

Aspectos neurocientíficos da teoria da semelhança na experimentação no ensino de química

- Neuroscientific Aspects of Similarity Theory in Chemistry Education Experimentation
- Aspectos neurocientíficos de la teoría de la semejanza en la experimentación en la enseñanza de la química

Forma de citar este artículo:






de Souza Pereira, A., Lima Mattos, R. A., Azevedo Campos, M., Silva da Fonseca, L. e Ambrosina da Costa, M. (2024). Aspectos neurocientíficos da teoria da semelhança na experimentação no ensino de química. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (56), 258 - 274. <https://doi.org/10.17227/ted.num56-18274>

Resumo

Este estudo trata de uma pesquisa qualitativa que teve por objetivo investigar como uma atividade experimental, pautada na Teoria da Semelhança, a partir de uma intervenção elaborada por meio da modelagem matemática, pode contribuir para construção do conhecimento de eletroquímica. Os participantes foram estudantes do curso de Licenciatura em Química de uma instituição pública de Ensino Superior, localizada no Brasil. Como dispositivos para coleta dos dados, foram utilizadas a observação participante e a atividades de investigação por meio de experimentos, com provocação de averiguarem quais experimentos apresentaram evidências de uma reação química. A discussão dos dados foi possibilitada pela Teoria da Semelhança. Os resultados trazem reflexões a respeito da organização, planejamento e relação dos mecanismos atencionais no desenvolvimento de intervenções com conceitos que envolvam o pensamento matemático e químico.

Palavras-chave

teoria da similaridade; obsolescência programada; eletroquímica; intervenção em sala de aula: atenção seletiva

Ademir de Souza Pereira* 
Robson Aldrin Lima Mattos** 
Márcia Azevedo Campos*** 
Laerte Silva da Fonseca**** 
Maria Ambrosina da Costa***** 

* Doutor em Educação para a Ciências (Unesp/Bauru/Brasil). Docente do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e Pós-doutor pelo Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (Brasil). ademirpereira@ufgd.edu.br

** Doutor em Educação Matemática pela Pontifícia Universidade Católica (PUC/São Paulo). Pós-doutorando no Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (Brasil). Docente da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB. rmattos@uneb.br

*** Doutora em Ensino Filosofia e História das Ciências (UFBA/Brasil). Pós-doutoranda no Programa de pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (Brasil). Docente da Faculdade Independente do Nordeste – FAINOR. azevedoxu@gmail.com

**** Pós-Doutorado em Educação Matemática (UNIAN/SP); Doutor em Educação Matemática (Didática da Matemática, Neurociência Cognitiva) pela Universidade Anhanguera de São Paulo – unian. Docente do Instituto Federal de Sergipe (IFS) e Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (UFS). laerte.fonseca@uol.com.br

***** Doutora pela Universidade Federal de São Paulo. Psicóloga e Professora da UNICID (Universidade da Cidade de São Paulo), nos seus cursos de graduação e pós-graduação, áreas de atuação: educação e saúde. marianina59@yahoo.com.br



Abstract

This study presents qualitative research aimed at investigating how an experimental activity, based on the Theory of Similarity through an intervention designed using mathematical modeling, can contribute to the construction of knowledge in electrochemistry. The participants were students in the Chemistry Teaching Degree program at a public institution of higher education in Brazil. Data collection methods included participant observation and investigative activities through experiments, challenging students to identify which experiments provided evidence of a chemical reaction. The Theory of Similarity facilitated the discussion of the data. The results offer reflections on the organization, planning, and relationship of attentional mechanisms in the development of interventions involving mathematical and chemical thinking concepts.

Keywords

theory of similarity; planned obsolescence; electrochemistry; classroom intervention; selective attention

Resumen

Este estudio presenta una investigación cualitativa que tuvo como objetivo investigar cómo una actividad experimental, basada en la Teoría de la Semejanza a través de una intervención diseñada mediante modelado matemático, puede contribuir a la construcción del conocimiento en electroquímica. Los participantes fueron estudiantes del curso de Licenciatura en Química de una institución pública de educación superior en Brasil. Los métodos de recolección de datos incluyeron la observación participante y actividades investigativas a través de experimentos, desafiando a los estudiantes a identificar cuáles experimentos proporcionaban evidencia de una reacción química. La Teoría de la Semejanza facilitó la discusión de los datos. Los resultados ofrecen reflexiones sobre la organización, planificación y relación de los mecanismos atencionales en el desarrollo de intervenciones que involucran conceptos de pensamiento matemático y químico.

Palabras clave

teoría de la similitud; obsolescencia programada; electroquímica; intervención en el aula; atención selectiva

Considerações iniciais

A neurociência, como área do conhecimento, se dedica ao estudo do funcionamento do sistema nervoso e das diversas reações do cérebro. O campo teórico dessa pesquisa se embasa na neurociência, especificamente, a Teoria da Semelhança (TS) que é uma das teorias da Atenção Seletiva. Sternberg (2010) considera a relação de semelhança que ocorre entre o alvo e os distratores, assim, quanto maior for a semelhança, mais difícil a realização da tarefa e, conseqüentemente, a atividade exige estímulos que contribuam com o aumento focal do indivíduo.

Conforme Ferreira (2021), os conceitos que exigem grau moderado de abstração e que se utilizam de pensamento matemáticos e químicos, tanto professores como estudantes possuem dificuldades para o ensino e aprendizagem. Nesse sentido, a abordagem da modelagem matemática, que se baseia em temáticas contextualizadas que são discutidas a partir do pensamento matemático, torna-se oportuna para ser relacionada com a situação didática desta investigação. A modelagem Matemática aplicada à Química possibilita uma relação entre o conhecimento matemático e a realidade, valorizando a reflexão e ação dos alunos sobre os fenômenos químicos ao seu redor e na natureza.

Como temática potencial para atingir os objetivos da pesquisa, a intervenção didática – campo de investigação – foi planejada a partir da articulação com os pressupostos da pesquisa com temática Obsolescência Programada. Conforme Slade (2007), a obsolescência programada ocorre quando produtos possuem uma data prevista para se tornar obsoleto, por exemplo, uma lâmpada incandescente possui uma vida útil de mil horas. O maior problema da obsolescência programada é que, com a necessidade de substituição e aumento do

consumismo, ocorre, de forma proporcional, o aumento da produção de lixo. No contexto dessa pesquisa, ressaltamos que o conteúdo de eletroquímica possui forte relação com o conceito de obsolescência programada, pois, atualmente, os produtos que mais são “vítimas” são os produtos eletroeletrônicos, os quais, são formados, em boa parte, por componentes com características eletroquímicas.

Nesse sentido, o contexto investigativo dessa pesquisa é composto de estudantes de um curso de licenciatura em química de uma instituição de ensino superior, que desenvolveram atividades experimentais com o intuito de identificar quais reações eletroquímicas ocorrem transferências de elétrons de modo espontâneo (Pereira & Conceição, 2019). Esse caminho aponta para ações essenciais que professores, de qualquer nível de ensino, podem ter ao conduzirem atividades experimentais de modo a auxiliar o foco atencional dos estudantes.

Com isso, o objetivo central é investigar a contribuição de uma atividade experimental investigativa, pautada na Teoria da Similaridade, a partir de uma intervenção elaborada por meio da modelagem matemática, que pode contribuir para construção do conhecimento de eletroquímica.

A modelagem matemática e sua relação com a eletroquímica

A modelagem matemática surge para desenvolver a investigação no contexto escolar, priorizando a construção e aplicação dos conceitos, levando em conta os aspectos históricos, teóricos dentro de uma linha interdisciplinar. Conforme D’Ambrósio (2005), a convivência de um indivíduo na sociedade pode promover meios de aquisição de conhecimentos matemáticos e de outras áreas. “O cotidiano está impregnado dos saberes e

fazeres próprios da cultura”. [...] “os indivíduos estão comparando, classificando, quantificando, medindo, explicando, generalizando, inferindo”, “[...]avaliando, usando os instrumentos materiais e intelectuais que são próprios à sua cultura” (p. 22). O autor apresenta o cotidiano como um ‘recurso de saberes’ e defende que, na cultura e convivência social, as pessoas desenvolvem saberes matemáticos que auxiliam em seu processo de aprendizagem no âmbito escolar.

Compreendemos que o sujeito traz muitas experiências de vida, conhecimento adquirido ao longo de sua existência, e situações potenciais, para que o ensino da matemática possa explorar de forma que possa interligar os problemas do cotidiano e os conceitos matemáticos em busca de soluções. Para Burak (1987, p. 62), a modelagem matemática “é o conjunto de procedimentos cujo objetivo é construir um paralelo para tentar explicar, matematicamente, os fenômenos presentes no cotidiano do ser humano, ajudando-o a fazer previsões e tomar decisões”.

De acordo com Bassanezi (2011), a modelagem matemática é um processo dinâmico que envolve o estudo e a experimentação de modelos matemáticos. Além disso, possui como característica a contextualização de situações do cotidiano que podem ser interpretadas e realizadas por meio de problemas matemáticos. Nesse sentido, a modelagem matemática consiste em aplicar modelos para resolver uma situação do cotidiano, para tanto, exige habilidades diversas para observação, ação e aplicação dos conteúdos matemáticos na solução desejada de forma criativa e eficaz.

Em relação à estruturação e organização, Biembengut e Hein (2011) entendem que a modelagem Matemática é considerada como um processo de obtenção de modelo que apresenta três etapas: interação, matematização e modelo matemático. Nesse contexto, Bassanezi (2015) descreve o modelo como um conjunto de símbolos e relações matemáticas que representam o objeto pesquisado. Além disso, englobam a reflexão de uma porção da realidade na expectativa de sua compreensão e explicação por meio dos recursos disponíveis e variáveis selecionadas. A modelagem matemática proporciona aos alunos trabalhar dentro do método científico em busca de soluções para os problemas encontrados, desenvolvendo suas habilidades e sendo uma ferramenta muito importante do ensino-aprendizagem.

Esse é um ponto articulador entre a matemática e a química, ou seja, o estudo de situações que possam ser resolvidas por meio de cálculos. Na química, especificamente, na área de Físico-química, os conceitos de química são desenvolvidos por meio do pensamento matemático. Um exemplo é o conteúdo de eletroquímica que é trabalhado tanto no ensino superior quanto na educação básica.

Em eletroquímica, o conhecimento matemático é necessário para o entendimento da carga eletrônica e número de oxidação que um átomo adquire ao

realizar uma ligação ou interação química. Quando um átomo doa ou recebe elétron irá adquirir, respectivamente, carga positiva ou negativa. A eletroquímica envolve resolução de problemas por meio de cálculos que mobilizam o pensamento matemático. A partir disso, percebemos que o conceito geral de eletroquímica possui relação importante entre a matemática e a química. O entendimento de conceitos eletroquímicos está relacionado a situações simples do cotidiano, tal como o enferrujamento de um metal ou mesmo o funcionamento da bateria de um carro.

Os conceitos básicos envolvidos nesse conteúdo podem ser: atomística, tabela periódica, dissociação, ionização, reações químicas, transferência de elétrons e cálculos que se relacionam aos conceitos apresentados. Pelo fato de envolver tantos conceitos, exige do estudante, de qualquer nível de ensino, a atenção focada com a finalidade de perceber, em uma reação química, por exemplo, a evidência de transferência de elétrons, que pode ser percebida pela mudança de coloração da substância em meio a outras, desprendimento de bolhas, fumaça ou formação de precipitado. Em alguns casos as reações se processam mais rápido, mas em outras de forma mais lenta.

Ferreira et al. (2021) ressaltam que os conteúdos de química que exigem as representações por meio de símbolos e que estão relacionados a outras áreas, como química e física, são os que os estudantes possuem mais dificuldade. A partir de um estudo bibliográfico realizado por Góes et al. (2016), a dificuldade se relaciona em: (i) obstáculos encontrados por professores ao ensinar conceitos abstratos que relacionem símbolos, cálculos e a química; (ii) dos alunos na compreensão dos conceitos apontados acima; (iii) informações, muitas vezes, equivocadas ou não tão bem exemplificadas encontradas nos

livros didáticos; (iv) concepções alternativas dos alunos, pois ao se explicar um conceito o aluno pode achar que entendeu, mas na verdade, entendeu de forma substancialista; (v) o conhecimento pedagógico de professores de química a respeito das reações de oxidação e redução; e (vi) atividades experimentais no ensino de química que envolvem o processo de eletroquímica.

Nesse sentido, ao se trabalhar a eletroquímica, entendemos a necessidade de criar situações em sala de aula que possam aumentar o foco atencional dos estudantes por meio de atividades que relacionem a teoria à prática, para que possam proporcionar um ambiente de aprendizagem favorável ao desenvolvimento de uma visão interdisciplinar (Freire, 1996). Neste caso, não só da química com a matemática, mas com outras possíveis áreas do conhecimento, estimuladas a partir da potencialidade didática do planejamento do conteúdo a ser ensinado.

Conforme Magalhães (2002), a utilização e associação de metodologias de ensino de forma a relacionar os conceitos, interdisciplinarmente, serve como forma de revelar para os estudantes como a Ciência é construída. A partir do contexto apresentado, uma das necessidades que propomos é a reflexão de como aumentar a atenção dos alunos em aspectos que possam favorecer o processo de aprendizagem do conteúdo de eletroquímica.

Percebemos duas relações importantes: (a) a necessidade de utilizar estratégias de ensino que favoreçam o foco atencional dos estudantes e (b) a necessidade de relação do conteúdo com situações cotidianas. A partir disso, entendemos que uma forma de proporcionar um ambiente favorável à aprendizagem é a relação dos conhecimentos do conteúdo de química com a modelagem matemática.

A modelagem Matemática aplicada à Química possibilita relação entre o conhecimento matemático e a realidade, valorizando a reflexão e ação dos alunos sobre os fenômenos químicos ao seu redor e na natureza.

Ao serem problematizados e contextualizados, os fenômenos químicos e conhecimento matemático, presentes no cotidiano, possuem potencialidade para que estudantes sejam estimulados a refletirem e realizarem possíveis tomadas de decisões. Dessa forma, também poderão participar do processo de investigação e apropriação de conhecimento.

A partir do exposto e das possibilidades levantadas, apontamos a necessidade de realizar atividades práticas que estimulem a atenção dos alunos de forma que possam compreender conteúdos que envolvam cálculos (matemática) com relação de conceitos e símbolos (química). Isso abre a possibilidade de discutirmos aspectos relacionados à neurociência. Na próxima seção será apresentada uma das teorias atencionais que contribuirá com a relação proposta nesta investigação.

A teoria da semelhança: algumas considerações

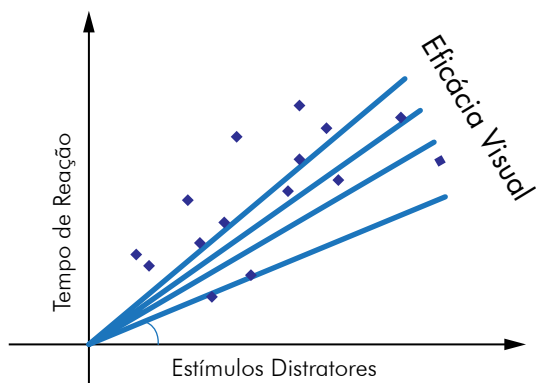
De modo geral, as investigações acerca da atenção seletiva apresentaram ênfase no estudo do processamento da informação visual. Os modelos explicativos da visão humana abordam a existência de dois modos distintos no processamento da informação visual: um sobre todo o campo visual, porém limitado; outro que atua de maneira sequencial sobre os objetos ou sobre áreas restritas do campo visual. Sternberg (2010) traz como argumento que o pesquisador em busca guiada por um estímulo alvo em contrapartida aos distratores, questionando qual o produto das operações realizadas, simultaneamente, sobre todo o campo visual. Pode-se supor que um estímulo, antes de ser identificado, deve ser isolado dos outros estímulos presentes no campo visual.

Algumas características destes tipos de processamento têm sido estudadas em tarefas nas quais o sujeito deve apontar se um estímulo alvo está presente ou não, entre um número variável de outros estímulos, os chamados estímulos distratores.

Sternberg (2010) afirma que o Tempo de Reação (TR) de um indivíduo a um determinado estímulo pode indicar se a resposta foi automática ou não. O aumento significativo desse TR em função dos distratores existentes pode indicar um processo de busca realizado de maneira sequencial, em que há necessidade de uma atenção focada no campo em estudo.

Duncan e Humphreys (1989) explicam essa situação como um modelo funcional que relaciona TR e Estímulos Distratores como variáveis (Figura 1):

Figura 1. Modelo funcional para explicar a eficácia visual



Fonte: elaborado pelos autores (2023)

A partir dessa interpretação funcional, o aumento de tempo de reação em função dos estímulos altera o coeficiente angular da função linear e indica a eficácia de busca visual realizada no campo em estudo. Assim, quanto mais estímulos distratores, maior será o tempo de reação do indivíduo às atividades propostas, que compromete a eficácia visual dos objetos presentes na atividade e consequentemente o tempo de solucioná-la.

Duncan e Humphreys (1989) inferiram que esses dados resultam no fato de que, à medida que a semelhança entre o estímulo-alvo e os estímulos distratores aumenta, os alvos muito semelhantes são difíceis de serem detectados.

Na busca dessa eficácia visual que leva à solução do problema citamos outro exemplo, (Figura 2), que ilustra a necessidade de novas segmentações do alvo em escalas mais restritas. Isso faz com que o tempo necessário para a detecção desse alvo – que pode ser o objeto do conhecimento desejado – aumente em função do número de distratores com os quais este se confunde. A Figura 2 ilustra uma situação em que a diferença entre o alvo (óculos de lentes azuladas) e outros óculos é mínima.

Por outro lado, quando o alvo é pouco similar aos distratores e a forma, como são dispostos na figura, estes formam agrupamentos fortes entre si e o alvo é segmentado com facilidade.

Os estudos de segmentação de texturas sugerem que, onde os elementos diferem na forma e em como suas propriedades foram combinadas, exige atenção focalizada.

Figura 2. Imagem que apresenta o desafio de encontrar um rapaz de óculos diferenciado.



Fonte: Regio (2021).

De acordo com Beck e Rosenfeld (1983), a segmentação é um processo de organização perceptiva cujas leis atuam em níveis do processamento da informação visual: o primeiro deles é identificar nas texturas as similaridades; num segundo nível, agregar esses elementos, agrupando-os por similaridade, pela semelhança entre os estímulos.

Dito isso, podemos chegar no que Steinberg (2010) denomina de Teoria da Semelhança, a partir dos outros modelos que ele descreve para introduzir e explicar a questão da similaridade no processo de como a mente humana conduz as buscas visuais.

A atenção seletiva, quanto enfatiza aspectos visuais, como no caso de atividades experimentais no ensino de química, de acordo com Franco de Lima (2005, p. 6) “modula a atividade de regiões distintas do córtex extra-estriado

que são responsáveis pelo processamento das diferentes características dos estímulos”. Na atividade experimental em questão, os estudantes terão que focar no campo visual dos diferentes testes realizados em microescala. Nesse contexto, entendemos que quando estabelecido um foco atencional “ocorre um aumento na taxa de disparos de neurônios que de modo a atender esse estímulo” (Franco de Lima, 2005, p.6). Com isso verificamos a importância do estudante ser estimulado a desenvolver o seu foco atencional, nesse caso, não só pela experimentação, mas por questionamentos, apontamentos e estímulos emitidos pelo docente que conduz uma atividade. A partir desse contexto, apresentamos a seguir os aspectos metodológicos que conduziram a atividade de investigação.

Aspectos metodológicos

A pesquisa possui caráter qualitativo, pois temos como ambiente natural o contexto de sala de aula, comum aos pesquisadores que realizaram a intervenção, e busca entender o processo de atenção durante a realização de umas atividades de experimentação, por meio da análise subjetiva dos pesquisadores (Bogdan e Biklen, 1994). Além disso, a pesquisa qualitativa proporciona a análise em tempo real, ou seja, ao mesmo tempo em que se realiza a atividade investigativa é possível realizar análise preliminares.

A tarefa aplicada foi fruto dos estudos e discussões do Grupo de Pesquisa. Uma das atribuições do grupo de pesquisa foi a elaboração de uma tarefa envolvendo a teoria da atenção seletiva. Essa atividade, intituladas “duelos”, consistia em uma dinâmica em que um grupo apresentava uma tarefa para outro e após ocorria discussão dos conceitos envolvidos.

Os participantes dessa atividade são estudantes do curso de Licenciatura em Química de uma instituição pública de Ensino Superior, localizada na região Centro-Oeste, devidamente matriculados na disciplina de Experimentação no Ensino de Química II. A investigação está registrada no conselho de ética e pesquisa pelo CAAE n. 46366121.8.0000.5160, que está atrelada com o projeto de pesquisa *Investigação dos processos de ensino e de aprendizagem no ensino de química por meio das questões sociocientíficas* de um dos pesquisadores desse trabalho.

A atividade investigativa ocorreu em duas aulas, nas quais os estudantes realizaram uma sequência de experimentos sobre eletroquímica no laboratório, que estavam relacionados com aspectos da Teoria da Semelhança e a modelagem matemática. A relação entre teoria da semelhança e modelagem matemática se deu pela potencialidade interdisciplinar do conteúdo de química, denominado eletroquímica. Nessa atividade, os participantes desenvolveram experimentos com grau de similaridade alto e por meio de pequenas evidências tinham o desafio de investigarem quais reações eram favoráveis para a montagem de uma pilha eletroquímica, por meio das evidências (alvo) e dos cálculos realizados a partir dos dados construídos pelos estudantes. A modelagem matemática fundamentou

todo o aspecto contextual da utilização das pilhas no cotidiano dos alunos.

Os estudantes receberam um roteiro investigativo, o qual listava as atividades experimentais a serem realizadas. De forma geral, utilizaram as soluções 0,1 mol/L de Cloreto de Magnésio, Sulfato de Alumínio, Sulfato de Zinco, Cloreto de Ferro II, Ácido Clorídrico e Sulfato de Cobre; que foram gotejadas em sólidos metálicos de magnésio, alumínio, zinco, ferro e cobre, com o objetivo investigativo de verificar se ocorria reação espontânea. Tal identificação depende muito do foco atencional do aluno ao perceber evidências de transferência de elétrons entre as substâncias.

O instrumento de construção de informações empíricas foi um relatório produzido pelos estudantes. A análise se deu pelos princípios da pesquisa qualitativa, relacionado com aspectos da Teoria da Semelhança, tais como, campo visual, os estímulos distratores e o tempo de reação. A partir do relatório e dos argumentos de cada participante foi possível descrever suas ações e interpretar tais resultados à luz da Teoria da Semelhança defendida por Duncan e Humphreys (1989) e Sternberg (2010).

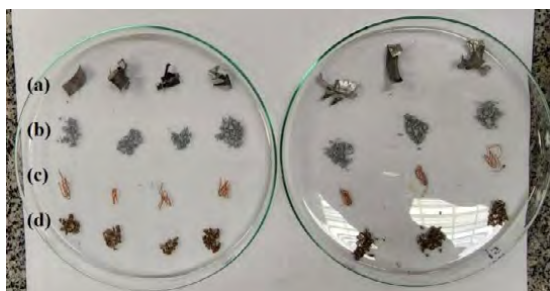
Resultados e Discussão

Os participantes da pesquisa estão denominados como P1, P2, P3 e P4. O perfil dos estudantes é variável, pois cada um pertence a diferentes períodos do curso. No entanto, vale ressaltar que a disciplina é ofertada no quarto semestre do curso.

Na primeira etapa da realização da atividade experimental, os discentes deveriam colocar uma pequena quantidade de magnésio metálico (raspas) em uma placa de Petri para realizar o teste. A partir dessa situação, deveriam adicionar soluções de Cloreto de

Ferro II 1 mol/L, Cloreto de Magnésio 1 mol/L, Nitrato de Prata 1 mol/L, Sulfato de Zinco 1 mol/L, Sulfato de alumínio 1 mol/L, Sulfato de Cobre 1 mol/L e ácido clorídrico 6 mol/L em cada amostra de magnésio metálico, conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3. Na primeira linha de cima para baixo: (a) são as raspas de magnésio, na segunda linha o (b) zinco metálico, na terceira linha (c) o cobre e na última linha (d) o ferro metálico.



Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

Partindo do princípio de que as raspas de magnésio metálico, todas, possuem o mesmo aspecto visual – metálico, opaco e tamanho de 0,5 cm –, o objetivo da investigação estava relacionado à identificação dos diferentes aspectos que aconteciam quando se gotejava pequenas quantidades das soluções descritas acima. Steinberg (2010), em conformidade com as premissas teóricas de Duncan e Humphreys (1989), salienta a semelhança (uniformidade) entre os fatores de distração, pois facilita a busca do estímulo-alvo e a busca de um alvo num fundo de distratores uniforme por ser mais fácil.

É importante considerar que a teoria da semelhança aponta para a necessidade de representação dos objetos que serão analisados por essa teoria. Nesse sentido, apontamos que os materiais utilizados, visualmente, eram idênticos, não possuem distinção entre si. Então, todas as raspas de magnésio, por

exemplo, possuíam as mesmas características, inclusive tamanho; e assim para os demais metais utilizados. As soluções também, visualmente, possuíam a mesma característica, ou seja, eram líquidos homogêneos e incolores.

Como o experimento foi realizado em microescala – pequena quantidade de reagentes – foi necessário que os discentes focassem atenção na hora de realização da atividade para que fosse possível identificar a ocorrência de qualquer alteração no meio de tantas raspas de magnésio semelhantes. Além disso, em algumas reações a visualização o fenômeno não acontece instantaneamente, é necessário focar a atenção para pequenos detalhes, pois o tempo de reação de cada reação química é distinto. Esse fato aumenta o tempo de retenção nas atividades, ou seja, nessa situação para que possa ser identificado um alvo ocorre o aumento do foco atencional devido a busca realizada pelo discente.

O P1 percebeu que, quando adiciona gotas de Nitrato de Prata na raspa de magnésio metálico, houve uma alteração visual e comentou que “reagiu, despedaçou; foi possível perceber uma mudança na coloração e a raspa sofreu alteração no seu formato”. As discentes P2 e P3 perceberam que “parece que a mudança foi brusca, teve pequenas bolhas, quase imperceptível nesse caso”, P2; “ao mesmo tempo foi possível verificar que não teve borbulhamento de gás”, P3.

A partir dos argumentos expressos por P1, P2 e P3, é possível observar que, apesar de ser o mesmo experimento, os participantes tiveram o mesmo resultado, mas com conclusões diferentes. P1 notou que a raspa sofreu um pouco mais de dano (reagiu) que as demais, P2 ressaltou a mudança e o aparecimento de pequenas quantidades de bolhas e ao contrário, P3 aponta que não houve surgimento de bolhas. Apesar do mesmo resultado, foram diferentes aspectos que chamaram a atenção dos diferentes participantes. Na atividade, realmente, houve pequenas quantidades de bolhas, mas de que forma geral não poderia afirmar se era oriunda da reação ou do próprio movimento da reação entre o líquido e o metal, por isso a diferença de percepção entre P2 e P3.

Ao final os participantes tinham que realizar os cálculos da diferença de potencial da pilha, conhecida como ddp.

A modelagem matemática é fundamental para entender as reações químicas a partir dos resultados do cálculo de potenciais das pilhas. Segundo Fontes et al. (2012), para saber com antecedência qual será a voltagem, FEM (força eletromotriz) ou ddp (diferença de potencial) que uma pilha gerará, a partir de dois metais com características diferentes, utiliza-se o cálculo do potencial de uma pilha. A partir da constatação da existência da relação matemática entre a diferença de potencial da pilha e a concentração dos íons de zinco foi discutido como essa relação pode ser representada por uma equação matemática: $\Delta E = E_{\text{red}}(\text{maior}) - E_{\text{red}}(\text{menor})$ ou $\Delta E = E_{\text{oxi}}(\text{maior}) - E_{\text{oxi}}(\text{menor})$, sendo ΔE = variação do potencial de uma pilha.

A realização do cálculo prevê a ocorrência ou não de uma reação química quando metais e soluções entram em contato um com o outro. Nesse contexto, P4 aponta que: “cheguei ao valor de + 0,7 eV (elétrons volts)”, na discussão P2 complementou: “então a reação é espontânea, ou seja, iria acontecer uma reação”,

“nossa, não havia percebido a reação, então o despreendimento de gás foi da reação mesmo”, P3. Nesse contexto, foram estabelecidas possíveis reflexões da importância de discutir as reações químicas que envolvem possíveis pilhas eletroquímicas. O Quadro 1 apresenta o experimento realizado com o magnésio metálico.

Quadro 1. Resultados encontrados pelos participantes na reação que utilizou o metal magnésio e as soluções químicas.

N.	Soluções químicas	Reação com o Magnésio			
		P1	P2	P3	P4
1	Solução de Cloreto de Magnésio	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
2	Solução de Nitrato de Prata	Mudança de coloração e alteração de formato	Formação de bolhas	Formação de bolhas	Formação de gás e formação de bolhas
3	Solução de Sulfato de Zinco	Reagiu com formação de precipitado	Formação de pó branco	Leve formação de precipitado	Formação de precipitado
4	Solução de Sulfato de Alumínio	Bolhas e liberação de gás	Liberação de gás	Leve formação de gás	Liberação de gás
5	Ácido Clorídrico	Formação de gás e bolhas	Forte reação com bolhas e gás	Formação de gás	Forte reação, formação de gás

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

A atividade experimental apontou para a alta reatividade do metal magnésio, pois reagiu com todas as substâncias presentes. Então, os participantes foram questionados a respeito da relação com a temática central “obsolescência programada”; ou seja, qual a preocupação ao ser descartado, materiais eletroeletrônicos, no lixo comum? P3 apontou que “é perigoso, esse metal reage com muita coisa”, P4 disse: “nossa, professor, o magnésio, como está no grupo 2 da tabela periódica, então ele é muito reativo”. P2 comentou: “como ele é muito reativo, pode reagir muito fácil no meio ambiente”. Houve um momento de discussão possibilitada pelas ações do docente de questionar os alunos a respeito da temática central.

A partir do momento em que os participantes estabeleceram relação da atividade experimental com temática central, relacionam a importância de se conhecer as propriedades

das substâncias químicas, principalmente, pelo fato dessas reagirem em diferentes velocidades e diferentes formas. Existem muitas substâncias no solo que podem reagir e contaminar um determinado solo. Além disso, uma realidade brasileira são lixões que servem de fonte de renda para muitos brasileiros, isso indica que muitos retiram o sustento do próprio lixo, ou seja, descarte. Então, quando um material eletroeletrônico é descartado no lixo comum, uma série de contaminações envolvendo meio ambiente e saúde pode acontecer e prejudicar a saúde das pessoas que dependem desse local; afetando também o meio ambiente por conta da contaminação do solo.

Nesse momento, durante a aula, foram promovidas discussões a respeito da obsolescência programada, mediadas pela seguinte problematização: quais desses metais são mais prejudiciais ao solo e à água? Quais podem, de uma forma geral, causar maiores impactos

ambientais? Existe alguma relação de ocorrer reação (no experimento realizado) com o meio ambiente? Os estudantes participaram expondo seus pontos de vista a partir dos resultados dos cálculos matemáticos realizados para cada metal e da visualização dos experimentos elaborados por meio da teoria da semelhança.

Por meio dos argumentos dos participantes é possível averiguar a relação estabelecida entre o conteúdo de química, os conceitos discutidos na atividade experimental, a importância da atenção para observar características de uma reação química e a aplicação desse conceito para uma preocupação coletiva. Além disso, a partir do Quadro 1 é possível averiguar como os estudantes percebem de forma diferente reações químicas idênticas. Na reação do Sulfato de Zinco com raspa de magnésio, por exemplo, todos os participantes apontaram descrições diferentes para a formação de um precipitado no meio reacional. Nesse caso, a atividade experimental realizada estimulou a atenção seletiva visual, corroborada por Franco de Lima (2005), que aponta que essa situação ocorre quando um indivíduo foca em características específicas em uma determinada situação.

No segundo experimento, o objetivo investigativo foi analisar os aspectos atencionais dos participantes a partir da realização da atividade experimental com o uso do metal cobre seguindo o mesmo procedimento e reagentes da etapa anterior. O quadro 2 apresenta resultados da atividade experimental realizada pelos participantes.

Quadro 2. Resultados encontrados pelos participantes na reação que utilizou o metal cobre e as soluções químicas

N.	Soluções químicas	Reação com o Cobre			
		P1	P2	P3	P4
1	Solução de Cloreto de Magnésio	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
2	Solução de Nitrato de Prata	Reagiu, apresentou cor azul no meio	Percepção da cor azul	A solução ficou azul	Reagiu, ficou azul
3	Solução de Sulfato de Zinco	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
4	Solução de Sulfato de Alumínio	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu
5	Ácido Clorídrico	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu	Não reagiu

Fonte: Dados da Pesquisa (2022)

A partir do contexto experimental em que várias amostras de cobre são colocadas lado a lado, todas com as mesmas características, para reagir com soluções de diferentes substâncias, mas, visualmente semelhantes; teremos que os alvos, a depender do número de distratores, poderão dificultar a observação dos metais e as diferentes soluções que são os causadores dos distratores (Sternberg, 2010). A importância dessa relação é que perceber as alterações dos alvos, causadas pelos distratores, evidenciam uma reação química, que neste caso,

pelo fato de ser realizada em microescala, fica um pouco mais difícil de ser evidenciada, por esse motivo os discentes deveriam estar com o centro atencional em estado de alerta para conseguirem chegar a uma conclusão.

A partir dos resultados, apresentados no Quadro 2, é possível perceber que, mediante os resultados, os participantes chegaram a conclusões semelhantes, ou seja, o cobre não reagiu com todas as substâncias. Nesse contexto, ao analisar a fala de P1: “professor, percebi que a reação entre o cobre e cloreto de magnésio não apresentou nenhuma evidência, quando comparado aos demais, e por meio dos cálculos o valor número obtido foi negativo, ou seja, não ocorre reação”; é possível verificar que a atenção de P1, assim como dos demais participantes, estavam em comparar uma com as outras, com a intenção de procurar possíveis diferenças que evidenciavam uma reação química. Às vezes, o próprio movimento da solução ao entrar em contato, poderia ser um distrator, pois já imaginaram que seria um princípio de reação química, mas ao analisar com mais cuidado, P1 verificou que não era o caso.

Durante a atividade experimental, foi possível perceber que a modelagem matemática está relacionada à análise dos dados coletados, à busca de relações matemáticas entre as variáveis medidas e à proposição de modelos matemáticos que descrevam o comportamento das pilhas. Dessa forma, a modelagem matemática auxilia os alunos a compreenderem e interpretarem os resultados experimentais de maneira mais abrangente.

A semelhança entre os resultados dos participantes reforça a ideia de Duncan e Humphreys (1989), pois o alvo (reação química) foi pouco similar aos distratores (metais) e com isso o alvo foi segmentado com facilidade.

Na transcrição da fala de P2: “reação entre o cobre metálico e a solução de zinco, não ocorre reação, pois a ddp deu resultado negativo, mas se tivesse placa de zinco e solução de cobre daria positivo e aconteceria reação”; é possível verificar que seu comentário aponta para o entendimento do fluxo de elétrons a partir da observação dos fenômenos observados em função dos distratores; com isso, levantou a hipótese de que o fluxo contrário, ou seja, zinco para o cobre, a reação ocorreria. É relevante discutir que P2 só chegou a essa conclusão a partir do estabelecimento de relação entre o conteúdo científico trabalhado com o comportamento do alvo com as amostras que reagiram. Os participantes realizaram a atividade no mesmo instante, no entanto, tiveram tempos diferentes para chegarem às conclusões. Isso pode acontecer, pelo fato de o reagente químico funcionar como distrator, ou seja, cada participante tinha que confirmar, por meio de alguma evidência, em microescala, se ocorreu a reação ou não.

A reação do cálculo permitiu que se levantasse a hipótese “mas se tivesse placa de zinco e solução de cobre?”, ou seja, como o sinal deu negativo, o contrário é positivo, com isso ocorreria a reação – oxidação – da substância. Neste caso, a procura pela diferença – fatores que evidenciam uma reação – foi importante para analisar e formular seu argumento a partir da atividade experimental. Como o tempo de observação do experimento, para cada participante, foi em torno de seis minutos, temos indícios de que a resposta não foi automática, ou seja, foi necessário analisar e aumentar o foco atencional para averiguar a diferença entre os diferentes testes dentro do mesmo experimento.

No estabelecimento da ocorrência ou não de uma reação química, os distratores podem confundir os estudantes (Duncan &

Humphreys, 1989), como no caso de P3: “professor, na reação entre cobre metálico e sulfato de alumínio, não houve evidência de uma reação, mas o cálculo deu valor final negativo, justifica o fato de não ter ocorrido reação?”. Apesar dos dados estarem à sua frente, P3 não conseguiu estabelecer uma relação direta, com a mediação docente – uma ou duas perguntas – a estudante conseguiu perceber que uma reação química ocorra, oxirredução, é necessário que o valor da ddp seja positivo, ou seja, dessa forma a reação ocorrerá de forma espontânea. Apesar da dúvida – pergunta – feita por P3, seu raciocínio estava, conceitualmente, correto.

É possível perceber que os participantes estabeleceram relações possibilitadas pela modelagem matemática, pois observaram a influência da concentração dos íons nas pilhas eletroquímicas, construíram os dados e interpretaram por meio dos cálculos e estabeleceram possíveis relações entre a concentração e a diferença de potencial da pilha.

Franco de Lima (2005) aponta que o controle executivo da atenção está relacionado ao despertar do interesse do indivíduo e ao mesmo tempo à supressão de estímulos que concorrentes. Dessa forma, entendemos que nos dois experimentos apresentados até agora, o sistema atencional, possivelmente, focou e se atentou a qualquer mudança visual no meio reacional. Com isso, as informações existentes na memória “são evocadas e informam o direcionamento do foco da atenção de acordo com as expectativas individuais” (Fonseca & Silva, 2021, p. 13).

Em outros momentos, os estudantes esperavam o resultado dos cálculos para confirmar a presença ou não de reação química, tal como P4: “deu negativo, o resultado do cálculo de diferença de potencial, deu negativo, ou seja, não ocorre reação entre eles dois”; ou seja, a inferência só foi realizada a partir da confirmação do cálculo da diferença de potencial entre as duas substâncias. Nesse caso, apesar de ter encontrado a resposta correta, o participante só confirmou a reação após o cálculo matemático, ou seja, possivelmente, para P4, que demorou um tempo a mais que os outros participantes. Nesse experimento, o foco atencional teve que ser ampliado, justificado pelo tempo de retenção na procura pelo alvo. É importante ressaltar que nesse caso, os participantes, poderiam ficar em dúvida a respeito se o alvo é, realmente, um alvo, pois depende de a característica emergir durante a reação e muitas vezes, tal característica aparece de forma superficial.

Nesses experimentos, outras reações foram realizadas com pequenas placas de zinco, que foram colocadas em contato com as soluções apontadas acima. É importante perceber que nos casos em que não houve reação química, todos os estudantes apontaram a não ocorrência de reação química; isso devido ao fato do sistema de observação não ter sido alterado. No entanto, é possível perceber que nos casos em que houve alteração, os dois participantes, P1 e P4, não conseguiram observar a mudança de alteração proporcionada pela evidência

da reação química. Essa situação evidencia o que Duncan e Humphreys (1989) defendem, ou seja, que a busca pela facilidade de encontrar o alvo deve ser relacionada com os distratores, seja é dizer, quando os distratores são semelhantes a identificação do estímulo-alvo é facilitada. Isso ocorreu em reações que reagiram, rapidamente, com evidências fortes de reação química, essa situação reforça a identificação automática (Treisman, 1982).

Em cada etapa, ocorriam discussões a respeito do descarte correto de produtos que possuem esses metais como parte de sua composição. Esse fator é fundamental para discussão para pensarmos em possíveis tomadas de decisões a partir do cotidiano, pois o fato de descartar material em local inadequado, principalmente, àqueles que possuem cobre e magnésio – ambos os casos são metais reativos – pode contaminar solos e água subterrâneas. Novamente, foi retomado a temática obsolescência programada, como forma de provocar reflexões nos estudantes a respeito da utilização e do descarte correto de determinadas substâncias. Esse fator de descarte de material é influenciado pelos materiais que entram em desuso, facilmente, e logo são descartados ao solo. Esses materiais possuem metais (como neste experimento) que pelo fato de serem reativos, podem causar impactos ambientais variados.

De um modo geral, foi possível perceber que a atividade experimental mediada pelos aspectos atencionais foi realizada no planejamento da atividade pelo docente que conduziram a disciplina. A partir do entendimento da Teoria da Semelhança, as atividades puderam ser planejadas de modo a estimular os participantes a se atentar aos detalhes dos experimentos, pois são essas minúcias que trazem os conceitos de eletroquímica e que podem ser identificadas a partir do foco atencional do participante.

De uma forma geral, o ser humano não consegue estar atento a todas e quaisquer

características de cena visual, por isso, é necessário ter estímulos adequados para que os estudantes se sintam motivados a procurarem os alvos em meio aos distratores. Dessa forma, por exemplo, quando o alvo altera uma coloração ou tem desprendimento de fumaça, fica mais fácil identificar o alvo. No entanto, em algumas reações químicas, a mudança é lenta e processual e esse fator pode fazer com que os estudantes não percebam a diferença.

Nesse ponto, ressaltamos a importância de o professor conhecer a potencialidade didática do experimento e do conteúdo a ser ensinado, pois a partir disso saberá quais elementos argumentativos utilizar para mobilizar a atenção dos estudantes por meio da motivação.

Considerações finais

Nas atividades propostas aos estudantes, foi observada a importância do campo visual e que um estímulo deve ser isolado dos outros estímulos para ser reconhecido. Nos experimentos realizados, os estudantes identificaram que a atenção é fundamental para observar a evolução das reações possibilitando analisar as semelhanças pelos estímulos distratores apresentados e quanto maiores os estímulos, maior será o tempo de reação.

Os participantes conseguiram chegar a respostas semelhantes, o que variou foi o nível de detalhamento de que um expressou a respeito das informações. Quando a atenção é conduzida para um único estímulo visual, como no caso dos experimentos realizados, existe uma maior probabilidade de aumento do foco atencional, com isso o “aumento na taxa de disparo de neurônios que atendem a esse estímulo” (Mottet, 1993, p. 912).

A Modelagem Matemática possibilitou relacionar os conceitos eletroquímicos em particular das pilhas e aplicar modelos matemáticos para analisar as reações criando

conexões entre disciplinas e proporcionando reflexões mais precisas nos experimentos.

Nesse contexto, o objetivo da modelagem matemática foi de fornecer uma representação quantitativa dos conceitos de FEM e ddp, permitindo a análise e a previsão de comportamentos elétricos em circuitos e sistemas eletroquímicos pelos participantes da pesquisa. Portanto, a modelagem matemática pode ser uma ferramenta valiosa para relacionar e quantificar os conceitos de FEM, ddp e outras grandezas elétricas, permitindo a compreensão mais profunda e a análise de sistemas eletroquímicos.

Aspectos da Teoria da Semelhança conduziram toda a atividade e, com isso, possuem potencialidade didática como estratégia de planejamento e condução de aulas experimentais em qualquer nível de ensino. No entanto, para que isso seja possível, é importante que os estudantes sejam estimulados por meio de problematização, questionamentos e discussão, para que a amplitude de estímulos contribua com o estado de vigília durante a realização da atividade.

Investigações por meio de estratégias de ensino poderão contribuir com a área de Ensino de Ciências e Matemática, principalmente, quando são associadas a conceitos matemáticos e àqueles que exigem grau considerável de abstração conceitual, como no caso da química e física. Nesse sentido, o conhecimento das teorias atencionais, por parte de professores, poderá contribuir com as atividades de ensino.

Com isso, os estímulos poderão contribuir para a busca visual, que depende da força do agrupamento entre distratores e o alvo (Duncan & Humphreys, 1989). No entanto, mais do que a busca, é importante que seja considerada o motivo dessa busca, ou seja, o reconhecimento de um conceito científico. Os estudantes buscaram identificar quais situações ocorriam evidência de uma reação química; no entanto, o resultado dessa busca foi mediado por meio de discussões propostas pela modelagem matemática que possibilitou a articulação com a temática obsolescência programada.

Agradecimentos

Aos colegas e integrantes do grupo de pesquisa NeuroMath pelas valiosas contribuições na estruturação inicial desse trabalho. Aos estudantes que aceitaram participar da pesquisa e disponibilizar os dados por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Referências bibliográficas

Bassanezi, R. C. (2011). *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. (3ª Ed.). Contexto.

- Bassanezi, R. C. (2015). *Modelagem matemática: teoria e prática*. São Paulo: Contexto.
- Beck, J. P., & Rosenfeld, A. (1983). A theory of textural segmentation. In J. Beck, B. Hope, & A. Rosenfeld.(Eds.), *Human and machine vision* (pp. 1-38). Academic Press,
- Biembengut. M. S., & Hein. N. (2011). *Modelagem matemática no ensino*. (5ª Ed.). –Contexto.
- Bogdan, R., & Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. (1ª Ed.). Editora Porto.
- Burak, D. (1987). *Modelagem Matemática: uma alternativa para o ensino de Matemática na 5ª série*. Dissertação (mestrado em Matemática), UNESP.
- D’Ambrósio, U. (2005). *Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade*. Autêntica.
- Duncan, J. & Humphreys; G. W. (1989). Visual Search and Stimulus Similarit. *Psychological Review*, (96), 433-458.
- Ferreira, A. S., Gonçalves, A. M., e Salgado, J. T. S. (2021). Dificuldades de aprendizagem do conteúdo de eletroquímica no ensino médio. *Scientia Naturalis*, (4),1707-1720.
- Fonseca, L. S., e Silva, K. S. (2021) Elementos neurocognitivos da atenção seletiva para a compreensão da transição escolar de noções matemáticas. *Ciências y Cognição*, (26), 10-25.
- Fontes, A. M., Lourenço, M. F. P., & Messeder, J. C. (2012 julho). A representação experimental da pilha de Daniell nos livros didáticos: um erro questionado. In *xvi Encontro Nacional de Ensino de Química e x Encontro de Educação Química da Bahia*, Salvador, Bahia.
- Franco de Lima, R. (2005). Compreendendo os Mecanismos Atencionais. *Ciência y cognição*, Rio de Janeiro, (6), 113-122.
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: Saberes necessários à prática educativa*. (25ª Ed.). Paz e Terra.
- Góes, L. F., Fernandez, C., & Agostinho, S. M. L. (2016, julho). Concepções e dificuldades de um grupo de professores de química sobre conceitos fundamentais de eletroquímica. In *Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química*, Florianópolis, Santa Catarina.
- Magalhães, M. (2002). *Técnicas criativas para dinamizar aulas de Química*. Editora Muiraquitã.
- Motter, B. C. (1993). Focal attention produces spatially selective processing in visual cortical areas V1, V2, and V4 in the presence of competing stimuli, *Journal Neurophysiol*, (70), 909-919.
- Pereira, A. S., & Conceição, N. C. P. (2019). Um estudo sobre laboratórios multidisciplinares de ciências da natureza em escolas públicas da região Oeste do Pará. *Revista Exitus*, (9), p. 331-360.
- Regio, R. (2021). Seus talentos visuais são bons? Encontre o estranho neste teste visual desafiador. Recuperado de: <https://educadoreslive.com/seus-talentos-visuais-sao-bons-encontre-o-estranho-neste-teste-visual-desafiador/>
- Slade, G. (2007). *Made to break: technology and obsolescence in America*. Harvard University Press.
- Sternberg, R. J. (2010). *Psicologia cognitiva*. Anna Maria Dalle Luche e Roberto Galman (Trads.). (5 Ed.). Cengage Learning Edições Ltda.
- Treisman, A. M. (1982). Perceptual grouping and attention in visual search for features and for objects. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, (8), 194-214.