</u> – Ações que mobilizam o conhecimento durante a argumentação.</p>	<p><i>Operações Epistêmicas:</i> servem para caracterizar o conteúdo do discurso.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descrição: uma abordagem a um sistema, objeto ou fenômeno referente às suas características, propriedades, constituição e aplicação. - Explicação: busca algum modelo ou mecanismo para dar sentido às descrições, justificando-as. - Generalização: elaboração de descrições ou explicações que são independentes do assunto específico, ou seja, não abordam um fenômeno particular, mas sim que abordam um determinado conjunto. - Classificação: Identificar/classificar o fenômeno que se põe em discussão. - Comparação: Envolve confrontar dois fenômenos decorrentes.

Quadro 2: Destaques de ações verbais e estratégias enunciativas do Episódio 2.

Episódio 2 - Perguntas do advogado do grupo Dr. Doravante para as testemunhas do grupo Gruso	
<p>Plano Pragmático/ Iniciações</p>	<p>Identificado por meio das questões feitas pelo advogado durante o debate. Alguns exemplos são:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desafiar para formular pontos de vista (<i>Iniciação de processo</i>) - Solicitar a apresentação de posicionamento com o papel de terceiro (<i>Iniciação de processo</i>) - Pedir justificativas (<i>Iniciação de metaprocessos</i>) - Solicitar a apresentação de concessão e negociação (<i>Iniciação de processo</i>) - Solicitação para que os oponentes reexaminem seu ponto de vista (<i>Iniciação de metaprocessos</i>) - Convite para examinar o ponto de vista de quem pergunta (<i>Iniciação de processo</i>) - Solicitar respostas a contra-argumentos (<i>Iniciação de metaprocessos</i>) <p>Verificou-se que em todo o episódio houve dois tipos de discurso: Discurso de conteúdo (em maior parte do tempo) e o Discurso de agenda. Este resultado é compreensível, pois em toda discussão os estudantes abordaram em seus enunciados os critérios experimentais das reações de substituição. O discurso de agenda foi utilizado pelos estudantes em alguns momentos para manter a narrativa e dar continuidade as discussões.</p>
<p>Plano Argumentativo/ Intenções</p>	<p>Identificado pelos enunciados dos estudantes que sustentam a argumentação durante o debate como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buscar a opinião dos demais (<i>Intenção de Explorar a visão dos estudantes</i>) - Justaposições de ideias (<i>Intenção de Manter a narrativa</i>) - Apresentação de pontos de vista (<i>Intenção de Manter a narrativa</i>) - Formulação de um ponto de vista alternativo (<i>Intenção de Introduzir e desenvolver a estória científica</i>) - Realizar objeções (<i>Intenção de Criar um problema</i>) - Formulação de argumentos (<i>Intenção de Manter a narrativa</i>) - Apresentação de justificativas e razões (<i>Intenção de Manter a narrativa</i>)
<p>Plano Epistêmico/ Operações epistêmicas</p>	<p>Identificado a partir do tipo de discurso de conteúdo utilizado pelos estudantes durante o debate. As principais operações epistêmicas são: descrição, classificação, explicação e comparação.</p>

Turno 1 – D_{Adv} : Bom primeira coisa, acredito ser das coisas principais quando a gente olhou na síntese. Aí a gente percebeu a questão do solvente, “né”. **O que vocês acham do solvente utilizado nessa síntese, como sendo uma síntese de substituição. O que vocês acharam? Foi bom, ruim, o que poderia dizer?**

No âmbito do plano pragmático e argumentativo, este questionamento busca por meio de uma iniciação de processo explorar a visão dos estudantes do grupo oponente sobre o solvente utilizado na síntese. De acordo com Leitão (2011 e 2007), isso é uma das características que ao mesmo tempo gera e sustenta a argumentação, pois ao engajar o indivíduo no assunto, ele é levado a formular e fundamentar seus pontos de vista, possibilitando condições para que a argumentação se instale e dê sequência entre os demais participantes.

Essa ação verbal induz a produção de um discurso de conteúdo, direcionando especificamente para a importância do solvente na reação de substituição nucleofílica. Esta análise se assemelha aos resultados do trabalho apresentado por Chiaro e Leitão (2005), em que analisam a argumentação em sala de aula mediada por uma professora que estimula a participação dos alunos através de seus respectivos pontos de vista para dar início e continuidade à argumentação.

Em sequência (turnos 2 ao 6), os “estudantes-testemunhas” respondem qual o solvente utilizado na síntese, assim como expressam uma dúvida sobre o assunto.

Turno 2 – G_{T1} : É....

Turno 3 – G_{T2} : Bom... o solvente utilizado foi o...

Turno 4 – G_{T1} e G_{T2} : o etanol...

Turno 5 – G_{T1} : ... diferentemente do... calma

Turno 6 – G_{Adv} : Diferente de que?

Ao responderem “etanol”, as testemunhas G_{T2} e G_{T1} (turno 4) indicam/classificam o solvente utilizado. Tal resultado traz ao discurso apenas uma informação pertinente ao tema, sem expressar a opinião sobre o solvente como fora questionado. Observa-se que mesmo a iniciação sendo do tipo de processo, a resposta é factual com o nome do solvente, o que caracteriza uma dificuldade na interpretação da pergunta.

No decorrer dos enunciados, G_{Adv} faz o papel de terceiro, questionando a fala do colega do mesmo grupo com intuito de direcionar os argumentos em um discurso de agenda que os instigam a manter a narrativa e dar continuidade as discussões. Somente entre os turnos 7 e 10, é que o G_{T2} responde tanto ao D_{Adv} quanto ao G_{Adv} .

Turno 7 – G_{T2} : Não porque o metanol é diferente de etanol.

Turno 8 – G_{T1} : Ah sim!

Turno 9 – G_{T1} : Diferente do metanol.

Turno 10 – G_{T2} : Pois é o deles é o metanol e nosso foi o etanol, então o etanol sim ele apresenta uma polaridade e ele é um solvente prótico e isso interfere na (pausa)... No efeito de solvatação só que lembrando

que é um etanol dois átomos de carbono que, que é diferente de um metanol que tem um átomo de carbono, então a carga efetiva no caso do oxigênio ele não vai fazer... Ele por efeito indução eles têm dois carbonos para dividir essa carga então ele interfere sim, entendeu? Mais só que no caso aqui a base a base é muito forte. Entendeu? Não necessariamente ele (pausa e repetições) causou (pausa) uma interferência... (interrupção).

A resposta se manteve em um plano epistêmico de comparação entre os dois solventes, pois o estudante em seu enunciado tenta explicar a pouca interferência do solvente na síntese de substituição nucleofílica bimolecular. Isso porque os solventes próticos favorecem reações de substituição unimoleculares por aumentar a velocidade de ionização de um haleto de alquila em uma reação de substituição unimolecular, devido a sua capacidade em solvatar ânions e cátions (Solomons e Fryhle, 2009).

Assim, G_{T2} justifica esta pouca influência do solvente devido à presença de uma base forte, pois de acordo com Solomons e Fryhle (2009), um nucleófilo forte é suficiente para provocar o deslocamento do grupo abandonador a uma velocidade significativa favorecendo reações de substituição bimoleculares. Em seguida o G_{T2} conclui sua fala fazendo uma generalização, no turno 14, de que o solvente não impediu que a reação ocorresse.

Turno 11 – G_{Adv} : Um impedimento foi...

Turno 12 – G_{T2} : Um impedimento ...um (pausa)

Turno 13 – G_{T1} : Um bloqueio.

Turno 14 – G_{T2} : Um impedimento ao ponto de impedir que a base chegasse.

Turno 15 – G_{Adv} : Só foi uma dificuldade.

Em continuidade, G_{T2} traz em discussão a temperatura como outro fator que pode interferir nesse tipo de reação, apresentando no seu enunciado um plano argumentativo com justaposições de ideias, em relação ao seu próprio argumento:

Turno 16 – G_{T2} : Isso, lembrando que a temperatura também ajuda, porque, as reações são baseadas... Se acontecesse ou não através do fator que mede isso é a energia de ativação então levando em consideração isso e se tem mais temperatura a reação foi feita a 30 °C diferentemente do que 20 °C então talvez essa temperatura tenha fornecido energia para que não houvesse esse impedimento, mesmo se tivesse. Não sei se vocês tão entendendo... Mesmo se “tivesse” esse impedimento a temperatura é (pausa) “tá dando mais alta” ultrapassou esse impedimento não fez tanto que impediu não.

Entende-se que justapor ideias seja acrescentar e agregar ideias com intuito de se justificar. Ele expressa seu ponto de

vista em relação à temperatura fornecer energia suficiente para ocorrer a reação visando introduzir e desenvolver a estória científica sobre o efeito da temperatura na síntese. Segundo Leitão (2011) e Vargas (2010), as ações de justificação expandem a argumentação, pois faz com que o aluno reexamine suas ideias iniciais.

No plano epistêmico, G_{T2} compara o efeito da temperatura nas duas sínteses e faz uma generalização de que o aumento da temperatura fornece mais energia para o sistema superar a energia de ativação para justificar porque o impedimento da base não afetou a reação.

Na segunda sequência, o “advogado” inicia apresentando uma objeção à resposta inicial da questão anterior, exercendo seu papel de proponente e solicitando um novo questionamento sobre o efeito do solvente no nucleófilo.

Turno 17 – D_{Adv} : E como esse solvente ele sendo prótico ele influenciaria na... a base “tipo assim” o nucleófilo, que alteração que ele faria? Você respondeu, respondeu... se ...como ele sendo prótico o que ele varia na base, se ele fosse como tinha colocado, o que ele ia fazer na base que ele impedia ela a...

Turno 18 – G_{T2} : Não “perai tô” tentando entender a pergunta.

Turno 19 – D_{Adv} : Tipo assim. Qual o efeito do solvente no nucleófilo?

Turno 20 – G_{T1} : Ele solvata...

Turno 21 – G_{T2} : Ele pode solvatar o nucleófilo e impedir que ele chegue ao carbono com densidade de carga positiva.

Especificamente no turno 19, D_{Adv} faz uma iniciação de produto que incentiva a interação. Porém, não contribui com que o discurso se torne argumentativo porque sua intenção é de manter a narrativa a partir de uma resposta factual sobre o efeito do solvente.

Tais resultados se assemelham com os apresentados por Lobato e Quadros (2018), Cruz *et al.* (2016) e Mendes e Santos (2013), em que se verificou que iniciações como a de produto levam a respostas curtas e simples, dificultando a continuidade diante a discussão.

Percebe-se o não aprofundamento na argumentação pelas respostas de G_{T1} e G_{T2} que se manifestam com uma resposta direta do efeito de solvatação (classificação), seguida de uma explicação da consequência dessa solvatação. Ambas as respostas são ações verbais específicas do plano epistêmico.

A quinta sequência discursiva inicia-se com uma interação entre o “advogado” e o professor com o intuito de confirmar algumas ideias para a formulação do questionamento sobre a inversão da configuração:

Turno 72 – D_{Adv} : Então as reações de substituição acho que segundo a literatura fala que todas e (pausa) sofrem inversão, né professor?

Turno 73 – Professor: Sim

Turno 74 – D_{Adv} : Até fiquei na dúvida se eram todas as reações de $Sn2$ sofre inversão.

Turno 75 – Professor: Inversão na configuração

Turno 76 – D_{Adv} : Isso, inversão na configuração

Turno 77 – Professor: Inversão pode acontecer, acontece. Mas isso não significa que vai gerar seu enantiômero.

Turno 78 – D_{Adv} : É isso! Eu queria “tipo”. Porque em reações de $Sn2$ porque no livro eu acho que fala .

Turno 79 – G_{T1} : Fala sempre.

Turno 80 – D_{Adv} : Que todas, até achei meio que (...) ocorre inversão da configuração.

Nessa interação, o aluno-advogado solicita um *feedback* do professor por uma iniciação de processo em relação à inversão na configuração que ocorre em reações de substituição nucleofílica bimoleculares. Esta ação se apresenta como um plano pragmático, pois a pergunta convida o professor a examinar/avaliar o ponto de vista de quem questiona, e assim, cria a possibilidade de discordância ou não sobre o assunto porposto (Chiaro; Leitão, 2005).

No decorrer da interação, o professor introduz e desenvolve a estória científica, disponibilizando as ideias científicas a respeito da inversão de configuração nesse tipo de reação, contribuindo com formulação de argumentos e avaliação dos estudantes. Mendes e Santos (2013) apresentam em seus resultados que uma avaliação positiva e solicitação de esclarecimento do professor são estratégias para o direcionamento do discurso, o que se assemelha neste primeiro turno, caracterizando-o como um plano argumentativo.

Em seguida, D_{Adv} faz a pergunta com uma iniciação do tipo de metaprocesso, que exige reflexão e justificativas dos estudantes-testemunhas em um discurso de conteúdo referente à inversão da configuração ocorrida na síntese, mantendo ação verbal em um plano pragmático:

Turno 81 – D_{Adv} : Por que que ocorre inversão na configuração? O hidrogênio você tirou para outro lado, né.

Turno 82 – G_{T2} : Bom por causa da conformação do estado intermediário. E como ele vai atacar aqui para formar o produto desejado ele ...

Turno 83 – G_{T1} : E pra formar o produto desejado então precisa da inversão.

Turno 84 – G_{T2} : Esse grupo ele vai causar uma é (pausa) uma probabilidade nesse grupo no caso esse hidrogênio e nesse bromo e então vai inverter para outro lado vai passar tudo pra cá, e essa vai ser a conformação.

Turno 85 – G_{T1} : Tem que ocorrer pra obter o produto desejado.

G_{T2} e G_{T1} apresentam em seus argumentos respostas sobre a formação do produto, por meio da inversão, em respostas de produto. Apesar de a iniciação ser de metaprocesso, G_{T2} e G_{T1} se baseiam apenas no produto formado para justificarem

a inversão na configuração (reagente e produto). Essa ação é característica do plano argumentativo, pois a fala desses alunos, turnos 82 ao 85, estimulam a implementação de operações definidoras da argumentação, sendo estas, justificativas e razões.

Nestes enunciados os alunos não explicam a causa e como se dá a inversão de configuração nesse tipo de síntese. O que fazem é uma descrição sobre a conformação do estado intermediário. Os estudantes apresentam o conteúdo e alguns termos científicos corretamente, mas durante seu raciocínio não estabelecem nenhuma relação para explicar o fenômeno.

Conclusão

Por meio da análise das sequências discursivas apresentadas pode-se observar que o papel do “advogado” foi um importante fator gerador da argumentação. A interação entre os estudantes durante a atividade contribuiu para a reflexão e análise crítica sobre o assunto, pois em diversos momentos o “advogado” exerceu seu papel de proponente, assim como as “testemunhas” se comportaram como oponentes.

Percebe-se uma diferença do nível de discutibilidade entre as três sequências devido os diferentes tipos de iniciações utilizadas. As iniciações do tipo de metaproceto e processo favorecem a argumentação porque demandam um maior nível de reflexão e engajamento dos estudantes, enquanto as iniciações de produto levam ao fechamento rápido da argumentação devido ao fato de sugerirem respostas factuais.

Em relação às ações do plano argumentativo, verifica-se a avaliação, a justificacão de pontos de vista e a opinião sobre o tema. Nota-se também uma necessidade comunicativa dos

estudantes em defender e responder aos questionamentos e pontos de vista do “advogado” em cada sequência, o que permitiu que a argumentação se expandisse.

No plano epistêmico destacam-se as categorias de classificacão, descriçãe e comparacão. Apesar de tais categorias não serem as que mais exigem dos estudantes, são indícios importantes de aprendizagem sobre o tema. Ademais, os poucos enunciados que exploram as operações de explicacão, definiçãe e generalizacão demonstram um nível de conhecimento satisfatório alcançado pela atividade.

Por fim, ressalta-se o potencial deste tipo de atividade em salas de aula de ciência, com uma atividade planejada que necessitou um estudo prévio e contínuo por parte dos estudantes para uma análise reflexiva no debate apresentando variadas estratégias enunciativas e ações verbais. A identificacão e análises destes enunciados contribuem no sentido de apresentar como o conhecimento científico químico é apropriado pelos estudantes durante atividades de argumentacão, permitindo a avaliacaão do processo de aprendizagem no decorrer da construçãe de seus enunciados e argumentos. Ademais, quando os estudantes assumem diferentes posições sobre um tema controverso é possível intensificar a discutibilidade do tema, contribuindo para que novas pesquisas explorem cada vez mais o modelo de argumentacão dialogal.

Lóany Gonçalves da Silva (loanygoncalves@hotmail.com), é bacharel em Química Ambiental e mestranda em Química pela Universidade Federal do Tocantins - Campus de Gurupi. Gurupi, TO – BR. **Wellington Francisco** (wellington.francisco@unila.edu.br), bacharel, licenciado, mestre e doutor em Química (tese em ensino). É professor da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). Foz do Iguaçu, PR – BR.

Referências

ALTARUGIO, M. H., DINIZ, M. L. e LOCATELLI, S. W. O debate como estratégia em aulas de química. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 1, p. 26-30, 2010.

AMOSSY, R. Argumentação e análise do discurso, perspectivas teóricas e recortes disciplinares. *Revista Eletrônica de Estudos Integrados em Discurso e Argumentação*, n. 1, p. 129-144, 2011.

BIANCHINI, T.B. O ensino por investigação abrindo espaços para a argumentação de alunos e professores do ensino médio. *Dissertação de Mestrado*, Universidade Estadual Paulista, Brasil, 2011.

CHIARO, S. e AQUINO, K. Argumentação na sala de aula e seu potencial metacognitivo como caminho para o enfoque CTS no ensino de química: uma proposta analítica. *Educação e Pesquisa*, n. 2, p. 411-426, 2017.

CHIARO, S. e LEITÃO, S. O papel do professor na construção discursiva da argumentação em sala de aula. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, n. 3, p. 350-357, 2005.

CAPECCHI, M. C. e CARVALHO, A. M. P. Interações discursivas na construção de explicações para fenômenos físicos em sala de aula. In: *Atas do VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Florianópolis, 2000. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/v1arquivos_diversos/EPEF/VII/VII-Encontro-de-Pesquisa-em-Ensino-de-Fisica.pdf, acesso em jan. 2019.

CRUZ, M. L. F.; ALMEIDA, L. T. G.; FELIX, M. A. C. e QUADROS, A. L. Estratégias utilizadas por professores para dar continuidade ao discurso em sala de aula. In: *Atas do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química*, Florianópolis, 2016. Disponível em: <http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0525-1.pdf>, acesso em jan. 2019.

DRIVER, R.; NEWTON, P. e OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, v. 84, n. 3, p. 287-312, 2000.

ERDURAN, S. Promoting ideas, evidence and argument in initial teacher training. *School Science Review*, v. 87, n. 321, p. 45-50, 2006.

FIRME, R. e TEIXEIRA, F. Análise da dinâmica argumentativa em sala de aula de química com abordagem CTS. In: *Anais do XIV Encontro Nacional de Ensino de Química*, Curitiba, 2008. Disponível em: <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0756-1.pdf>, acesso em jan. 2019.

HERREID, C. F. e REI, K. Intimate Debate Technique: Medicinal Use of Marijuana. *National Science Teachers Association (NSTA)*, n. 4, p. 10-13, 2007.

KELLY, G.J. e TAKAO, A. Epistemic levels in argument: An analysis of university oceanography students' use of evidence in writing. *Science Education*, v. 86, n. 3, p. 314-342, 2002.

LEITÃO, S. O lugar da argumentação na construção do conhecimento em sala de aula. In: LEITÃO, S. e DAMIANOVIC,

M. C. (Orgs.). *Argumentação na escola: o conhecimento em construção*. Campinas: Pontes, 2011. p. 13-46.

_____. *Argumentação e Desenvolvimento do Pensamento Reflexivo. Psicologia: Reflexão e Crítica*, n. 3, p. 454-462, 2007.

LEITE, L. e ESTEVES, E. Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas na licenciatura em ensino de Física e Química. In: *Atas do VIII Congresso Galaico-português de Psicopedagogia*. Braga, 2005. Disponível em: <http://www.educacion.udc.es/grupos/gipdae/documentos/congreso/viii-congreso/pdfs/207.pdf>, acesso em jan. 2019.

LIRA, M.M. Alfabetizando científica e argumentação escrita nas aulas de ciências naturais: pontos e contrapontos: pontos e contrapontos, *Dissertação de mestrado*, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil, 2009.

LOBATO, A. C. e QUADROS, A. L. Como se constitui o discurso de professores iniciantes em sala de aula. *Educação e Pesquisa: Revista da Faculdade de Educação da USP*, v. 44, p. 1-21, 2018.

MENDES, M. R. M. e SANTOS, W. L. P. Construção discursiva para a argumentação em discussões sociocientíficas. In: *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Águas de Lindóia, 2013. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0376-1.pdf>, acesso em jan. 2019.

MIRANDA, M. et al. Argumentação e habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química: relações com a interação dialógica do professor. In: *Atas IV Encontro Nacional de Pesquisa e Educação em Ciências*, Águas de Lindóia, 2013. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0478-1.pdf>, acesso em jan. 2019.

MORTIMER, E. F. e SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, n. 3, p. 283-306, 2002.

ORTEGA, F.L.; ALZATE, O.E. e BARBALLO, C.M. La argumentación en clase de ciencias, un modelo para su enseñanza. *Educación e Pesquisa*, n. 3, p. 629-643, 2015.

PERELMAN, C. e OBRECHTS-TYTECA, L. *Tratado da argumentação: a nova retórica*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

PLANTIN, C. *A argumentação: história, teorias, perspectivas*. 1. ed. São Paulo: Parábola Editorial, 2008.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A. e QUEIROZ, S. L. Estudos de casos em química. *Química Nova*, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

SÁ, L.P.; KASSEBOEHMER, A.C. e QUEIROZ, S. L. Casos investigativos de caráter sociocientífico: aplicações no ensino superior de Química. *Educación Química*, v. 24, p. 522-528, 2013.

SÁ, L. P. e QUEIROZ, S. L. Promovendo a argumentação no

ensino superior de química. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2035-2042, 2007.

SILVA, A. C. T. e MORTIMER, E. F. Caracterizando estratégias enunciativas em uma sala de aula de química: Aspectos teóricos e metodológicos em direção à configuração de um gênero do discurso. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 30, n. 1, p. 121-153, 2010.

_____. As estratégias enunciativas de uma professora de química e o engajamento produtivo dos alunos em atividades investigativas. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 2, p. 117-138, 2011.

_____. Contrastando professores de estilo diferentes: Uma análise das estratégias enunciativas desenvolvidas em salas de aulas de Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, n. 13, p. 524-552, 2013.

SOLOMONS, T. W. e FRYHLE, C. B. *Química Orgânica*. 9. ed. Vol. 011. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

SOUZA, N.; CABRAL, P. e QUEIROZ, S. Argumentação de graduados em Química sobre questões sociocientíficas em um ambiente virtual de aprendizagem. *Química Nova na Escola*, v.37, n. especial 1, p. 95-109, 2015.

SOUZA, N. e QUEIROZ, S. Estudo de caso na promoção da argumentação colaborativa no ensino superior de química. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindóia, 2013. Disponível em: <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/ixenpec/atas/resumos/R0669-1.pdf>, acesso em jan. 2019.

SUART, R.C. e MARCONDES, M.E. A argumentação em uma atividade experimental investigativa no Ensino Médio de Química. *Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Florianópolis, 2009. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/vii-enpec/pdfs/222.pdf>, acesso em jan. 2019.

TEIXEIRA, F. M. É possível argumentar sem controvérsia? *Revista Ensaio*, v. 17, n. especial, p. 187-203, 2015.

TOULMIN, S. *Os usos do argumento*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

VARGAS, G. C. *Argumentação em sala de aula: um estudo sobre a aprendizagem na interação entre pares*. 2010. 172 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2010. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/8584/1/arquivo871_1.pdf, acesso em jan. 2019.

ZOHAR, A. e NEMET, F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 39, n. 1, p. 35-62, 2002.

Abstract: *Analysis of discursive interactions and verbal actions among undergraduate students of Chemistry: a dialogue on argumentation and learning.* The argumentation in Science Teaching provides the debate, the presentation of ideas and points of view, and the possibility for students to produce statements of justification and cause-effect relationships. In this perspective, the objective of this work is to identify and emphasize the types of interactions and specific verbal actions in the statements of the students that benefited the argumentation and the discussibility about the concepts of nucleophilic substitution reactions. This research is qualitative and it participated six undergraduate students of the discipline of Reactivity of Organic Compounds of the Federal University of Tocantins - Gurupi Campus. For data collection the debate was recorded and transcribed in its entirety. An analysis model was developed that aims to correlate which verbal actions and discursive interactions favor the discursiveness on the subject. The results point to different levels of questionability due to the different types of questioning. It was observed that questions that require a greater level of reflection and organization of concepts favor the argumentation and the construction of statements that present the students conceptual domain on the subject.

Keywords: argumentation, verbal actions, enunciative strategies

O Diagrama Heurístico em atividades experimentais baseadas em problemas no Ensino Superior de Química

Cleane C. Paz, Janildo L. Magalhães e Luciana N. A. Ferreira

Atividades experimentais são um importante recurso no tratamento de conceitos e no desenvolvimento de habilidades relevantes aos alunos, especialmente quando planejadas de acordo com a *Problem Based Learning* (PBL). Adicionalmente, para maior êxito na resolução de problemas, o diagrama heurístico é indicado, pois pode auxiliar na organização e compreensão das atividades, favorecendo a interação entre aspectos conceituais e metodológicos. Assim, neste trabalho avaliamos o potencial do diagrama heurístico como instrumento metodológico e avaliativo em atividades experimentais baseadas na PBL em aulas de química. Os resultados evidenciaram contribuições do diagrama, pois permitiram verificar o processo de construção do conhecimento pelos alunos na resolução dos problemas.

► atividades experimentais, PBL, diagrama heurístico ◀

Recebido em 14/03/2019, aceito em 02/07/2019

166

Pesquisas da área de educação em ciências indicam que aulas práticas de laboratório são essenciais para graduandos da área de ciências, uma vez que favorecem a interação entre teoria e a prática, desempenhando um papel crítico no ensino, pois permitem o desenvolvimento de habilidades necessárias para a atuação profissional desses graduandos (Chatterjee *et al.*, 2009; Tsaparlis e Gorezi, 2007; Gaddis e Schoffstall, 2007). No entanto, as metodologias comumente utilizadas em aulas experimentais são tradicionais, dado que o estilo aplicado nas disciplinas de laboratório é aquele em que o discente segue um manual para comprovar um resultado tido como absoluto (Tsaparlis e Gorezi, 2007; Coquidé, 2008). Este fato é alvo de crítica por alguns pesquisadores da área de educação, pois as atividades práticas nesses moldes são consideradas limitadas, sem espaço para os alunos manifestarem e redimensionarem seus conhecimentos, e são geralmente estruturadas para conduzir de forma inequívoca à resposta certa (Folmer *et al.*, 2009). Os estudantes, muitas vezes, seguem instruções do instrutor ou de um manual de laboratório de forma a não permitir hipóteses, ensaios, erros

ou responsabilidades individuais, tampouco a tomada de decisão (Laredo, 2013; Jalil, 2006).

Nessa perspectiva, acredita-se que atividades práticas de laboratório devem proporcionar oportunidades para os alunos construírem seu conhecimento e compreenderem os fenômenos e os processos científicos, por meio da aplicação de teorias, leis e outras ideias (Burke *et al.*, 2006). Nesse contexto, atividades experimentais se constituem em um poderoso recurso didático para que o ensino de ciências ocorra de forma mais integrada ao cotidiano do aluno, permitindo-lhes que compreendam não apenas a teoria envolvida no problema, mas também sua importância para a sociedade (Lôbo, 2012; Batista e Nascimento, 2011).

Diante dessa problemática, é relevante e necessário desenvolver em aulas de caráter experimental estratégias que contribuam para a criação de espaços que favoreçam críticas e discussões, sendo possível ensinar e aprender a fundamentar decisões e apoiar justificativas e refutações (Henao e Stipcich, 2008). Assim, em espaços como esses, nos quais são propiciadas discussões sobre uma determinada temática, o ensinar e o aprender são interdependentes, pois quando o

Os estudantes, muitas vezes, seguem instruções do instrutor ou de um manual de laboratório de forma a não permitir hipóteses, ensaios, erros ou responsabilidades individuais, tampouco a tomada de decisão (Laredo, 2013; Jalil, 2006).

aluno expõe suas ideias sobre um determinado tema, ele oferece informações que pode respaldar o argumento do outro, o que de forma colaborativa propicia o desenvolvimento da argumentação, em que os sujeitos fundamentam dados por meio de justificativas e refutações. Nessa perspectiva, são relevantes situações de ensino em que sejam privilegiadas atividades desenvolvidas em torno de situações investigativas, cuja resolução requer analisar, descobrir, elaborar hipóteses, confrontar, refletir, argumentar e comunicar ideias, de forma a despertar o interesse dos alunos para aprender ciências (Coquidé, 2008; Coronel e Curotto, 2008).

Uma abordagem proposta na literatura, a qual pode ser inserida em aulas de caráter experimental, que gera um ambiente profícuo para o desenvolvimento das habilidades citadas anteriormente, como também o engajamento dos estudantes, é a Aprendizagem Baseada em Problemas, designada na língua inglesa, *Problem Based Learning* (PBL), a qual começou a ser introduzida nos currículos de ciências da saúde, na Faculdade de Medicina da Universidade de McMaster, no Canadá, em 1968 (Freire *et al.*, 2011). No Brasil, no ensino superior, surgiu em 1993 na Escola de Saúde Pública do Ceará (Borochovicius e Tortella, 2014), em 1997 na Faculdade de Medicina de Marília e, em 1998, no curso de Medicina da Universidade Estadual de Londrina (Malheiro e Diniz, 2008).

Embora enraizada nos cursos de medicina, a PBL também foi inserida nos cursos de química, como observado em revisão de trabalhos publicados no periódico *Journal of Chemical Education*, no período de 2004 a 2014, nas áreas de química analítica (Hicks e Beusek, 2012), química geral (Laredo, 2013; Angelin e Ramström, 2010; Adams *et al.*, 2008; Smith e Gray, 2010), química orgânica (Flynn e Biggs, 2012; Marle *et al.*, 2014; Neeland, 2007) e química analítica instrumental (Kalivas, 2008; Nielsen *et al.*, 2014; Clougherty e Wells, 2008; Lanigan, 2008). Desse modo, notamos que durante os últimos anos a PBL tem ganhado espaço no currículo em diversas áreas do conhecimento de química, visto que pesquisas indicam o potencial dessa modalidade em favorecer a aprendizagem dos alunos e promover o desenvolvimento de habilidades científicas (Laredo, 2013; Hicks e Beusek, 2012).

Assim, uma atividade experimental baseada na PBL engloba a produção, coleta e análise de dados e posterior conclusão para encontrar a solução do problema, o que torna a aprendizagem um produto do processo de resolução de problema (Walker *et al.*, 2011). Yang e Li (2009) inferem que atividades realizadas com estes pressupostos criam oportunidades para os educandos conhecerem e praticarem a investigação científica e, ao mesmo tempo, aprenderem conteúdos químicos. Essa afirmação decorre do fato de que aulas experimentais sob este preceito se baseiam essencialmente na resolução de um problema, o qual requer pesquisa

bibliográfica sobre o tema, desenvolvimento e testes de experimentos que comprovem ou não as hipóteses geradas, com a formulação de uma resposta para o problema.

Trabalhos reportados na literatura pertinente indicam que o uso desta metodologia pode favorecer o desenvolvimento de habilidades necessárias à formação profissional dos discentes, de modo que sejam capazes de resolver problemas relacionados à sua profissão (Laredo, 2013; Hicks e Beusek, 2012; Angelin e Ramström, 2010; Flynn e Biggs, 2012; Kalivas, 2008; Nielsen *et al.*, 2014).

Desse modo, acredita-se que no contexto de ensino de química, as atividades experimentais realizadas conforme os preceitos da PBL podem produzir resultados de aprendizagem mais significativos, pois, os alunos tornam-se ativos e corresponsáveis por sua aprendizagem, não seguindo instruções para verificar conceitos, mas redescobríndos durante o processo. Todavia, em aulas de caráter experimental que visam à resolução de problemas, os alunos nem sempre têm êxito, isso se atribui geralmente a carências em estratégias e habilidades de resolução (Coronel e Curotto, 2008). Uma estratégia para abordar a resolução de um problema é o V epistemológico ou heurístico, conhecido também como diagrama V (Chamizo e Izquierdo, 2008), ou ainda,

diagrama heurístico, considerado um facilitador da aprendizagem (Batista e Nascimento, 2011), uma vez que pode auxiliar na organização, resolução e compreensão das atividades realizadas conforme os preceitos da PBL, favorecendo a interação entre os aspectos conceituais e metodológicos.

Face ao exposto, no presente trabalho avaliamos aulas de química experimentais planejadas em conformidade com a PBL no ensino superior, especialmente com relação ao potencial do diagrama heurístico como instrumento metodológico e avaliativo.

O Diagrama Heurístico

O diagrama V foi proposto originalmente como V heurístico por Gowin (1981) para a análise do processo de produção de conhecimento ou para “desempacotar” conhecimentos documentados em artigos de pesquisa, livros e ensaios (Moreira, 2012). A primeira fonte escrita sobre o diagrama V foi o livro intitulado “*How to learn to learn?*”, publicado por Novak e Gowin em 1984 (Tekeş e Gönen, 2012). Desde a sua origem até hoje, o diagrama tem sido utilizado em diversas áreas do conhecimento, desempenhando várias funções, como a capacidade de auxiliar os alunos na resolução de um problema (Chamizo, 2012; Campillo e Guerrero, 2013), compreender significados relativos aos objetos e aos acontecimentos investigados no processo e compreensão da estrutura do conhecimento (Valadares e Fonseca, 2004; Leboeuf e Batista, 2013; Mendonça *et al.*, 2014), como também permitir ao professor avaliar o processo

[...] uma atividade experimental baseada na PBL engloba a produção, coleta e análise de dados e posterior conclusão para encontrar a solução do problema, o que torna a aprendizagem um produto do processo de resolução de problema (Walker *et al.*, 2011).

de aprendizagem dos alunos (Chamizo e Izquierdo, 2008; Ríos *et al.*, 2011). Além disso, o diagrama possibilita o desenvolvimento de habilidades de raciocínio científico e, conseqüentemente, o pensamento crítico, e integra sinteticamente os elementos envolvidos no processo de investigação (Santos, 2005; Knaggs e Schneider, 2012).

Desse modo, vários trabalhos (Valadares e Fonseca, 2004; Chamizo e Izquierdo, 2008; Ríos *et al.*, 2011; Leboeuf e Batista, 2013; Mendonça *et al.*, 2014) foram publicados utilizando o diagrama V como recurso metodológico e instrumento avaliativo, sendo utilizado no ensino fundamental, médio e superior, por possibilitar a interação dos aspectos conceituais e metodológicos, facilitando a compreensão de conhecimentos científicos. De acordo com Burke *et al.* (2006), a razão para a utilização de instrumentos heurísticos em aulas reside no fato de estimularem a aprendizagem por investigação, favorecendo a compreensão dos conceitos envolvidos no problema. O instrumento heurístico ajuda na organização de uma pesquisa, refletindo sobre os elementos que a constituem, a teoria envolvida, os conceitos que serão trabalhados e a metodologia de pesquisa que será utilizada (Batista e Nascimento, 2011).

Nesse sentido, o diagrama é recomendado para ser trabalhado juntamente com a metodologia de resolução de problemas, pois envolve uma questão foco que, de certa forma, orienta os alunos sobre quais conceitos são estudados. Esta questão é respondida por meio da permanente interação entre o domínio conceitual e o domínio metodológico (Chamizo e Izquierdo, 2008; Mendonça *et al.*, 2014).

Chamizo e Izquierdo (2008) propuseram alterações no diagrama originalmente proposto por Gowin, a partir dos conceitos de Toulmin. Mais tarde, Chamizo (2012) propôs o diagrama heurístico no formato de um quadro, formato este adotado nesta pesquisa (Quadro 1).

Conforme indica o Quadro 1, o diagrama proposto por Chamizo (2012) direciona os alunos a responder a *questão* elaborada sobre o problema proposto, a qual deverá ser explicitada na *conclusão*. Esta, por sua vez, deve trazer de forma sucinta um relato da solução do problema, de modo que esteja relacionada com as categorias *fatos, conceitos e metodologia*, as quais deverão ser embasadas pelas *referências*. Assim, o diagrama torna-se um recurso que ajuda os discentes a resolver o problema, pois orienta sobre quais informações serão necessárias para o desenvolvimento da atividade, assim como sobre a solução da mesma, considerando os aspectos conceituais e metodológicos. Isso permite aos alunos organizarem seus dados e os compreenderem à luz dos *conceitos*.

Materiais e Métodos

A pesquisa em questão é de natureza qualitativa, do tipo

Quadro 1: Modelo do Diagrama Heurístico proposto por Chamizo (2012).

TÍTULO: tema da pesquisa		PONTOS
FATOS: Informações obtidas e/ou observações sobre algum acontecimento no mundo que nos leva a fazer uma pergunta e que tem relação com o tema investigado		
QUESTÃO: Pergunta central da investigação, ou seja, declaração de uma investigação incidindo sobre os fatos		
CONCEITOS	METODOLOGIA	---
Aplicações Aplicações relacionadas à questão de investigação	Coleta de dados Procedimentos utilizados para obter informações relevantes à resolução da questão	
Linguagem Termos que se necessita saber para responder à questão	Processamento dos dados Organização dos dados e resultados em tabelas, gráficos, diagramas, de forma a resumir os dados obtidos	
Modelos Modelos usados para dar resposta à questão	Resultados/análises dos dados O que foi obtido a partir do processamento dos dados	
CONCLUSÃO: Explicação que atende a pergunta ao reunir os conceitos e a conclusão de metodologia		
REFERÊNCIAS: Livros, artigos de revistas, sites etc., consultados e utilizados em todas as etapas da investigação		
		Avaliação

O instrumento heurístico ajuda na organização de uma pesquisa, refletindo sobre os elementos que a constituem, a teoria envolvida, os conceitos que serão trabalhados e a metodologia de pesquisa que será utilizada (Batista e Nascimento, 2011).

estudo de caso, o qual visa à descoberta, enfatiza a interpretação em contexto e busca retratar a realidade de forma complexa e profunda, representando os diferentes pontos de vista presentes numa situação social, usando uma variedade de fontes de informação (Lüdke e André, 1986). Como infere Yin (2001), o estudo de caso é uma investigação empírica baseada em várias fontes de evidências, partindo de proposições teóricas prévias de modo a conduzir à coleta e à análise de dados.

O estudo foi realizado em uma disciplina de química de caráter experimental, oferecida em uma Instituição de Ensino Superior. Trata-se da disciplina de Química Geral Experimental – oferecida no curso de graduação em Química –, a qual contava com 19 alunos matriculados. Inicialmente aplicamos um questionário para caracterizar os discentes, autodeclarados, por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, voluntários da pesquisa. Vale destacar que o projeto de desenvolvimento

da presente pesquisa foi aprovado no Comitê de Ética e Pesquisa da instituição de vínculo.

Durante um semestre letivo os alunos, divididos em grupos, participaram de atividades experimentais de caráter investigativo. Ou seja, a eles cabia propor soluções para uma situação-problema, de natureza científica ou sociocientífica, por meio de experimentos. Os dados coletados em cada atividade foram organizados em torno de um Diagrama Heurístico, construído pelos alunos de acordo com os moldes de Chamizo (2012), resultante da resolução do problema. Antes do início da aplicação da proposta foram fornecidas explicações sobre a construção do diagrama, especialmente relacionadas a uma descrição sobre as características de cada um dos tópicos que o compõem. As atividades foram desenvolvidas em três etapas:

- Pré-laboratório: pesquisa orientada sobre o tema da atividade experimental;
- Laboratório: discussão do problema e elaboração e execução do plano de ação;
- Pós-laboratório: análise e discussão dos resultados e produção dos diagramas.

Para a apresentação e discussão no presente trabalho foram escolhidos diagramas produzidos a partir de duas atividades experimentais, as quais foram intituladas, respectivamente, como: “Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl” e “Acidez do vinagre”. Na primeira os discentes se depararam com uma situação fictícia, na qual o responsável técnico de uma salina observou uma contaminação em um de seus tanques de evaporação com pedaços de vidro e ferro, além de traços de enxofre, cujas causas estavam relacionadas a um desmanche e abandono de carros no fundo de um lago marinho. Os alunos, assumindo o papel de analistas do Laboratório de Controle de Qualidade, deveriam propor um método de separação da mistura, com o menor custo operacional possível, a fim de obter apenas cloreto de sódio (NaCl). Na segunda atividade, os graduandos, também exercendo o papel de analistas de um Laboratório de Controle de Qualidade, agora de uma indústria de vinagre, teriam que analisar amostras desse produto com o propósito de determinar se atendiam às especificações de qualidade, solicitadas previamente pelo Serviço de Atendimento ao Consumidor (SAC), após reclamação de uma consumidora que percebeu diferenças em relação ao odor e sabor comumente observados. Em todas as atividades foram fornecidas informações sobre os métodos relacionados, assim como os materiais disponíveis para a realização dos experimentos.

A análise dos diagramas foi realizada mediante níveis de pontuação propostos por Chamizo (2012), Quadro 2, o qual propõe critérios que buscam integrar suas partes (*fatos*, *questão*, *conceitos*, *metodologia*) para alcançar a resposta (*conclusão*). Assim, o autor estabeleceu quatro níveis (0, 1, 2 e 3) de pontuação, para cada uma das categorias do diagrama, descritos no Quadro 2 a seguir.

Como observado no Quadro 2, embora cada categoria que constitui o diagrama seja avaliada separadamente, a

Quadro 2: Critérios de pontuação do Diagrama Heurístico.

CATEGORIAS	NÍVEL	DESCRIÇÃO
Fatos	0	Não apresenta fatos
	1	Fatos são identificados
	2	Fatos e alguns conceitos são identificados
	3	São identificados fatos, alguns conceitos e alguns aspectos metodológicos
Questão	0	Não apresenta questão
	1	Há uma questão baseada em fatos
	2	Há uma questão baseada em fatos e que inclui conceitos
	3	Há uma questão baseada em fatos, que inclui conceitos e sugere aspectos metodológicos
Metodologia	0	Não apresenta metodologia
	1	Há um procedimento que permite a coleta dos dados
	2	Há processamento de dados, apresentados por tabelas, gráficos etc.
	3	Os resultados foram obtidos por meio do processamento dos dados
Conceitos	0	Não apresenta conceitos
	1	As aplicações são identificadas
	2	A linguagem e as aplicações são identificadas
	3	As aplicações, a linguagem e o(s) modelo(s) são identificados.
Conclusão	0	Não há conclusão
	1	A conclusão é semelhante ao resultado da parte metodológica
	2	A conclusão traz, além do resultado da parte metodológica, os fatos
	3	A conclusão traz, além do resultado da parte metodológica, os fatos e os conceitos
Referências	0	Não apresenta referências
	1	Existem referências relacionadas apenas com fatos, conceitos ou metodologia
	2	Existem referências relacionadas a fatos e conceitos ou metodologia
	3	Existem referências relacionados a fatos, conceitos e metodologia

avaliação permite a interação dessas partes, pois, de acordo com os critérios de pontuação estabelecidos por Chamizo (2012), na análise dos diagramas devemos observar se uma categoria apresenta elementos que permitem relacioná-la à outra, por exemplo, na avaliação da categoria *questão* deve ser verificado se a mesma é baseada na categoria *fatos*, se

inclui conceitos e sugere alguns aspectos metodológicos. O mesmo acontece com a avaliação das categorias *conclusão* e *referências*, as quais devem estar relacionadas aos *fatos*, *conceitos* e *metodologia*. Assim sendo, a pontuação máxima (3 pontos) é atribuída a uma categoria do diagrama se esta apresentar todos os elementos determinados. A pontuação máxima permitida pela soma das seis categorias integra 18 pontos.

Análise dos dados e sua discussão

Os diagramas heurísticos produzidos pelos alunos a partir das atividades experimentais, como mencionado anteriormente, foram analisados mediante os critérios de pontuação propostos por Chamizo (2012), Quadro 2. Tomamos como dados os diagramas produzidos por três grupos de alunos aqui referidos como A, B e C, a partir das duas atividades experimentais anteriormente descritas. Os grupos foram escolhidos de acordo com os critérios de participação, uma vez que consideramos não ser possível avaliar a evolução dos alunos que não cumpriram todas as atividades, sendo considerados os dados apenas daqueles que participaram de todas as etapas da pesquisa.

Análise dos diagramas heurísticos

Os resultados da análise dos diagramas produzidos pelos grupos A, B e C para os dois experimentos estão expressos na Tabela 1 a seguir. Vale ressaltar que o diagrama 1 se refere à atividade “Separação de uma mistura heterogênea para a obtenção de NaCl” e o diagrama 2 à atividade “Acidez do vinagre”:

Tabela 1: Avaliação dos diagramas heurísticos elaborados a partir das atividades experimentais.

CATEGORIAS	DIAGRAMA 1			DIAGRAMA 2		
	A	B	C	A	B	C
Fatos	2	1	3	2	2	3
Questão	2	2	3	2	1	3
Conceitos	3	2	3	3	3	3
Metodologia	2	2	3	3	3	3
Conclusão	3	2	2	3	2	3
Referências	2	0	1	2	2	2
Total	14	9	15	15	13	17

A partir dos resultados expressos na Tabela 1, verificamos que, de modo geral, os grupos apresentaram boas pontuações dentro dos critérios estabelecidos por Chamizo (Quadro 2), em que a pontuação máxima permitida pela soma das seis categorias integra 18 pontos, e de maneira progressiva, uma vez que as pontuações obtidas na segunda atividade são relativamente melhores que na primeira. Na categoria *fatos*, nos diagramas produzidos pelo grupo A, a partir das atividades 1 e 2, foram identificados fatos e conceitos relacionados ao

tema investigado, enquanto que naquele produzido pelo grupo B, para as mesmas atividades, foram observados apenas fatos e alguns aspectos metodológicos. O grupo C, por sua vez, adquiriu pontuação máxima para a categoria nos diagramas produzidos a partir das duas atividades, indicando fatos, alguns conceitos e aspectos metodológicos relacionados às atividades. Por exemplo, para a atividade 1, o grupo indicou fatos e conceitos relacionados às misturas e, ainda, aspectos metodológicos sobre os métodos de separação de mistura. A seguir apresentamos os trechos da categoria *fatos* dos diagramas dos grupos A, B e C, referentes à atividade experimental 1:

[Grupo A] *As técnicas de separação são utilizadas com frequência em indústrias, em laboratórios e no cotidiano. Alterações físicas nas substâncias possibilitam a identificação de cada componente presente na mistura. (1) Misturas são classificadas como homogêneas (apresentam uma única fase) e heterogêneas (apresentam pelo menos duas fases).*

[Grupo B] *Obtenção da concentração de NaCl da mistura heterogênea; É preciso separar tais misturas com métodos físicos; É necessário (determinar) tais substâncias quantitativamente.*

[Grupo C] *Solução são misturas homogêneas de uma ou mais substâncias (1); Misturas são associações de duas ou mais substâncias puras (2); Existem vários métodos de separação de mistura tais como: destilação, filtração, decantação, imantação, sublimação, cristalização, entre outros (2). São importantes nos laboratórios e indústrias químicas, na separação de componentes e misturas afim de que cada substância ali contida fique isolada (2).*

Com a análise dessa categoria, verificamos que o grupo A privilegiou a parte conceitual e não elencou questões metodológicas relacionadas à temática da atividade, enquanto que o grupo B deu ênfase à parte metodológica, em detrimento do aspecto conceitual. Esse fato indica uma ausência de percepção por parte dos alunos dos grupos A e B sobre a relação teoria e prática, a qual, no contexto de atividades elaboradas segundo a PBL, deveria ser mais facilmente reconhecida pelos estudantes. Este fato, portanto, pode representar uma limitação dos resultados, cujas razões, podemos sugerir, residam na necessidade de um maior período de tempo e contato com o método para que os seus benefícios possam ser mais profundamente vivenciados pelos estudantes.

A partir dos critérios de avaliação propostos por Chamizo (2012), somente com a contemplação dos três aspectos (fatos, conceitos e aspectos metodológicos) é que se pode atribuir pontuação máxima. É digno de nota que os três grupos conseguiram obter melhor pontuação para a categoria no diagrama 2, fato que sinaliza maior familiaridade em relação à construção do diagrama e a contribuição das atividades para a observância de tais aspectos.

Para a categoria *questão* também verificamos dificuldades dos alunos em elaborar uma pergunta sobre o tema investigado. Para isso, eles deveriam identificar o fenômeno de interesse, que deveria incidir sobre os *fatos*, *conceitos* e sugerir aspectos metodológicos relacionados ao problema investigado. O grupo A, nos diagramas 1 e 2, expôs uma *questão* baseada em *fatos* que sugeria alguns aspectos metodológicos, assim como o grupo B no diagrama 1. Por outro lado, no diagrama 2 elaborado pelo grupo B, a *questão* elaborada estava apenas baseada no método de análise abordado na categoria *fatos*, conforme descrevemos a seguir:

[Grupo B] *Qual a relevância do método de identificação para amostras adulteradas?*

O grupo C, nos dois diagramas, apresentou uma *questão* baseada em *fatos* que incluía *conceitos* e sugeria aspectos metodológicos. Embora os grupos A e B não tenham considerado os três aspectos (*questão* baseada em *fatos*, que incluía *conceitos* e sugeria aspectos metodológicos) em suas *questões*, não podemos deixar de conferir crédito às suas formulações, pois, em concordância com Moreira (2012), possibilitaram que algo fosse construído, medido ou determinado ao respondê-las, de modo a organizar e dirigir o pensamento que dá sentido ao que está sendo feito.

Na análise da categoria *conceitos*, na qual deveriam ser elencados aspectos concernentes às *aplicações*, *linguagem* e *modelos*, observamos um bom desempenho dos grupos. Os grupos A e C obtiveram pontuação máxima nos dois diagramas, contemplando os três aspectos na categoria. O grupo B, apenas no diagrama 1, não conseguiu indicar os *modelos* adequadamente relacionados ao tema investigado. Embora tenham apresentado certa compreensão do problema e uma possível solução para ele, não indicaram os *modelos* científicos adequadamente relacionados ao tema. Este fato reflete uma percepção fortemente abstrata dos alunos sobre os *conceitos*, inibindo-os de estabelecer relações entre estes e seus modos de aplicação direta. Eichler (2001) defende que isso é fruto da falta de contextualização em sala de aula e da utilização de uma linguagem adequada, o que contribui para que os alunos considerem os *modelos* científicos abstratos, estando estes fora da sua realidade e sem aplicação concreta.

Na categoria *metodologia*, conforme explicitado anteriormente, os alunos deveriam apresentar os métodos, técnicas, procedimentos e argumentos lógicos usados para responder à *questão*. Esta categoria, portanto, encontra-se subdividida no diagrama em *coleta*, *processamento* e *resultados/análise dos dados*. Os alunos dos grupos A e B demonstraram ter dificuldades, principalmente, no diagrama oriundo da primeira atividade experimental realizada e em relação ao item *resultados/análise dos dados*, enquanto os do grupo C

não tiveram dificuldades nessa categoria. Para este item, os alunos dos grupos A e B apresentaram apenas um resumo de como foi feita a *coleta* e o *processamento dos dados*, sem discussão sobre os dados encontrados, conforme indicam os trechos a seguir:

[Grupo A] *Foi feito o processo de separação da mistura para obtenção de NaCl e durante o processo não requer padronização e obteve-se como quantidade total de NaCl 2,072 g.*

[Grupo B] *Conforme proposto, separou-se o NaCl da mistura heterogênea na margem de acerto requisitada.*

[Grupo C] *Para a extração da amostra de NaCl foi demonstrada tamanha abrangência sobre os conhecimentos de química (Teoria de Arrhenius, Polaridade, Separação de misturas, Densidade, Proporção, etc.). Apesar de se utilizarem métodos bem precisos, foi apresentado 15% de erro em relação ao valor íntegro do sal contido na mistura inicial.*

Na análise da categoria *conceitos*, na qual deveriam ser elencados aspectos concernentes às *aplicações*, *linguagem* e *modelos*, observamos um bom desempenho dos grupos. Os grupos A e C obtiveram pontuação máxima nos dois diagramas, contemplando os três aspectos na categoria.

No diagrama 2, referente ao experimento “A acidez do vinagre”, os três grupos conseguiram organizar informações relevantes sobre o *processamento dos dados*, discutindo os resultados obtidos em função da *coleta de dados* com embasamento teórico concernente ao estudo e justificando seus resultados por meio de informações

encontradas em fontes bibliográficas pertinentes à temática em pauta. Por exemplo, no diagrama 2, os grupos discutiram seus *resultados* baseados em fontes fidedignas sobre o teor de acidez no vinagre:

[Grupo A] *O resultado obtido pela titulação mostrou que 2 amostras de vinagre apresentam a quantidade de massa abaixo do valor mínimo determinado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Na amostra 1 foi possível observar que a massa encontrada representa 4,34% do vinagre. Na amostra 2 a massa representa 3,48%, ou seja, um valor bem abaixo do que é determinado, pondo em risco a qualidade e a saúde dos consumidores. Na amostra 3 que é a da cliente que pediu tal análise o resultado também foi abaixo do ideal pois, segundo os resultados, o ácido acético representa aproximadamente 2%. Ou seja, muito abaixo do valor recomendado.*

[Grupo B] *Das amostras testadas, verificou-se que apenas a número 1 estava dentro dos padrões de porcentagem ideais de $C_2H_4O_2$ para a utilização de um consumidor; No problema proposto, o método utilizado pelos analistas, método da titulação por testes, iria garantir um maior controle da qualidade do produto reduzindo os riscos da comercialização*

de produtos adulterados; Em casos de adulteração de produtos, todo e qualquer consumidor que tenha adquirido esse produto terá seus direitos defendidos por seu código de conduta.

[Grupo C] Na preparação da solução do vinagre (ácido acético) utilizou-se o método indireto, ou seja, medida volumétrica. Visando economia de tempo e reagente usou-se 5mL da solução. Como a amostra foi muito diluída usou-se o titulante menos concentrado, visto que poderia se passar do ponto de viragem. Os volumes de base da dupla análise (para todos os ácidos) revelaram-se precisos, uma vez que não ultrapassaram o ponto de equivalência.

Na conclusão, categoria que apresenta uma explicação para a questão ao reunir os fatos, conceitos e metodologia, os três grupos alcançaram resultados satisfatórios. Todos os aspectos para a conclusão foram contemplados nos dois diagramas do grupo A, para os quais apresentaram fatos e conceitos, além dos resultados da parte metodológica. Os grupos B e C, por sua vez, não atingiram pontuação máxima para esta categoria no diagrama 1. Neste diagrama, a conclusão do grupo B apenas incidiu sobre os resultados da parte metodológica e os fatos e não incluíram os conceitos que, para Moreira (2012), é um aspecto primordial do diagrama, pois deverão permear todo o trabalho de pesquisa. O grupo C apresentou uma conclusão que incidia apenas sobre conceitos e metodologia, sem a presença de fatos relacionados à questão de pesquisa. A seguir apresentamos as conclusões produzidas pelos grupos A, B e C para o diagrama 1, referente à atividade experimental 1:

[Grupo A] De acordo com os conceitos dados, misturas podem ser classificadas como homogêneas ou heterogêneas, onde misturas homogêneas ou soluções são caracterizadas por apresentarem uma única fase, enquanto que misturas heterogêneas apresentam pelo menos duas fases. Podem ser encontrados vários tipos de técnicas de separação de misturas e dependendo do processo utilizado é possível obter até todos os componentes de uma mistura separadamente. Sendo assim, para obter somente a massa de NaCl presente em uma mistura de enxofre, areia, NaCl, grampos e vidro optou-se por dois processos de separação simples e que exigiria menos tempo. Foram feitas a imantação, dissolução, e filtração da mistura e após foram realizados processos de pesagem, medidas de volume, e evaporação, utilizando os materiais de laboratório (cadinho, pipeta volumétrica 5 mL, béquer, balança analítica, bastão vidro, proveta,

placa de petri, bico de Bunsen, funil e papel filtro). Ao final dos processos obteve-se 2,072 g de NaCl. Assim obtemos 94,2% da quantidade total de NaCl presente na solução, com porcentagem de erro de 5,8%. Ao término da experiência podemos observar a importância dos processos de separação utilizados em indústrias, laboratórios e até em nosso dia-a-dia, principalmente nas salinas para obtenção de sal e até mesmo em usinas de tratamento de água.

[Grupo B] Baseado no que sabemos sobre misturas e sua aplicação diária, utilizou-se das técnicas de separação para a obtenção de NaCl. Inicialmente, filtrou-se a mistura heterogênea, na qual havia sido adicionado água. Nessa mistura, além do NaCl que foi dissolvido na água, continha: enxofre, areia, clipe metálico, vidro. Ao final da filtragem obteve-se uma solução de NaCl e água, ferveu-se a solução para que a água evaporasse deixando apenas o NaCl no béquer, este foi pesado com e sem sal para determinar a massa do sal.

[Grupo C] Para obtenção dos resultados foram utilizados conhecimentos tais como: Teoria de Arrhenius, polaridade, separação de misturas, densidade e proporção, a fim de serem observadas as alterações macro e microscópicas ao longo do experimento. Dessa forma para se separar o NaCl da mistura foram, inicialmente, imantadas as peças metálicas da mistura heterogênea, em seguida foram adicionados 90 mL de água a fim de dissolver o sal e melhor visualizar o sistema. Filtrou-se a mistura (97 mL) com o auxílio do funil e do béquer (capacidade de 100 mL), obtendo-se uma solução aquosa de NaCl com 87,5 mL. Com a ajuda da pipeta volumétrica (graduada em 5 mL) pipetou-se 10 mL do filtrado no cadinho e destilou-se a amostra. Ao fim do experimento pesou-se, utilizando a balança analítica, a massa de sal da amostra pipetada (0,214 g) e com cálculos estequiométricos foi definida a massa total do filtrado. Com isso, ao fim da prática os objetivos foram cumpridos, ou seja, separou-se o máximo possível de NaCl. Com tudo isso se observa a importância das soluções e métodos de separação para a sociedade.

A análise da categoria referências, que representa a exposição das fontes consultadas e utilizadas para a fundamentação teórica das categorias fato, conceitos e metodologia, indicou que o grupo A, nos dois diagramas, relacionou as referências com os fatos e conceitos. O grupo B conseguiu pontuar nesta categoria no diagrama 2, relacionando as referências com fatos e conceitos. Todavia, no primeiro

Na conclusão, categoria que apresenta uma explicação para a questão ao reunir os fatos, conceitos e metodologia, os três grupos alcançaram resultados satisfatórios. Todos os aspectos para a conclusão foram contemplados nos dois diagramas do grupo A, para os quais apresentaram fatos e conceitos, além dos resultados da parte metodológica.

diagrama, o grupo não apresentou *referências*, o que pode ter influenciado o processo de construção dos conhecimentos relacionados às atividades, os quais dependem do referencial teórico utilizado (Chamizo, 2010). O grupo C, no primeiro diagrama, indicou *referências* relacionadas a *fatos*; e no segundo, suas *referências* incidiram sobre *fatos* e *conceitos*.

Com os resultados obtidos por meio da análise dos diagramas heurísticos podemos inferir que, embora os grupos tenham explicitado dificuldades na elaboração dos diagramas, devido à falta de familiaridade com o instrumento e outros fatores concernentes à aprendizagem, eles obtiveram resultados satisfatórios e apresentaram evolução ao longo do processo, conforme evidenciam as pontuações descritas na Tabela 1.

Observamos que a principal dificuldade dos alunos esteve em relacionar aspectos teóricos (referentes aos *modelos*) com os metodológicos (*coleta, processamento e análise dos dados*), o que influenciou consideravelmente na construção da *conclusão*, uma vez que esta se sustenta pela interação entre esses aspectos de modo a responder à *questão*. Como os autores Mendonça *et al.* (2014) colocam, se os *conceitos* utilizados forem inadequados ou incompletos, a construção do conhecimento ocorrerá com dificuldades. Da mesma forma, se houver dificuldades no registro e interpretação dos dados, não haverá a elaboração de juízos cognitivos, expressos na *conclusão*, o que consequentemente influenciará na construção do diagrama.

Foi possível verificar que os grupos A, B e C obtiveram evolução na construção de seus diagramas. A partir da análise dos diagramas e do engajamento dos alunos durante as aulas, defendemos que a natureza das atividades propostas contribuiu para o desenvolvimento da autonomia e autoconfiança, requisitos para que os discentes se tornem sujeitos corresponsáveis por sua aprendizagem. De acordo com Jalil (2006), esse é fator essencial para os alunos aprenderem a resolver problemas, tanto em pesquisas científicas, quanto fora do laboratório. Podemos destacar, ainda, que a natureza do problema também influenciou no desenvolvimento dos grupos, pois demonstraram maior interesse em realizar atividades que tratavam de problemas mais concretos e ligados ao seu cotidiano.

Diante dos resultados obtidos na análise dos diagramas heurísticos produzidos podemos considerar que, embora os grupos tenham explicitado dificuldades na elaboração dos diagramas, obtiveram resultados satisfatórios, especialmente se levarmos em consideração a falta de familiaridade com a metodologia pautada na PBL e o instrumento utilizado no registro e organização dos dados coletados durante a realização dos experimentos, bem como maior ou menor afinidade que os alunos poderiam ter com alguns temas.

Dessa forma, analisando os diagramas heurísticos produzidos, os resultados sugerem que o instrumento possibilitou a integração dos aspectos conceituais e metodológicos concernentes a cada atividade experimental, o que influenciou na aprendizagem dos alunos. Logo, os resultados corroboram as indicações de Moreira (2012) que o diagrama heurístico identifica o ponto central da aula, os conceitos básicos envolvidos, a metodologia, os conhecimentos relevantes e o valor desses conhecimentos na formação dos graduandos.

Considerações Finais

No presente trabalho nos propusemos a investigar o potencial do diagrama heurístico como instrumento metodológico e avaliativo em atividades experimentais elaboradas nos moldes da Aprendizagem Baseada em Problemas (*Problem Based Learning – PBL*) em aulas de química experimental do nível superior.

Na análise dos diagramas segundo os critérios sugeridos por Chamizo (2012), verificamos seu potencial em fornecer informações relevantes sobre a compreensão dos alunos a respeito não apenas da aprendizagem conceitual,

mas também de outros aspectos igualmente relevantes, como o tratamento e interpretação dos dados para a obtenção dos resultados, a construção de conclusões a partir desses aspectos, a identificação e uso da linguagem adequada e o reconhecimento de fatos que auxiliam nessa compreensão.

Esta análise revelou, ainda, dificuldades de diversas ordens por parte dos alunos, as quais foram identificadas ainda no início do

Com os resultados obtidos por meio da análise dos diagramas heurísticos podemos inferir que, embora os grupos tenham explicitado dificuldades na elaboração dos diagramas, devido à falta de familiaridade com o instrumento e outros fatores concernentes à aprendizagem, eles obtiveram resultados satisfatórios e apresentaram evolução ao longo do processo [...].

processo de aplicação da proposta. Para tentar suprimi-las realizamos discussões sobre as características de cada um dos tópicos que compõem o diagrama, auxiliando os alunos em sua autoavaliação referente à construção dos mesmos. Esta intervenção, aliada ao aumento de familiaridade com o diagrama e com a natureza das atividades, progressivamente alcançada no decorrer da disciplina, pode ter influenciado na evolução observada. Como apontam Mendonça *et al.* (2014), o sucesso do diagrama é dependente da compreensão dos alunos sobre os significados de cada um de seus elementos e do significado da articulação entre os mesmos. Assim, sobre a evolução dos alunos na construção dos diagramas tomamos a ideias de Leboeuf e Batista (2013), os quais colocam que “o uso continuado (do diagrama) pode promover o aumento da complexidade do pensamento do aluno ao analisar uma atividade prática ou teórica” (p. 718).

Portanto, consideramos que as dificuldades encontradas fazem parte de um processo de tomada de consciência em relação a esse instrumento, o qual possui sua relevância exatamente em sua complexidade, uma vez que permite aos

alunos explorem aspectos que vão além da compreensão conceitual. Logo, defendemos que a utilização do diagrama, principalmente em atividades de caráter investigativo, contribui positivamente no processo de construção da aprendizagem. Além disso, apresenta potencial como instrumento avaliativo, desde que as condições metodológicas propiciem a sua utilização, ou seja, condições em que professor e aluno tenham conhecimento suficiente do diagrama e da organização de informações a partir dos mesmos. Assim, possibilitaria verificar o nível de aprendizagem dos alunos, permitindo ao professor realizar a mediação do conhecimento de forma mais eficaz, corrigindo possíveis erros conceituais, auxiliando o processo de construção do conhecimento pelos estudantes. Por meio dos diagramas é possível, ainda, identificar o percurso metodológico e os fundamentos científicos que os alunos utilizaram para resolver os problemas propostos nas atividades experimentais, sugerindo que esta metodologia possibilita a interação entre os aspectos conceituais e metodológicos, o que favorece o desenvolvimento de certas habilidades científicas.

Referências

- ADAMS, E.; SMITH, G.; HENTHORN, M.; WARD, T. J.; VANEK, D.; MARRA, N.; JONES, D. e STRIEBEL, J. Air toxics under the Big Sky: A Real – World investigation to engage high school science students. *Journal of Chemical Education*, v. 85, n. 2, p. 221-224, 2008.
- ANGELIN, M. e RAMSTRÖM, O. Making a chemical rainbow. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 5, p. 504-506, 2010.
- BATISTA, I. L. e NASCIMENTO, E. G. União da História da Ciência com o Vê de Gowin: um estudo na formação de professores das séries iniciais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 11, n. 2, p. 41-66, 2011.
- BOROCHOVICIUS, E. e TORTELLA, J. C. B. Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. *Ensaio: Aval. Pol. Públ. Educ., Rio de Janeiro*, v.22, n. 83, p. 263-294, 2014.
- BURKE, K. A.; GREENBOWE, T. J. e HAND, B. M. Implementing the science writing heuristic in the chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 83, n. 7, p. 1032-1038, 2006.
- CAMPILLO, Y. P. e GUERRERO, J. A. C. El ABP y el diagrama heurístico como herramientas para desarrollar la argumentación escolar en las asignaturas de ciencias. *Ciência e Educação*, v. 19, n. 3, p. 499-516, 2013.
- CHAMIZO, J. A. e IZQUIERDO, M. Avaliação das competências de pensamento científico. *Química Nova na Escola*, n. 27, p. 4-8, 2008.
- CHAMIZO, J. A. Heuristic diagrams as a tool to teach history of science. *Science & Education*, v. 21, n. 5, p. 745-762, 2012.
- CHAMIZO, J. A. Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, v. 7, n. 1, p. 26-41, 2010.
- CHATTERJEE, S.; WILLIAMSON, V. M.; McCANN, K. e PECK, M. L. Surveying students attitudes and perceptions toward

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro, aos professores responsáveis e aos alunos participantes da pesquisa.

Cleane da Costa Paz (kleanepaz@hotmail.com), licenciada em Química pelo Instituto Federal do Piauí (IFPI), mestre em Química pelo Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Piauí (UFPI), doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Teresina, PI - BR. **Janildo Lopes Magalhães** (janildo@ufpi.edu.br), licenciado em Química pela Universidade Federal do Piauí (UFPI), Mestrado e Doutorado em Química Analítica pelo Instituto de Química de São Carlos (IQSC/USP), é atualmente Professor Adjunto da UFPI no Departamento de Química. Orientador pelo Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ) e integrante do Grupo de Química Dinâmica Supramolecular (GQDS) do qual o Laboratório de Automontagem Supramolecular (LAS) faz parte. Teresina, PI - BR. **Luciana Nobre de Abreu Ferreira** (luciananobre@ufpi.edu.br), licenciada em Química pela Universidade Federal do Ceará (UFC), mestre em Ciências pelo Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo (IQSC/USP) e doutora em Ciências pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). É docente da Universidade Federal do Piauí (UFPI), lotada no curso de Licenciatura em Ciências da Natureza, orientadora do Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ/UFPI) e Coordenadora do Núcleo de Pesquisa em Ensino de Ciências (NUPEC/UFPI). Teresina, PI - BR.

guided-inquiry an open-inquiry laboratories. *Journal of Chemical Education*, v. 86, n. 12, p. 1427-1432, 2009.

CLOUGHERTY, R. e WELLS, M. Use of wikis in chemistry instruction for problem-based learning assignments: an example in instrumental analysis. *Journal of Chemical Education*, v. 85, n. 10, p. 1446-1448, 2008.

COQUIDÉ, M. Um olhar sobre a experimentação na escola primária francesa. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v.10, n.1, p. 1-18, 2008.

CORONEL, M. D. V. e CUROTTO, M. M. La resolución de problemas como estratégia de enseñanza y aprendizaje. *REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 7, n. 2, p. 463-479, 2008.

EICHLER, M. Os modelos abstratos na apreensão da realidade química. *Educación Química*, v. 12, n. 3, p. 138-148, 2001.

FLYNN, A. B. e BIGGS, R. The development and implementation of a problem-based learning format in a four-year undergraduate synthetic organic and medicinal chemistry laboratory course. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 1, p. 52-57, 2012.

FOLMER, V.; BARBOSA, N. B. V.; SOARES, F. A. e ROCHA, J. B. T. Experimental activities based on ill-structured problems improve Brazilian school student's understanding of the nature of scientific knowledge. *REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 8, n. 1, p. 232-254, 2009.

FREIRE, M. S.; JÚNIOR, G. A. S. e SILVA, M. G. L. Panorama sobre o tema resolução de problemas e suas aplicações no ensino de química. *Acta Scientiae*, v. 13, n. 1, p. 106-120, 2011.

GADDIS, B. A. e SCHOFFSTALL, A. M. Incorporating guided-inquiry learning into organic chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 84, n. 5, p. 848-851, 2007.

HENAO, B. L. e STIPCICH, M. S. Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para La enseñanza de las ciencias experimentales. *REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 1, p. 47-62, 2008.

HICKS, R. W. e BEUSEK, H. M. Utilizing Problem – Based Learning in qualitative analysis lab experiments. *Journal of Chemical Education*, v. 89, n. 2, p. 254-257, 2012.

JALIL, P.A. A Procedural problem in laboratory teaching: experiment and explain, or vice-versa. *Journal of Chemical Education*, v. 83, n. 1, p. 159-163, 2006.

KALIVAS, J. H. A service-learning project based on a research supportive curriculum format in the general chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 85, n. 10, p. 1410-1415, Oct. 2008.

KNAGGS, C. M. e SCHNEIDER, R. M. Thinking like a scientist: using Vee-maps to understand process and concepts in science. *Research in Science Education*, v. 42, p. 609-632, 2012.

LANIGAN, K. C. Teaching analytical method development in an undergraduate instrumental analysis course. *Journal of Chemical Education*, v. 85, n. 1, p. 138-140, 2008.

LAREDO, T. Changing the first-year chemistry laboratory manual to implement a problem-based approach that improves student engagement. *Journal of Chemical Education*, v. 90, n. 9, p.1151-1154, 2013.

LEBOEUF, H. A. e BATISTA, I. L. O uso do “V” de Gowin na formação docente em ciências para os anos iniciais do ensino fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 18, n. 3, p. 697-721, 2013.

LÔBO, S. F. O trabalho experimental no ensino de química. *Química Nova*, v. 35, n. 2, p. 430-434, 2012.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisas em Educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

MALHEIRO, J. M. S. e DINIZ, C. W. P. Aprendizagem baseada em problemas no ensino de ciências: mudando atitudes de alunos e professores. *Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, v. 4, n. 8, p. 1-10, 2008.

MARLE, P. D.; DECKER, L.; TAYLOR, V.; FITZPATRICK, K.; KHALIQUI, D.; OWENS, J. E. e HENRY, R. M. CSI–chocolate science investigation and the case of the recipe rip-off: using an extended problem-based scenario to enhance high school students’ science engagement. *Journal of Chemical Education*, v. 91, n. 3, p. 345-350, 2014.

MENDONÇA, M. F. C.; CORDEIRO, M. R. e KIILL, K. B. Uso de diagrama V modificado como relatório em aulas

teórico-práticas de química geral. *Química Nova*, v. 37, n. 7, p. 1249-1256, 2014.

MOREIRA, M. A. Diagramas V e aprendizagem significativa. *Revista Chilena de Educación Científica*, v. 6, n. 2, p. 3-12, 2012.

NEELAND, E. G. A one-hour practical lab exam for organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 84, n. 9, p. 1453-1455, 2007.

NIELSEN, S. E.; SCAFFIDI, J. P. e YEZIERSKI, E. J. Detecting art forgeries: a problem-based Raman spectroscopy lab. *Journal of Chemical Education*, v.91, n. 3, p. 446-450, 2014.

RÍOS, S. L.; VEIT, E. A. e ARAUJO, I. S. Modelación computacional apoyada en el uso del diagrama V de Gowin para el aprendizaje de conceptos de dinámica newtoniana. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 10, n. 1, p. 202-226, 2011.

SANTOS, J. R. O Uso do diagrama epistemológico “Vê de Gowin” no processo de investigação em geografia. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 5, n. 3, p. 52-60, 2005.

SMITH, M. J. e GRAY, F. M. Batteries, from Cradle to Grave. *Journal of Chemical Education*, v. 87, n. 2, p. 162-167, 2010.

TEKEŞ, H. e GÖNEN, S. Influence of V-diagrams on 10th grade Turkish students’ achievement in the subject of mechanical waves. *Science Education International*, v. 23, n. 3, p. 268-285, 2012.

TSAPARLIS, G. e GOREZI, M. Addition of a Project-based component to a conventional expository physical chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, v. 84, n. 4, p. 668-670, 2007.

VALADARES, J. e FONSECA, F. Uma estratégia construtivista e investigativa para o ensino da óptica. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 4, n. 3, p. 74-85, 2004.

WALKER, J. P.; SAMPSON, V. e ZIMMERMAN, C. O. Argument-driven inquiry: an introduction to a new instructional model for use in undergraduate chemistry labs. *Journal of Chemical Education*, v. 88, n. 8, p. 1048-1056, 2011.

YANG, S. P. e LI, C. C. Using student-developed, inquiry-based experiments to investigate the contributions of Ca and Mg to water hardness. *Journal of Chemical Education*, v. 86, n. 4, p. 506-513, 2009.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

Abstract: *The heuristic diagram in problem-based experimental activities at the undergraduate chemistry teaching.* Experimental activities are an important resource in the approach of concepts and the development of skills relevant to students, especially when planned according to *Problem Based Learning (PBL)*. Additionally, for greater success at solving problems, the heuristic diagram is indicated, because it can help in the organization and understanding of the activities, favoring the interaction between the conceptual and methodological aspects. Thus, in this work we evaluate the potential of the heuristic diagram as a methodological and evaluative instrument in experimental activities based on PBL in chemistry classes. The results evidenced contributions of the diagram, because they allowed to verify the process of construction of the knowledge by the students in the resolution of the problems.

Keywords: experimental activities, PBL, heuristic diagram

Problematização: possibilidades para o Ensino de Química

Lorraine Mori e Marcia Borin da Cunha

Problematizar temas, conceitos e assuntos pode ser uma ótima ferramenta para as aulas de Ciências e de Química no ensino escolar regular. Denomina-se “problematização” a essa prática de utilizar problemas no ensino. Não se trata, porém, de uma ferramenta singular, pois a bibliografia da área de Educação/Ensino informa várias possibilidades para conduzir a aplicação didática da problematização. Neste estudo serão elencadas algumas dessas possibilidades a título de um resgate teórico descritivo. Trata-se de sintetizar propostas metodológicas que indiquem maneiras diferentes de problematizar temas, conceitos e assuntos. Todas as propostas aqui apresentadas podem ser consideradas como possibilidade para atividades didáticas nas aulas de Química.

► metodologias de ensino, problemas, construção do conhecimento ◀

Recebido em 28/05/2019, aceito em 27/08/2019

176

O ensino de Ciências mediante a utilização de “problemas” é uma das formas possíveis para as atividades em sala de aula. Nas aulas de Ciências/Química, a prática didática baseada em problemas pode ser considerada como recurso importante para o desenvolvimento de atividades investigativas, como, por exemplo, “Ensino por Investigação”, “Situações de Estudo”, “Estudo de Casos”, “Três Momentos Pedagógicos”, entre outros.

Os objetivos para utilizar problemas em sala de aula centram-se na motivação dos estudantes em participar ativamente na construção dos conhecimentos científicos. De modo simplificado, o ato de utilizar problemas no ensino vem sendo denominado como “problematização”. Esta se estrutura em dois sentidos: i) o epistemológico, ligado à produção do conhecimento científico pelos estudantes e ii) o pedagógico, como ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem.

Delizoicov (2005) afirma que problematizar também é a escolha e a formulação adequada de problemas para introduzir um *novo conhecimento* (para o aluno). Para esse autor: “[...] é preciso que o problema formulado tenha uma significação para o estudante, de modo a conscientizá-lo de

que a sua solução exige um conhecimento que, para ele, é inédito” (Delizoicov, 2005, p. 30).

Problematizar é estabelecer um “diálogo” entre conhecimentos, colocando em discussão a interpretação dos estudantes sobre determinada realidade e as teorias científicas, ou seja, problematiza-se tanto o conhecimento dos estudantes quanto o conhecimento científico em discussão.

Assim, entendemos como “problematização” todo o processo de discussão que é gerado quando um problema é proposto em atividade pedagógica e que leve o estudante à construção do conhecimento por meio da reflexão, do diálogo e da participação ativa. É nessa perspectiva que este artigo tem como objetivo apresentar algumas propostas que fazem uso da problematização e que podem ser utilizadas para atividades em sala de aula. Trazemos então as seguintes propostas: Metodologia da Problematização, Aprendizagem Baseada em Problemas, Resolução de Problemas, Temas Geradores, Três Momentos Pedagógicos, Ensino por Investigação, Estudo de Casos, Situação de Estudo e Ilhas de Racionalidade. A pretensão é identificar como a problematização é apresentada nessas propostas metodológicas. Ao final

Os objetivos para utilizar problemas em sala de aula centram-se na motivação dos estudantes em participar ativamente na construção dos conhecimentos científicos. De modo simplificado, o ato de utilizar problemas no ensino vem sendo denominado como “problematização”

de cada proposta informamos alguns pesquisadores da área de Ensino de Química que estudam essas metodologias, a fim de dar subsídios aos leitores para leituras mais aprofundadas.

Metodologia da Problematização – MP

A Metodologia da Problematização – MP tem como fundamento o Método do Arco de Maguerez. Esse método teve início em 1970, quando o francês Charles Maguerez aceitou a proposta de trabalhar com a integração de adultos imigrantes de países africanos que foram morar na França para trabalhar na agricultura e na indústria. Essa iniciativa tinha o objetivo de fazer com que aqueles estudantes compreendessem os conteúdos específicos do trabalho, da língua e da cultura do país.

Esse método foi apresentado no Brasil por Bordenave e Pereira (1982). Os autores apresentaram esse método aliado aos estudos relacionados às ideias da “Educação Problematizadora”, de Paulo Freire (Berbel, 2014). A MP aborda questões de maneira problemática, ou seja, carrega consigo a concepção reflexiva de enfrentamento a problemas que a realidade apresenta, tendo por objetivo provocar e criar condições para o desenvolvimento de uma atitude crítica diante de determinadas situações problematizadoras. O ensino, segundo o Arco de Maguerez, considera a realidade ou um recorte dela e segue um “caminho didático”.

Segundo Berbel (2014), as etapas que compõem o caminho didático são: i) **Observação da realidade vivida:** o ponto de partida é a realidade vivida, aquela parcela de realidade na qual o tema a ser trabalhado está inserido na vida real; ii) **Pontos-chave:** definido o problema de estudo, os estudantes fazem um trabalho de reflexão, identificando os prováveis elementos que estão relacionados ao problema; iii) **Teorização:** os estudantes escolhem a forma de estudo e as fontes de informação (livros, bibliotecas, revistas, professores, colegas etc.), ou seja, é na teorização que os estudantes definem a metodologia para realizar o estudo; iv) **Elaboração das hipóteses de solução:** após a etapa de teorização, caminha-se para a elaboração das hipóteses de solução, isso por meio do estudo teórico; v) **Aplicação a realidade:** é a etapa prática de ação sobre a mesma realidade em que foi identificado o problema; extrai-se, portanto, um problema da realidade, faz-se um estudo sobre esse problema, investigam-se, discutem-se os dados obtidos e se volta à mesma realidade com ações que sejam capazes de modificá-la de alguma forma.

No ensino de Química podemos encontrar trabalhos de Dorea, Chiaratto e Alves-Souza (2010) e de Almeida *et al.* (2016). Ressalta-se que essa metodologia surgiu para a alfabetização de agricultores e, atualmente, existe um maior número de trabalhos na área da Saúde, sendo essa

metodologia ainda pouco utilizada no ensino de Ciências e de Química.

Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning – PBL)

A Aprendizagem Baseada em Problemas – PBL (sigla em inglês) fundamenta-se em princípios educacionais e em resultados de pesquisas em ciência cognitiva. Esses princípios mostram que a aprendizagem não é um processo de recepção passiva nem acúmulo de informações, mas processo de construção de conhecimento (Ribeiro, 2008). Nesse processo, o pressuposto é a centralidade e a autonomia do estudante na aprendizagem, o que envolve, como principal característica, a relação de conteúdos disciplinares estruturados sempre no contexto de um problema orientado para discussão em grupo.

Munhoz (2015) desdobra a PBL em três estágios, os quais visam proporcionar a formação de pessoas com habilidades de: i) desenvolver soluções claras baseadas em argumentos e em informações para a solução do problema, ii) capacitar pessoas para acessar e avaliar dados de diferentes fontes e iii) criar aptidão para definir claramente como será realizada a solução de um problema. Os estágios são: **Primeiro estágio:** caracteriza-se pela compreensão e pela definição do problema por parte do estudante. Os estudantes deparam-se com um problema da vida real, sendo-lhes então solicitado que respondam a algumas questões, como: “O que eu já

sei sobre o problema ou pergunta colocadas?” e “O que eu preciso saber para resolver efetivamente esse problema?” (Munhoz, 2015, p. 127); **Segundo estágio:** os estudantes coletam, armazenam, analisam e escolhem informações que, possivelmente, vão utilizar para solucionar o problema; **Terceiro estágio:** os estudantes constroem a solução para o problema. É nessa etapa que ocorre a síntese e a avaliação do processo.

Esta metodologia teve início no Curso de Medicina da Universidade McMaster, no Canadá, e na Universidade Maastricht, na Holanda. No Brasil, segundo Soledade (2015), a PBL foi primeiramente utilizada no Curso de Medicina de Marília (FAMEMA/SP) e no da Universidade Estadual de Londrina (UEL/PR). Ainda que pioneiramente utilizada em cursos de Medicina, é possível utilizar a PBL em outras áreas, pois os seus princípios se mostram suficientemente “potentes” para o seu desenvolvimento sem que as adaptações prejudiquem o processo. Nesse sentido, a PBL tem sido discutida por professores de Química como alternativa para superar os modelos de recepção de informações do método tradicional, que divide os conhecimentos científicos em disciplinas isoladas. Autores como Santos, Godoy e Correia (2008), Lopes *et al.* (2011), Piccoli (2016) têm apresentado propostas para a PBL para o ensino de Química.

A MP aborda questões de maneira problemática, ou seja, carrega consigo a concepção reflexiva de enfrentamento a problemas que a realidade apresenta, tendo por objetivo provocar e criar condições para o desenvolvimento de uma atitude crítica diante de determinadas situações problematizadoras.

O método de ensino denominado Resolução de Problemas – RP teve a sua origem na Educação Matemática, desde a tradução, no Brasil, do livro do *National Council of Teachers of Mathematics* em 1980. Este livro trouxe artigos de especialistas, em sua maioria americanos, sendo um deles o texto de George Pólya, de 1949, que motivou maiores discussões sobre a questão da Resolução de Problemas em Matemática. Paulatinamente a Resolução de Problemas começou a ser considerada no ensino de Ciências de uma forma mais ampla e não apenas numérica.

A RP está diretamente relacionada ao currículo escolar, pois envolve ativamente os estudantes no processo de aprendizagem, promovendo o desenvolvimento de competências cognitivas relevantes, possibilitando-lhes refletir, raciocinar, argumentar e tomar decisões diante de cada problema proposto (Leite e Esteves, 2005).

Desse modo, o processo de aprendizagem por meio da RP permite que o estudante desenvolva a capacidade de situar-se no mundo que o rodeia e de mobilizar o próprio conhecimento científico, aumentando não só os saberes, mas também desenvolvendo atitudes e competências cognitivas importantes para a formação científica (Lopes, 1994).

Gil Pérez *et al.* (1992) propõem um modelo com algumas orientações a serem consideradas para a resolução de problemas: **Orientação 1:** “Considerar qual pode ser o interesse da situação problemática abordada” (p. 14). Para os autores é necessário que os estudantes estejam envolvidos no desenvolvimento da problematização, desde que possuam uma ideia prévia sobre a temática que os motiva para a RP; **Orientação 2:** “Começar por um estudo qualitativo da situação, tentando abordar e definir de maneira precisa o problema, explicitando as condições que se consideram reinantes” (p. 14). Os estudantes têm de ser capazes de imaginar as situações físicas, tomar decisões para resolver os problemas e explicar o que se querem determinar; **Orientação 3:** “Emitir hipóteses fundadas sobre os fatores dos quais pode depender a grandeza buscada e sobre a forma dessa dependência, imaginando, em particular, casos limites de fácil interpretação física” (p. 14): é o momento em que os estudantes criam novas possibilidades para resolver o problema proposto a eles; **Orientação 4:** “Elaborar e explicar possíveis estratégias de resolução antes de a esta proceder, evitando o puro ensaio e erro” (p. 15): baseia-se em buscar maneiras de resolução para o problema que possibilite a constatação dos resultados, mostrando coerência no conhecimento já elaborado; **Orientação 5:** “Realizar a resolução verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz e evitando, uma vez mais, operativismos carentes de significação física” (p. 16): é

O método de ensino denominado Resolução de Problemas – RP teve a sua origem na Educação Matemática, desde a tradução, no Brasil, do livro do *National Council of Teachers of Mathematics* em 1980. Este livro trouxe artigos de especialistas, em sua maioria americanos, sendo um deles o texto de George Pólya, de 1949, que motivou maiores discussões sobre a questão da Resolução de Problemas em Matemática.

importante, nesse momento, fazer um planejamento das estratégias de resolução do problema sem que se imponha uma rigidez no processo, pois deve ser possível, se necessário, voltar atrás e buscar outros caminhos para a resolução do problema; **Orientação 6:** “Analisar cuidadosamente os resultados à luz das hipóteses elaboradas e, em particular, dos casos limites considerados” (p. 16): é um dos pontos principais na RP, pois possibilita a verificação de contradições nas hipóteses e na estrutura do conhecimento; **Orientação**

7: “Considerar as perspectivas abertas pela investigação realizada” (p. 17): contemplar, por exemplo, o interesse de desenvolver o problema em um nível de maior complexidade, considerando suas suposições teóricas ou práticas, concebendo novas situações que possam surgir durante a investigação realizada; **Orientação 8:** Elaborar uma memória que explique o processo de resolução e que destaque os aspectos de maior interesse no tratamento da

situação considerada (p. 17): é o momento de sistematizar o estudo envolvido na investigação, pois essa sistematização contribui no processo de construção conhecimento.

A RP é uma metodologia de ensino que ajuda a desenvolver a organização cognitiva do estudante, exercitando sua criatividade, tornando-o capaz de aprender e de desenvolver esse conhecimento em diferentes contextos que envolvem problemas. Nesse sentido, Marques (2017) menciona alguns autores que discutem o ensino de Química, como: Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008 b), Costa e Moreira (2006) e Freire *et al.* (2011).

Tema Gerador – TG

Em 1990, tomando como base os pressupostos de Paulo Freire, a Secretaria de Educação do Estado de São Paulo publicou os “Cadernos de Formação”, com um capítulo voltado ao Tema Gerador e à Construção do Programa, tratado de uma nova relação entre currículo e realidade, tendo por objetivo promover uma discussão sobre esses assuntos na ideia de que “[...] estão ligados à investigação do universo temático da ‘comunidade’ e sua inserção no sistema sócio-econômico e cultural” (São Paulo, 1990, p. 4).

De acordo com esses “Cadernos”, o Tema Gerador possui quatro pressupostos: i) **Estudo da realidade:** consiste em buscar situações significativas, do individual, do social e do histórico e uma relação que oriente a discussão da interpretação e da representação dessa realidade; ii) **Visão de totalidade e abrangência dessa realidade:** uma vez conhecendo o limite entre a compreensão que o estudante tem sobre a realidade, “[...] o tema gerador pressupõe, pois, a superação desse limite” (p. 8); iii) **Ruptura do conhecimento no nível do senso comum:** entende-se por senso comum a ideia de

um modelo explicativo que o sujeito tem para explicar um fenômeno, que não lhe permite “[...] transpor a visão imediatista e sincrética da realidade” (p. 8); iv) **Metodologia dialógica:** fundamenta-se em uma metodologia de trabalho que inclua o diálogo em sua centralidade, que caminhe na direção da participação do estudante, na discussão coletiva, exigindo do professor disponibilidade para o diálogo e uma “[...] postura crítica, de problematização constante, de distanciamento de estar na ação e de se observar e se criticar nessa ação” (p. 8).

Além disso, o tema gerador possui dois eixos, um deles voltado para o momento em que as áreas do saber se relacionam interdisciplinarmente, e o outro, que se constitui como referencial, permitindo ao estudante fazer uma leitura crítica da sociedade. De maneira geral, a educação libertadora traz a ideia de que a educação é uma atividade em que os sujeitos, educandos e educadores, mediados pelo mundo, se educam em grupo. Diante disso, há autores que trabalham com propostas para a inserção dos TGs no ensino de Química, autores como Miranda, Braibante e Pazinato (2015), Santos, Santos Júnior e Santos (2016).

Três Momentos Pedagógicos – MPs

A prática dos Momentos Pedagógicos – MPs é originária das ideias e dos pressupostos de Paulo Freire sobre os Temas Geradores e a educação problematizadora, apresentada anteriormente. Ela apresenta a esfera da problematização implícita em seus momentos, pois permite ao professor, por meio de aspectos relacionados à realidade dos educandos, discutir, refletir, investigar, dialogar, problematizar tais situações. É necessário, porém, ter consciência de que os MPs não podem ser reduzidos a uma estratégia didática cuja utilização se restrinja apenas à organização das aulas.

A dinâmica dos MPs abordada por Delizoicov (1991) pode ser caracterizada por: i) **Problematização inicial:** são apresentadas aos estudantes questões e/ou situações para discussão. A finalidade é criar uma motivação para iniciar um conteúdo específico que tenha relação com situações que fazem parte da realidade dos educandos, ou seja, algo que eles conhecem e presenciam, algo de que, provavelmente, não possuem conhecimentos científicos suficientes para interpretar; ii) **Organização do conhecimento:** os conhecimentos para a compreensão do tema e da problematização inicial são estudados sob orientação do professor. O conteúdo é desenvolvido com o objetivo de possibilitar ao estudante a compreensão da existência de outras visões e explicações para certos fenômenos da ciência que são problematizados, comparando esses conhecimentos com aqueles que ele já tinha, utilizando-os na interpretação e compreensão de fenômenos e situações científicas; iii) **Aplicação do conhecimento:** o conhecimento é analisado e interpretado à luz das

situações iniciais que determinaram seu estudo, relacionando com outras situações que não estejam diretamente ligadas com a discussão inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.

Autores como Francisco Jr., Ferreira e Hartwig (2008) e Pazinato e Braibante (2014b) apresentam meios para trabalhar com o ensino de Química mediante o uso do recurso dos MPs.

Ensino por Investigação – EI

O Ensino por Investigação (*inquiry* – em inglês) tem a sua origem no contexto norte-americano, cujo objetivo principal era oferecer uma forma de ensino diferente do modelo diretivo. No início do século XX, Dewey defendia que a ciência é mais do que um corpo de conhecimento que

está posto e que deve ser aprendido. Pelo contrário, propunha que a educação escolar deveria contribuir para a construção de uma sociedade mais humanizada e democrática. Assim, em meados da década de 1940, ele propôs uma nova interpretação para o método científico de modo a atender ao desenvolvimento reflexivo

dos estudantes. Nesse seu novo modelo, os problemas deveriam estar relacionados com experiências dos estudantes e as atividades deveriam ser ativas para a busca da solução dos problemas.

A partir das ideias iniciais de Dewey é que se chega ao Ensino por Investigação, no qual as atividades são centradas nos estudantes, assim possibilitando o desenvolvimento da autonomia e da capacidade de tomar decisões e de resolver problemas. Essa abordagem envolve aprender a observar, planejar, levantar hipóteses, realizar medidas, interpretar dados, refletir e construir explicações de caráter teórico. Uma das fases mais importantes é a proposição do problema, pois é partir deste que se desenvolve toda a investigação.

De acordo com Carvalho (2013), para um professor iniciar uma aula por meio do EI é preciso promover um ambiente questionador e aberto à discussão. Uma das maneiras de desenvolver o EI é preparando uma Sequência de Ensino Investigativa – SEI, que se constitui em quatro etapas: **1º Etapa: Distribuição do material experimental e proposição do problema:** o professor organiza a turma em pequenos grupos, distribui o material e propõe o problema. O professor é responsável por verificar se todos entenderam o problema, tomando cuidado para não fornecer a solução; **2º Etapa: Resolução do problema pelos alunos:** o importante são as ações manipulativas que dão condições para os estudantes levantarem hipóteses e as testarem, pois é partir da verificação das hipóteses que os estudantes serão capazes de construir o conhecimento. Hipóteses não validadas também são levadas em consideração nessa construção; **3º Etapa: Sistematização dos conhecimentos elaborados**

No início do século XX, Dewey defendia que a ciência é mais do que um corpo de conhecimento que está posto e que deve ser aprendido. Pelo contrário, propunha que a educação escolar deveria contribuir para a construção de uma sociedade mais humanizada e democrática.

nos grupos: o professor é responsável por verificar se os grupos terminaram de resolver o problema, recolhendo o material experimental, conduzindo a uma discussão geral – também deve incentivar a participação de cada estudante na discussão e ajudá-los a ter consciência das suas atitudes no processo de resolução do problema; **4º Etapa: Escrever e desenhar:** aqui ocorre a sistematização individual do conhecimento. Nesse momento o professor solicita que os estudantes escrevam ou desenhem sobre o que aprenderam durante a aula. Essa é uma atividade complementar, mas igualmente importante para a construção do conhecimento.

A SEI é uma sequência de atividades em aula em que um tema é colocado em investigação e pode ser organizada de diferentes maneiras, como jogos, textos, pequenos vídeos, figuras recortadas de revistas, entre outros materiais (Carvalho, 2013). Mesmo assim, uma abordagem investigativa não precisa necessariamente ser uma atividade experimental ou restrita a ela, pois o EI é bastante amplo e nele os estudantes têm autonomia para conduzir o processo de investigação (Oliveira, 2015). Nesse sentido, há autores como Bianchini e Zuliani (2009), Cunha (2009), Vieira (2012) e Wartha e Lemos (2016), que apontam propostas para trabalhar com o EI no contexto do ensino de Química.

Situações de Estudo – SE

O recurso didático denominado Situações de Estudo – SE está sendo pesquisado pelo Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências – GIPEC, que começou a se constituir em janeiro de 2000, vinculado à Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ. O GIPEC, ao investigar os processos de ensino e aprendizagem nos currículos escolares da área das Ciências da Natureza e suas tecnologias, observou que há poucos avanços na aprendizagem e no desenvolvimento dos estudantes na educação básica, o que se reflete em dificuldades posteriores, no ensino superior.

O recurso didático SE apresenta boas possibilidades de utilização no ensino de Ciências na educação básica. Trata-se de uma organização curricular fundamentada na abordagem histórico-cultural de Vigotski (Maldaner; Zanon, 2001), indicando preocupação mais cognitiva do que pedagógica. Delizoicov (1991) e Auth (2002) seguem uma dinâmica sistematizada em três etapas: i) **Problematização:** busca explicar o primeiro entendimento que os estudantes têm sobre uma determinada problemática. Sendo esse entendimento apenas inicial, ele vai apresentar a necessidade de novos conhecimentos. É nesse momento que o estudante é desafiado acerca de seu entendimento sobre aspectos relacionados à sua vivência; ii) **Primeira elaboração:** refere-se a textos de aprofundamento dos temas discutidos na problematização e ao emprego de atividades que resultarão em um

trabalho de finalização e de socialização para SE em questão. É por meio dessas atividades que o estudante terá o primeiro contato com o conhecimento científico; iii) **Elaboração e compreensão conceitual:** é nessa etapa que o estudante retoma as questões iniciais apresentadas na etapa da problematização, pois é preciso compreender conceitualmente o que lhe foi apresentado. É importante destacar que o estudante, ao formar um pensamento conceitual, obterá condições para compreender novas situações além das apresentadas durante o desenvolvimento da SE (Gehlen *et al.*, 2012).

Ao pensarmos no ensino de Ciências, busca-se estudar o recurso das SE como “[...] potencialidades ainda pouco exploradas e que extrapolam visões lineares e fragmentadas desse componente curricular, tão importante na formação de crianças, adolescentes e jovens” (Maldaner; Zanon, 2004, p.1). No contexto do ensino de Química há autores como Broietti, Almeida e Silva (2012) e Stazani *et al.* (2016) que discutem estratégias de ensino de Química com o recurso das SE.

Estudo de Casos – EC

De acordo com Queiroz (2012), o recurso didático de Estudo de Casos – EC é uma variante da Aprendizagem Baseada em Problemas – PBL e, desde os anos 2000, esse método tem sido trabalhado no Brasil pelo Grupo de Pesquisas em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos – GPEQSC¹.

Segundo Sá e Queiroz (2009, p. 9), “A metodologia de ensino Estudo de Casos tem origem no método Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), conhecido também como *Problem Based Learning* (PBL) [...]. Sabe-se que, por muitos anos, a metodologia Estudo de Casos foi empregada apenas no nível superior”.

O método do EC exige do professor uma participação ativa, não se limitando a simples escolha de um caso a ser utilizado em sala de aula, pois, antes do desenvolvimento do “caso”, há um trabalho cuidadoso de quem o escreveu, podendo ser o professor ou não. Ao professor é exigido o domínio do assunto abordado no “caso” para as possíveis problematizações.

Tendo o “caso” sido discutido e investigado, o professor deve dedicar-se à avaliação do processo e à apresentação dos resultados por grupos de estudantes ou individualmente. O EC divide-se em três etapas: i) **Preparação para a aula**, que se divide em outras três etapas: seleção do caso: o professor seleciona o caso a ser apresentado; preparação: tendo o caso selecionado, o professor se prepara para utilizá-lo em sala de aula; roteiro: elaboração de um roteiro para utilização do caso); ii) **Utilização em sala de aula**, que consiste na discussão em sala de aula do caso pelos estudantes; iii) **Tarefa pós-aula**, que corresponde à avaliação do processo de resolução do caso (Pazinato; Braibante, 2014a).

O método do EC exige do professor uma participação ativa, não se limitando a simples escolha de um caso a ser utilizado em sala de aula, pois, antes do desenvolvimento do “caso”, há um trabalho cuidadoso de quem o escreveu, podendo ser o professor ou não.

O desenvolvimento do recurso de EC pode ser diversificado e varia conforme a intenção do professor e o que ele espera que os estudantes compreendam no processo de resolução do problema proposto. De acordo com Herreid (1998), há um esquema de classificação que sugere ao professor explorar os casos da seguinte forma: i) **Tarefa individual:** o “caso” possui característica de um problema que o estudante deve solucionar e que resultará na elaboração de uma explicação histórica dos fatos que conduziram à sua resolução; ii) **Aula expositiva:** o “caso” tem o caráter de uma história narrada pelo professor aos estudantes, bem elaborada e com objetivos específicos; iii) **Discussão:** o professor apresenta o/s “caso/s” como um problema e os estudantes são questionados a respeito de suas ideias e sugestões em relação à resolução do problema; iv) **Atividades em pequenos grupos:** o/s “caso/s” é/são estudado/s por grupos de estudantes que devem trabalhar em conjunto para solucioná-lo/s.

Diante do esquema, é necessário que os estudantes identifiquem o problema, utilizem-se de informações para solucioná-lo e façam a apresentação da solução. Compete ao professor auxiliar os estudantes na definição do problema, considerando as possíveis soluções e incentivando reflexões e discussões/problematizações diante das decisões tomadas (Sá e Queiroz, 2009).

Autores como Broietti, Almeida e Silva (2012), Pazinato e Braibante (2014a) e Faria e Freitas-Reis (2016) discutem a perspectiva do EC no ensino de Química, além dos autores já mencionados anteriormente (Sá; Queiroz, 2009).

Ilhas de Racionalidade –IR

Para Fourez (1997), a chamada alfabetização científica deve estar transposta pela tecnologia, determinada por ele de Alfabetização Científica e Técnica – ACT, pois esta permite que o sujeito apresente características como autonomia para tomar decisões, domínio diante de situações concretas e comunicação.

Nesse sentido, para que a compreensão de como a ciência deve ser ensinada nas escolas, Fourez (1997) sugere uma proposta didática denominada de Ilhas Interdisciplinares de Racionalidade – IIR, que, de acordo com as ideias da ACT, se baseia no recurso didático da resolução de problemas e das situações cotidianas dos estudantes.

Para Fourez (1997), o recurso da IIR pode ser caracterizado por um conhecimento construído por engenheiros, médicos, professores e leigos, dependendo da situação específica, ou seja, uma seleção de informações ou a estruturação do modelo que a ilha busca construir, possibilitando uma discussão da situação.

Diante dessa ideia, uma IIR pode ser definida como “[...] a representação que se faz de uma situação precisa, representação que sempre envolve um contexto e um projeto que lhe dão sentido. Ela tem por objetivo permitir uma comunicação

e debates racionais (notadamente sobre as tomadas de decisões)” (Fourez, 1997, p. 5).

Uma IIR se inicia sempre de uma situação-problema que determinará um **projeto** que envolve aspectos do cotidiano do estudante para atribuir significado ao ensino escolar. Geralmente uma IIR é apresentada com uma questão (Bettanin, 2001). Fourez (1997) aponta, para o desenvolvimento das IIRs, oito passos, embora não haja necessidade de serem rigorosamente seguidos. Cabe ao professor adaptá-los à realidade dos estudantes e da sala de aula para a sua utilização, sendo: i) **Fazer um clichê da situação estudada:** é o ponto de partida da discussão e se caracteriza por um conjunto de perguntas que são direcionadas ao grupo de estudantes – pode-se dizer que esse momento é uma problematização inicial da situação em estudo; ii) **Panorama espontâneo:** elaboração de perguntas orientadoras que buscam

aprofundar a discussão da etapa anterior; iii) **Consulta aos especialistas e às especialidades:** o grupo que desenvolve o projeto procura e escolhe especialistas para sanar dúvidas que possam surgir durante o desenvolvimento; iv) **Ida à prática:** momento

em que ocorre a discussão entre a experiência e a situação concreta, quando há um aprofundamento da situação que é definida pelo projeto e quem o desenvolve; v) **Abertura aprofundada de algumas caixas-pretas e descoberta de princípios disciplinares que formam a base de uma tecnologia:** momento em que se pode trabalhar com uma disciplina específica – caracteriza-se pelo estudo mais aprofundado de alguns pontos do projeto; vi) **Esquematização global da tecnologia:** elaboração da síntese do objeto em estudo na IIR; vii) **Abrir umas caixas-pretas sem ajuda de especialistas:** construção de explicações de temas do cotidiano sem o auxílio de especialistas; viii) **Síntese da IR produzida:** apresentação do resultado final da IR construída.

A utilização do recurso das IIRs em sala de aula visa colaborar com a ACT dos estudantes, objetivando a construção de um sujeito autônomo no processo de aprendizagem, de um sujeito que consiga dialogar com pares e tomar decisões quando confrontado por situações do cotidiano (Bettanin, 2001). Nesse universo didático encontramos autores que discutem as IIR no ensino de Química, como: Milaré (2014), Richetti e Alves Filho (2014) e Miletto e Hartmann (2017).

Algumas associações entre as propostas

Como forma de síntese e compilação das metodologias anteriormente apresentadas, elaboramos o Quadro 1 com as principais características das metodologias e, a partir desse quadro, estabelecemos associações entre as propostas que fizeram parte deste resgate teórico.

As metodologias apresentadas são desdobradas em momentos que nos conduzem para o seu desenvolvimento em sala de aula. Podemos perceber que MP, PBL, RP, TG, MPs,

Uma IIR se inicia sempre de uma situação-problema que determinará um projeto que envolve aspectos do cotidiano do estudante para atribuir significado ao ensino escolar.

Quadro 1: Características gerais das propostas metodológicas

Metodologia/Abordagem	Características gerais	Processos
Metodologia da Problematização – MP	O problema surge a partir da observação da realidade vivida pelos estudantes e a condução das atividades se dá por meio do Arco de Maguerez.	Observação da realidade vivida: o ponto de partida do arco é a realidade; Pontos-chave: identificação dos possíveis elementos relacionados ao problema; Teorização: escolha da forma e informações para solucionar o problema; Elaboração das hipóteses de solução: possibilidades para solucionar o problema; Aplicação na realidade: etapa prática.
Aprendizagem Baseada em Problemas – PBL	O problema é proposto por especialistas, por exemplo, os problemas encontrados nos livros didáticos.	Primeiro estágio: compreensão do problema pelos estudantes; Segundo estágio: os estudantes têm acesso a informações para utilizar na solução do problema; Terceiro estágio: construção da solução do problema pelos estudantes.
Resolução de problemas – RP	O problema é proposto pelo professor, sendo o processo de resolução mais importante que a proposição ou mesmo que a sua resolução.	Orientação 1: caracteriza-se pelo envolvimento dos estudantes na discussão; Orientação 2: estudo qualitativo da situação; Orientação 3: elaboração das hipóteses; Orientação 4: momento de explicar as estratégias para solucionar o problema; Orientação 5: a partir da verbalização, realizar a resolução do problema; Orientação 6: análise cuidadosa dos resultados; Orientação 7: desenvolvimento do problema considerando teorias e práticas; Orientação 8: elaboração de uma memória que explique o processo de resolução do problema.
Tema Gerador – TG	O problema é constituído pelo professor em conjunto com os estudantes, a partir do estudo da realidade local e da busca de uma situação significativa.	Estudo da realidade: professor e estudantes propõem problemas que têm origem na realidade local da escola e comunidade; Organização do conhecimento: estudo dos problemas, por meio dos conceitos científicos; Aplicação do conhecimento: após as discussões e análises, retorna-se ao primeiro momento, estabelecendo uma relação com o conteúdo e com a realidade, determinando uma ação prática.
Três Momentos Pedagógicos – MPs	O professor apresenta aos estudantes problemas relacionados à realidade dos estudantes para discussão.	Problematização inicial: apresentação aos estudantes de situações ou questões para discussão; Organização do conhecimento: com a orientação do professor, os conhecimentos científicos necessários para a compreensão do tema e problema inicial são estudados; Aplicação do conhecimento: aplica os conhecimentos estudados, retornando à problematização inicial.
Ensino por Investigação – EI	O problema é proposto pelo professor aos estudantes, que são organizados em grupos para a realização da atividade investigativa.	Etapa 1: distribuição do material e proposição do problema; Etapa 2: resolução do problema; Etapa 3: sistematização dos conhecimentos elaborados; Etapa 4: registro individual do conhecimento adquirido.
Situação de Estudo – SE	O problema/situação é apresentado aos estudantes sendo ele ligado a uma situação real que pertence ao contexto dos estudantes.	Problematização: os estudantes expressam seu entendimento sobre o tema abordado; Primeira elaboração: estudo dos textos para aprofundar as temáticas discutidas na problematização; Função da elaboração e compreensão conceitual: os estudantes começam a relacionar as palavras do texto que são representativas para o conceito científico.
Estudo de Casos – EC	O caso/problema, ou os casos, é/são escolhido/s, explicado/s e apresentado/s pelo professor aos estudantes e a eles cabe a função de identificá-lo para o estudo de um determinado caso.	Seleção do caso: o professor seleciona o caso/problema a ser apresentado aos estudantes; Preparação para a utilização: ao selecionar o caso/problema, o professor se prepara para utilizá-lo em sala de aula; Roteiro: elaboração de um roteiro para a utilização do caso/problema em sala de aula; Utilização em sala: discussão em sala de aula do caso/problema pelos estudantes; Tarefa pós-aula: avaliação do processo de resolução do caso/problema.

Quadro 1: Características gerais das propostas metodológicas (cont.)

Metodologia/Abordagem	Características gerais	Processos
Ilha de Racionalidade – IR	O problema é proposto por meio de uma situação do cotidiano do estudante, que constitui um projeto interdisciplinar.	Fazer um clichê da situação estudada: o ponto de partida da discussão é caracterizado por questões aplicadas ao grupo que desenvolve o projeto. Este é o momento da problematização inicial; Panorama espontâneo: elaboração de perguntas orientadoras que buscam aprofundar a discussão da etapa anterior; Consulta aos especialistas e às especialidades: utilização de especialista para auxiliar no desenvolvimento do projeto; Ida à prática: aprofundamento da discussão da primeira etapa; Abertura de algumas caixas-pretas e descoberta de princípios disciplinares que formam a base de uma tecnologia: momento em que se pode trabalhar com uma disciplina específica; Esquematização global da tecnologia: elaboração de síntese do objeto em estudo na IR; Abertura das caixas-pretas sem ajuda de especialistas: construção de explicações de temas do cotidiano sem o auxílio de especialistas; Síntese da Ilha de Racionalidade Produzida: apresentação do resultado final da IR construída.

Fonte: os autores.

EI, SE e EC possuem maior número de aproximações em suas características do que diferenças, dificultando a distinção de uma metodologia em relação às outras. O elemento comum e inicial dessas metodologias é que todas principiam selecionando um “problema” como recurso didático.

A MP possui elementos semelhantes à PBL, mas, enquanto na PBL o estudante se depara com um método pragmático, tendo foco na resolução de problemas criados, na MP o estudante desenvolve a capacidade de identificar e elaborar os problemas que partem de situações reais e para as quais há necessidade de buscar uma solução prática. A ênfase na MP é dada pela reflexão que está por trás da solução e, posteriormente, a apresentação da solução para o problema. Podemos dizer que a PBL se diferencia da MP em função de o seu fundamento ocorrer em diferentes linhas teóricas. Na PBL, os problemas de ensino são elaborados por especialistas para abarcar conhecimentos gerais de uma proposta curricular, enquanto que, na MP, os problemas são formulados pelos estudantes a partir de observações da realidade para algo que não possui resposta pronta (Silva; Delizoicov, 2008).

Ao analisarmos a RP percebemos que essa metodologia prioriza o problema e sua resolução, sendo a solução menos importante, diferentemente das demais metodologias, que enfatizam o processo de solução dos problemas, assim como a construção deles. Ainda a RP possui “orientações”, que podem ou não ser seguidas. Por outro lado, as metodologias, como MP, MPs, TG e EI (a partir das SEIs), SE, EC e IIR possuem “etapas” ou “momentos” que nos indicam os caminhos a serem (ou que podem ser) seguidos.

Em MPs, TG e MP, o problema provém da realidade do estudante, mas cada uma dessas metodologias tem especificidades para a utilização da realidade, pois o recurso dos MPs problematiza a realidade dos estudantes, o TG trabalha com temas da realidade local e direta dos estudantes, problematizando-os e a MP parte da realidade vivida dos estudantes,

para problematizar e desenvolver etapas que tenham como fim a construção do conhecimento científico. Na SE, o problema ou situação é apresentado/a ao estudante a partir de uma situação real e pertencente ao seu contexto. É a partir de um tema da vivência do estudante que se propõe uma organização curricular para o estudo. Por outro lado, ao se trabalhar com a PBL é possível problematizar os conceitos a partir de um problema proposto por especialistas, como, por exemplo, os problemas encontrados nos livros didáticos.

Diante disso, podemos dizer que a problematização pode ser encontrada em diferentes metodologias, cada uma empregando uma forma de trabalho com perspectivas que ora se aproximam e ora se distanciam, mas todas têm como fundamento a construção de conhecimentos científicos de forma ativa e, na qual, o estudante tem papel fundamental, o que o insere em um contexto de entendimento da ciência de forma situada e não apenas conceitual.

Nota

¹No site do grupo de pesquisa é possível acessar vários exemplos de casos investigativos que são disponibilizados gratuitamente para se trabalhar em sala de aula: <www.gpeqsc.com.br>.

Lorraine Mori (lorraine_mori@hotmail.com) doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática-PCM/UEM Maringá, mestra em Educação pelo Programa de Pós-Graduação em Educação - PPG/Unioeste, licenciatura em Química pela Unioeste. Toledo PR – BR. **Marcia Borin da Cunha** (borin.unioeste@gmail.com) licenciada em Química e mestra em Educação pela Universidade Federal de Santa Maria, doutora em Educação pela Universidade de São Paulo e Pós-doutora em Educação pela Universidade Federal de São João del-Rei. Docente do curso de de Química licenciatura da Unioeste campus de Toledo, do Programa de Pós- Graduação em Educação e do Programa de Educação em Ciências e Educação Matemática - PPGCEM, Unioeste. Cascavel, PR - BR.

Referências

- ALMEIDA, J. D.; SILVA, K. R.; REIS, L. T.; HYGINO, C. B.; MARCELINO, V. S. O método do Arco de Maguerz em aulas de Química: uma proposta na formação inicial. *XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)*. Florianópolis, SC, Brasil, 25 a 28 de julho de 2016.
- AUTH, M. A. *Formação de professores de ciências naturais na perspectiva temática e unificadora*. 2002. Tese (Doutorado em Educação), Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
- BERBEL, N. A. N. *Metodologia da problematização: fundamentos e aplicações*. Londrina, PR: Editora da UEL, 2014.
- BETTANIN, E. *Ilhas de racionalidade uma alternativa para o ensino de física*. 2001. Monografia (Especialização em Ensino de Física) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, da Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC/CFM, Florianópolis. 2001.
- BIANCHINI, T. B.; ZULIANI, S. R. Q. A. A investigação orientada como instrumento para o ensino de eletroquímica. *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VII ENPEC)*, Florianópolis, 2009.
- BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. *Estratégias de ensino-aprendizagem*. Petrópolis, RJ: Vozes, 1982.
- BROIETTI, F. C. D.; ALMEIDA, F. A. S.; SILVA, R. C. M. A. Estudo de casos: um recurso didático para o ensino de Química no nível médio. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 5, n. 3, p. 89-100, 2012.
- CARVALHO, A. M. P. de. *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CUNHA, M. J. C. N. D. O. *Atividades de investigação no ensino da Química: um estudo com alunos do 8º ano de escolaridade*. 2009. Dissertação (Mestrado em Educação Didática das Ciências) – Faculdade de Ciências - Departamento de Educação, Universidade de Lisboa.
- COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Atualização da pesquisa em resolução de problemas: informações relevantes para o ensino de Física. *Anais Encontro Estadual de Ensino de Física*. Porto Alegre, RS: Instituto de Física-UFRGS, 2006.
- DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (Org.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora*. Florianópolis, SC: Editora da UFSC, 2005. p. 125-150.
- DELIZOICOV, D. *Conhecimento, tensões e transições*. 1991. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo USP, São Paulo/SP.
- DOREA, D. D.; CHIARATTO, R. A.; ALVES-SOUZA, R. E. A. Metodologia da problematização no ensino da Química: um desafio de mudar a realidade. *50º CBQ (Congresso Brasileiro de Química)*, 2010.
- FARIA, F. L.; FREITAS-REIS, I. A percepção de professores e alunos do ensino médio sobre a atividade estudo de caso. *Ciência e Educação*, Bauru/SP, v. 22, n. 2, p. 319-333, 2016.
- FRANCISCO JR, W. E.; FERREIRA, L. H. e HARTWIG, D. R. Experimentação problematizadora: fundamentos teóricos e práticos para a aplicação em salas de aula de Ciências. *Química Nova na Escola*, n. 30, p. 34-41, 2008.
- _____; FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R. A dinâmica de resolução de problemas: analisando episódios em sala de aula. *Ciências e Cognição*, v. 13, n. 3, p. 82-99, dez. 2008.
- FREIRE, M. S.; SILVA JÚNIOR, G. A.; SILVA, M. G. L. Panorama sobre o tema resolução de problemas e suas aplicações no ensino de química. *Acta Scientiae*. v. 13, n. 1, p. 106-120, jan. 2011.
- FOUREZ, G. Qu'entendre par 'îlot de rationalité' et par 'îlot interdisciplinaire de rationalité'. *Revue Aster*, n. 25, 1997. Disponível em http://www.fundp.ac.be/institution/aut_ser/interfaces/publications/gerard/txt/gf71124%20ilot%20ratio%20Aster%2097%20fin.pdf, acesso em abr. 2019.
- GEHLEN, S. T.; MALDANER, O. A.; DELIZOICOV, D. Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a educação em Ciências. *Ciência & Educação*, Bauru/SP, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012.
- GIL PÉREZ, D.; MARTINEZ TORREGOSA, J.; RAMIREZ, L.; DUMAS CARRE, A.; GOFARD, M.; PESSOA, A. M. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 9, n. 1, p. 7-19, 1992.
- GIPEC. Grupo Interdepartamental de Pesquisa sobre Educação em Ciências. Unijuí. Disponível em, <http://www.projetos.unijuí.edu.br/gipec/modules/conteudo/?tac=2>, acesso em abr. 2018
- HERREID, C. F. *What makes a good case?* *Journal of College Science Teaching*, v. 27, n. 3, p. 165-165, dez. 1997/jan. 1998.
- JESSUP, M. Resolución de problemas y enseñanza de las ciencias naturales. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, v. 3, p. 41-52, 1998.
- LEITE, L.; ESTEVES, E. Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas na Licenciatura em Ensino de Física e Química. *Actas VIII Congresso Galaico Português Psicopedagogia*, Portugal, p. 1752-1768, 2005.
- LOPES, R. M.; SILVA FILHO, M. V.; MARSDEN, M.; ALVES, N. G. Aprendizagem baseada em problemas: uma experiência no ensino de química toxicológica. *Química Nova*, v. 34, n. 7, p. 1275-1280, 2011.
- LOPES, J. B. *Resolução de problemas em Física e Química: modelo para estratégias de ensino-aprendizagem*. Lisboa: Texto Editora, 1994.
- MALDANER, O. A.; ZANON, L. B. Situação de estudo: uma organização do ensino que extrapola a formação disciplinar em ciências. In: MORAES, R.; MANCUSO, R. (Org.). *Educação em Ciências: produção de currículos e formação de professores*. Ijuí: Editora Unijuí, 2004. p. 43-64.
- _____; ZANON, L. B. Situação de estudo: uma organização de ensino que extrapola a formação disciplinar em Ciências. *Espaços da Escola*. n. 41, p. 45-60, 2001.
- MARQUES, G. de Q. *Argumentação e resolução de problemas: habilidades cognitivas de estudantes do ensino médio de duas escolas de Toledo/PR*. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.
- MILARÉ, T. A proposta metodológica de Ilha Interdisciplinar de Racionalidade em um curso de licenciatura em Química: discutindo informações de corrente de e-mail. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 2, p. 126-134, 2014.
- MILETTO, M. F.; HARTMANN, A. M. Construção de uma Ilha Interdisciplinar de Racionalidade sobre meio ambiente para estudar Química no ensino fundamental. *IV Congresso Internacional de Educação Científica e Tecnológica (CIECITEC)*. Santo Ângelo/RS, Brasil, 2017.

MIRANDA, A. C. G.; BRAIBANTE, M. E. F.; PAZINATO, M. S. Tema gerador como estratégia metodológica para a construção do conhecimento em Química e Biologia. *Experiências em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 1, p. 98-113, 2015.

MUNHOZ, A. S. *ABP: Aprendizagem Baseada em Problemas: ferramenta de apoio ao docente no processo de ensino e aprendizagem*. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

OLIVEIRA, K. S. de. *O ensino por investigação: construindo possibilidades na formação continuada do professor de Ciências a partir da ação-reflexão*. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais e Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal, 2015.

PAZINATO, M. S.; BRAIBANTE, M. E. F. O estudo de caso como estratégia metodológica para o ensino de Química no nível médio. *Ciências & Ideias*, v. 5, n. 2, p. 2-18, 2014a.

_____; BRAIBANTE, M. E. F. Oficina Temática Composição Química dos Alimentos: uma possibilidade para o ensino de Química. *Química Nova na Escola*, v. 36, n. 4, p. 289-296, 2014b.

PICCOLI, F. *Aprendizagem Baseada em Problemas: uma estratégia para o ensino de Química no ensino médio*. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Instituto de Ciências Básicas da Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2016.

QUEIROZ, S. L. *Estudo de casos aplicados ao ensino de ciências da natureza: ensino médio*. São Paulo: Centro Paulo Souza, 2012.

RIBEIRO, L. R. de C. *Aprendizagem baseada em problemas (PBL): uma experiência no ensino superior*. São Carlos, SP: Editora da UFSCAR, 2008.

RICHETTI, G. P.; ALVES FILHO, J. P. Automedicação no ensino de Química: uma proposta interdisciplinar para o ensino médio. *Educación Química*, Universidad Nacional Autónoma de México, p. 203-209, 2014.

SÁ, L. P.; QUEIROZ, S. L. *Estudos de caso no ensino de Química*. Campinas, SP: Editora Átomo, 2009.

SANTOS, C. G. B.; GODOY, C. E. C.; CORREIA, P. R. M. A aprendizagem baseada em problemas no ensino de Química. *XIV*

Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ), 2008.

SANTOS, A. H.; SANTOS JÚNIOR, B. dos; SANTOS, A. O. O ensino de Química e a metodologia temas geradores: uma análise comparativa entre dois métodos aplicados ao ensino de Química com dois educadores parceiros. *11 ENFOPE – Encontro Internacional de Formação de Professores*, *12 FOPIE – Fórum Permanente de Inovação Educacional*, *4º Encontro Estadual da Associação Nacional pela Formação de Professores Seção Sergipe*. Sergipe, 2016.

SÃO PAULO. *Cadernos de Formação 01, 02 e 03. Série Ação Pedagógica na escola pela via da interdisciplinaridade*. Secretaria Municipal de Educação. São Paulo: DOT/SME-SP, 1990.

SILVA, B. W.; DELIZOICOV, D. *Problemas e problematizações: implicações para o ensino dos profissionais da Saúde*. Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

SIGARRETA, J. M.; RODRÍGUEZ, J. M.; RUESGA, P. La resolución de problemas: una visión histórico-didáctica. *Boletín de la Asociación Matemática Venezolana*, v. 13, n. 1, 2006.

SOLEDADE, M. *Aprendizagem baseada em problemas (PBL) – O que é?* 2015. Disponível em <https://silabe.com.br/blog/aprendizagem-baseada-em-problemas-pbl/>, acesso em jul. 2018.

STANZANI, E. L.; GUARNIERI, P. V.; CARVALHO, W.; OBARA, C. E. Situação de estudo e ensino de Química: contribuições para a educação científica. *XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)*, Florianópolis/SC, Brasil, 2016.

VIEIRA, F. A. C. *Ensino por investigação e aprendizagem significativa crítica: análise fenomenológica do potencial de uma proposta de ensino*. 2012. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012.

TRÓPIA, G. Percursos históricos de ensinar Ciências através de atividades investigativas no século XX. *Anais, VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (VII ENPEC)*. Florianópolis/SC, 2009.

WARTHA, E. J.; LEMOS, M. M. Abordagens investigativas no ensino de Química: limites e possibilidades. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 12, n. 24, p. 5-13, 2016.

Abstract: *Problems: possibilities for Chemistry teaching.* Problems can be an alternative to science and chemistry classes and constitute action tools for teaching and learning at school. The act of using problems in teaching we call “Problematization”, however there are some possibilities in the Education/Teaching bibliography to lead problematization in different situations. In this study, we list some of these possibilities, presenting a descriptive theoretical rescue, whose purpose is to synthesize methodological proposals that indicate different ways to problematize themes, concepts and subjects. All proposals presented here can be considered as possibilities for didactic activities in chemistry classes.

Keywords: teaching methodologies, problems, knowledge construction

Desenvolvimento da argumentação em uma sequência de ensino investigativa sobre termoeletrônica

Development of the argumentation in an Inquiry-Based Teaching Sequence about thermoelectricity

Filipe Silva de Oliveira, Maria Clara Pinto Cruz e Adjane da Costa Tourinho e Silva

186

Resumo: O artigo discute uma situação argumentativa instaurada na segunda fase de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), cuja estrutura inspira-se na proposta de Pedaste *et al.* (2015). O objetivo da SEI foi promover a compreensão de conteúdos da Química e da Física, tendo em vista o funcionamento de uma usina termoeletrônica, aliando aspectos científicos a socioambientais. As argumentações desenvolvidas em torno de um experimento envolvendo a geração de energia elétrica a partir de energia térmica foram analisadas e discutidas por meio do Modelo de Argumento de Toulmin. Notou-se o investimento do professor na percepção dos alunos acerca dos conhecimentos interdisciplinares teóricos a fim de que elaborassem sentido para os dados experimentais e construíssem seus argumentos. Verificou-se, ainda, a construção de argumentos mais completos com dados, conclusões e garantia de inferência. Estes argumentos discutidos em grupo e individualmente junto ao professor expressaram um avanço conceitual.

Palavras chave: sequência de ensino investigativa, argumentação, química, física.

Abstract: The paper discusses an argumentative situation that began in the conceptualization phase of an Inquiry-Based Teaching Sequence, whose structure is inspired by the proposal of Pedaste *et al.* (2015). The objective of the SEI was to promote the understanding of Chemistry and Physics contents, in view of the operation of a thermoelectric plant, combining scientific and social-environmental aspects. Arguments developed around an experiment involving the generation of electrical energy from thermal energy were analyzed and discussed using Toulmin's Argument Model. It is noted the teacher's investment in the students' perception of the theoretical interdisciplinary knowledge for purposes of elaboration of meaning for experimental data and arguments building. There was also a construction of more complete arguments with data, conclusions and guarantee of inference. These arguments discussed in the group and with the teacher expressed a conceptual advance.

Keywords: inquiry-based teaching sequences, argumentation, chemistry, physics

Filipe Silva de Oliveira (oliveiradef@gmail.com), licenciado em Química pela Faculdade Pio Décimo, mestre em Ensino de Ciências em Matemática pela Universidade Federal de Sergipe. Aracaju, SE – BR. **Maria Clara Pinto Cruz** (clara_aju@yahoo.com.br), graduada em Química Industrial pela Universidade Federal de Sergipe, licenciada em Química pela Faculdade Pio Décimo, mestra em Química e doutora em Engenharia Química, ambos pela Unicamp. Atualmente é professora no curso de Licenciatura em Química da Faculdade Pio Décimo e professora do Estado de Alagoas em Penedo. Aracaju, SE – BR. **Adjane da Costa Tourinho e Silva** (adtourinho@terra.com.br), licenciada em Química pela Universidade Federal de Sergipe, mestra em Educação pela Universidade Federal de Sergipe e doutora em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais. Atualmente é professora do Núcleo de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática -NPGECIMA- Universidade Federal de Sergipe. Aracaju, SE – BR.

Recebido em 05/05/2019, aceito em 20/10/2019

A seção "Cadernos de Pesquisa" é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química.

No Brasil, tem-se notado um aumento de pesquisas na área de Ensino de Ciências envolvendo a produção de Sequências de Ensino Investigativas (SEI) (Moraes e Carvalho, 2018; Ferraz e Sasseron, 2017 Scarpa e Campos, 2018). Consistindo em um conjunto de aulas planejadas de modo a possibilitar que as investigações aconteçam em sala de aula, as SEI envolvem uma série de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas em prol da resolução de um problema de natureza científica ou sociocientífica, que se expressa por meio de uma ou mais questões. Nesse sentido, as relações entre dados experimentais, ou oriundos de observações sistemáticas, com conhecimentos teóricos, voltadas à elaboração de respostas às questões propostas, abrem espaço para a argumentação.

O caráter investigativo de uma sequência de ensino evidencia-se em suas etapas. O termo investigação geralmente presume o processo de planejamento e desenvolvimento de estratégias em função de uma questão em pauta (Sandoval, 2005). Produzir, analisar e interpretar dados, elaborar conclusões a partir deles e comunicar tais conclusões a uma audiência, a fim de legitimá-las por meio de um discurso argumentativo, emergem como práticas epistêmicas características de atividades investigativas (Kelly, 2005). Carmo e Carvalho (2014), por exemplo, enfatizam os seguintes aspectos no desenvolvimento de uma SEI: a relevância de um problema para início da construção do conhecimento; a passagem da ação manipulativa à ação intelectual; a importância da tomada de consciência dos próprios atos ao longo do processo; e as diferentes etapas das explicações elaboradas em torno do fenômeno investigado.

Sequências de ensino investigativas devem proporcionar aos alunos a construção de conceitos ao longo de seu engajamento em práticas epistêmicas que lhes permitam compreender aspectos inerentes ao trabalho de investigação científica. Kelly (2008, 2016) define práticas epistêmicas como formas socialmente organizadas e interativamente realizadas por meio das quais membros de um grupo propõem, comunicam, avaliam e legitimam asserções do conhecimento. Nessa perspectiva, a argumentação emerge como uma prática epistêmica relevante, a qual permeia todo o processo de investigação, tanto na ciência real, quanto na ciência escolar.

Elaborar uma sequência de ensino de caráter investigativo presume atentar para como as suas diferentes etapas se entrelaçam de modo a promover um conjunto coerente de ações que favoreçam a articulação entre perguntas e respostas. Neste sentido, busca-se proporcionar a construção de conhecimentos, ao tempo em que os alunos vivenciam aspectos fundamentais que ancoram as investigações científicas reais.

Neste artigo, tratamos de uma SEI intitulada “Termoquímica: energia, termoeletrica e sociedade”, considerando o processo argumentativo instaurado em uma de suas etapas fundamentais. A SEI foi estruturada com base na proposta de Pedaste *et al.* (2015), tendo em vista os pressupostos da alfabetização científica, por meio da contextualização crítica para tomada de decisões, como defendida por Santos (2007). O tema surgiu em

função da implantação de uma usina termoeletrica na cidade vizinha (Barra dos Coqueiros) àquela em que a SEI foi desenvolvida, a cidade de Aracaju, em Sergipe.

A alfabetização científica pode ser entendida como um processo em que o indivíduo interage com uma nova cultura - a científica - a qual lhe proporciona a percepção de uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos. Representa, portanto, a apropriação de elementos que se constituem em uma ferramenta a mais a ser utilizada na interação com o ambiente ao seu redor. Além disso, possibilita-lhe modificar tal ambiente e a si próprio, tendo em vista os saberes científicos adquiridos e as habilidades associadas ao fazer científico (Sasseron, 2008).

Neste contexto, foram consideradas, no desenvolvimento da SEI, as disciplinas Química e Física. Aliar duas disciplinas notadamente complexas para os alunos é um desafio ainda pouco explorado na prática. Para tal, a intervenção do professor na condução dos alunos aos conceitos dessas duas disciplinas, de modo a favorecer a compreensão do funcionamento de uma termoeletrica, requer atenção, uma vez que os alunos sentem dificuldades em interligar conceitos envolvidos nestes ramos do conhecimento.

Vale ressaltar que, embora aspectos sociais e ambientais tenham sido abordados nas etapas inicial e final da SEI, a discussão que apresentamos neste artigo considera especificamente a argumentação de natureza científica desenvolvida na fase de conceitualização/investigação da sequência (Pedaste *et al.*, 2015), em que questões e hipóteses foram articuladas em torno de um experimento desenvolvido a fim de introduzir conceitos fundamentais para o entendimento do funcionamento de uma termoeletrica.

A abordagem pedagógica se insere na linha sociointeracionista, com a valorização das concepções prévias dos estudantes e do processo de internalização de ideias em sala de aula. Ela parte da premissa vygotskiana da linguagem e outros recursos semióticos como meio relacional entre o sujeito e o mundo, resultando na construção de novos significados. Nesta tradição, a linguagem humana e os processos interativos em sala de aula passam a ser valorizados (Lemke, 1990; Scott, 1998; Mortimer, 1998; Mortimer e Machado, 2000; Kelly, 2011).

Para Vygotsky (1993), o desenvolvimento cognitivo consiste na conversão de relações sociais em funções mentais. Portanto, nesta perspectiva, investir na argumentação e em outras práticas discursivas é, fundamentalmente, favorecer a mobilização social de ideias e sua apropriação pelos alunos. Como discute van Manen (1990, apud NASCIMENTO; VIEIRA, 2009), a construção de argumentos pode tornar o pensamento dos alunos mais visível, representando uma ferramenta de avaliação e auto avaliação, favorecendo, assim, o processo de metacognição.

Portanto, o objetivo deste artigo é apresentar uma análise da elaboração de argumentos pelos alunos em diálogo com o professor e em respostas escritas a questões propostas na segunda fase da SEI – a fase de conceitualização/investigação.

A análise foi desenvolvida por meio do Padrão de Argumento de Toulmin (2006). Considerando situações de produção conjunta de argumentos pelos alunos entre si e com a mediação do professor, verificamos como os elementos deste modelo apareciam, gradativamente, ao longo das interações.

Aspectos Teórico-metodológicos

O Padrão de Argumento de Toulmin (Toulmin's Pattern Argument – TAP)

Segundo Toulmin (2006), quando fazemos nossas alegações e somos desafiados a prová-las, recorremos a alguns fatos, os quais irão nos valer para apoiar essas alegações. Com isso, o autor diferencia o que é considerado como conclusão (C), ou seja, a alegação cujos méritos procuramos estabelecer, dos fatos aos quais buscamos para fundamentar tal alegação (D). A partir daí, expande-se a ideia de argumento de estrutura “se D, então C”, acrescentando-se as garantias de inferência (W) que a alegação requer. São tais garantias que permitem a passagem dos dados à conclusão. Elas são o elemento que possibilita que a conclusão seja inferida a partir dos dados iniciais. A estrutura básica de um argumento é, portanto: “a partir de um dado D, já que W, então C”.

A essa estrutura básica, podem ser acrescentados: qualificadores modais (Q), que especificam as condições necessárias para que a garantia de inferência seja válida, indicando uma referência explícita ao grau de força que os dados conferem à conclusão; refutações (R), que especificam em que condições a garantia não é válida, e apoio ou conhecimento de base (B), elemento que dá suporte à garantia de inferência.

Qualificadores modais (Q), refutadores (R) e apoio ou conhecimento de base (B) são, portanto, elementos que ampliam a estrutura básica de argumento proposta por Toulmin, evidenciando argumentos mais elaborados estruturalmente que aqueles compostos apenas por dado (D), conclusão (C) e garantia de inferência (W). Os qualificadores consistem em palavras ou frases que expressam o nível de certeza dos falantes a respeito da alegação que desejam sustentar. Nesse sentido, é comum que, compondo os qualificadores, apareçam palavras tais como: certamente, provavelmente ou possivelmente, as quais se colocam antes da conclusão apresentada. Os refutadores, por sua vez, especificam em que condições a garantia não é suficiente para dar suporte à conclusão. Assim, uma determinada conclusão é legítima em função de certas condições consideradas, mas passa a se tornar questionável se tais condições mudam. Isso é expresso nos refutadores. Os conhecimentos de base, por fim, correspondem a ideias amplas ou gerais que sustentam as garantias de inferência, as quais estão mais especificamente ou diretamente associadas aos dados e à conclusão. Trata-se de conhecimentos mais categóricos, como um princípio, uma lei, teoria ou fato histórico consagrado na literatura. Dados, garantias de inferência e conhecimentos de base podem ser

considerados elementos justificatórios, aos quais os locutores recorrem para ancorar as suas conclusões.

A identificação de cada elemento do modelo em um texto envolve uma minuciosa análise, pois depende de como as ideias se interligam e assumem diferentes funções na composição desse texto. Desse modo, uma mesma frase ou palavra pode, em uma situação funcionar como um determinado elemento do modelo e, em outra, assumir uma nova função.

A Figura 1, abaixo, mostra o *layout* estrutural de argumento proposto por Toulmin, contendo todos os elementos por ele previstos.

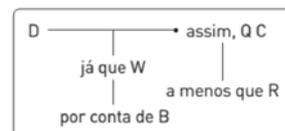


Figura 1: *layout* de Toulmin para argumentos (Toulmin, 2006).

Como discutido por Vieira (2007), uma das questões centrais na literatura sobre argumentação é como o discurso argumentativo pode ser reconstruído de modo que todos os seus aspectos estruturais relevantes possam ser destacados. Nesse contexto, se insere o Padrão de Argumento de Toulmin (2006).

Como atestam Nascimento e Vieira (2009), principalmente pelo seu caráter normativo, que permite identificar um enunciado como um argumento ou não, tendo-se em vista os elementos que o compõem, o padrão promove certa facilidade ao processo de análise de situações argumentativas. Nesse sentido, o TAP tornou-se uma ferramenta muito utilizada em pesquisas voltadas para a investigação da “argumentação científica” produzida por alunos em situações de ensino (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 1998; Capecchi e Carvalho, 2000; Scarpa *et al.*, 2017). Algumas dessas pesquisas contribuíram de forma bastante significativa para consolidar tal modelo como um instrumento de análise neste campo do conhecimento (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 2000; Erduran *et al.*, 2004).

O Modelo de Toulmin oferece a possibilidade de ressaltar o papel das evidências e dos conhecimentos teóricos na elaboração de explicações causais. De fato, o conhecimento científico se faz diferente de outras formas de saber, pois enunciados que representam conclusões ou hipóteses não se constituem em meras opiniões, devendo estar sustentados em provas, dados empíricos ou respaldo de natureza teórica.

Entretanto, apesar de bastante utilizado em pesquisas na área de Ensino de Ciências, são apontadas algumas limitações do modelo tendo-se em vista as análises pretendidas, as quais têm sido discutidas e “contornadas”. Em várias situações, a amplitude das categorias previstas pelo modelo de Toulmin pode proporcionar dificuldade em sua aplicação aos dados de pesquisa, inibindo a distinção entre um elemento constituinte e outro. Isso tem gerado alterações em sua proposta original (Erduran, 2008; Erduran *et al.*, 2004) ou, mesmo, a

sua utilização como inspiração para originar outros esquemas analíticos (Duschl, 2008).

Sobre a amplitude das categorias do modelo (Duschl, 2008), Garcia-Mila *et al.* (2013) observam que, apesar de tal limitação, o TAP é bastante proveitoso para a análise de pequenas estruturas de argumentos em que não se torna necessário distinguir entre si alguns dos elementos previstos.

Erduran (2007) discute sobre a dificuldade na distinção entre dados, garantias de inferência e apoio, considerando a análise das falas de alunos em interação. Para lidar com este problema metodológico, observa que alguns autores têm agrupado dados, garantias e apoios em um único elemento, entendido como “justificativa” para a conclusão (Erduran *et al.*, 2004; Zohar e Nemet, 2002). Ressalta-se que isso se torna oportuno quando as diferenças entre os argumentos analisados recaem nas relações entre conclusões, refutadores e qualificadores.

Jiménez-Aleixandre *et al.* (1998), por sua vez, propuseram uma ampliação do que Toulmin, em seu modelo, define como dado. Os autores diferenciam dado fornecido (DF) de dado obtido (DO). O primeiro é aquele que chega aos alunos por intermédio do professor, livro-texto ou roteiro de experimento, por exemplo. O segundo é advindo de situações experimentais. Este último pode ser subclassificado, ainda, em: dado empírico (DE), como no caso dos que procedem de uma experiência no laboratório, e dado hipotético (DH), quando se trata de uma construção mental para uma investigação que se tem em plano.

Como o foco do padrão proposto por Toulmin é a estrutura do argumento, o contexto de produção não é por ele levado em conta. Outro aspecto nessa direção é o de que o padrão expressa o produto (o argumento) e não o processo argumentativo (a argumentação), de modo que o caráter dialogal não é valorizado. Todavia, pesquisas focando as interações em sala de aula o tem utilizado com valiosas discussões, considerando como os argumentos resultam dos debates entre os sujeitos deste ambiente (Jimenez-Aleixandre *et al.*, 2000; Erduran *et al.*, 2004; Osborne *et al.*, 2004; Ferraz e Sasseron, 2017a; Ferraz e Sasseron, 2017b; Ratz e Motokane, 2016, por exemplo). Nessa perspectiva, a percepção da estrutura e do conteúdo do argumento elaborado é favorecida pela compreensão do seu processo de produção no contexto específico da argumentação.

Seguindo essa linha, em nossa pesquisa utilizamos o TAP tanto para a análise dos argumentos expressos nos textos dos alunos, como para o processo de produção dos argumentos ao longo das interações. Nesse sentido, identificamos como os elementos propostos no Modelo de Toulmin eram trazidos pelos alunos e solicitados pelo professor de modo a, gradativamente, irem compondo argumentos consistentes, tanto do ponto de vista estrutural, quanto do ponto de vista do conteúdo que se expressava nos seus elementos constituintes. Assim, foi possível perceber como as ideias dos alunos se aprimoravam na elaboração dos argumentos, em função da exposição às ideias dos colegas e intervenções do professor, considerando o plano social da sala de aula. Tratamos, nesse ponto, portanto,

do processo argumentativo instaurado em uma das fases da SEI planejada e desenvolvida na pesquisa.

O modelo proposto por Toulmin (2006) possibilita, ainda, que a qualidade de um argumento seja avaliada. Como argumentam Garcia-Milla *et al.* (2013), justamente por focar na estrutura, o TAP permite examinar a complexidade dos argumentos. Isso é frequentemente verificado com base nas combinações dos elementos previstos no modelo, como discutido por Erduran *et al.* (2004). Argumentos que se constituem em combinações com um maior número de elementos são considerados mais sofisticados que aqueles que apresentam apenas os elementos fundamentais, ou seja, dados, garantias de inferência e conclusões. Sá *et al.* (2014), por sua vez, observaram como oportuno considerar também a frequência com que os elementos aparecem no argumento e não apenas a combinação entre eles.

Garcia-Milla *et al.* (2013) chamam atenção para a presença de refutadores como um valioso indicativo da qualidade dos argumentos, tendo em vista a discussão apresentada por Kuhn (1991). Esta autora considera que contra-argumentos e refutadores expressam habilidades mais complexas no discurso argumentativo, tendo em vista que, quando indivíduos levam em conta uma refutação, mostram a percepção das limitações de suas asserções, adiantando-se ao possível contra-argumento do seu interlocutor.

A discussão sobre a qualidade dos argumentos acima apresentada orientou o nosso olhar para a análise dos argumentos verificados em nossa pesquisa.

A Sequência de Ensino Investigativa

A estrutura da SEI inspira-se no ciclo investigativo de Pedaste *et al.* (2015), apresentando as fases de: orientação, conceitualização, investigação, conclusão e discussão. O ciclo investigativo proposto pelos autores é composto pelas cinco fases acima informadas, sendo que algumas delas podem ser divididas em sub-fases, como será explicado oportunamente. A análise apresentada neste artigo envolve as discussões instauradas na fase de conceitualização/investigação. A seguir, apresentamos as principais fases da SEI, considerando como elas se materializaram em nossa pesquisa como um todo, tendo-se em vista a temática envolvida.

a) **ORIENTAÇÃO:** De acordo com Pedaste *et al.* (2015), esta fase envolve o processo de estimular a curiosidade dos alunos sobre um certo tópico e introduzir um desafio de aprendizagem por meio da apresentação de um problema. É também o momento no qual são levantadas as concepções prévias dos alunos. Portanto, nesta fase inicial, foram introduzidos o tema e aspectos gerais da SEI, a fim de mobilizar os alunos a se engajarem nas atividades que seriam posteriormente desenvolvidas. Feito isso, foi apresentada a questão central da sequência: Como uma usina termelétrica produz energia? Nessa perspectiva, o propósito foi considerar os aspectos envolvidos no funcionamento da termelétrica como também as suas consequências

ambientais. A partir daí, as concepções prévias dos alunos foram exploradas.

b) **CONCEITUALIZAÇÃO e INVESTIGAÇÃO:** Em nossa SEI essas fases ocorreram conjuntamente como descrevemos a seguir.

De acordo com Pedaste *et al.* (2015), na fase de conceitualização se dá o processo de elaborar questões baseadas em teorias e/ou gerar hipóteses, considerando o problema colocado na fase de orientação. Neste sentido, a conceitualização pode apresentar duas sub-fases: questionamentos e geração de hipóteses. As questões que surgem nesta fase desencadeiam-se de uma questão específica de pesquisa ou de questões mais abertas sobre um determinado domínio do conhecimento; trata-se de questões investigáveis. A geração de hipóteses, por sua vez, envolve a declaração de possíveis respostas às tais questões.

Vale ressaltar que, como argumentam os autores, a conceitualização é, sobretudo, um processo de entendimento de um conceito ou conceitos relativos ao problema iniciado. Tal entendimento se dá em meio à elaboração de questões e hipóteses. Neste sentido, é possível entender que as intervenções do professor nesta fase devem envolver a retomada de conceitos anteriores e a introdução de outros novos.

A conceitualização corresponde a uma fase em que se prepara para a investigação que se instaura na fase seguinte, ou seja, os questionamentos e hipóteses gerados nesta fase, bem como os conceitos retomados e /ou introduzidos, mobilizam o planejamento e a execução dos experimentos ou observações sistemáticas e a decorrente interpretação dos dados obtidos. Nessa perspectiva, é comum tais fases – conceitualização e investigação – chegarem a se intercalar, de modo a flexibilizar os seus limites. Os autores observam, considerando casos dispostos na literatura, que o ciclo pode, inclusive, se iniciar com a fase de conceitualização e ter vários pequenos ciclos entre esta fase e a de investigação.

No caso de nossa pesquisa, a SEI apresenta uma questão ampla que não encontra resposta por meio da análise de dados coletados de uma única atividade de experimentação ou observação sistemática. Ela envolveu, portanto, dois experimentos os quais geraram espaço para circulação de ideias a fim de que os alunos pudessem nas fases de conclusão e discussão responder à questão central e defender seus pontos de vista.

O desenvolvimento de ambos os experimentos, intercalados entre si por explanações teóricas por parte do professor, bem como permeados por intervenções que guiavam a elaboração de questões e hipóteses, envolveu as fases de conceitualização e investigação. Nesse sentido, ao longo dos experimentos, foram trabalhadas ideias fundamentais da Termoquímica, ao tempo em que dados eram coletados, tratados e analisados, configurando-se aí os momentos de investigação. Para Pedaste *et al.* (2015), na investigação ocorre o processo de planejar a exploração ou a experimentação, bem como coletar e analisar os dados baseando-se no plano estabelecido.

A seguir descrevemos as atividades desenvolvidas nesta fase em que conceitualização e investigação coexistem.

Na primeira atividade, uma experimentação demonstrativa de como funciona um gerador termoelétrico foi utilizada para retomar e construir conceitos fundamentais para o desenvolvimento da SEI, mobilizando a elaboração de perguntas pelos alunos, ao tempo em que outras eram propostas pelo professor. A experimentação consistiu na geração de energia elétrica, através de um gerador termoelétrico, por meio da energia térmica em transição, utilizando-se de uma placa de Peltier entre uma fonte fria e uma fonte quente (<https://www.youtube.com/watch?v=wLrXYMJs-q8>).

Usinas termoelétricas utilizam diversos princípios para seu funcionamento. O que vemos na placa de Peltier é um deles. Ela apresenta condutores ou semicondutores. Para o experimento no Ensino Médio, consideram-se os metais como condutores. É necessário que haja troca de energia entre uma fonte quente e uma fonte fria estando, entre estas, a placa de Peltier para que haja deslocamento de seus elétrons. Então, o fluxo de energia na forma de calor se alinha ao fluxo de elétrons. A transferência de energia entre tais sistemas (fontes quente e fria), intercalados pela placa, provoca esse fluxo de elétrons no metal.

Segundo Callister (2002), a ligação metálica acontece pela ocorrência de uma nuvem de elétrons de valência que passam a se comportar como elétrons livres, o que possibilita que seja gerada uma corrente elétrica em função de uma diferença de temperatura a que o metal seja submetido. No caso do aparato experimental aqui descrito, é isto que possibilita movimentar uma pequena turbina que se liga a placa de Peltier (ver Quadro 1).

O objetivo foi ensinar aos alunos que energia térmica produz energia elétrica. A conversão de calor em eletricidade ou eletricidade em calor é chamada de termoeletricidade. Este é um conceito não trivial. É uma associação incomum no cotidiano e pouco explorada, mesmo na escola. Num momento posterior, buscou-se discutir as reações de combustão como geradoras primárias de energia em uma termoelétrica, o que ocorre no tipo de usina a ser implantada na cidade em questão. Assim,

Quadro 1 – Ficha para observação experimental de um Gerador Termoelétrico

<p>Material e Reagente</p> <ul style="list-style-type: none"> – placa de Peltier – pasta térmica (a mesma usada em computadores) – duas latinhas vazias de azeite – motor de drive de DVD – alguns elásticos de escritório 	 <p>Figura 2: Esquema de gerador termoelétrico (Manual do Mundo).</p>
<p>Procedimento</p> <p>Passe a pasta térmica dos dois lados da placa Peltier e coloque no meio das duas latinhas. Aperte bem com os elásticos, para que a placa fique grudada nas latas. Coloque água quente do lado positivo do fio (vermelho) e água fria do lado negativo (preto). Pegue o seu motorzinho de DVD e faça o teste final!</p>	

Fonte: (<https://www.youtube.com/watch?v=wLrXYMJs-q8>)

o professor dispendeu um tempo necessário na construção de argumentos nessa fase. Consideramos esta etapa essencial para obter êxito nos outros momentos da sequência investigativa. No Quadro 1, apresentamos a ficha entregue aos alunos no momento do desenvolvimento do experimento.

As questões problematizadoras foram as seguintes:

- 1) Qual a principal variável para o gerador termoelétrico funcionar?
- 2) O que faço para ter uma maior geração de eletricidade?
- 3) A energia, na forma de calor, é totalmente aproveitada no aparelho para gerar eletricidade?
- 4) O que acontece quando um fluxo de energia na forma de calor atravessa um metal? O que será gerado?

Na segunda atividade desta fase, uma imagem de uma planta simplificada de uma termoelétrica foi utilizada para explicar conhecimentos de termoquímica, como por exemplo, a utilização da energia de uma combustão para gerar vapor d'água e, em seguida, condensá-la. Além disso, foram introduzidos os conceitos de processo endotérmico e processo exotérmico, bem como a ideia de eficiência em uma transferência calórica.

Na terceira atividade desta fase, desenvolveu-se o segundo experimento em que os alunos receberam uma ficha de observação para determinar o calor de reação do peróxido de hidrogênio, conforme descrito em Braathen *et al.* (2008). Cinco grupos foram montados e cada um recebeu o material para confecção de um calorímetro, avaliando a temperatura inicial do sistema. Em seguida, foram orientados a proceder com a reação e, posteriormente, elaborarem suas conclusões, desenvolvendo a argumentação.

c) **CONCLUSÃO:** Nesta fase, foram elaboradas as conclusões a partir dos dados obtidos na fase anterior, de forma a responder à questão central da SEI. Neste momento foi discutido o texto “A sociedade e a usina termoelétrica”, para consolidar as relações Ciência, Tecnologia e Sociedade.

d) **DISCUSSÃO:** Nesta etapa, foi desenvolvida uma discussão sobre toda a investigação. Pedaste *et al.* (2015) consideram que tal fase é necessária para que os alunos compreendam a natureza do trabalho científico em que estiveram engajados. Os autores observam ainda que a fase de discussão (a qual inclui comunicação e reflexão) está potencialmente presente em cada ponto da aprendizagem baseada em investigação e conecta todas as outras fases. Portanto, ela pode ocorrer a qualquer tempo do ciclo investigativo ou apenas em sua fase final.

Procedimentos de coleta e análise de dados

A sequência de ensino investigativa foi desenvolvida em uma turma, composta por 25 alunos, da 2ª Série do curso Integrado Técnico em Química de uma escola pública da Rede Federal de Ensino. A turma foi dividida em cinco grupos e um grupo de cinco alunos foi tomado como referência para análise do processo argumentativo. Tal grupo foi escolhido por se mostrar bastante ativo desde as discussões iniciais. No

entanto, os demais grupos tiveram orientações semelhantes ao grupo analisado quanto à migração das concepções alternativas ao conhecimento científico.

Os dados foram obtidos por meio de gravações em áudio e vídeo, bem como pelos roteiros de experimentos os quais propunham questões a serem respondidas por escrito pelos alunos. Consideramos, assim, a produção conjunta dos argumentos dos alunos do grupo tomado para análise em interação com o professor, e dos textos produzidos por cada aluno da turma ao final da atividade, em respostas às questões propostas. Os registros em áudio e vídeo foram transcritos e, juntamente aos escritos, submetidos à análise por meio do Padrão de Argumento de Toulmin. Nesse sentido, buscamos identificar nesses textos, os elementos propostos no padrão, de modo a caracterizar a estrutura dos argumentos que se apresentavam. Aliado à análise da estrutura, verificamos o conteúdo dos argumentos, de modo a perceber a apropriação das concepções científicas pelos alunos.

Os argumentos produzidos pelos alunos individualmente, como resposta por escrito a cada questão proposta no roteiro do experimento, após a discussão nos pequenos grupos, foram agrupados entre si de acordo com suas semelhanças de conteúdo e estrutura. Para cada tipo de argumento foi atribuído um valor percentual correspondente à sua frequência em relação ao total da amostra (25 alunos).

Além da caracterização da estrutura dos argumentos, buscamos verificar as possíveis diferenciações entre eles, tendo em vista as combinações entre os seus elementos, as quais são indicativas da qualidade de um argumento, conforme a discussão apresentada na seção em que apresentamos tal padrão.

Resultados e Discussão

A proposta do experimento desenvolvido na primeira parte da segunda fase da SEI foi explorar a ideia de que os supercondutores em que se constitui a placa de Peltier possuem elétrons livres e, devido à condutividade térmica, produzida por uma diferença de temperatura, gerará um fluxo ordenado de elétrons. Nesta parte, os alunos apresentaram suas concepções considerando os dados experimentais e os conhecimentos escolares anteriores, sobretudo os da 1ª Série do Ensino Médio e, assim, foi desenvolvida uma discussão sobre as hipóteses pautadas por eles para explicar o fenômeno em discussão. Nesse sentido, é possível verificar um movimento em que os olhares dos alunos focam, ora aspectos particulares do fenômeno, ora as generalizações da ciência. Esse movimento é importante para a constituição de argumentos em que os dados experimentais se aliam às conclusões por meio de conhecimentos teóricos, ou seja, os denominados conhecimentos de base e/ou garantias de inferência, de acordo com a estrutura proposta por Toulmin (2006).

Todo o processo argumentativo durou 13 minutos e 28 segundos, sendo dividido em dois episódios intitulados, respectivamente, por: “Princípios de termoquímica na termoelétrica: como obter mais eletricidade” e “A condução térmica e

a condução elétrica se aliam”. A seguir, apresentamos excertos das discussões que se inserem nos dois episódios e uma análise sobre como elementos constituintes dos argumentos são gerados ao longo das interações. Nessa análise das interações discursivas, buscamos evidenciar, portanto, a construção conjunta dos argumentos, explicitando como estes são gradativamente configurados. Nesse sentido, nosso olhar recai também nas

intervenções do professor, iluminando o seu investimento para que os alunos apreendam aspectos fundamentais à compreensão do fenômeno e elaboração de argumentos.

A discussão apresentada no Quadro 2, referente ao primeiro episódio (Princípios da Termoquímica na Termoeletrônica: como obter mais eletricidade?), evidencia como os alunos do grupo investigado vão elaborando conjuntamente os argumentos para

Quadro 2: Episódio: “Princípios de termoquímica na termoeletrônica: Como obter mais eletricidade?”

Turnos de fala	Locutor	Falas	Ações do professor e dos alunos em relação à emergência dos elementos do TAP	Sujeitos da interação
1	Professor	Há uma migração de energia de um lado para outro. Qual seria esse lado?	<u>Propõe um problema (1)</u> : Fomenta a articulação entre dados e conhecimentos teóricos (conhecimentos de base ou garantias de inferência).	Professor- alunos
2	Aluno 1	Seria do calor pro frio.	Apresenta conhecimento teórico – garantia de inferência.	
3	Professor	Do quente para o frio. Por que é geralmente neste sentido?	Explora conhecimento teórico – a 2ª Lei da Termodinâmica - garantia de inferência.	
4	Aluno 2	Geralmente o quente só perde e o frio só tende a ganhar.	Apresenta conhecimento teórico-garantia de inferência.	
5	Professor	Isto tem a ver com princípios de termoquímica.	Investe no aprofundamento do conhecimento teórico – 2ª Lei da Termodinâmica – garantia de inferência.	
6	Aluno 1	Nós estudamos na Física... condução de calor!!	Apresenta conhecimento teórico-garantia de inferência.	
7	Professor	A energia vai migrar do ambiente mais quente para o ambiente mais frio.	Sintetiza/informa o conhecimento teórico – 2ª Lei da Termodinâmica – garantia de inferência.	
8	Aluno 1	A energia vai sair da plaquinha (Peltier) para turbininha.	Apresenta hipótese/ conclusão.	
9	Professor	Vão discutindo ai; volto já!		
10	Aluno 5	Então, está ocorrendo a passagem de elétrons do quente para a placa, mas não tá chegando no frio...	Gera dados.	Aluno - Aluno
11	Aluno 3	A placa está redirecionando para turbina!!	Apresenta hipótese/conclusão.	
12	Aluno 1	O que faço para ter uma maior geração de eletricidade? (Lendo a pergunta).	<u>Apresenta um problema (2)</u> .	
13	Aluno 5	Aumenta o calor!! Quanto mais calor mais energia (todos juntos).	Apresenta argumento composto de hipótese/ conclusão e garantia de inferência.	
14	Aluno 3	Não necessariamente o outro precisa ser gelado!	Complementa conclusão.	
15	Aluno 2	Exatamente! Não necessariamente o outro precisa ser gelado, mas numa temperatura normal!	Complementa conclusão.	
16	Aluno 5	Daí já dá para trocar de calor!	Complementa conclusão.	
17	Aluno 3	Tem de deixar o quente mais quente que ele já tá.	Apresenta hipótese/Conclusão.	
18	Aluno 4	Em que você se baseou para chegar a essa conclusão? (Lendo a pergunta).	Solicita conhecimento teórico – garantia de inferência.	
19	Aluno 1	Se há uma passagem de elétrons do quente para o frio é só aumentar a temperatura!	Apresenta argumento composto de garantia de inferência e conclusão.	
20	Aluno 5	A energia, na forma de calor, é totalmente aproveitada no aparelho para gerar eletricidade? (Lendo a pergunta).	<u>Apresenta um problema (3)</u> .	
21	Alunos	Eu creio que não! Eu também creio que não!!	Apresenta hipótese/conclusão hipótese.	
22	Alunos 1	Parte da energia se perde antes de chegar no motor!!	Apresenta hipótese/ conclusão.	

as questões propostas pelo professor. Até o turno 8, o docente investe na interação com os alunos a fim de assegurar que eles estariam conscientes do princípio envolvido nas explicações que construiriam para os resultados experimentais. Ele conduz tal discussão com uma abordagem interativa/de autoridade¹, até se afastar e conferir autoridade aos alunos para que eles mesmos discutissem entre si e respondessem as questões propostas.

O Quadro 2 compreende 5 colunas. A primeira apresenta a ordem dos turnos de fala; a segunda se refere aos locutores, ou seja, aqueles que detêm os respectivos turnos de fala; a terceira apresenta as falas dos sujeitos/locutores; a quarta apresenta as ações do professor e dos alunos em relação aos elementos do Modelo de Toulmin que aparecem em suas falas e, por fim, a quinta informa os sujeitos da interação, se professor e alunos ou alunos entre si.

O investimento do professor em estabelecer com os alunos conhecimentos teóricos para suprir a análise do fenômeno investigado mostra como tal caminho não é algo simples, embora tenha sido frutífero. Na discussão que desenvolvem entre si, os alunos conseguem articular conhecimento teórico (correspondente à 2ª Lei da Termodinâmica) a dados experimentais, refletir sobre tal relação, elaborar hipóteses/conclusões para as questões propostas e elaborar argumentos (turnos 13 e 19) compostos por conclusão e garantia de inferência. Vale ressaltar que, durante toda a etapa de conceitualização, o professor investiu na construção de conceitos fundamentais da termoquímica, os quais seriam aprofundados e articulados na investigação da etapa seguinte.

Vamos verificar mais detidamente os argumentos formados conjuntamente pelos alunos do grupo, tendo-se em vista as questões (problemas) propostas pelo professor:

Questão (Problema 1): Há uma migração de energia de um lado para outro. Qual seria esse lado? (Turno 1).

Com tal questão, o professor solicita que os alunos identifiquem no aparato experimental o sentido do fluxo de energia. Desta forma, os alunos devem apresentar as hipóteses/conclusões, as quais para serem elaboradas demandam uma articulação entre os conhecimentos teóricos (leis, conceitos, princípios etc. da ciência) e evidências experimentais. Assim, os alunos buscam identificar o sentido do fluxo de energia no aparato, recorrendo aos conhecimentos da termodinâmica. Considerando-se o princípio de que o fluxo de energia na forma de calor flui no sentido do corpo quente para o corpo frio e de que, no aparato experimental, há a indicação da estrutura quente (Q) e da estrutura fria (F), conclui-se que a água quente cederá energia, na forma de calor, para a água fria. No turno 8, A1, por sua vez, apresenta a hipótese de que “A energia vai sair da plaquinha (Peltier) para turbininha”. Todavia, ao que se mostra, os alunos não têm ainda clareza de que a diferença de temperatura, a qual possibilita a transferência de energia da fonte quente para a fonte fria (da água quente de uma latinha para a água fria da outra), passando pela placa de Peltier, não proporcionará a passagem de elétrons de uma fonte à outra. Os elétrons livres

presentes na placa de Peltier se orientam graças à passagem de energia na forma de calor, movimentando-se ao longo dos fios, da placa à turbininha (motor de DVD). Desse modo, não haverá passagem de elétrons da fonte quente para a fria como é desejado/sugerido pelo Aluno 5, posteriormente, no turno 10 (“Então, está ocorrendo a passagem de elétrons do quente para a placa, mas não tá chegando no frio...”). Tampouco, o fluxo de energia na forma de calor no sentido placa-turbina será, diretamente, o responsável pelo movimento do cata-vento da turbina, como considerado pelo Aluno 3, no turno 11 (“A placa está redirecionando para turbininha!!”).

Assim, a ideia de que a energia (elétrica) sairá da plaquinha e chegará à turbininha não se apresenta ainda de forma adequadamente conectada aos conhecimentos teóricos, sendo certamente inferida por A1 em função da percepção do aparato experimental em si, uma vez que se espera que o cata-vento da turbininha gire e isso, certamente, requererá energia elétrica. Não fica claro, ainda, de qual energia A1 está falando (se térmica ou elétrica), pois a conexão entre energia térmica e elétrica no experimento está sendo posta em discussão naquele momento, iniciando-se aí a sua elaboração. Por outro lado, pode-se ter a ideia de que, como a placa se torna quente, enquanto a turbininha é fria, haverá passagem de calor (e de elétrons) também neste sentido.

De acordo com o modelo proposto por Toulmin na Figura 2, temos, então:

Dado

O *design* do experimento

Ou, a placa é quente e a turbininha é fria

Conclusão/Hipótese

A energia vai sair da plaquinha (Peltier) para turbininha. (Turno 8)

Garantias de inferência (O sentido do fluxo de calor/energia):

Do calor para o frio (do quente para o frio) (Turno 2)

Geralmente o quente só perde e o frio só tende a ganhar. (Turno 4)

A energia vai migrar do ambiente mais quente para o ambiente mais frio. (Turno 7)

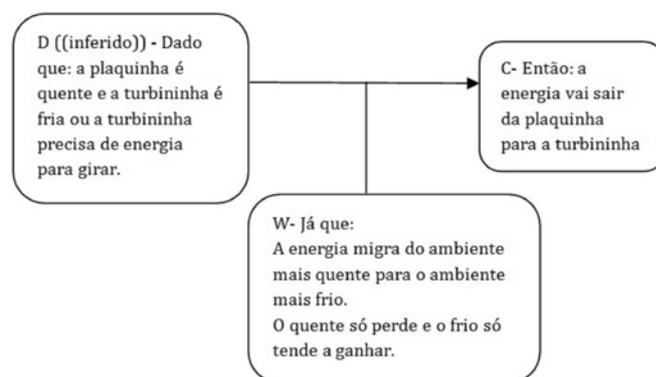


Figura 3: Esquema de Toulmin para a resposta à questão: Há uma migração de energia de um lado para outro. Qual seria esse lado?

Após a elaboração dessa hipótese, os alunos do grupo investigado passam a verificar discrepâncias entre os resultados encontrados e os previstos, porém uma nova questão (Problema 2) é colocada em pauta, no turno 12, pelo Aluno 1.

Questão (Problema 2): O que faço para ter uma maior geração de eletricidade? (turno 12)

Logo após a apresentação dessa questão pelo Aluno 1, no turno 12, o Aluno 5 apresenta no turno seguinte (13) uma resposta que corresponde a um argumento composto de conclusão/hipótese e garantia de inferência (Aumenta o calor!! Quanto mais calor, mais energia). A partir da ideia de que quanto mais calor mais energia, o aluno infere que se deve aumentar o calor para que haja mais passagem de energia. O conhecimento que promove a conclusão/hipótese do Aluno 5 vai sendo complementado nos turnos seguintes até que, no turno 17, o Aluno 3 apresenta a sua hipótese seguindo o mesmo raciocínio do Aluno 5 (Tem que deixar o quente mais quente que ele já tá). No turno 19, o Aluno 1 apresenta também um argumento semelhante ao do Aluno 5 (Se há uma passagem de elétrons do quente para o frio é só aumentar a temperatura!), tendo-se em vista a solicitação do Aluno 4 pelos conhecimentos teóricos, apresentada no turno anterior (Em que você se baseou para chegar a essa conclusão?).

O argumento produzido ao longo dessa cadeia de interações pode ser assim esquematizado.

Conclusão: (Para ter uma maior geração de eletricidade) tem que:

Aumentar o calor (Turno 13)

Deixar o quente mais quente do que ele já tá (Turno 17)

É só aumentar a temperatura (Turno 19)

Garantia de inferência

Quanto mais calor, mais energia (Turno 13)

(Se) há uma passagem de elétrons do quente para o frio (...) (Turno 19)

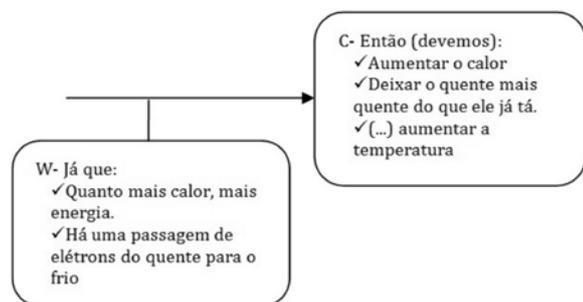


Figura 4: Esquema de Toulmin para a resposta à questão: O que faço para ter uma maior geração de eletricidade?

Como podemos verificar, ao longo da interação os alunos vão retomando o princípio de que a energia na forma de calor flui do corpo mais quente para o mais frio; todavia, persiste a ideia de que os elétrons fluem também da água quente para a fria. Isso evidencia o quanto a relação entre energia térmica e elétrica necessita de mais discussão.

No turno 20, o Aluno 5 apresenta uma nova questão (Problema 3):

Questão (Problema 3): “A energia, na forma de calor, é totalmente aproveitada no aparelho para gerar eletricidade?”

Para tal questão são formuladas hipóteses/conclusões, nos turnos seguintes (21 e 22), sem que sejam apresentados os elementos justificatórios. Os alunos consideram que a energia para geração de eletricidade não é totalmente aproveitada, que “parte da energia se perde antes de chegar ao motor”, porém não justificam seus pontos de vista. Nesse sentido, não se tem um argumento, visto que a argumentação presume ponto de vista justificado.

É possível verificar que os alunos necessitaram de uma condução de autoridade por parte do professor para interpretação dos fenômenos observados no experimento. Nos turnos 3, 5 e 7, o professor busca estabelecer na discussão o princípio relativo ao sentido do fluxo de energia, de modo que os alunos o utilizassem na interpretação do experimento; todavia, a relação fluxo de energia na forma de calor – fluxo de energia na forma de eletricidade, ainda seria mais explorada para que se compreendesse bem o funcionamento da turbininha no aparato experimental. Isto coopera com diversos estudos que apontam que o experimento por si só não produz conhecimento, na perspectiva da ciência escolar (Carrascosa et al., 2006; Hodson, 1994, 2014; Mortimer, 1994).

Desta forma, o professor empreendeu tempo razoável para que os alunos buscassem chegar a hipóteses cientificamente aceitáveis na relação entre energia na forma de calor e geração de eletricidade. Isto se reflete também na estrutura dos argumentos analisados conforme modelo de Toulmin. Observa-se um argumento completo referente à primeira questão (problema 1), um outro incompleto por falta de apresentação explícita de um dado (questão/problema 2) e a questão/problema 3 sem argumento como resposta, pois houve apenas apresentação de um enunciado sem justificativa.

Neste episódio, ficou claro que os alunos retomam concepções sobre a passagem de energia do quente para o frio e articulam tais concepções de modo a inferirem que aumentando a temperatura será produzida mais energia. Porém, aspectos mais sofisticados dos conceitos científicos necessitavam de melhor elaboração, como a compreensão de que a diferença de temperatura é que gerará um maior fluxo de calor, o qual proporcionará uma maior movimentação dos elétrons livres na placa, os quais se dirigem rumo à turbininha, pelos fios metálicos.

Passemos, agora, à discussão do 2º episódio, cujo ex-certo encontra-se no Quadro 3. A discussão corresponde ao momento em que o professor retorna ao grupo investigado e explora as ideias que os cinco alunos elaboraram na discussão que mantiveram entre si, bem como investe ainda mais na elaboração da compreensão do sentido do fluxo de energia na forma de calor, buscando relacioná-lo, adequadamente, à condução elétrica.

Quadro 3: A condução térmica e a condução elétrica se aliam.

Turno	Locutor	Falas	Ações do professor e dos alunos em relação à possível emergência dos elementos do TAP
1	Professor	Considere a placa de Peltier um supercondutor metálico!!	Busca promover o avanço na compreensão dos conhecimentos teóricos – propriedades dos metais
2	Alunos 2 e 5	O metal é um excelente condutor de calor!	Apresenta conhecimento teórico – garantia de inferência.
3	Aluno 3	Se no lugar da placa fosse uma madeira ou plástico ele não funcionaria por que o metal conduz melhor o calor!!	Apresenta argumento composto por hipótese/conclusão e garantia de inferência.
4	Professor	Vamos revisar? O que faço para ter uma maior geração de eletricidade?	Propõe um problema (1)
5	Alunos 2,3,5	Diferença de temperatura.	Apresenta conclusão.
6	Professor	Como você chegou a essa conclusão?	Explora a produção de argumento -relação entre conclusão, dados experimentais e conhecimentos teóricos (Conhecimento de base e/ou garantia de inferência).
7	Aluno 1	(...) existe passagem de calor da latinha quente para latinha fria e principalmente, nem todo o calor chega na latinha do frio...	Apresenta dados.
8	Aluno 4	Acho que o calor se perde no percurso...	Apresenta hipótese/Conclusão.
9	Aluno 2	Outra coisa que estávamos discutindo é que as latas conduzem eletricidade	Apresenta conhecimento teórico – propriedade dos metais
10	Professor	Neste caso, como uma condução de calor gera uma condução de eletricidade?	Propõe um problema (2)
11	Alunos	O metal é mais fácil de passar energia (discussão sem chegar a uma conclusão)	Apresenta conhecimento teórico – propriedade dos metais
12	Professor	Então, por que tem condução de calor e de eletricidade? Para isso me explique o que é uma ligação metálica!!	Propõe um problema (2) / Explora conhecimento teórico
13	Alunos	(...) agora temos de pensar, discutir um pouquinho... (diálogos sem uma conclusão).	
14	Professor	Vamos pensar juntos: Diferença de calor gerou energia, eletricidade!	Investe na produção de sentido aos dados experimentais
15	Aluno 5	Eles tentam trocar energia entre si até alcançar o equilíbrio	Apresenta conhecimento teórico
16	Professor	Houve algum tipo de condução antes do equilíbrio?	Explora a relação entre dados e conhecimentos teóricos.
17	Aluno 4	Houve	Conclusão
18	Aluno 5	A troca de elétrons	Conclusão
19	Professor	Pense na placa de Peltier como um metal, um super metal!! O que é um metal?	Investe no aprofundamento de conhecimentos teóricos – definição de metal
20	Alunos	Discutindo e não sabendo uma definição exata... (3 minutos)	
21	Professor	Que tipo de ligação tem no metal?	Investe retomada de conhecimentos teóricos – estrutura dos metais
22	Aluno 1	Iônica?	Apresenta conhecimento teórico
23	Professor	Não!	Investe na retomada de conhecimentos teóricos – estrutura dos metais
24	Aluno 3	É um compartilhamento de elétrons basicamente!	Apresentando conhecimento teórico – estrutura dos metais
25	Professor	Não, compartilhamento é ligação covalente! O que tem um metal de especial que forma uma ligação metálica?	Investe na retomada de conhecimentos teóricos – estrutura dos metais
26	Aluno 1	Ele doa?	Apresentando conhecimentos teóricos – estrutura dos metais
27	Professor	Ele doa por que tem?	Investe na retomada de conhecimentos teóricos – estrutura dos metais
28	Aluno 1	Cátions, ele é um cátion?	Apresenta conhecimento teórico – estrutura dos metais

Quadro 3: A condução térmica e a condução elétrica se aliam. (cont.)

Turno	Locutor	Falas	Ações do professor e dos alunos em relação à possível emergência dos elementos do TAP
29	Professor	Pesquisem em seus celulares o que é uma ligação metálica! (Ele se retira)	Investe na retomada de conhecimentos teóricos – estrutura dos metais
30		Alunos pesquisando (2 minutos)	
31	Aluno 5	Caracterizado por um subnível s e d incompletos...	Apresenta conhecimentos teóricos– estrutura dos metais.
32	Aluno 1	Elétrons fluem livremente através de uma estrutura cristalina.	Apresenta conhecimentos de base– estrutura dos metais.
33	Aluno 5	A ligação metálica confere à substância um alto ponto de fusão e vaporização...	Apresenta conhecimentos teóricos– estrutura dos metais.
34	Professor	E aí pessoas, o que é um metal?	Investe na retomada de conhecimentos teóricos – definição de metal
35	Aluno 1	Apresentam alta ductibilidade.	Apresenta conhecimento teórico -propriedade dos metais
36	Professor	O que é uma ligação metálica?	Investe na retomada de conhecimentos teóricos – estrutura dos metais
37	Aluno 5	Os átomos soltam os elétrons na última camada justamente por que ela não é completa	Apresenta conhecimento teórico – estrutura dos metais
38	Professor	Interessante! O que acontece se há um fluxo de calor nestas condições?	Busca estabelecer a relação entre fluxo de calor e fluxo de elétrons.
39	Aluno 1	Ela começa a liberar todos os seus elétrons!!	Relaciona fluxo de calor a fluxo de elétrons
40	Professor	Então, como o fluxo de calor se alinha com os elétrons? Do frio para o quente ou do quente pro frio?	Busca estabelecer a relação entre fluxo de calor e fluxo de elétrons.
41	Alunos (todos juntos):	Do quente para frio... Hummmm....	Relaciona fluxo de calor a fluxo de elétrons

Nesse episódio, as conclusões apresentadas pelos alunos (turnos 5, 17 e 18) como respostas às questões do professor não se constituíram em argumentos, de acordo com o Modelo de Argumento de Toulmin, à exceção do que ocorre no turno 3. Neste turno, os alunos do grupo investigado elaboram um argumento, todavia este não se refere a questões centrais relativas ao funcionamento da turbininha.

Isso se deve ao fato de que o principal objetivo do professor na interação foi investir no aprofundamento das características dos metais, da estrutura desse tipo de material, para que se avançasse na compreensão da relação entre o fluxo de calor e o fluxo de elétrons, ou seja, na compreensão de que a condução de eletricidade da placa à turbininha ocorre graças à diferença de temperatura entre as águas dos recipientes que se intercalavam com a placa. Tal conhecimento é importante para a compreensão do funcionamento da termoelétrica.

Desse modo, as ideias apresentadas pelos alunos às investidas do professor podem ser percebidas muito mais como voltadas a explicações do que a argumentos, de acordo com a diferenciação entre esses dois gêneros discursivos apresentada por Osborne e Patterson (2011). A delimitação entre explicação e argumentação não é algo simples e, até mesmo questionada, por alguns autores, como necessária, de modo a constituir-se como tema controverso. Portanto, embora no caso aqui discutido ela seja útil, não vamos nos deter nesse aspecto.

Osborne e Patterson (2011), sem o intuito de aprofundar em questões teóricas sobre como as explicações funcionam, observam que, quando se busca associar descrições, numa relação de causa e efeito entre elas, a fim de dar sentido a um fenômeno que se mostra como incontroverso (*explanandum*), tem-se apenas uma explicação. Quando se trata de construir um argumento, entretanto, há muito mais que uma característica ou comportamento a ser explicado, mas uma afirmação que precisa ser justificada, diante de outras que se mostram plausíveis.

Assim, quando os alunos elaboraram hipóteses para o que supunham que ocorreria no aparato experimental, considerando características deste aparato e outros dados empíricos, bem como conhecimentos teóricos que funcionavam como garantias de inferência, instaurou-se uma estrutura argumentativa. É relevante considerar que, na perspectiva do aluno, havia várias possibilidades de respostas às questões propostas pelo professor, as quais eles deveriam comparar entre si e ponderar qual seria mais viável do ponto de vista da ciência escolar. Isso ocorreu no episódio transcrito no Quadro 2. No episódio seguinte (transcrito no Quadro 3), todavia, o foco maior da discussão foi o entendimento sobre o que é uma ligação metálica, a fim de se avançar na compreensão da relação entre condução de corrente elétrica e térmica. O movimento discursivo se distancia de uma argumentação, aproximando de descrições e explicações, uma vez que não houve a necessidade de justificar um ponto

de vista diante de um fenômeno que se buscava compreender, mas de se apropriar do um conhecimento já posto, que deveria ser incluído na discussão, sem ser problematizado.

É possível verificar ainda que, nesse 2º episódio, os alunos avançam na compreensão da relação entre a condução térmica e a elétrica e isso se deve ao investimento do professor no sentido de direcionar suas ideias para a existência de uma nuvem de elétrons no metal. Isso pode ser percebido nos vários turnos em que o professor propõe problemas aos alunos e explora as ideias destes sobre conhecimentos teóricos e dados experimentais. São 17 turnos em que o professor investe nesses aspectos até que os alunos conseguem dar início à percepção da relação entre o fluxo de energia e o fluxo de elétrons.

Os turnos 37 e 39 explicitam concepções que se aproximam da ideia de que o fluxo de calor será responsável por uma maior movimentação dos elétrons da placa e que tal movimentação se estende ao longo dos fios, de modo a proporcionar a passagem constante da corrente elétrica pela turbininha. Todavia, tais ideias precisam ainda ser ajustadas às concepções cientificamente corretas. No turno 39, por exemplo, A1 declara que “*Ela (a placa) começa a liberar todos os seus elétrons*”.

Neste contexto, as interpretações espontâneas acerca do fenômeno estudado são importantes para se desenvolver pensamentos mais elaborados. Para tal, os alunos devem compreender o sistema termodinâmico em análise, considerando seus princípios teóricos e sua estrutura, de modo a perceber os locais de entrada e saída de energia. Esta afirmação está de acordo com Silva (2009), quando considera que os alunos não compreendem facilmente a ideia de sistema termodinâmico.

Prevaleceu aí também uma abordagem interativa/de autoridade por parte do professor. Conclui-se que sem a intervenção do professor no processo, os alunos certamente não articulariam os conhecimentos teóricos da Física e da Química na experimentação do Gerador Termoelétrico. A termodinâmica trabalha, em sua essência, com várias modalidades de energia. Todavia, a abordagem tradicionalmente adotada nas escolas se dá de forma a fragmentá-las nos currículos da Química e da Física. Em nossa SEI, houve um aumento de complexidade no experimento posto em discussão, visto que se buscou associar energia em trânsito (calor) à movimento elétrico.

Após estas discussões, os alunos foram solicitados a responder, por escrito, às perguntas descritas na metodologia. Portanto, as respostas a tais questões constituem-se em argumentos que estruturamos segundo o Modelo de Toulmin, conforme as figuras de números 4 a 7. Os esquemas elaborados resultam da análise dos argumentos de todos os alunos da turma (25) expressos por escrito, de forma individual.

Na discussão que segue, apresentamos, para cada questão proposta no roteiro da atividade, um exemplo de argumento elaborado como resposta a tal questão, além do percentual que representa a frequência desse tipo de argumento em relação ao total de respostas.

É relevante verificar que estes argumentos escritos,

produzidos após a análise do experimento e discussão do professor com cada grupo em particular e com toda a turma, são mais bem elaborados, tanto estrutural, quanto conceitualmente, que aqueles produzidos no início da atividade. Isso evidencia o avanço conceitual dos alunos, bem como sua capacidade de argumentação.

Na Figura 5, temos o argumento relacionado à primeira questão (Problema 1) - “Qual a principal variável para o sistema funcionar? Como você concluiu isso?” Vejamos a resposta do Aluno 7:

“*Variação de calor. Observando o experimento, em um pote foi colocado um líquido gelado e em outro um líquido quente e isso é passado pela placa que fica entre os potes metálicos. O metal é um ótimo condutor de calor, de energia elétrica. A produção é ocorrida pela agitação dos elétrons presentes no metal.*” (Aluno 7)

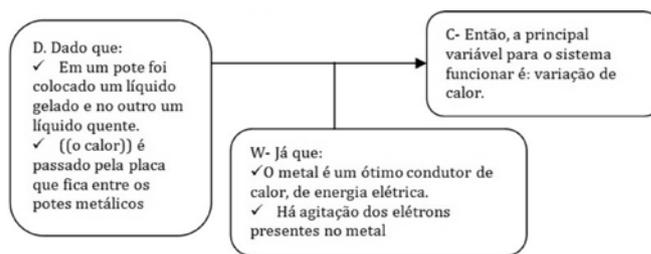


Figura 5: Esquema de Toulmin para a resposta à questão: Qual a principal variável para o sistema funcionar? Como você concluiu isso?

Nesse momento, após as discussões dos experimentos, a maioria dos alunos, a exemplo do Aluno 7, demonstra entender que a passagem de energia ocorre do quente para o frio e que a diferença de temperatura resulta na geração de energia elétrica. Isso é importante para que se perceba que as termoelétricas precisam receber calor de uma fonte à alta temperatura e descarregá-lo em outra fonte à baixa temperatura. A diferença de temperatura indica que o trabalho elétrico foi conseguido através do fluxo de energia promovido por um Δt .

Desta forma, 86,7% dos alunos de toda a turma percebem a interligação entre a condução térmica e a condução elétrica através da placa de Peltier, adequadamente, confirmando também a necessidade da existência de dois sistemas com temperaturas distintas para que ocorra o fenômeno de energia em trânsito na forma de calor. Por outro lado, 13,3% dos alunos não desenvolveram um argumento que tecia relações entre os dados experimentais e aspectos teóricos fornecidos ou fomentados pelo professor. O próprio Aluno 7 refere-se à variação de calor, ao invés de variação de temperatura. Decerto que a energia na forma de calor varia em função do gradiente de temperatura entre as águas, mas é esta última que corresponde a variável independente, manipulada no experimento.

O Aluno 13, por sua vez, refere-se ao calor considerando “troca de calor”, a qual gera energia (elétrica), vejamos:

A energia gerada pela troca de calor entre as duas latinas. Eu conclui isso observando o sistema. Pois a energia só foi gerada quando o fluido quente entrou em contato com o fluido frio e o motor começou a girar. O metal tem elétrons livres e quando é aquecido há uma agitação das moléculas e o deslocamento dos elétrons gerando energia. (Aluno 13)

Outros alunos, a exemplo do Aluno 9, incluso também nos 86,7%, refere-se à variação de temperatura, como expresso abaixo:

“A variação de temperatura. A passagem de energia térmica da água quente para a água fria provoca energia cinética na placa através de sua capacidade de condutividade elétrica que movimenta o motor e há liberação de elétrons da última camada que passa pelos fios, por não ter outro caminho”. (Aluno 9)

Uma diferença que aparentemente é sutil, porém, revela a fidedignidade quanto aos dados experimentais e não uma extrapolação.

Na Figura 6, apresentamos mais uma descrição do Modelo de Toulmin, agora para as respostas à questão 2 (O que faço para ter uma maior geração de eletricidade?).

Vejam a resposta do aluno 22:

Com o aumento de ΔT entre os dois fluidos, pois quanto maior for a troca de calor entre eles maior será a energia gerada, pois a condutibilidade térmica se transforma em energia elétrica. (Aluno 22)

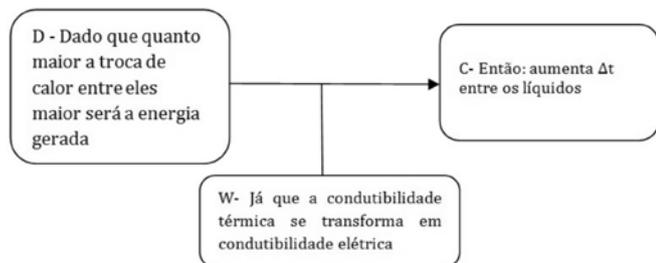


Figura 6: Esquema de Toulmin para a resposta à questão: O que faço para ter uma maior geração de eletricidade?

O argumento apresentado faz parte dos 80% que representam os alunos que reorganizam suas ideias também considerando os conceitos básicos da condução de energia na forma de calor. Porém, associar a condução térmica à condução elétrica num condutor necessita de um período maior de interação com o professor, como pode ser percebido no que nos mostram os Quadros 1 e 2 desta sessão. Deste modo, 20% dos alunos não alcançaram os argumentos esperados.

A Figura 7 expressa os argumentos dos alunos como resposta à Questão 3 (A energia, na forma de calor, é totalmente

aproveitada no aparelho para gerar eletricidade?), os quais baseiam-se na Segunda Lei da Termodinâmica (93,3%), a qual aparece nos textos, explícita ou implicitamente. Entretanto, 6,7% não apresentaram um argumento compatível com as definições conceituais envolvidas nesta lei. Cabe ressaltar que, muitos desses argumentos que relacionam o fenômeno à segunda Lei da termodinâmica carecem de refinamento teórico; todavia, podem ser considerados como um avanço na aprendizagem, alcançado por meio do processo interativo argumentativo conduzido pelo professor.

Vejam a resposta do Aluno 19:

Não, porque na 2ª Lei da Termodinâmica o calor não é 100% transformado em trabalho em um sistema aberto. Há transferência de calor tanto para o meio externo quanto para o outro fluido, podemos perceber isso pois isso se passa num sistema aberto. (Aluno 19)

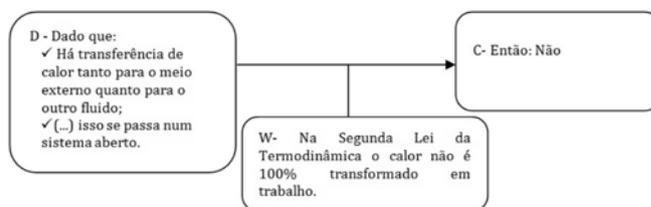


Figura 7: Esquema de Toulmin para a resposta à questão: A energia na forma de calor para gerar eletricidade é totalmente aproveitada no aparelho?

Conforme informamos, de diferentes formas os alunos referem-se aos princípios de conservação da energia, da 2ª Lei da Termodinâmica e de suas relações com sistemas abertos que ocorrem à pressão constante. Outros trazem informações referentes a conhecimentos oriundos de suas experiências além das aulas dessa sequência. Vejam os:

Não. Se os mais adaptados meios de energia não conseguem o aproveitamento total, imaginem esse experimento simples e cheio de falhas. Não existe fonte de energia totalmente aproveitável, pois sempre há perda de energia para o ambiente. (Aluno 10)

A Figura 8 expressa os argumentos que constituem as respostas dos alunos à Questão 4 (“O que acontece quando um fluxo de energia na forma de calor atravessa um metal? O que será gerado?”). Nesse sentido, torna-se fundamental considerar a estrutura dos metais compreendendo em que consiste uma ligação metálica. O esquema representa uma síntese das respostas escritas pelos alunos no grupo tomado para análise, após a intervenção do professor.

Vejam a resposta do grupo:

O metal tem elétrons livres. Os elétrons serão alinhados pelo fluxo de calor, pois, o fluxo de calor anda junto com o fluxo de elétrons.

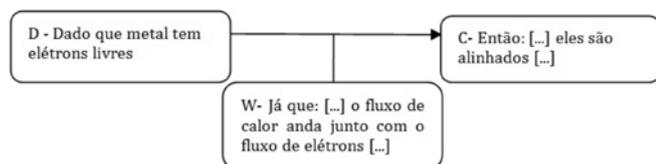


Figura 8: Esquema de Toulmin para a resposta à questão: Como é a ligação em metais? O que acontece quando um fluxo de energia na forma de calor é atravessado em sua extensão? O que será gerado?

De acordo com os alunos, há um aumento de energia cinética nos elétrons, uma vez que a diferença de temperatura possibilita a transferência de energia térmica e assim, gera a corrente elétrica.

É importante ressaltar a ausência da expressão “a menos que”, um elemento de contestação (refutador), em todos os argumentos. Uma das possibilidades para isso é a de que os conhecimentos que compõem as garantias de inferência nos argumentos correspondentes às respostas dos alunos são princípios fundamentais da termodinâmica, os quais não apresentam exceções. Nessa mesma perspectiva há, ainda, conhecimentos relativos à estrutura dos metais.

Certamente, os alunos poderiam explorar mais, em seus argumentos, a relação entre as condições reais do experimento e as condições ideais consideradas nas leis e teorias da ciência, de modo a gerar refutadores compondo uma discussão mais aprofundada em resposta às questões propostas. Todavia, isso não apenas requereria maior habilidade argumentativa dos alunos, como também um maior conhecimento do conteúdo. Consideramos que os alunos não estavam habituados à prática da argumentação na perspectiva da ciência, de modo a ponderar em que condições conclusões elaboradas a partir de dados experimentais podem ser consideradas válidas ou não. Isso deve ser explorado ao longo da escolarização do aluno. Como discutido por Garcia-Milla *et al.* (2013), refutadores conferem mais qualidade aos argumentos por evidenciar a percepção das limitações das conclusões e se adiantar a possíveis contra-argumentos.

Considerações Finais

Os resultados deste artigo evidenciam o processo de elaboração conjunta de argumentos pelos alunos em função das intervenções do professor ao longo da análise do experimento proposto. Neste percurso, ideias anteriores foram retomadas e outras novas, sobretudo a relação entre a condução de energia na forma de calor e de eletricidade, foram construídas. A articulação entre os conhecimentos teóricos, o aparato experimental e os resultados empíricos resultaram em um avanço conceitual acerca das interligações entre os conceitos de calor, condução elétrica e ligação metálica.

O investimento do professor em promover o compartilhamento e internalização de conhecimentos teóricos pelos alunos, de modo que eles pudessem dar sentido aos dados experimentais investigados resultou em argumentos mais elaborados estrutural

e conceitualmente, os quais se expressaram nas respostas escritas às questões propostas no roteiro da atividade experimental. Desta forma, os elementos constituintes do Modelo de Argumento de Toulmin surgiram, ao longo das interações, de modo incompleto até constituírem gradativamente em argumentos mais estruturados nos textos escritos. Mostra-se, assim, o papel de mediador e de autoridade do professor no favorecimento da passagem de argumentos frágeis a argumentos estrutural e conceitualmente consistentes.

Todavia, é importante considerar que os argumentos construídos apresentaram apenas a estrutura básica proposta por Toulmin. Entendemos que a habilidade dos alunos em elaborar argumentos mais sofisticados é algo que demanda um investimento maior de tempo, tanto nas interações aluno-aluno e professor-aluno, quanto na escrita de seus pontos de vista em função das solicitações do professor nessa direção, ao longo da escolarização. Nessa perspectiva, estruturas mais sofisticadas de argumentos, com a presença de qualificadores e refutadores por exemplo, não apareceram nos textos dos alunos, os quais não tinham familiaridade com o estilo de aula desenvolvida e as demandas argumentativas requeridas.

Apesar de haver um investimento crescente na pesquisa em argumentação nos últimos 25 anos (Jiménez-Aleixandre *et al.*, 1999; Erduran e Jiménez-Aleixandre, 2011; Erduran e Jimenez-Aleixandre, 2012), a habilidade para desenvolver argumentos não é um objetivo usualmente perseguido nas salas de aula de ciências no Brasil.

O que expressa a elaboração de argumentos científicos consistentes nos textos dos alunos desta pesquisa é a articulação adequada entre dados experimentais, garantias de inferência e conclusões. A argumentação científica presume alegações ancoradas em evidências por meio de constructos teóricos que garantam as inferências elaboradas. Um maior avanço nesse sentido presume um investimento contínuo em atividades investigativas que fomentem, por meio de estratégias frutíferas, a habilidade de argumentar dos alunos, como vem sendo requerido em distintas propostas curriculares em diferentes partes do mundo (Garcia-Mila *et al.*, 2013).

Do ponto de vista metodológico, optamos, em nossa pesquisa, por considerar tanto as interações entre os alunos do grupo investigado na elaboração conjunta de argumentos, quanto a produção de textos escritos individualmente. Entendemos que, dessa forma, é possível verificar como as ideias iniciais dos alunos começam a se articular no plano social da sala de aula e, posteriormente, evoluem e são internalizadas. Ponderamos que essa articulação entre o processo argumentativo e os argumentos gerados, em uma perspectiva analítica e pedagógica sociocultural, merece ser mais explorada na pesquisa em Educação em Ciências.

Por fim, outro aspecto que deve ser ressaltado neste trabalho, é a articulação entre as disciplinas Química e Física com a finalidade de interligar conceitos e abordar aspectos tecnológicos, tendo em vista o funcionamento de uma termoelétrica. Nesse

sentido, os leitores desta revista podem aplicar este experimento em sala de aula, com um olhar mais voltado às investidas do professor no sentido de conduzir as concepções dos alunos àquelas cientificamente corretas, aliadas a uma boa estrutura de texto argumentativo.

Nota

¹ De acordo com Mortimer e Scott (2003), a abordagem comunicativa caracteriza o discurso adotado pelo professor em direção aos alunos, indicando o modo como ele trabalha as suas intenções e o conteúdo de ensino, tendo como resultado diferentes padrões de interação. Os autores propõem quatro classes de abordagem comunicativa, em termos de duas dimensões: discurso “dialógico - de autoridade” e discurso “interativo - não interativo”. Sendo assim, tem-se as seguintes classes de abordagem comunicativa: Interativa/Dialógica, Interativa/De autoridade, Não-Interativa/Dialógica e Não-Interativa/De autoridade. Na abordagem de Interativa/De autoridade, o professor alterna turnos de fala com os alunos e interessa-se pelo ponto de vista da ciência escolar, de modo a buscar convergir as ideias dos alunos àquelas cientificamente aceitas.

Agradecimentos

Agradecemos ao professor, que abriu as portas de sua sala de aula para a pesquisa, e à Capes, pelo apoio financeiro.

Referências

- BRAATHEN, P. C.; LUSTOSA, A. A.; FONTES, A. C. e SEVERINO, K. G. Entalpia de decomposição do peróxido de hidrogênio: uma experiência simples de calorimetria com material de baixo custo e fácil aquisição. *Química Nova na Escola*, v. 29, p. 42 - 45, 2008.
- CALLISTER, W. D., *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- CAPECCHI, M. C. V. M. e CARVALHO, A. M. P. Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 2, p. 171-189, 2000.
- CARMO, A. B. e CARVALHO, A. M. P. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, p. 30-59, 2014.
- CARRASCOSA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. E. e VALDÉS, P. Papel de la actividad experimental en la educación científica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n.2, p. 157-181, 2006.
- DUSCHL, R. Quality argumentation and epistemic criteria. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer, p.159-178, 2008
- EEMEREN, F. H. van; GROOTENDORST, R.; HENKEMANS, F. S.; BLAIR, J. A.; JOHNSON, R. H.; KRABBE, E.C.W.; PLANTIN, C.; WALTON, D. N.; WILLARD, C. A.; WOODS, J e ZAREFSKY, D. *Fundamentals of argumentation theory: A handbook of historical backgrounds and contemporary developments*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum, 1996.
- ERDURAN, S. Methodological foundations in study of argumentation in science classrooms. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer, 2007. p. 47-70.
- _____. Methodological foundations in the study of argumentation in science classrooms. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Eds.). *Argumentation in science education: perspectives from classroom-based research*. Dordrecht: Springer, 2008, p. 47-69.
- ERDURAN, S. e JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. Argumentation in science education: perspectives from classroom - based research. *Science & Education*, v. 20, n. 5, p. 585-588, 2011.
- _____. Research on argumentation in science education in Europe. In: D. Jorde, & J. Dillon (Eds), *Science Education Research and Practice in Europe: Restrospective and Prospective*. Rotterdam: Science Publishers, 2012 p. 253-289.
- ERDURAN, S.; SIMON, S. e OSBORNE, J. TAPPING into argumentation: developments in the application of Toulmin’s argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, Hoboken, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.
- FERRAZ, A. T. e SASSERON, L. H. Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas, *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, p. 1- 25, 2017a.
- FERRAZ, A. T. e SASSERON, L.H.; Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 22, n. 1, p. 42-60, 2017b.
- GARCIA-MILLA, M.; GILABERT, S.; ERDURAN, S. e FELT, M. The effect of argumentative task goal on the quality of argumentative discourse. *Science Education*, v. 97, n. 4, p. 497-523, 2013.
- HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo del laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3): 299 – 313. 1994.
- _____. Learning science, learning about science, doing science: different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, v. 36, n. 15, p. 2534-2553, 2014.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; REIGOTA, C.C. e ÁLVAREZ-PÉREZ, V. Argumentación en el laboratorio de Física. Atas do V Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 1998.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; RODRIGUES, A.B. e DUSCHL, R.A. “Doing the lesson” or “doing science”: argument in high school genetics. *Science Education*, v. 84, n. s/n, p. 757-792, 2000.
- KELLY, G. J. Inquiry, activity, and epistemic practice. Paper apresentado na *Inquiry Conference on Developing a Consensus Research Agenda*. New Brunswick, NJ. fev. 2005.
- KUHN, D. *The skills of argument*. Cambridge: Cambridge University Press, 1991, 324p.
- LEMKE, J. L. *Talking science: language, learning and values*. New Jersey: Ablex Publishing Corporation, 1990.
- MORAES, T. S. V. e CARVALHO, A. M. P. Proposta de sequência de ensino investigativa para o 1º ano do ensino fundamental, *Espaço Pedagógico*, v. 25, p. 407-437, 2018.

- MORTIMER, E. F. Evolução do atomismo em sala de aula; mudança de perfis conceituais. Tese de Doutorado (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.
- _____. Multivoiciness and univocality in classroom discourse: an example from theory of matter. *International Journal of Science Education*, 20(1): 67-82, 1998.
- MORTIMER, E. F. e MACHADO, A. H. Anomalies and Conflicts in Classroom Discourse. *Science Education*, v.84, p.429 - 444, 2000.
- _____. *Meaning making in secondary science classrooms*. Buckingham: Open University Press, 2003.
- NASCIMENTO, S. S e VIEIRA, R. D. A argumentação em sala de aula de física: limites e possibilidades de aplicação do padrão de Toulmin. In: NASCIMENTO, S. S; PLANTIN, C. (Org.). *Argumentação e ensino de Ciências*. Ied. Curitiba: CRV, v. 1, p. 17-37, 2009.
- OSBORNE, J. e PATTERSON, A. Scientific argument and explanation: a necessary distinction? *Science Education*, v. 95, p. 627-638, 2011.
- PEDASTE, M., MÄEOTS, M., SIIMAN, L., JONG, T., RIESEN, S., KAMP, E., MANOLI, C., ZACHARIA, Z. e TSOURLIDAKI, E. Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, v. 14, p. 47–61, 2015.
- RATZ, S.V.S. e MOTOKANE, M.T. A construção dos dados de argumentos em uma sequência didática investigativa em ecologia. *Ciência & Educação*, v. 22, n. 4, p. 951-973, 2016.
- SÁ, L.P.; KASSEBOEHMER, A.C. e QUEIROZ, S.L. Esquema de argumento de Toulmin como instrumento de ensino: explorando possibilidades. *Revista Ensaio*, v. 16, n. 3, p. 147-170, 2014.
- SANDOVAL, W. Understandings students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, v. 89, p. 634-656, 2005.
- SANTOS, W.L.P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, n. especial, p. 1-12, 2007.
- SASSERON, L.H. Alfabetização científica no ensino fundamental: estruturas e indicadores deste processo em sala de aula. Tese de Doutorado (Doutorado em Ensino de Ciências) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- SCOTT, P. H. Teacher talk and meaning making in science classrooms: a vygotskian analysis and review. *Studies in Science Education*, v. 32, p. 45-80, 1998.
- SILVA, D. N. A termodinâmica no ensino médio: ênfase nos processos irreversíveis, dissertação de mestrado (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- TOULMIN, S. E. *Os usos do argumento*. São Paulo: Martins Fontes, 2. Ed., 2006.
- VIEIRA, A. T. A dimensão avaliativa da argumentação na fala opinativa de profissionais de uma empresa em processo de mudança. Tese (Doutorado em Letras) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1993.
- ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science teaching*, v. 39, n. 1, p. 35-62, 2002.

Preparação dos Manuscritos

Os trabalhos deverão ser digitados em página A4, espaço duplo, tipo Times Roman, margens 2,5, devendo ter no máximo o número de páginas especificado para a seção da revista à qual são submetidos. Na primeira página deverá conter o título do trabalho e um resumo do artigo com, no máximo, 1000 caracteres (espaços incluídos) e a indicação de três palavras-chave, seguidos de suas traduções para a linha inglesa, incluindo o título.

Não deve haver indicação dos autores no documento com o manuscrito e nenhum dado ou marcas em qualquer parte do texto que conduzam à sua identificação, durante a avaliação como, por exemplo: nome e filiação institucional; nomes de projetos e coordenadores de projetos (quando não são indispensáveis); referências e citações (utilizar "Autor1, ano", "Autor2, ano"... para manter o anonimato); local, título ou local de defesa de mestrado ou doutorado; agradecimentos etc. Os autores devem eliminar auto-referências. As informações dos autores devem estar descritas na carta de apresentação aos editores, e esta deverá conter o título do trabalho, o(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) formação(ões) acadêmica(s), a instituição em que trabalha(m) e o endereço completo, incluindo o eletrônico. Verifique as propriedades do documento para retirar quaisquer informações. As referências citadas devem ser relacionadas ao final do texto, segundo exemplos abaixo:

- **Para livros** referência completa (citação no texto entre parênteses):
AMBROGI, A.; LISBÔA, J. C. e VERSOLATO, E. F. *Unidades modulares de química*. São Paulo: Gráfica Editora Hamburg, 1987. - (Ambrogi et al., 1987).

KOTZ, J. C. e TREICHEL Jr., P. *Química e reações químicas*, vol. 1 Trad. J. R. P. Bonapace. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. - (Kotz e Treichel Jr., 2002).

- **Para periódicos** referência completa (citação no texto entre parênteses):

TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. *Química Nova na Escola*, n. 21, p. 3-9, 2005. - (Toma, 2005).

ROSINI, F.; NASCENTES, C. C. E NÓBREGA, J. A. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas. *Química Nova*, v. 26, p. 1012-1015, 2004. - (Rosini et al., 2004).

- **Para páginas internet** referência completa (citação no texto entre parênteses):

<http://qnesc.s bq.org.br>, acessada em Março 2008. - (Revista Química Nova na Escola, 2008).

Para outros exemplos, consulte-se número recente da revista.

Os autores devem, sempre que possível, sugerir outras leituras ou acessos a informações e reflexões a respeito dos temas abordados no texto, para serem incluídos em "Para Saber Mais".

As legendas das figuras devem ser colocadas em página à parte, ao final, separadas das figuras. A seguir devem ser colocadas as figuras, os gráficos, as tabelas e os quadros. No texto, apenas deve ser indicado o ponto de inserção de cada um(a).

Os autores devem procurar seguir, no possível, as normas recomendadas pela IUPAC, inclusive o Sistema Internacional de Unidades.

Condições para Submissão dos Artigos

- 1) Os manuscritos submetidos não devem estar sendo analisados por outros periódicos.
- 2) Os autores são responsáveis pela veracidade das informações prestadas e responsáveis sobre o conteúdo dos artigos.
- 3) Os autores devem seguir as recomendações das Normas de Ética e Más Condutas constantes na página da revista <http://qnesc.s bq.org.br/pagina.php?idPagina=17>.
- 4) Os autores declaram que no caso de resultados de pesquisas re-

lacionadas a seres humanos eles possuem parecer de aprovação de um Comitê de Ética em pesquisa.

- 5) No caso de envio de imagens, os autores devem enviar cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido assinado pelo(s) sujeito(s) (ou seus responsáveis), autorizando o uso da imagem.
- 6) Os autores declaram a inexistência de conflito de interesses na submissão do manuscrito.
- 7) É responsabilidade dos autores garantirem que não haja elementos capazes de identificá-los em qualquer parte do texto.

Submissão dos Artigos

Química Nova na Escola oferece aos autores a submissão on line, que pode ser acessada por meio do registro de Login e Senha. É possível registrar-se em nossa página na internet (<http://qnesc.s bq.org.br>) usando a opção Novo Usuário. Usuários das plataformas do JBOS e QN já estão cadastrados na base, devendo utilizar o mesmo Login e Senha. Após estar cadastrado no sistema, o autor pode facilmente seguir as instruções fornecidas na tela. Será solicitada a submissão de um único arquivo do manuscrito completo, em formato PDF. Está disponível uma ferramenta para gerar o arquivo .pdf, a partir de arquivo .doc ou .rtf, com envio automático para o endereço eletrônico do autor. Tão logo seja completada a submissão, o sistema informará automaticamente, por correio eletrônico, o código temporário de referência do manuscrito, até que este seja verificado pela editoria. Então será enviada mensagem com o número de referência do trabalho.

Se a mensagem com código temporário de submissão não for recebida, por algum motivo, a submissão não foi completada e o autor terá prazo máximo de 5 (cinco) dias para completá-la. Depois desse prazo, o sistema não permite o envio, devendo ser feita nova submissão. O autor poderá acompanhar, diretamente pelo sistema, a situação de seu manuscrito.

Ao fazer a submissão, solicita-se uma carta de apresentação, indicando a seção na qual o artigo se enquadra, que deverá ser digitada no local indicado, sendo obrigatória a apresentação dos endereços eletrônicos de todos os autores.

Manuscritos revisados

Manuscritos enviados aos autores para revisão devem retornar à Editoria dentro do prazo de 30 dias ou serão considerados como retirados. A editoria de Química Nova na Escola reserva-se o direito de efetuar, quando necessário, pequenas alterações nos manuscritos aceitos, de modo a adequá-los às normas da revista e da IUPAC, bem como tornar o estilo mais claro - respeitando, naturalmente, o conteúdo do trabalho. Sempre que possível, provas são enviadas aos autores, antes da publicação final do artigo.

Todos os textos submetidos são avaliados no processo de duplo-cego por ao menos dois assessores. Os Editores se reservam o direito de julgar e decidir sobre argumentos divergentes durante o processo editorial.

Seções / Linha Editorial

Química Nova na Escola (Impresso)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (impresso), artigos originais (em Português) que focalizem a área de ensino de Química nos níveis fundamental, médio ou superior, bem como artigos de História da Química, de pesquisa em ensino e de atualização científica que possam contribuir para o aprimoramento do trabalho docente e para o aprofundamento das discussões da área.

Química Nova na Escola (On-line)

Serão considerados, para publicação na revista Química Nova na Escola (on-line), além dos artigos com o perfil da revista impressa, artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) em Português, Espanhol ou Inglês que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Estes artigos deverão atender aos critérios da seção “Cadernos de Pesquisa”.

Os artigos são aceitos para publicação nas seguintes seções:

● QUÍMICA E SOCIEDADE

Responsável: Roberto Ribeiro da Silva (UnB)

Aspectos importantes da interface química/sociedade, procurando analisar as maneiras como o conhecimento químico pode ser usado - bem como as limitações de seu uso - na solução de problemas sociais, visando a uma educação para a cidadania. Deve-se abordar os principais aspectos químicos relacionados à temática e evidenciar as principais dificuldades e alternativas para o seu ensino.

Limite de páginas: 20

● EDUCAÇÃO EM QUÍMICA E MULTIMÍDIA

Responsável: Marcelo Giordan (USP)

Visa a aproximar o leitor das aplicações das tecnologias da informação e comunicação no contexto do ensino-aprendizado de Química, publicando resenhas de produtos e artigos/notas teóricos e técnicos. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 15

● ESPAÇO ABERTO

Responsável: Luciana Massi (Unesp)

Divulgação de temas que igualmente se situam dentro da área de interesse dos educadores em Química, de forma a incorporar a diversidade temática existente hoje na pesquisa e na prática pedagógica da área de ensino de Química, bem como desenvolver a interface com a pesquisa educacional mais geral. Deve-se explicitar contribuições para o processo de ensino-aprendizagem.

Limite de páginas: 20

● CONCEITOS CIENTÍFICOS EM DESTAQUE

Responsável: José Luís de Paula Barros Silva (UFBA)

Discussão de conceitos básicos da Química, procurando evidenciar sua relação com a estrutura conceitual da Ciência, seu desenvolvimento histórico e/ou as principais dificuldades e alternativas para o ensino.

Limite de páginas: 20

● HISTÓRIA DA QUÍMICA

Responsável: Paulo Porto (USP)

Esta seção contempla a História da Química como parte da História da Ciência, buscando ressaltar como o conhecimento científico é construído. Deve-se apresentar dados históricos, preferencialmente, de fontes primárias e explicitar o contexto sociocultural do processo de construção histórica.

Limite de páginas: 15

● ATUALIDADES EM QUÍMICA

Responsável: Edvaldo Sabadini (Unicamp)

Procura apresentar assuntos que mostrem como a Química é uma ciência viva, seja com relação a novas descobertas, seja no que diz respeito à sempre necessária redefinição de conceitos. Deve-se explicitar contribuições para o ensino da Química.

Limite de páginas: 15

● RELATOS DE SALA DE AULA

Responsável: Nyuara Araújo da Silva Mesquita (UFG)

Divulgação das experiências dos professores de Química, com o propósito de socializá-las junto à comunidade que faz educação por meio da Química, bem como refletir sobre elas. Deve-se explicitar contribuições da experiência vivenciada e indicadores dos resultados obtidos.

Limite de páginas: 20

● ENSINO DE QUÍMICA EM FOCO

Responsável: Rafael Cava Mori (UFABC)

Investigações sobre problemas no ensino da Química, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

● O ALUNO EM FOCO

Responsável: Edênia Maria Ribeiro do Amaral (UFRPE)

Divulgação dos resultados das pesquisas sobre concepções de alunos e alunas, sugerindo formas de lidar com elas no processo ensino-aprendizagem, explicitando os fundamentos teóricos, o problema, as questões ou hipóteses de investigação e procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, bem como analisando criticamente seus resultados.

Limite de páginas: 25

● EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

Responsável: Mara Elisa Fortes Braibante (UFMS)

Divulgação de experimentos que contribuam para o tratamento de conceitos químicos no Ensino Médio e Fundamental e que utilizem materiais de fácil aquisição, permitindo sua realização em qualquer das diversas condições das escolas brasileiras. Deve-se explicitar contribuições do experimento para a aprendizagem de conceitos químicos e apresentar recomendações de segurança e de redução na produção de resíduos, sempre que for recomendável.

Limite de páginas: 10

● CADERNOS DE PESQUISA

Responsável: Ana Luiza de Quadros (UFMG)

Esta seção é um espaço dedicado exclusivamente para artigos inéditos (empíricos, de revisão ou teóricos) que apresentem profundidade teórico-metodológica, gerem conhecimentos novos para a área e contribuições para o avanço da pesquisa em Ensino de Química. Os artigos empíricos deverão conter revisão consistente de literatura nacional e internacional, explicitação clara e contextualização das questões de pesquisa, detalhamento e discussão dos procedimentos metodológicos, apresentação de resultados e com conclusões que explicitem contribuições, implicações e limitações para área de pesquisa em Ensino de Química. Os artigos de revisão deverão introduzir novidades em um campo de conhecimento específico de pesquisa em Ensino de Química, em um período de tempo não inferior a dez anos, abrangendo os principais periódicos nacionais e internacionais e apresentando profundidade na análise crítica da literatura, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Os artigos teóricos deverão envolver referenciais ainda não amplamente difundidos na área e trazer conclusões e implicações para a pesquisa e a prática educativa no campo do Ensino de Química, apresentando profundidade teórica, bem como rigor acadêmico nas argumentações desenvolvidas. Para esta seção, o resumo do artigo deverá conter de 1000 a 2000 caracteres (espaços inclusos), explicitando com clareza o objetivo do trabalho e informações sobre os tópicos requeridos para o tipo de artigo. Poderão ser indicadas até seis palavras-chaves.

Limite de páginas: 30 a 40.

A Divisão de Ensino da Sociedade Brasileira de Química tem o prazer de anunciar mais um produto,
Programas de TV Química Nova na Escola no formato DVD.

Nesta edição dos **Programas de TV QNEsc**, você encontrará:

- Visualização Molecular
- Nanotecnologia
- Hidrosfera
- Espectroscopia
- A Química da Atmosfera
- A Química dos Fármacos.
- Polímeros Sintéticos
- As Águas do Planeta Terra
- Papel: origem, aplicações e processos.
- Vidros: evolução, aplicações e reciclagem.
- Vidros: origem, arte e aplicações.
- Látex: a camisinha na sala de aula.

São **12 títulos temáticos** em formato digital que totalizam cerca de 4 horas de programação.
Para outras informações e aquisição,
acesse www.sbq.org.br em Produtos da SBQ.

