

## ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS NO ENSINO DE ELETROQUÍMICA: ANÁLISE DA ETAPA INICIAL DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA<sup>1</sup>

**Matheus Ireno da SILVA<sup>2</sup>**

Licenciando em Química  
IFSP/Campus São Paulo

**Pedro MIRANDA JUNIOR<sup>3</sup>**

Doutor em Química/USP  
Docente – IFSP/Campus São Paulo

**Amanda Cristina Teagno Lopes MARQUES<sup>4</sup>**

Doutora em Educação/USP  
Docente – IFSP/Campus São Paulo

### RESUMO

No ensino de Química os estudantes possuem dificuldade de relacionar as teorias desenvolvidas em aula com a realidade. Isso se deve principalmente à atribuição de sentido aos pressupostos teóricos, pois apenas o desenvolvimento de conteúdos conceituais não é suficiente para sanar as necessidades apresentadas na aprendizagem de Química, sendo necessário também que sejam estimuladas as capacidades cognitivas dos alunos. Neste contexto, as atividades experimentais investigativas podem ser uma importante ferramenta pedagógica. Desta forma, este trabalho baseia-se na análise da primeira etapa de uma Sequência Didática (SD), aplicada a 35 alunos da 3ª série do Ensino Médio, no ensino de eletroquímica para estudar as potencialidades de se desenvolverem habilidades cognitivas, conhecimentos químicos e linguagens químicas a partir destas atividades. Os dados foram coletados por meio de observação, anotações no caderno de campo do pesquisador, transcrição de diálogos gravados e produções dos estudantes, e foram analisados qualitativamente segundo a Análise de Conteúdo. Os estudantes apresentaram desenvolvimento significativo de suas capacidades cognitivas e domínio de linguagens químicas, além de atribuírem significados coerentes aos conceitos estudados. As atividades experimentais investigativas mostraram potencial de aproximar os estudantes às práticas científicas e ao conhecimento químico, além de propiciarem as ferramentas necessárias para que se desenvolvam cognitivamente.

**Palavras-chave:** Ensino Investigativo. Atividades Experimentais. Habilidades Cognitivas.

---

<sup>1</sup> Projeto de Pesquisa de Iniciação Científica. Orientadores Prof. Dr. Pedro Miranda Junior e Profa. Dra. Amanda Cristina Teagno Lopes Marques.

<sup>2</sup> Endereço eletrônico: metheus.ireno@gmail.com

<sup>3</sup> Endereço eletrônico: pmirajr@gmail.com

<sup>4</sup> Endereço eletrônico: ctlamand@gmail.com

## Introdução

A principal problemática que originou esta pesquisa é que, no ensino de Química, de forma geral, os estudantes possuem dificuldade em relacionar os conteúdos estudados em sala de aula com a realidade. Pode-se inferir que isso reflete a dificuldade na atribuição de sentido aos pressupostos teóricos, uma vez que os modelos teóricos adquirem sentido somente ao serem relacionados indiretamente à realidade (SERAFIM, 2001).

Para Ausubel et al. (1980), essa atribuição de significados depende diretamente do conteúdo cognitivo já adquirido pelo indivíduo, uma vez que este utiliza de sua prévia estrutura cognitiva para relacionar e assimilar novas informações com outras anteriormente compreendidas, fazendo assim uma relação com o que já se sabe.

Apenas o desenvolvimento de conteúdos conceituais não é suficiente para sanar as necessidades apresentadas na aprendizagem de Química, sendo necessário também que sejam estimuladas as capacidades cognitivas dos alunos, mais especificamente as suas capacidades de imaginação e associação, favorecendo assim a construção de significados aos conteúdos estudados (WARTHA; REZENDE, 2011).

Conseqüentemente, a dificuldade na atribuição de significados é geralmente ocasionada pelo foco excessivo de professores no conhecimento lógico-matemático em detrimento da compreensão das representações visuais e das linguagens químicas (HABRAKEN, 1996; 2004). Para que a aprendizagem significativa tenha maior probabilidade de ser alcançada, devem-se realizar atividades que desenvolvam simultaneamente os três componentes do conhecimento químico proposto por Johnstone (*apud* WARTHA; REZENDE 2011): macro e tangível; molecular e invisível; simbólico e matemático.

Sendo as habilidades cognitivas de alta ordem (HOCS) responsáveis pelas capacidades de pesquisar, realizar associações, analisar e refletir, os estudantes necessitam alcançar habilidades cognitivas mais elevadas para transitar entre os três componentes do conhecimento químico, melhores reflexões, propor hipóteses e chegar a conclusões mais complexas (HOFSTEIN et al., 2005; ZOLLER, 1993).

Neste contexto, as atividades experimentais podem ser uma ferramenta pedagógica importante no processo de significação e desenvolvimento de

conhecimentos científicos. Entretanto, em aulas tradicionais, elas são comumente desenvolvidas no estilo “receita”, em que os estudantes realizam-na de forma linear, pré-estipuladas e sem necessidade de reflexão (GIL-PÉREZ et al., 1999). Em atividades pautadas nessas concepções, dificilmente são estimulados o raciocínio e o questionamento.

Desta forma, é favorável que sejam realizadas abordagens que envolvam a perspectiva investigativa, que objetiva justamente promover a participação ativa dos estudantes nas etapas de formulação de hipóteses, realização de testes e pesquisas e construção de conclusões (HODSON, 1994; SASSERON, 2013; CARVALHO, 2013; HOFSTEIN, 2005), juntamente ao desenvolvimento dos conhecimentos químicos, atribuindo-lhes os devidos significados no processo (SUART; MARCONDES, 2006).

Nesta perspectiva, o presente trabalho tem como foco o desenvolvimento, o planejamento e a aplicação de uma Sequência Didática (SD) envolvendo Atividades Experimentais Investigativas para responder à seguinte questão de pesquisa: *“Quais as potencialidades e desafios iniciais de se utilizarem Atividades Experimentais Investigativas para o desenvolvimento de conhecimentos químicos de um grupo de estudantes do Ensino Médio?”*. Além disso, como objetivo secundário, pretende-se analisar a inter-relação entre o desenvolvimento das habilidades cognitivas dos estudantes e a aprendizagem de Química, mais especificamente a de Eletroquímica.

## **Revisão da Literatura**

No ensino de Química, de forma geral, os estudantes possuem dificuldade em relacionar os conteúdos estudados em sala de aula com a realidade. Diversas pesquisas demonstram que essa dificuldade é geralmente ocasionada pelo foco excessivo de professores no conhecimento lógico-matemático em detrimento da compreensão das representações visuais e das linguagens químicas (HABRAKEN, 1996, 2004).

Isso é compreendido uma vez que, ao considerar os modelos científicos como uma mediação representacional entre os pressupostos teóricos e sua interpretação (ADÚRIZ-BRAVO, 1999), a interpretação de representações depende diretamente dos pressupostos teóricos efetivamente compreendidos por quem as interpreta e também da sua capacidade de imaginação, pois os processos mentais para a compreensão de um

modelo dependem da capacidade do aluno de visualizar e esquematizar mentalmente de forma consciente os conceitos que domina.

Conforme apontado por Wartha e Rezende (2011), ter conhecimento de fórmulas, ligações, equações, mecanismos etc. de nada vale se não houver o estímulo da imaginação e da capacidade de criar modelos explicativos acerca de evidências observadas e dados analisados e usá-los na construção do conhecimento químico sobre determinado fenômeno.

Adicionalmente, Freire (1980) aponta que o domínio de uma linguagem é mais que apenas dominar de forma mecânica e psicológica as técnicas de escrever e ler, mas dominá-las de forma consciente. Infere-se que a dificuldade dos alunos encontra-se no domínio consciente das linguagens da química, uma vez que a mediação entre os conteúdos conceituais e as representações é feita a partir dessas linguagens.

Dessa forma, os estudantes de Química, em processos de aprendizagem, desenvolvem a linguagem química acerca da leitura de ferramentas utilizadas na representação de conceitos químicos (signos, equações, textos, gráficos, imagens, diagramas, experimentos etc.), tornando assim as informações mais significativas para si a partir da compreensão dos pressupostos teóricos (MORTIMER, 1998).

Neste sentido, Johnstone (1993) discute as dificuldades existentes no ensino de Química, quanto à aprendizagem de conceitos químicos, e apresenta um modelo representacional do conhecimento científico (Figura 1). O modelo de Johnstone sistematiza os conceitos químicos em três componentes principais: (1) macro e tangível, (2) molecular e invisível, (3) simbólico e matemático.

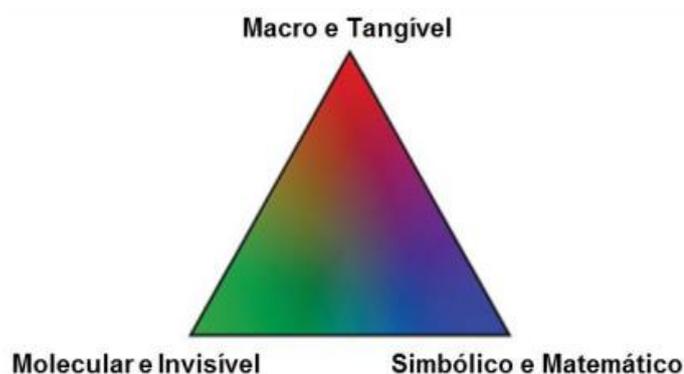


Figura 1. Modelo de Johnstone para os níveis representacionais dos conceitos químicos  
Fonte: Adaptado de Johnstone (1993)

Este modelo é utilizado de forma similar por Mortimer (1998), que enfatiza que a Química possui linguagem e simbologia próprias e, portanto, suas aulas devem ser desenvolvidas visando abranger os três pontos do modelo de Johnstone igualmente, não apenas o representacional em detrimento dos demais, assim como é predominantemente realizado. Quando isso é feito, facilita-se a atribuição de significados coerentes sobre os conteúdos estudados (WARTHA; REZENDE, 2015).

Para Ausubel et al. (1980), essa atribuição de significados depende diretamente do conteúdo cognitivo já adquirido pelo indivíduo, uma vez que este utiliza de sua prévia estrutura cognitiva para relacionar e assimilar novas informações com outras anteriormente compreendidas, alcançando assim a aprendizagem significativa.

Segundo Ausubel (2000), pode-se inferir se a aprendizagem significativa foi alcançada quando há a transferência de conhecimento, ou seja, quando os conhecimentos desenvolvidos em um processo de aprendizagem podem ser transferidos para diferentes situações problemáticas, sendo utilizados os conhecimentos científicos desenvolvidos na resolução de um problema ou tomada de decisão, por exemplo (ALMEIDA; COUTINHO; CHAVES, 2009).

Neste sentido, Zoller (1993) aponta que os diferentes níveis de capacidade cognitiva apresentados por alunos para a resolução de problemas podem ser definidos em duas categorias: as habilidades cognitivas de ordem baixa e as de ordem alta. Habilidades Cognitivas de Baixa Ordem (LOCS – *Lower Order Cognitive Skills*) e Algorítmicas (ALG) são caracterizadas pelas capacidades de: conhecer, recordar/relembrar a informação ou aplicar conhecimento ou algoritmos memorizados em situações já familiarizadas e na resolução de exercícios.

Já as de Alta Ordem (HOCS – *Higher Order Cognitive Skills*) são compreendidas como as capacidades voltadas à investigação, como a resolução de problemas (não exercícios) e tomada de decisões que necessitam de conhecimentos adicionais, que exigem pesquisas, realização de associações, análises e reflexões, além de exigirem pensamento crítico e avaliativo. Portanto, pode-se inferir que a aprendizagem significativa é favorecida em atividades que exigem o desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem.

Assim, comumente parte-se da hipótese de que as atividades experimentais podem ser utilizadas para alcançar a aprendizagem significativa. Entretanto, as atividades experimentais no ensino tradicional são comumente desenvolvidas no estilo “receita”, na qual os estudantes realizam-na de forma linear, pré-estipuladas (SUART; MARCONDES, 2006). Em atividades pautadas nessas concepções, dificilmente são estimulados o raciocínio e o questionamento (GIL-PÉREZ et al., 1999).

Pesquisas têm evidenciado que atividades desenvolvidas neste estilo também são deficientes quanto à aprendizagem do aluno, uma vez que a aprendizagem de química depende do desenvolvimento das habilidades cognitivas dos estudantes (SUART; MARCONDES, 2006).

Portanto, segundo Sasseron (2013) e Carvalho (2013) é necessária a utilização de atividades experimentais investigativas no ensino de Química, que objetivam justamente desenvolver as habilidades de investigação e cognitivas de alta ordem dos estudantes e, com isso, promover a aprendizagem significativa. Essas atividades incentivam a curiosidade e o interesse dos alunos no processo de aprendizagem, pois os colocam em situações-problema, a serem solucionadas através da participação ativa nas etapas de formulação de hipóteses, realização de testes e pesquisas e construção de conclusões.

Em adição, de acordo com Pozo et al. (1998), essas situações são contextualizadas e visam abordar simultaneamente conhecimentos atitudinais, procedimentais e conceituais acerca de um fenômeno ou problema real, muitas vezes presente no contexto dos alunos, a fim de promover uma leitura crítica e reflexiva, além da capacidade de inter-relacionar os conhecimentos estudados e relacioná-los à realidade.

Entretanto, para que o problema proposto em uma Atividade Investigativa seja eficaz, este deve instigar o aluno, mas sem haver uma solução evidente, necessitando que se realize uma investigação (GIL-PÉREZ et al., 2005). Além disso, as primeiras atividades investigativas devem ser simples, de modo que o grau de complexidade aumente ao longo da realização de atividades investigativas (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010).

Quanto à caracterização sistemática dos pressupostos de uma atividade investigativa, quatro momentos de seu processo são predominantemente citados por

pesquisadores, sendo estes: escolha do projeto de estudo e do problema; expressão das ideias dos alunos e emissão de hipóteses; investigação por novas informações; e expressão e comunicação dos resultados (RODRIGUEZ et al., 1995). Além disso, as primeiras atividades investigativas devem ser simples, de modo que o grau de complexidade aumente ao longo da realização de atividades investigativas (FERREIRA; HARTWIG; OLIVEIRA, 2010).

## Metodologia

O presente trabalho possui as características de uma pesquisa de natureza qualitativa, apesar de apresentar algumas características quantitativas. Segundo Bogdan e Biklen (1994), em pesquisas qualitativas, a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituído pelo instrumento principal de estudo e o pesquisador, que se insere em um novo contexto para análise.

Nesta pesquisa, o contexto no qual o investigador se insere é a sala de aula, procurando elucidar questões educativas. Assim, o pesquisador também se torna o instrumento principal da pesquisa, pois serão as suas concepções, interpretações e decisões que determinarão a leitura e a obtenção dos resultados.

Para atingir os objetivos propostos e responder à questão de pesquisa: *“Quais as potencialidades e desafios iniciais de se utilizarem Atividades Experimentais Investigativas para o desenvolvimento de conhecimentos químicos de um grupo de estudantes do Ensino Médio?”*, o desenvolvimento deste trabalho foi baseado no planejamento e aplicação de uma Sequência Didática, envolvendo Atividades Experimentais Investigativas, com uma turma de 35 alunos da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública localizada na periferia da região leste de São Paulo, que aceitou participar desta pesquisa.

As aulas de Química na referida escola são em sua maioria tradicionais e, apesar de serem realizadas atividades experimentais, elas são realizadas no “estilo receita”, porém, a escola é bem receptiva a projetos e discussões pedagógicas. Devido a este perfil escolar, a presente pesquisa foi bem aceita tanto pelo professor efetivo de Química quanto pela coordenação da escola, visto que se trata do estudo de uma metodologia ainda não utilizada com os estudantes.

A coleta de dados foi realizada por meio de observação, anotações no caderno de campo do pesquisador, transcrição de diálogos gravados e produções dos estudantes. Os dados foram analisados qualitativamente tendo como base a Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2011), a partir da criação de categorias de análise.

A Sequência Didática (SD) foi planejada em quatro etapas, cada uma composta por duas aulas de 50 minutos em sequência. Cada Etapa foi desenvolvida atendendo às características necessárias para serem consideradas investigativas e tiveram por objetivo desenvolver as habilidades cognitivas dos estudantes concomitantemente aos conhecimentos químicos. Os conhecimentos químicos específicos desenvolvidos nas etapas foram: corrente iônica; reações de oxirredução; potenciais-padrão de redução e pilhas eletroquímicas.

Como este trabalho se propõe a analisar apenas as potencialidades e desafios dos momentos iniciais da utilização de abordagens investigativas, será discorrido apenas sobre a Etapa 1, referente ao conhecimento específico de corrente iônica.

No início da realização da Etapa 1, foi realizada uma discussão com a turma sobre seus conhecimentos prévios na área de Eletroquímica. A discussão se atentou aos conhecimentos sobre corrente elétrica, corrente iônica, energia elétrica e reações de oxirredução.

Durante as discussões, foram definidos juntamente com a turma os conceitos já conhecidos pelos alunos e outros, necessários para o desenvolvimento da SD, como o que são corrente elétrica e energia elétrica. Neste momento, para definir a corrente elétrica, utilizou-se como exemplo o movimento de elétrons que ocorre nos fios elétricos quando se liga o disjuntor da lâmpada de um cômodo e fecha-se o circuito.

A discussão forneceu não somente um panorama geral sobre os conhecimentos teóricos e práticos já conhecidos pelos alunos, mas também um ponto de partida às atividades subsequentes, uma vez que se baseariam no incentivo ao desenvolvimento dos conhecimentos já interiorizados pelos estudantes e de suas habilidades apresentadas.

Após as discussões, a turma, organizada em grupos de cinco alunos, realizou uma Atividade Experimental Investigativa para o desenvolvimento dos conhecimentos de corrente iônica. Procurou-se desenvolver uma atividade que atendesse aos pressupostos necessários para ser considerada uma atividade investigativa e que incentivasse o

desenvolvimento dos três componentes do conhecimento químico, abordando conceitos simbólicos, macroscópicos e submicroscópicos, simultaneamente.

A atividade não possuía roteiro experimental pré-estipulado, portanto, o pesquisador orientou os alunos sobre quais os testes a serem realizados e como anotar e analisar os dados obtidos. Dessa forma, os grupos puderam propor seus próprios métodos a serem utilizados nos testes. Além disso, cada um dos integrantes dos grupos construiu livremente uma tabela contendo os resultados obtidos, além de propor hipóteses individuais para cada fenômeno observado nas etapas realizadas. Após a construção das hipóteses individuais, os grupos se reorganizaram para produzir a hipótese geral do grupo.

Nesta atividade foram disponibilizados para cada grupo certa quantidade de “sal de cozinha”, cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ), uma pilha AA, água, fios de cobre, cabos condutores com garras jacaré e três béqueres contendo água. No experimento, os alunos deveriam realizar testes de condutibilidade para acender um LED, utilizando os materiais. Os teste a serem realizados no experimento se baseavam na análise da condutibilidade de: fio de cobre; água; solução salina utilizando um pouco do sal disponibilizado; solução salina em maior concentração e sal sólido.

Esperou-se que nesta etapa os estudantes conseguissem compreender quais aspectos das observações são importantes para explicar o que possivelmente ocasionou as diferenças na condução elétrica, enfatizando-se o que ocorre ao dissolver sal em água e como isso interfere na condução de energia elétrica. Ou seja, esperou-se que os alunos tivessem conhecimento da dissociação dos sais em seus respectivos íons, conceito já trabalhado em aulas anteriores, e que esses íons são caracterizados como cátions e ânions, possuindo cargas.

Estes conceitos foram discutidos com cada um dos grupos, separadamente, depois da entrega de suas produções individuais, objetivando-se assim definir juntamente com os grupos a hipótese de que haja a atração dos íons pelos polos elétricos gerados pelos fios de cobre e que isso propiciaria a condução de energia elétrica, o que não ocorre em substâncias aquosas que não possuem uma quantidade expressiva de íons ou em substâncias sólidas não-metálicas. Dessa forma, após as discussões, os grupos deveriam propor uma hipótese geral do grupo e entregá-la por escrito. Vale ressaltar que

houve apenas um direcionamento no olhar e no pensamento dos estudantes, não a entrega de respostas prontas.

## Resultados e Discussões

Durante as discussões iniciais, ficou claro que os alunos não possuíam familiaridade com a participação em diálogos durante as aulas. Os estudantes dificilmente respondiam às questões direcionadas a toda a turma e, quando o faziam, economizavam palavras e detalhes. Foi necessário que o pesquisador fizesse perguntas que se responderiam com uma afirmação ou negação para que participassem de alguma forma. Assim, o pesquisador tomou a frente das explicações sobre o que é energia elétrica, corrente elétrica, o que é um material condutor etc.

Na realização da atividade experimental 1, apesar de os alunos apresentarem inicialmente certa dificuldade na montagem do sistema, ao orientá-los que era necessário montar um sistema que possibilitasse que cada um dos polos da pilha fosse ligado a um dos terminais do LED, possibilitando assim com que houvesse energia elétrica, os estudantes apresentaram os seguintes métodos de montagem (Figura 2):

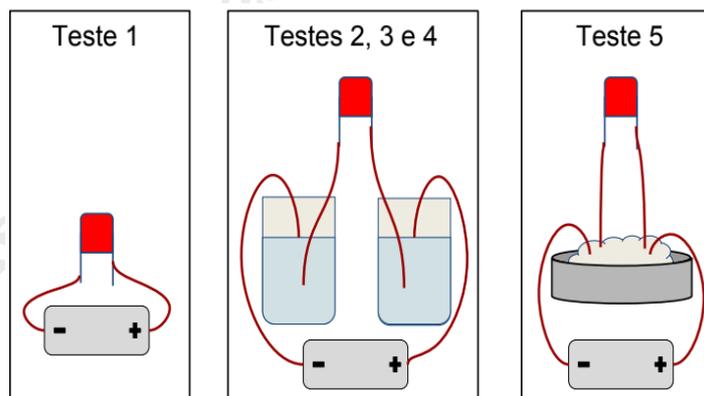


Figura 2. Esquema dos procedimentos experimentais realizados na Etapa 1  
Fonte: Autores

- (I) No teste com apenas os fios, uma pilha AA foi utilizada como fonte de energia elétrica e fios de cobre, devidamente presos nos polos positivo e negativo da pilha e foram conectados aos terminais do LED;

- (II) No teste com a água como condutora, imergiram os fios de cobre presos nos polos da pilha em dois béqueres contendo água, cada fio em um béquer, fecharam então o sistema com dois cabos com garra jacaré, imergindo uma de suas extremidades em um dos béqueres e prendendo a outra a um dos polos do LED;
- (III) No teste com a solução salina, adicionou-se o NaCl sólido aos béqueres, mantendo-se a mesma montagem do teste anterior, realizando um teste com uma pequena quantidade de sal e outro com maior quantidade;
- (IV) No teste com maior quantidade de solução salina dissolvida, os estudantes simplesmente adicionaram mais sal à solução do teste 3;
- (V) No teste com o sal sólido, utilizaram-se como condutor apenas duas pequenas quantidades de sal, sem o uso de água ou solução, colocando-se cada um dos terminais do LED em uma das porções de sal.

Os estudantes apresentaram maiores dificuldades na construção da tabela que na proposição de um método experimental para se realizar os testes, de modo que se pôde inferir de antemão que os estudantes desta turma apresentam dificuldades no manuseio de ferramentas matemáticas e linguísticas, o que pode se tornar uma limitação para o aprendizado de forma geral.

Cerca de 40% dos estudantes conseguiu construir uma tabela coerente e muitos deles apresentaram erros de português em suas produções escritas. Dessa forma, nas atividades posteriores incentivou-se principalmente a construção e leitura de tabelas, visto que nas próximas atividades experimentais os estudantes teriam que ler tabelas de potenciais de redução.

Após a conclusão das atividades práticas, cada um dos integrantes dos grupos propôs hipóteses para explicar os fenômenos observados e entregou-as por escrito. A construção de hipóteses exige alto nível cognitivo dos estudantes.

Neste ponto, o pesquisador mediou os estudantes na formulação de suas hipóteses questionando-os sobre o que é relevante para análise ou não, elencando os possíveis conhecimentos que podem considerar para fomentar suas ideias, porém, não lhes foi passada qualquer resposta pronta, apenas questionamentos e direcionamentos.

É interessante salientar que os alunos não estavam acostumados com atividades neste perfil; inicialmente eles se encontravam acanhados e um tanto quanto perdidos na

realização das atividades. Dessa forma, pôde-se evidenciar a importância do trabalho em grupo em produções e estudos científicos e também da mediação do professor em abordagens investigativas, pois ao longo da realização dos testes experimentais os grupos se organizaram gradualmente melhor, de modo que ao fim da atividade os integrantes já haviam definido os papéis de cada integrante quanto ao manuseio dos materiais e coleta de dados.

Além disso, as discussões em grupo foram importantes para a definição dos procedimentos a serem realizados nos testes e também na proposição de explicações para os fenômenos ocorridos, de forma que a qualidade da argumentação aumentou conforme houve a mediação na criação e refutação de hipóteses. Vale ressaltar que, apesar de os estudantes não terem domínio da nomenclatura química correta, esta foi utilizada pelo pesquisador e houve o estímulo do seu uso pelos estudantes.

Outro fator interessante é que os alunos participaram das discussões dirigidas ao seu grupo, mas não na forma dirigida para toda a sala. Infere-se que isso ocorreu devido ao modelo de ensino em que os alunos estão predominantemente inseridos, que os obriga apenas a assistir às aulas e não a participar delas, porém, ao se organizarem em grupos menores, se sentiram mais confiantes para participar.

Entre os 35 estudantes que participaram da atividade, 24 tentaram propor hipóteses ou explicações para o ocorrido nos testes na atividade individual; os demais simplesmente responderam se o LED se acendeu ou não, sem demonstrar quaisquer demandas cognitivas nas respostas.

Em adição, dentre os 24 alunos que tentaram explicar o ocorrido nos testes, apenas quatro conseguiram propor de antemão hipóteses que explicavam que os íons da solução salina são atraídos pelos polos gerados pela pilha, fazendo com que haja a movimentação das cargas presentes em solução e, com isso, de elétrons nos fios de cobre (dois desses alunos não se recordavam da palavra “íon”, mas sabiam que os sais se dissociavam em uma espécie de carga positiva e outra negativa). Dessa forma, estes quatro estudantes apresentaram habilidades cognitivas de alto grau logo na primeira Atividade Experimental Investigativa realizada.

Os demais estudantes apresentaram respostas com menor grau cognitivo e necessitaram de discussões em grupo e mediações do pesquisador para se recordarem dessa característica específica dos sais, porém, conseguiram propor hipóteses

minimamente coerentes envolvendo a dissociação de sais e a geração de energia elétrica. Dentre estes vinte estudantes, oito conseguiram desenvolver habilidades cognitivas de alto grau ao longo das discussões, sendo capazes inclusive de construir hipóteses.

Os demais apresentaram mais dificuldades no desenvolvimento de habilidades cognitivas individualmente. Infere-se que isso ocorreu devido à falta de familiarização dos estudantes com atividades investigativas e ao baixo estímulo ao uso de habilidades cognitivas de alto grau ao longo das aulas de Química, como analisar, avaliar, identificar variáveis, refletir, valorar etc.

Após a entrega das hipóteses individuais, iniciou-se uma nova discussão e os grupos definiram a hipótese geral do grupo. Neste momento, os estudantes expuseram suas próprias hipóteses e chegaram a uma conclusão conjunta do ocorrido. O pesquisador mediou as discussões e os auxiliou na construção de um texto escrito que fosse coerente, visto que eles possuíam dificuldades de expor por escrito o que diziam ou pensavam.

Os grupos compreenderam a presença de íons em solução, devido à dissociação do sal nas discussões realizadas, e aos poucos foram capazes de fazer relação entre a carga dos íons e os polos da pilha, sendo essa relação o motivo que encontraram para que a energia elétrica fosse conduzida em soluções salinas, mas não em água ou no sal sólido, que segundo eles eram “neutros”. Dessa forma, todos os grupos apresentaram hipóteses bem semelhantes, variando apenas a quantidade de informações que se recordaram e utilizaram para sustentar suas hipóteses. Abaixo constam as hipóteses apresentadas pelos Grupos 1 e 2:

Grupo 1: *“A água pura não possui espécies com carga positiva ou negativa e não pode conduzir energia elétrica sozinha. O sal também é neutro, mas quando é diluído na água ele se separa em duas substâncias, uma positiva chamada cátion e outra negativa chamada ânion, assim a mistura de sal e água não é mais neutra e pode ser condutora de energia elétrica, sendo possível utilizar ela para acender o LED.”*

Grupo 2: *“A energia elétrica ocorre quando existe a movimentação de elétrons. A pilha faz com que os elétrons do fio de cobre se movimentem quando a gente encosta esses fios no LED e assim ele acende, por causa da carga negativa e positiva da pilha, que está cada uma de um lado. O sal sólido não possui carga pra fazer com que os*

*elétrons se movimentem e a água pura também não. Mas quando o sal é diluído na água a solução que se forma tem carga positiva e negativa, que são chamadas de cátion e ânion, essas cargas se movimentam porque são atraídas pela carga da pilha e fazem com que os elétrons do fio também se movimentem, acendendo o LED.”*

Como pode-se analisar a partir dos exemplos, os grupos apresentaram respostas bastante coerentes, todas de alto grau cognitivo. Apesar dessas dificuldades apresentadas individualmente, o trabalho em grupo mostrou-se fortemente necessário em atividades deste cunho, visto que por meio de discussões em grupo os estudantes foram capazes de propor métodos de pesquisa e hipóteses coerentes, o que indica a aprendizagem dos conceitos estudados.

Além disso, todos eles desenvolveram de forma eficaz os três componentes do conhecimento químico, uma vez que os alunos conseguiram fazer relações entre as observações macroscópicas, os conhecimentos submicroscópicos envolvidos e (mesmo que minimamente) suas simbologias em suas respostas e reflexões (MORTIMER, 1996).

Dessa forma, apesar de apenas 12 estudantes apresentarem respostas individuais com níveis cognitivos de alta ordem, pode-se inferir que, a partir do trabalho em grupo, houve a atribuição de significados minimamente válidos para os fenômenos estudados pelos demais alunos ao longo das atividades, o que indica que houve a aprendizagem destes conceitos (AUSUBEL, 1980).

## **Conclusões**

As atividades realizadas durante a Etapa 1 envolveram os quatro momentos necessários para serem classificadas investigativas: escolha do projeto de estudo e do problema; expressão das ideias dos alunos e emissão de hipóteses; investigação por novas informações; e expressão e comunicação dos resultados (RODRIGUEZ et al., 1995). Em adição, o grau de investigação exigido foi baixo, visto que se tratava do primeiro contato dos estudantes com Atividades Experimentais Investigativas.

As atividades foram desenvolvidas de forma a incentivar o desenvolvimento de habilidades cognitivas de alta ordem, como as capacidades de pesquisar, realizar associações, analisar e refletir, para que pudessem atribuir significados coerentes aos

conceitos e fenômenos estudados (AUSUBEL, 2000).

Contudo, atentou-se para que os conhecimentos químicos fossem trabalhados igualmente nos três componentes do conhecimento químico (JOHNSTONE, 1993; WARTHA; REZENDE 2011; MORTIMER, 1998; 2000). Assim, os estudantes tiveram acesso às ferramentas necessárias para que construíssem significados válidos sobre os conhecimentos e que pudessem transitar entre seus componentes e realizar reflexões complexas e completas acerca dos fenômenos estudados (WARTHA; REZENDE, 2011; NOGUEIRA, 2001).

Conforme pôde-se analisar a partir dos resultados obtidos, os estudantes desenvolveram habilidades cognitivas de alta ordem, além de autonomia e capacidades críticas e reflexivas a partir da necessidade de realizar os processos de formulação de hipóteses sobre o problema proposto, elaboração do planejamento, execução do experimento, coleta dos dados, análise, discussão dos dados obtidos, e exposição de suas conclusões - ou seja, a partir da participação dos alunos em todas as etapas da aprendizagem por investigação (RODRIGUEZ et al., 1995).

Não obstante, o principal desafio a ser enfrentado na utilização deste tipo de abordagem é justamente a quebra dos comportamentos habituais dos estudantes em sala de aula. O ensino tradicional condiciona o estudante a ser um mero espectador e não agente ativo nos processos de aprendizagem, o que pode fazer com que haja uma relutância inicial por parte dos estudantes às atividades investigativas. Assim, deve-se incentivar a participação dos estudantes e fornecer as ferramentas necessárias para tal (GIL-PÉREZ et al., 1999).

As habilidades cognitivas manifestadas pelos estudantes nas suas produções individuais foram predominantemente de baixa ordem cognitiva e eles demonstraram falta de familiarização com atividades participativas. Dessa forma, o trabalho em grupo mostrou-se de extrema importância para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e também do conhecimento científico, visto que a aprendizagem significativa foi facilitada em momentos de discussão e compartilhamento de ideias. Ou seja, sozinhos os estudantes não apresentaram um desenvolvimento tão favorável quanto o demonstrado com a mediação do pesquisador, utilizando de questionamentos que partam dos conhecimentos já adquiridos por eles e, com o trabalho em grupo, juntamente a outros estudantes (NOGUEIRA, 2001; VYGOTSKY, 1978).

As Atividades Experimentais Investigativas apresentaram também como potencialidade a possibilidade de se analisarem as concepções alternativas dos estudantes ao longo dos processos de aprendizagem (SUART; MARCONDES, 2006), visto que, com a formulação de hipóteses e exposição de ideias, o professor pode ter conhecimento da coerência da atribuição de significados realizada pelos estudantes. Ademais, melhoram-se as relações sociais e as relações professor/aluno, além de desenvolver conhecimentos atitudinais, visto que o respeito às falas dos outros estudantes também foi desenvolvido.

Por fim, conclui-se que as Atividades Experimentais Investigativas podem promover a participação ativa dos estudantes ao longo dos processos de aprendizagem, abordando conhecimentos conceituais, atitudinais e procedimentais e aproximando-os das práticas científicas de pesquisa, criação e refutação de hipóteses e compartilhamento de ideias. Além disso, apresentaram a capacidade de desenvolver os conhecimentos químicos – de forma equilibrada em todos os seus três componentes – concomitantemente ao desenvolvimento de suas habilidades cognitivas, fatores estes tidos neste trabalho como determinante para a aprendizagem de Química.

## Referências

ADÚRIZ-BRAVO, A. Elementos de teoría y de campo para la construcción de un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias. Tesis de maestría. Universitat Autònoma de Barcelona, 1999.

ALMEIDA, R. R.; COUTINHO, F.A.; CHAVES, A.C.L. Percepção de alunos do Ensino Médio sobre a utilização de recursos multimídia no ensino de Biologia. In: VII ENPEC – ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2009, Florianópolis. Anais do VII Enpec. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009.

AUSUBEL, D. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2000.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

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

BOGDAN, R., BIKLEN, S. *Investigação Qualitativa em Educação – uma introdução à*

teoria e aos métodos. Porto: Porto Editora, 1994.

CARVALHO, A. M. P. Las practicas experimentales en el proceso de enculturación científica. In: GATICA, M Q; ADÚRIZ-BRAVO, A (Ed). *Enseñar ciencias en el Nuevo milenio: retos e propuestas*. Santiago: Universidade Católica de Chile, 2013.

FERREIRA, L. H.; HARTWIG, D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino Experimental de Química: Uma Abordagem Investigativa Contextualizada. *Química Nova na Escola*, v. 2, n. 32, p.1-6, maio 2010.

FREIRE, P. *Conscientização: teoria e prática da libertação – uma introdução ao pensamento de Paulo Freire*. 4. ed. São Paulo: Moraes, 1980.

GIL-PÉREZ, D. et al. Tiene Sentido Seguir Distinguiendo entre Aprendizaje de Conceptos, Resolución de Problemas de Lápiz y Papel y Realización de Prácticas de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1999.

GIL-PÉREZ, D. et al. *A necessária renovação do ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

HABRAKEN, C. L. Perceptions of chemistry: why is the common perception of chemistry, the most visual of sciences, so distorted? *Journal of Science Education and Technology*, Dordrecht, v. 5, n. 3, p. 193-201, 1996.

HABRAKEN, C. L. Integrating into chemistry teaching today's student's visuospatial talents and skills, and the teaching of today's chemistry's graphical language. *Journal of Science Education and Technology*, Dordrecht, v. 13, n. 1, p. 89-94, 2004.

HOFSTEIN, A. et al. Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of research in science teaching*, v. 42, n. 7, p. 791-806, 2005.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

JOHNSTONE, A. H. The Development of Chemistry Teaching. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 9, p. 701-705, 1993.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos. *Investigações em ensino de ciências*, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H.; ROMANELLI, L. I. Proposta curricular–Química: fundamentos teóricos. Belo Horizonte: Secretaria de Estado da Educação de Minas Gerais, 1998.

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. 32, n. 2, p. 273-283, 2000.

NOGUEIRA, C. F. Vygotsky e a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP): Três implicações pedagógicas. *Revista Portuguesa de Educação*, v. 14, n. 2, 2001.

POZO, J. I. et al. *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 139-165

RODRÍGUEZ, J. J. G.; DE LEÓN, P. C. ¿Cómo enseñar? Hacia una definición de las estrategias de enseñanza por investigación. *Investigación en la Escuela*, n. 25, p. 5-16, 1995.

SASSERON, L.H., Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. (Org.). *Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula*. 1ed. São Paulo: Cengage Learning, v. 1, p. 41-62, 2013.

SERAFIM, M. C. A falácia da dicotomia Teoria-Prática. *Espaço Acadêmico*, v. 7, 2001.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R.. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. *Ciências & Cognição*, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2006.

VYGOTSKY L. S. *Mind in Society - The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge MA: Harvard University Press, 1978.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. Os níveis de representação no ensino de química e as categorias da semiótica de Peirce. *Investigações em Ensino de Ciências – V16(2)*, p. 275- 290, 2011.

WARTHA, E. J.; REZENDE, D. B. A elaboração conceitual em química orgânica na perspectiva da semiótica Peirceana. *Ciênc. Educ. (Bauru)*, Bauru, v. 21, n. 1, p. 49-64, Mar. 2015.

ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 3, p. 195, 1993.

### ***INQUIRY-BASED LEARNING IN ELECTROCHEMICAL TEACHING: THE INITIAL STAGE ANALYSIS OF A DIDACTIC SEQUENCE***

#### ***ABSTRACT***

*In Chemistry teaching, students have difficulties relating the theories developed in class with reality. This is mainly due to the attribution of meaning to theoretical assumptions, since only the development of conceptual contents is not sufficient to fulfill the needs presented in the Chemistry learning, being also necessary to stimulate the students' cognitive capacities. In this context, inquiry-based learning can be an important pedagogical tool. Thus, this work is based*

*on the first stage analysis of a Didactic Sequence (SD) applied to 35 students of the 3rd grade of High School, in the electrochemistry teaching, to study the potentialities of developing cognitive abilities, chemical knowledge and languages using these activities. Data were collected through observation, researcher's field notebook annotations, recorded dialogues transcriptions and student productions, and were qualitatively analyzed according to the Content Analysis. The students presented significant development of their cognitive abilities and domain of chemical languages, besides assigning coherent meanings to the studied concepts. Inquiry-based learning have shown the potential of bringing students closer to scientific practices and chemical knowledge, as well as to provide the necessary tools for their cognitive development.*

**Keywords:** *Inquiry-Based Activities, Experimental Activities, Cognitive Skills, Chemistry Teaching, Electrochemistry.*

**Envio: novembro/2017**  
**Aceito para publicação: dezembro/2017**