

O uso do smartphone no desenvolvimento de modelos mentais dos alunos no ensino de Química: aplicativos de simulação virtual e realidade aumentada

Gabriela Martins Piva¹

Caio Murilo dos Santos²

Rodolfo Kasuyoshi Kohori³

Gustavo Bizarria Gibin⁴

Resumo: Neste artigo, com o intuito de se trabalhar conceitos do ensino de atomística e periodicidade, aplicaram-se atividades que utilizavam recursos tecnológicos para smartphones, como aplicativos de simulação virtual e realidade aumentada. A pesquisa foi desenvolvida com alunos do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública, localizada em Presidente Prudente – SP (Brasil). Adotou-se, como referencial, a teoria de modelos mentais de Johnson-Laird (1983), na qual modelos mentais são definidos como construções internas, que são análogas ao objeto ou fenômeno que está sendo representado. Desta forma, teve-se como objetivo analisar e, possivelmente, aprimorar os modelos mentais dos alunos sobre a concepção de elemento químico, bem como propriedades relacionadas às estruturas atômicas. Notou-se que, por meio das atividades realizadas, os alunos apresentaram melhorias significativas nos modelos mentais expressos sobre os conceitos trabalhados, visto que, inicialmente, a maioria apresentou ideias simplistas ou, até mesmo, equivocadas, porém, ao final do trabalho, surgiram modelos mentais mais sofisticados, ou seja, com elementos (tokens) mais próximos aos modelos científicos. Além disso, trabalhar com Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) e jogos didáticos propiciou aulas mais dinâmicas, uma vez que os alunos trabalharam em grupos e participaram de forma ativa.

Palavras-chave: Modelos Mentais. Realidade Aumentada. Realidade Virtual. Smartphone. Ensino de Química.

The use of smartphone in the development of students' mental models in teaching chemistry: applications of virtual simulation and augmented reality

Abstract: In this article, in order to work with atomistics and periodicity teaching concepts, used technological resources for smartphones, like applications of virtual simulation and augmented reality. This research was developed with high school students from a public school, located in Presidente Prudente – SP (Brazil). Johnson-Laird's (1983) study of mental

¹ Mestranda em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). São Paulo, Brasil. ✉ gabriela.piva@unesp.br  <https://orcid.org/0000-0002-7589-1982>

² Licenciando em Química pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). São Paulo, Brasil. ✉ caio.muh@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0001-8071-5441>

³ Mestre em Ensino de Física. Professor da Secretaria de Educação do Estado de São Paulo (SEE-SP). São Paulo, Brasil. ✉ rktomqui@gmail.com  <https://orcid.org/0000-0002-3478-1015>

⁴ Doutor em Ciências. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino e Processos Formativos da Universidade Estadual Paulista (UNESP). São Paulo, Brasil. ✉ gustavo.gibin@unesp.br  <https://orcid.org/0000-0001-9473-255X>

models was adopted as a theoretical framework, in which mental models are defined as internal constructions, analogous to the object or phenomena being represented. Thus, the objective of this work was to analyze and, possibly, improve the students' mental models about the conception of chemical element and also properties related to atomic structures. Found that, through the activities performed, students showed significant improvements in the mental models expressed about the concepts worked, because initially the majority presented simplistic or even mistaken ideas, but, at the end of the work, more sophisticated mental models appeared, that is, with elements (tokens) closer to scientific models. Besides that, working with Digital Information and Communication Technologies (DICT) and educational games provided more dynamic classes, justified by the fact that students work in groups and they actively participated.

Keywords: Mental Models. Augmented Reality. Virtual Reality. Smartphone. Teaching Chemistry.

El uso de teléfonos móviles en el desarrollo de modelos mentales de los estudiantes en la enseñanza de la Química: simulación virtual y aplicaciones de realidad aumentada

Resumen: En este artículo, para trabajar con conceptos de enseñanza de atomística y periodicidad, se aplicaron actividades que utilizaron recursos tecnológicos en teléfonos móviles, como la simulación virtual y aplicaciones de realidad aumentada. La investigación se desarrolló con estudiantes de tercer grado de una escuela pública, ubicada en Presidente Prudente – SP (Brasil). Se adoptó la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird (1983), en la que los modelos mentales se definen como construcciones internas, que son análogas al objeto o fenómeno que se representa. Así, el objetivo fue analizar y posiblemente mejorar los modelos mentales de los estudiantes sobre la concepción de un elemento químico, así como las propiedades relacionadas con las estructuras atómicas. Se notó que, a través de las actividades realizadas, los estudiantes mostraron mejoras significativas en los modelos mentales expresados sobre los conceptos trabajados, ya que, inicialmente, la mayoría presentaba ideas simplistas o incluso erróneas, sin embargo, al final del trabajo, surgieron modelos mentales más sofisticados, es decir, con elementos (tokens) más cercanos a los modelos científicos. Además, trabajar con Tecnologías Digitales de Información y Comunicación (TDIC) y juegos educativos proporcionó clases más dinámicas, ya que los estudiantes trabajaron en grupos y participaron activamente.

Palabras clave: Modelos Mentales. Realidad Aumentada. Realidad Virtual. Teléfono Móvil. Enseñanza de la Química.

Introdução

Atualmente, estão disponíveis diversos recursos tecnológicos que, dentro da prática educacional, têm muito a oferecer para potencializar o processo de ensino e aprendizagem dos alunos da educação básica (TAVARES; SOUZA; CORREIA, 2013). Assim, ao possibilitar formas diferenciadas de se trabalhar em sala de aula, as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) passaram a ser consideradas fundamentais no contexto educacional para o desenvolvimento pessoal e profissional dos alunos, e podem contribuir para a diminuição de barreiras sociais e culturais (SOUZA *et al.*, 2004).

Contudo, a simples incorporação das TDIC não garante inovação e melhoria nos processos de ensino e aprendizagem, na verdade, para que isso ocorra, é preciso haver um planejamento pedagógico (LEITE, 2014). Diante dessa perspectiva, para melhor desempenho do uso desse recurso dentro do ensino, é importante buscar o aprimoramento do corpo docente, por meio de uma formação que permite instruir o manuseio e orientar a forma mais adequada de aplicação dessas ferramentas (TAVARES; SOUZA; CORREIA, 2013).

Uma das vantagens que justificam a inserção das TDIC no ensino de Química é a possibilidade de se trabalhar o currículo de forma mais dinâmica, já que, além de ser considerado extenso, muitas vezes ele é abordado somente por meio da memorização de conceitos e fórmulas somada à aplicação de exercícios de fixação que são desconexos da realidade (VIEIRA; MEIRELLES; RODRIGUES, 2011).

Além disso, uma das maiores dificuldades apresentadas por alunos do ensino médio e superior está atrelada à natureza abstrata dessa ciência, visto que as entidades químicas, bem como seus comportamentos, não são observáveis (WARTHA; REZENDE, 2016). Assim, é importante utilizar uma variedade de ferramentas que permitam representar os conceitos químicos trabalhados em sala de aula. Segundo Pauletti e Catelli (2013), o uso de tecnologias é interessante para suprir essa necessidade, uma vez que é capaz de proporcionar uma melhor visualização de modelos fundamentais para a compreensão dessa ciência.

Johnstone (2000) propõe que existem três níveis representacionais da Química: o macroscópico, o simbólico e o submicroscópico. O nível macroscópico é caracterizado pelo que é perceptível, concreto e mensurável. O nível simbólico é reconhecido pelo papel de representação da Química por meio de símbolos, equações e fórmulas. Já o nível submicroscópico está atrelado à compreensão dos aspectos atômicos e moleculares. O autor afirma ainda que, para de fato compreender essa ciência, deve-se ter o entendimento desses três níveis e a habilidade de transitar entre eles.

Em vista disso, Johnstone (2000) considera que um dos obstáculos para compreender a Química se dá pelo fato de que, geralmente, trabalham-se os fenômenos químicos apenas em relação ao nível macroscópico e simbólico, deixando de lado a abordagem do nível submicroscópico. Nota-se, também, que os alunos possuem dificuldade em transitar entre os níveis, ou seja, consideram complexo estabelecer uma

relação simultânea entre os aspectos macroscópicos, simbólicos e submicroscópicos dos fenômenos (VIEIRA; MEIRELLES; RODRIGUES, 2011).

Diante dessa perspectiva, Wartha e Rezende (2016) defendem que não deveria ser somente o objetivo principal do ensino de Química o conhecimento pleno de fórmulas, equações, ligações e mecanismos de reações, mas também, o estímulo da imaginação. Segundo os autores, por meio da imaginação, o aluno será capaz de desenvolver os modelos explicativos para que, assim, seja possível representar átomos, moléculas e transformações químicas, atribuindo significado àquilo que é observado no mundo macroscópico.

Sendo assim, o referencial teórico no qual esta pesquisa se baseia é a teoria de modelos mentais de Johnson-Laird (1983). Por meio das interpretações de suas obras, compreende-se que modelos mentais são representações internas, existentes na mente de um indivíduo, que possui aspectos análogos ao mundo externo. Segundo o autor, as pessoas desenvolvem seus raciocínios a partir de modelos mentais, desta forma, esses se assemelham a blocos de construção cognitivos, que podem ser combinados e recombinados de acordo com a necessidade do indivíduo.

Os modelos mentais estão associados à compreensão e ao raciocínio, são essas características que direcionam os mecanismos cognitivos e resultam em explicações, descrições e inferências (MOREIRA, 1996). Além disso, são caracterizados por se assemelharem a representações da realidade, compreendidas como algum tipo de notação ou conjunto de símbolos que retrata algo que é semelhante ao mundo exterior (JOHNSON-LAIRD, 1983).

Johnson-Laird (1983) ainda retrata outros dois tipos de representações mentais, que são as representações proposicionais e as imagens. De acordo com o autor, “uma representação proposicional é uma representação mental de uma proposição verbalmente expressa” (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 155). Ou seja, as representações proposicionais são interpretadas a partir dos modelos mentais e consistem em um conjunto de símbolos, que permitem dar sentido ao discurso. Assim, por meio das representações proposicionais é que o sujeito consegue realizar previsões e deduções sobre um determinado sistema, e, conseqüentemente, tomar decisões para desempenhar alguma tarefa (ERROBIDART *et al.*, 2013).

Já as imagens mentais resultam da percepção ou da imaginação e expressam como algumas coisas são vistas a partir de um ponto de vista próprio do observador. Johnson-Laird (1983) afirma que as imagens mentais são representações específicas que possuem aspectos perceptivos de determinados objetos, ou eventos, vistos de certa instância do objeto ou evento. Um modelo mental é formado a partir de um conjunto de imagens mentais (um bloco cognitivo), que são acomodadas e mantêm relação entre si e, conforme são acrescentadas informações ou estímulos, têm-se como resultado um modelo mental mais sofisticado (SOUZA, 2017).

Modelos mentais são construídos a partir da percepção e, também, podem ser formados a partir de um discurso ou ser fruto de nossa imaginação. Derivam da estrutura percebida pelo indivíduo, de algum conhecimento anterior, e da necessidade de manter o sistema cognitivo isento de concepções contraditórias (ERROBIDART *et al.*, 2013).

Ocorrem avanços nos modelos mentais quando eles são formulados e reformulados conforme o estudante acrescenta e relaciona essas informações a diversas situações e, em virtude dessas modificações, é consolidado um sistema cognitivo que o possibilita fazer compreensões mais significativas sobre um objeto de estudo (MOREIRA, 1996).

Faz-se necessário distinguir os modelos mentais em físicos e conceituais. Para Johnson-Laird (1983), os modelos mentais físicos são aqueles que representam o mundo físico (um automóvel, por exemplo), enquanto os modelos conceituais representam coisas mais abstratas (como fórmulas matemáticas). Dentro desses, existem os *tokens*, que são os elementos presentes dentro dos modelos mentais, os quais permitem caracterizá-los (JOHNSON-LAIRD, 1983). Como exemplo, podemos considerar que, em um modelo mental de um lápis, os *tokens* seriam a característica de ser um objeto que permite desenhar, riscar e/ou escrever, o seu formato, sua cor, o material de que é feito e o seu tamanho.

Com o constante avanço das TDIC, é possível favorecer o desenvolvimento desses modelos mentais, dado que uma abordagem no estilo tradicional, por vezes, não permite que o aluno construa o conhecimento necessário que o possibilite construir um modelo mental coerente com os modelos teóricos (BORGES, 1998). Logo, esta pesquisa tem o intuito de desenvolver e, possivelmente, aprimorar os modelos mentais dos alunos acerca do ensino de atomística e periodicidade, por meio de jogos que utilizam aplicativos de simuladores virtuais e de realidade aumentada para smartphones.

Definem-se simuladores virtuais como programas que trazem modelos de um sistema ou processo, assim, eles têm a função de representar algo, de modo mais semelhante possível, por meio dos recursos virtuais (MELO; MELO, 2005). Por sua vez, a realidade aumentada é uma tecnologia que promove o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, fazendo o uso de algum dispositivo tecnológico que funciona em tempo real (TORI; KIRNER; SISCOOTTO, 2006). Na Química, por meio desses recursos, torna-se possível visualizar e compreender aspectos do nível submicroscópico, o que pode favorecer o desenvolvimento de um modelo mental dos alunos mais coerente com o modelo científico (ALMEIDA; SILVA, 2017).

De acordo com Gonçalves e Denardin (2019), a realidade aumentada é bem recebida no contexto educacional, uma vez que os alunos não possuem dificuldade em utilizar as ferramentas tecnológicas e, além disso, permite melhor visualização e interatividade de conceitos abstratos, facilitando a aprendizagem e tornando a abordagem mais motivadora.

A utilização de jogos didáticos no ensino de Química também é apontada como positiva, dado que essa prática permite articular o aprendizado e a ludicidade, tornando mais leve o progresso da disciplina (MEDEIROS *et al.*, 2019). Por meio dos jogos didáticos, o aluno pode aplicar seus conhecimentos e interagir com os outros alunos de forma saudável (RÊGO; DA CRUZ JUNIOR; ARAÚJO, 2017). Além disso, a ludicidade é importante para a construção do conhecimento, pois torna as aulas mais dinâmicas ao promover diversão enquanto o aluno aprende os conceitos, desde os mais simples aos mais abstratos (CARBO *et al.*, 2019). Sendo assim, buscou-se inserir essa prática dentro da metodologia empregada, privilegiando a ludicidade na abordagem dos conceitos químicos.

Questão de pesquisa

É possível aprimorar os modelos mentais dos alunos do ensino médio sobre as estruturas atômicas de elementos químicos, bem como suas propriedades, ao utilizar aplicativos para smartphone de simulações virtuais e realidade aumentada?

Objetivos

Geral: Analisar e aprimorar os modelos mentais dos alunos sobre as estruturas atômicas de elementos químicos, bem como suas propriedades, por meio da utilização de aplicativos para smartphone de simulações virtuais e realidade aumentada.

Específicos: (a) Analisar se ocorreu evolução nos modelos mentais dos alunos por meio do emprego de modelos científicos, apresentados nos aplicativos que permitem a visualização de estruturas atômicas e; (b) Utilizar as TDIC para promover o ensino mais dinâmico de Química, visando superar concepções errôneas de alunos do Ensino Médio sobre os conceitos de atomística.

Metodologia

Esta pesquisa foi aplicada no ano de 2019, durante as aulas da disciplina de Química, a quatro turmas do terceiro ano do ensino médio de uma escola pública de Presidente Prudente – SP (Brasil), totalizando a participação de 77 alunos. Com o intuito de propiciar o desenvolvimento e possíveis aprimoramentos dos modelos mentais dos alunos, trabalhou-se com o ensino de atomística e periodicidade. As atividades propostas utilizavam aplicativos para smartphone de simulação virtual, além de um aplicativo de realidade aumentada acoplado a um jogo da memória. Ambos os aplicativos possuem modelos visuais relacionados às estruturas atômicas dos diferentes elementos químicos.

Os instrumentos de coleta de dados selecionados para realização desta pesquisa foram questionários, registro das atividades realizadas pelos alunos e entrevistas semiestruturadas. Por se tratar de uma investigação de modelos mentais, procurou-se utilizar diferentes ferramentas que possibilitassem aos alunos expressar seus modelos da melhor forma possível, visto que é impossível ter acesso ao modelo mental propriamente dito, pois trata-se de uma representação interna, pessoal e privada do indivíduo (COLINVAUX; FRANCO, 1999).

Para estudo dos dados coletados, aplicou-se a técnica de análise de conteúdo da Bardin (2011), sendo assim, as respostas dos alunos foram organizadas em categorias que representavam melhor suas ideias. Além disso, em algumas questões, assim como Piva *et al.* (2019), comparou-se os modelos mentais expressos pelos alunos com o modelo científico e, posteriormente, classificou-os por meio de termos que identificavam essa aproximação. Neste trabalho, os modelos mentais expressos foram classificados como: coerentes, parcialmente coerentes e incoerentes. Classificaram-se como coerentes os

modelos mentais que possuíam simetria com o modelo científico. Já aqueles modelos mentais que foram representados com alguns equívocos, mas que ainda era possível relacionar alguns *tokens* com o modelo científico, foram classificados como parcialmente coerentes. Os modelos mentais que possuíam representações equivocadas e sem relação com o modelo científico, foram considerados incoerentes.

Considera-se que esta pesquisa é de natureza majoritariamente qualitativa, visto que priorizou-se compreender os dados por meio da descrição e análise de suas características, bem como do contexto que foram constituídos. Contudo, para favorecer a discussão, optou-se por apresentar também dados quantitativos que expressassem, por meio de porcentagens, a frequência em que os conteúdos das respostas dos alunos apareceram (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). Todas as atividades desenvolvidas neste trabalho foram divididas em seis momentos, descritos abaixo.

Primeiro momento: levantamento de modelos mentais prévios dos alunos.

O primeiro momento da pesquisa foi a aplicação de um questionário inicial, que tinha o intuito de realizar um levantamento dos modelos prévios dos alunos sobre os conceitos que seriam abordados nas atividades posteriores.

Segundo momento: breve revisão de conceitos.

Por se tratar de alunos da terceira série do ensino médio, os conceitos trabalhados já tinham sido abordados durante o trajeto do ensino básico. Assim, realizou-se apenas uma breve revisão dos conceitos, por meio de uma aula expositiva e dialogada.

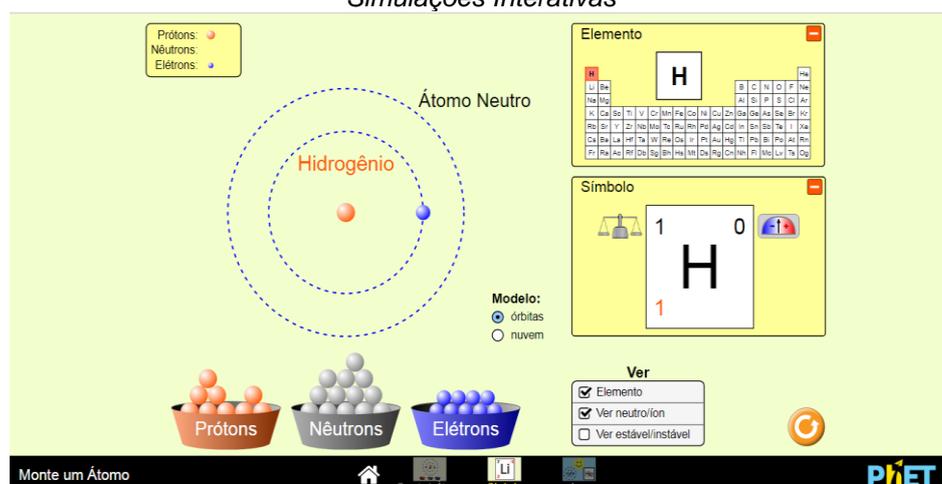
Terceiro momento: utilização do aplicativo de simulação virtual.

Neste momento, utilizou-se o aplicativo *Constrói um Átomo* do grupo *PhET Simulações Interativas* de duas formas: no notebook, com projeção para os alunos, e no smartphone, durante uma atividade em duplas.

Assim, primeiramente, com auxílio do notebook e projetor, apresentou-se aos alunos o *layout* e as funções do aplicativo, que é bem simples e de fácil manuseio. Além disso, para exemplificar, montaram-se as estruturas atômicas de alguns elementos, assim como o hidrogênio, apresentado na Figura 1.

Durante essa demonstração, foi destacado que ao alterar o número de prótons, altera-se o elemento químico que está sendo representado. Era possível verificar isso por meio do símbolo, do lado direito, e pela indicação, em vermelho, da localização na Tabela Periódica, acima do símbolo. Evidenciou-se, também, a relação do número de prótons e nêutrons com a massa atômica, bem como a relação do número de prótons e elétrons com a carga da espécie representada.

Figura 1: Átomo de Hidrogênio Construído por Meio do Aplicativo *Constrói um Átomo* do Grupo *PhET Simulações Interativas*



Fonte: Captura de Tela do Aplicativo de Simulação *Constrói um Átomo* do grupo *PhET Simulações Interativas*

Após familiarizarem-se com o aplicativo, os alunos trabalharam em duplas em seus próprios smartphones. A versão para smartphone possui o mesmo *layout* e havia sido solicitado que eles baixassem o aplicativo antes do dia da atividade. Neste instante, foi proposto que cada dupla montasse quatro espécies químicas diferentes, sendo algumas neutras e outras com cargas elétricas. Para isso, foram distribuídas cartas que continham o símbolo de cada espécie química, a massa atômica e a carga elétrica.

Depois da montagem da espécie química, os alunos deveriam realizar a captura de tela do seu celular para, posteriormente, nos enviar por meio de um aplicativo de mensagens online. Assim, essa também foi uma forma de realizar a coleta de dados.

Quarto momento: utilização do aplicativo de realidade aumentada em um jogo da memória.

O aplicativo *RApp Chemistry*, por meio de sua tecnologia de realidade aumentada, permite visualizar a estrutura atômica de diferentes elementos químicos de forma tridimensional. Para utilizá-lo, é necessário abrir o aplicativo e apontar a câmera do smartphone para o marcador específico do elemento químico que deseja visualizar, como

mostra a Figura 2. Esses marcadores são disponibilizados gratuitamente pelo próprio aplicativo, assim, basta imprimir para utilizá-lo.

Figura 2: Visualização da Estrutura Atômica do Sódio (Na) por Meio do Aplicativo *RApp Chemistry*



Fonte: Captura de Tela do Aplicativo de Realidade Aumentada *RApp Chemistry*

Para direcionar o uso do aplicativo, elaborou-se um jogo da memória, no qual, assim como no jogo tradicional, os alunos tinham que tirar os pares de cartas. Nessa combinação, uma das cartas é o próprio marcador do aplicativo e a outra, uma carta com informações correspondentes ao elemento químico, ou seja, com as suas respectivas características atômicas (massa atômica, configuração eletrônica, quantidade de elétrons na camada de valência e quantidade de camadas). A Figura 3 demonstra as cartas que foram consideradas pares no jogo da memória.

Figura 3: Visualização da Estrutura Atômica do Carbono (C) por Meio do Aplicativo *RApp Chemistry* e Carta Informativa Correspondente



Fonte: Captura de Tela do Aplicativo de Realidade Aumentada *RApp Chemistry*

É válido ressaltar que a intenção não era fazer os alunos decorarem os dados de cada elemento químico, mas sim que, ao virar as cartas, eles conseguissem interpretar a estrutura atômica representada e relacioná-la com os dados correspondentes, indicados na outra carta. Para a aplicação do jogo, a turma se organizou em grupos de quatro ou cinco

alunos. Cada grupo recebeu um jogo, que continha todos os pares de cartas e as suas regras.

Quinto momento: levantamento de modelos mentais finais dos alunos.

Após a realização de todas as atividades que abordavam os conceitos que envolvem o ensino de atomística e periodicidade, aplicou-se um questionário final. O objetivo deste momento foi averiguar possíveis alterações dos modelos mentais dos alunos.

Sexto momento: aplicação de uma entrevista semiestruturada.

Após uma análise dos questionários, selecionou-se alguns alunos para a entrevista semiestruturada. A seleção foi baseada nas respostas que não ficaram muito claras, assim, o intuito era compreender melhor esses dados e aprofundar informações. Além disso, selecionaram-se aqueles alunos que participaram mais ativamente e os que não participaram tão ativamente das atividades. Portanto, a entrevista semiestruturada possibilitou uma análise mais aprofundada dos modelos mentais dos alunos, bem como suas considerações, tanto positivas quanto negativas, sobre as atividades realizadas.

Resultados e discussão

Descrição e análise dos modelos mentais prévios das atividades aplicadas

No primeiro contato com os alunos, aplicou-se um questionário inicial. Assim, foi possível fazer um levantamento e análise dos modelos mentais que eles possuíam em relação aos conceitos trabalhados, antes da aplicação das atividades planejadas. O objetivo era obter respostas referentes à compreensão do que é um elemento químico e aspectos relacionados à estrutura atômica. Os resultados obtidos em relação aos modelos mentais expressos sobre elemento químico estão organizados na Tabela 1.

Tabela 1: Análise Prévia dos Modelos Mentais dos Alunos Acerca da Concepção de Elemento Químico

Modelos mentais expressos pelos alunos sobre elemento químico	
Definiu elemento químico como:	Alunos (%)
Conjunto de átomos que têm o mesmo número de prótons em seu núcleo	28
Símbolos presentes na Tabela Periódica	4
Tudo que sofre transformações químicas/reações químicas	10
Tudo o que compõe a natureza/universo	24
Conjunto de elétrons	1
Tem relação com os estados físicos da matéria	1
Não sei o que é um elemento químico	25
Em branco	7

Fonte: Organizado Pelos Autores

Também é possível notar que houve modelos mentais expressos de forma mais simples, como os 4% que afirmaram que elementos químicos são os símbolos encontrados na Tabela Periódica. Apesar de ser uma ideia mais simplista, ainda é uma ideia pertinente. Franco-Mariscal e Cano-Iglesias (2009) discutem que a memorização dos nomes e símbolos dos elementos químicos é uma tarefa desgastante, porém, é importante que alunos de ensino médio compreendam os símbolos dos elementos químicos que estão organizados na Tabela Periódica.

Outros modelos mentais considerados simplistas são aqueles apresentados por 10% dos alunos, que foram categorizados como *“tudo que sofre transformações químicas/reações químicas”*, e os 24% dos alunos que expressaram que elementos químicos são *“tudo que compõe a natureza/universo”*. Como exemplo, têm-se a resposta do Aluno A, que fez a seguinte afirmação: *“elementos químicos são componentes que existem na natureza, ou seja, tudo que existe.”*. De fato, os elementos químicos estão na natureza e em tudo que existe, porém essa visão é muito ampla e não os caracterizam de forma específica. Assim, considera-se como parcialmente coerente com o modelo científico, uma vez que é compreendido que esse aluno possui um modelo mental sobre o elemento químico que está relacionado com a matéria presente na natureza, mas não é muito bem definido.

Apenas 1% dos alunos definiram elementos químicos como o conjunto de elétrons, sendo considerado, portanto, um modelo incoerente. Outro 1% também apresentou um modelo incoerente com o modelo científico ao relacionar o elemento químico com os estados físicos da matéria. Uma parte significativa dos alunos, 25%, expressou não saber o que é um elemento químico. Enquanto 7% deixaram a questão em branco, impossibilitando a análise de seus modelos mentais.

A última questão do levantamento prévio dos dados tinha por objetivo observar se os alunos conseguiam identificar o elemento químico representado pela estrutura atômica e identificar as partículas presentes. Os dados coletados foram analisados e organizados na Tabela 2.

Em relação à identificação do elemento químico por meio da estrutura atômica, somente 2% dos alunos conseguiram estabelecer algum tipo de relação com o período e a família a qual pertencia o elemento químico apresentado, sendo 1% classificado como coerente com o modelo científico e 1% parcialmente coerente com o modelo científico.

Observa-se que a maior parte dos alunos, 79%, respondeu de forma incoerente com o modelo científico e, também, que 19% deixaram em branco a questão. Portanto, nota-se que os alunos tiveram muita dificuldade com esse conteúdo.

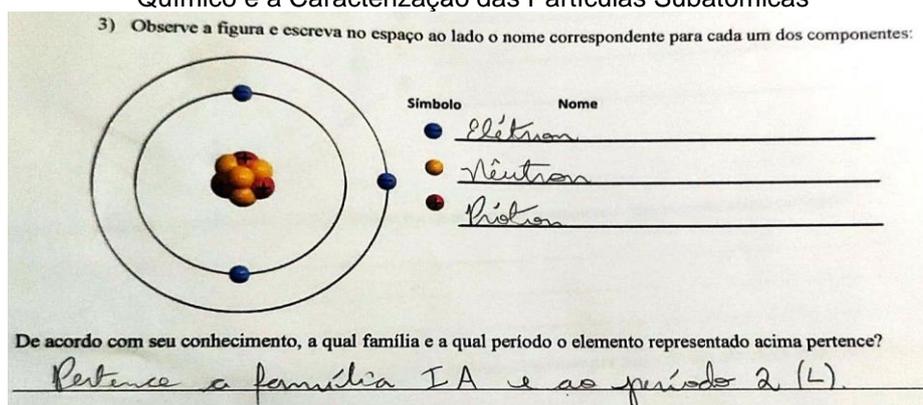
Tabela 2: Análise Prévia dos Modelos dos Alunos Acerca dos Aspectos Relacionados à Estrutura Atômica

Modelos expressos pelos alunos sobre estrutura atômica		
Categorias	Identificou o elemento químico por meio da estrutura atômica (Alunos, %)	Caracterizou as partículas subatômicas: próton, nêutron e elétron (Alunos, %)
Coerente com o modelo científico	1	38
Parcialmente coerente com o modelo científico	1	24
Incoerente com o modelo científico	79	31
Em branco	19	7

Fonte: Organizado Pelos Autores

Na Figura 4 está apresentada a resposta do Aluno B. Ele relacionou corretamente a estrutura com o período e a família a qual esse elemento pertence. No caso, o elemento apresentado é o Lítio, que pertence à família 1 ou IA e está localizado no segundo período da Tabela Periódica. Este foi o único aluno que conseguiu fazer essa relação de forma coerente.

Figura 4: Modelo Prévio Expresso Pelo Aluno B Sobre a Relação da Estrutura Atômica com o Elemento Químico e a Caracterização das Partículas Subatômicas



Fonte: Organizado Pelos Autores

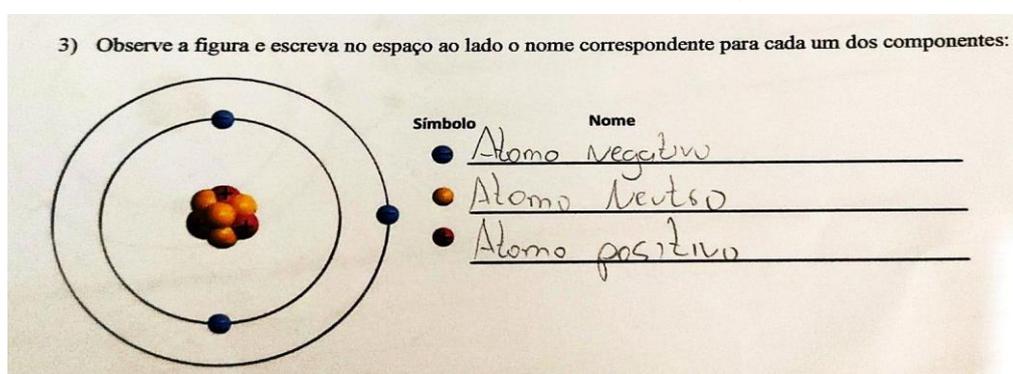
Observa-se, também, na Figura 4, que o mesmo aluno identificou as partículas atômicas corretamente, demonstrando um modelo mental sobre a estrutura atômica coerente com o cientificamente aceito.

Assim, em relação à caracterização das partículas subatômicas (próton, nêutron e elétron), 38% dos alunos (tal como o Aluno B), apresentaram modelos mentais coerentes

com o modelo científico. Outros alunos, 24%, representaram de maneira parcialmente coerente com o modelo científico, ou seja, embora se observasse alguns equívocos em suas representações, os modelos mentais ainda apresentavam algumas relações pertinentes aos modelos científicos.

Houve, também, 31% dos alunos que expressaram modelos mentais que foram classificados como incoerentes com os modelos científicos. O Aluno C representa um exemplo de modelo mental que foi classificado como incoerente com o modelo científico, e sua resposta está apresentada na Figura 5.

Figura 5: Modelo Prévio Expresso Pelo Aluno C Sobre a Caracterização das Partículas Subatômicas



Fonte: Organizado Pelos Autores

Nota-se que ele definiu cada partícula como um átomo que apresenta carga, e não como partículas pertencentes ao átomo. Isso indica que houve uma dificuldade em diferenciar as entidades químicas, ou seja, o aluno apresentou que em seu modelo mental a concepção de átomo e partículas subatômicas não são bem definidas. Segundo Rocha-Filho *et al.* (1988), essas dificuldades são recorrentes nos alunos, visto que essas entidades, normalmente, não são apresentadas de forma hierárquica, dificultando assim, a sua compreensão.

Por fim, houve uma parcela de alunos, 7%, que deixou a questão em branco. Embora esses conteúdos já tenham sido estudados no currículo, por meio do questionário inicial, observou-se que a maioria dos alunos possuem modelos mentais incompletos ou equivocados sobre a concepção de elemento químico, bem como sobre a compreensão dos aspectos relacionados à estrutura atômica.

Descrição e análises dos modelos mentais posteriores às atividades aplicadas

Após a coleta dos modelos prévios expressos pelos alunos, uma breve aula teórica foi ministrada. Assim, foram abordados os conceitos relacionados à atomística e periodicidade. Neste momento, os alunos participaram respondendo algumas perguntas feitas oralmente ou, até mesmo, realizando suas próprias perguntas para esclarecer algumas de suas dúvidas.

Logo, iniciaram-se as atividades com o aplicativo *Constrói um Átomo* do grupo *PhET Simulações Interativas*. No primeiro momento, com auxílio de um projetor e do aplicativo no notebook, demonstrou-se aos alunos o uso do aplicativo por meio de alguns exemplos. Posteriormente, os alunos fizeram a atividade proposta em duplas, utilizando o mesmo aplicativo, mas com seus próprios smartphones.

Os alunos participaram ativamente da dinâmica, demonstrando entusiasmo ao realizar a atividade proposta. Trabalhar em duplas foi positivo, visto que auxiliaram um ao outro nessa atividade. Além disso, aqueles que esqueceram ou tiveram problemas em baixar o aplicativo em seu smartphone, conseguiram participar da atividade com o aparelho do colega. Observou-se também que não houve dificuldades no manuseio do aplicativo.

Como a proposta era montar a estrutura atômica das espécies químicas solicitadas, pediu-se que os alunos realizassem a captura da tela do seu smartphone, ao término de cada atividade, e tirassem fotos das cartas que continham as espécies químicas que eles deveriam montar. Essas imagens nos foram enviadas por um aplicativo de mensagens online.

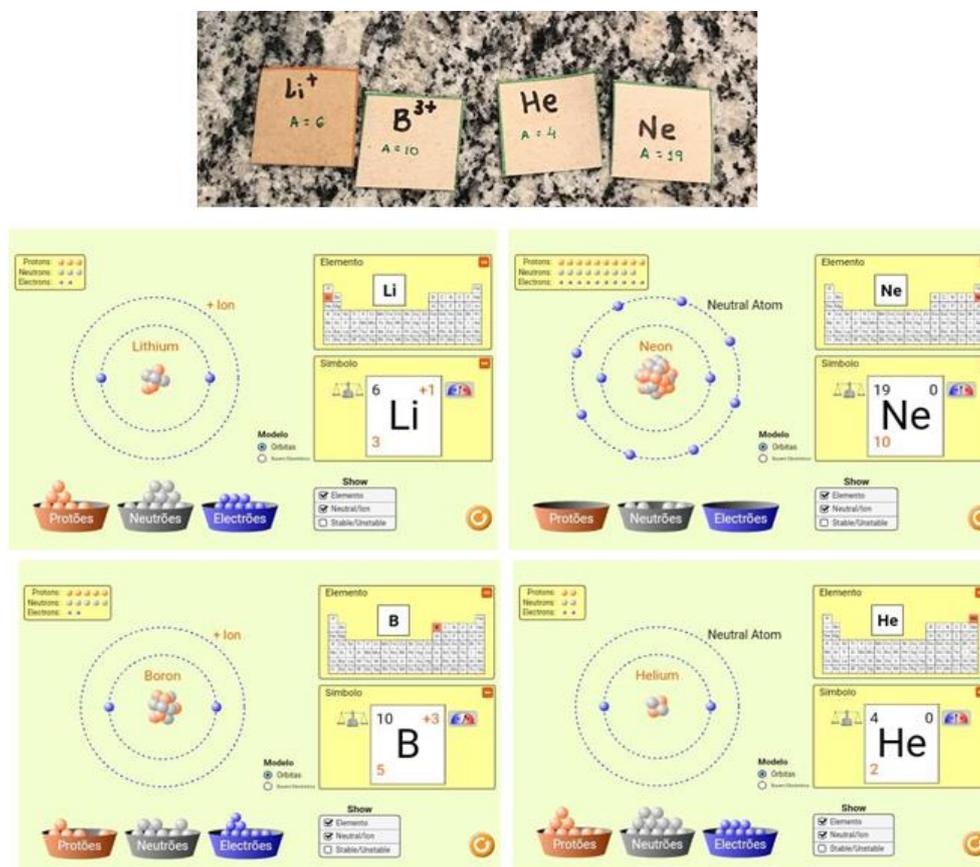
A Figura 6 organiza esses dados e nota-se que a dupla apresentou um modelo coerente ao científico, ao apresentar corretamente as estruturas atômicas das espécies que lhe foram solicitadas. Todas as duplas conseguiram realizar essa atividade com sucesso.

Esse aplicativo permite que os alunos visualizem, de forma mais clara, a dependência da estrutura atômica com sua respectiva espécie química. Assim, a relação das subpartículas, núcleo e níveis de energias com a identificação do elemento químico ficou mais evidente para eles.

O outro momento foi a utilização do aplicativo *RApp Chemistry* em um jogo da memória. Por meio do jogo, os alunos eram estimulados a interpretar as estruturas atômicas tridimensionais que o aplicativo de realidade aumentada fornecia, isto é, eles deviam associar a estrutura atômica a algumas de suas propriedades, como massa atômica,

configuração eletrônica, quantidade de elétrons na camada de valência e quantidade de camadas eletrônicas. Assim, os alunos realizaram as atividades em grupos.

Figura 6: Espécies Químicas Montadas, por Meio do Aplicativo *Constrói um Átomo* do Grupo *PhET Simulações Interativas*, Pela Dupla do Aluno A e Aluno D



Fonte: Imagens Enviadas Pelos Alunos e Organizadas Pelos Autores

A proposta do uso do aplicativo de realidade aumentada como um jogo da memória se mostrou muito positivo, visto que era um estilo de jogo que os alunos já conheciam, porém, com a novidade de utilizar um aplicativo que permitia observar elementos virtuais no mundo real, por meio da câmera de seus smartphones.

Os alunos se divertiram bastante e, até mesmo, ocorreu uma competitividade saudável, visto que, eles disputavam entre si quem conseguia relacionar mais estruturas atômicas às suas respectivas propriedades. Assim, trabalhar com um jogo foi um aspecto positivo da proposta, pois essa disputa estimulou a participação dos alunos.

Foram entrevistados alguns alunos para que a metodologia fosse avaliada, desde a atividade realizada no simulador até o jogo da memória com realidade aumentada, ambas utilizando o smartphone. O Aluno E participou de forma ativa das atividades e afirma que os aplicativos auxiliaram em sua aprendizagem, como indicado no trecho abaixo.

Aluno E: *Eu achei muito bom, deu para aprender [...] Eu gostei mais do aplicativo de realidade aumentada, achei bem positivo, a facilidade que ele tem e a velocidade, já colocava na tela e aparecia, não era tão pesado de rodar no celular.*

(Trecho da entrevista com o Aluno E)

Contudo, houve alunos que não participaram de forma tão ativa, como, por exemplo, o Aluno F. Para compreender esse comportamento, também foi realizada uma entrevista com esse aluno, sendo destacado um trecho abaixo.

Aluno F: *Foi bem legal, no começo foi bem difícil, eu estava tentando entender como funcionava, principalmente o joguinho da memória, tava bem difícil, mas depois foi muito legal porque ficou mais fácil de ver [...].*

(Trecho da entrevista com o Aluno F)

Nota-se que o Aluno F apontou que teve dificuldades no início para compreender o funcionamento das dinâmicas propostas, principalmente a do jogo da memória. Porém, no decorrer da atividade, relatou que ficou mais fácil e, por isso, achou interessante.

Assim, esse aplicativo esclareceu mais ainda aos alunos que cada elemento químico tem sua própria estrutura atômica e, conseqüentemente, suas próprias características. Além disso, a realidade aumentada permitiu trazer aspectos importantes sobre a representação das estruturas atômicas, além de despertar o interesse dos alunos por ser uma ferramenta diferenciada.

Em vista disso, para verificar se ocorreram aprimoramentos nos modelos mentais dos alunos, após o desenvolvimento de todas as atividades com os aplicativos para smartphone, realizou-se uma coleta de dados por meio de um questionário final.

Assim como nos questionários anteriores, os alunos foram estimulados, por meio das questões, a expressar seus modelos mentais sobre os elementos químicos e aspectos referentes às estruturas atômicas. Analisou-se o quanto os modelos mentais expressos pelos alunos estavam coerentes com os modelos científicos encontrados na literatura. A Tabela 3 representa os modelos mentais expressos pelos alunos sobre o conceito de elemento químico e as suas respectivas frequências percentuais.

Tabela 3: Análise Final dos Modelos Mentais dos Alunos Acerca da Concepção de Elemento Químico

Modelos expressos pelos alunos sobre elemento químico	
Definiu elemento químico como:	Alunos (%)
Conjunto de átomos que têm o mesmo número de prótons em seu núcleo	56
Símbolos presentes na Tabela Periódica	4

Tudo que sofre transformações químicas/reações químicas	5
É a junção de átomos, nêutrons e prótons	6
É aquilo que compõe o átomo	6
É uma substância química	2
Não sei o que é um elemento químico	14
Em branco	7

Fonte: Organizada Pelos Autores

Nota-se que a maioria, 56%, após as atividades realizadas, expressou um modelo mental conforme o modelo científico, ao definir que um elemento químico é um conjunto de átomos que têm o mesmo número de prótons em seu núcleo atômico. Um exemplo de resposta incluída nessa categoria é a do Aluno G, que afirmou que elemento químico é: *“Conjunto de átomos que possuem o mesmo número de prótons em seu núcleo”*. Observa-se que por meio dessa afirmação, o aluno expressou um modelo mental coerente ao modelo científico.

Além disso, 4% dos alunos ainda permaneceram com a ideia de que elementos químicos são os símbolos presentes na Tabela Periódica, indicando, assim, um modelo simplista em relação ao modelo científico.

Uma parte dos alunos, 5%, definiu elementos químicos como *“tudo que sofre transformações químicas/reações químicas”*. Verificou-se, também, que a ideia *“elemento químico é a junção de átomos, nêutrons e prótons”* foi expressa em 6% das respostas, da mesma forma que a ideia *“elemento químico é aquilo que compõe o átomo”*. Além disso, 2% das respostas expressaram que elemento químico *“é uma substância química”*.

Diante desses dados, pode-se afirmar que alguns alunos permaneceram com a dificuldade de identificar e diferenciar entidades químicas. Um exemplo de resposta que apresenta essa dificuldade em seu modelo mental é a do Aluno H, que afirmou que elemento químico é *“uma junção de átomos, nêutrons e prótons”*.

Uma parte dos alunos, 15%, alegou não saber o que é um elemento químico, enquanto outros, 7%, deixaram a questão em branco, não expressando seu modelo mental acerca do tema.

Ainda no questionário final, foram analisados outros dois tópicos: se os alunos conseguiam representar a estrutura atômica de diferentes elementos químicos e identificar diferentes elementos químicos a partir da estrutura atômica que lhes foram apresentadas. Ambos estão associados aos estudos dos modelos mentais expressos pelos alunos sobre

a relação do elemento químico com a estrutura atômica. Os dados obtidos foram organizados na Tabela 4.

Tabela 4: Análise Final dos Modelos Mentais Expressos Pelos Alunos Sobre a Relação do Elemento Químico com a Estrutura Atômica

Modelos expressos pelos alunos sobre estrutura atômica		
Categorias	Representou a estrutura atômica de diferentes elementos químicos (Alunos, %)	Identificou diferentes elementos químicos a partir da estrutura atômica representada (Alunos, %)
Coerente com o modelo científico	17	53
Parcialmente coerente com o modelo científico	38	41
Incoerente com o modelo científico	27	5
Em branco	18	1

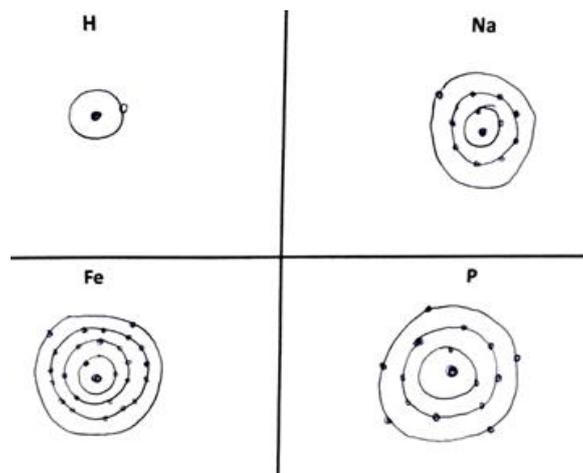
Fonte: Organizada Pelos Autores

No momento da representação da estrutura atômica de diferentes elementos, 17% dos alunos apresentaram um modelo mental coerente com o modelo científico, 38% parcialmente coerente com o modelo científico e 27% incoerente com o modelo científico. Os demais, 18%, deixaram a atividade em branco, impossibilitando uma análise de seu modelo mental, visto que esse não foi expresso. É válido ressaltar que na atividade foi apresentada a configuração eletrônica de cada um dos elementos solicitados, assim, os alunos não precisavam saber de forma memorizada os dados necessários para essa representação.

Um exemplo de resposta considerada coerente com o modelo científico é a expressão do modelo mental do Aluno I, apresentada na Figura 7. Nota-se que, para cada espécie química solicitada, o aluno representou o núcleo, níveis de energia e os elétrons. Apesar de uma representação de estrutura atômica sem detalhamento do núcleo, visto que esse foi representado no desenho de forma simples por meio de uma esfera uniforme, esse modelo mental expresso está coerente com o modelo científico, pois indicam adequadamente os níveis e a distribuição de elétrons de acordo com seu respectivo elemento.

Já na etapa da identificação de diferentes elementos químicos a partir da estrutura atômica representada na questão, 53% dos alunos apresentaram um modelo mental coerente com o modelo científico, 41% parcialmente coerente com o modelo científico e 5% incoerente com o modelo científico. Os demais, 1%, deixaram a atividade em branco, impossibilitando uma análise de seu modelo mental, visto que esse não foi expresso.

Figura 7: Modelos Expressos pelo Aluno I Sobre as Estruturas Atômicas de Cada Elemento

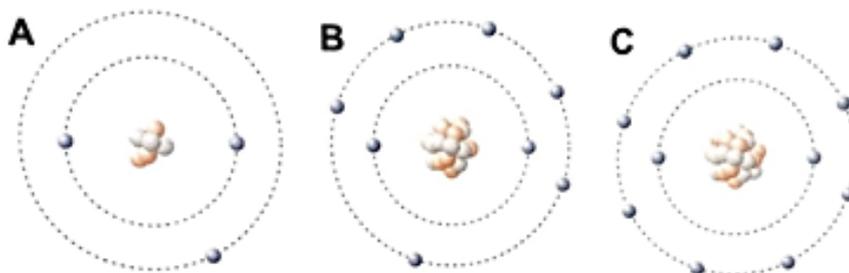


Fonte: Organizada Pelos Autores

Nessa etapa da atividade, o aluno visualizou algumas estruturas atômicas e, por meio da interpretação dessas, deveria relacioná-las às afirmações disponíveis. Um exemplo de resposta, considerada como coerente com o modelo científico é a do Aluno J, apresentada na Figura 8.

Figura 8: Modelo Expresso Pelo Aluno J Sobre as Estruturas Atômicas de Cada Elemento

Relacione as figuras com sua respectiva afirmação, indicando no início da frase a letra correspondente.



- (A) Essa estrutura atômica representa um elemento químico de número atômico igual a 3. É classificado como um metal.
- (C) Essa estrutura atômica representa um elemento químico classificado como gás nobre. Possui 8 elétrons na camada de valência e é encontrado no segundo período da Tabela Periódica.
- (B) Essa estrutura atômica representa um elemento químico cuja a configuração eletrônica é: $1s^2 2s^2 2p^6$. Encontra-se no segundo período e pertence à Família 16 da tabela periódica. É classificado como um ametal.

Fonte: Organizada Pelos Autores

Foi observado que o Aluno J relacionou as estruturas atômicas às suas respectivas características corretamente, assim, considera-se que esse possui um modelo mental

coerente ao modelo científico. Aqueles modelos mentais que foram considerados parcialmente coerentes com o modelo científico foram apresentados por alunos que relacionaram as estruturas atômicas às suas respectivas características, em dados momentos, corretamente, em outros, porém, equivocadamente. Já aqueles considerados como incoerentes com o modelo científico, são as respostas que não relacionavam corretamente a estrutura atômica à sua respectiva característica.

Nota-se, por meio dos dados obtidos, que os alunos apresentaram mais dificuldade em representar as estruturas atômicas dos elementos propostos, do que identificar os elementos por meio da visualização das estruturas já expostas.

Assim, os alunos que não demonstraram um modelo mental considerado coerente com o modelo científico, podem ter tido dificuldade em expressar seus modelos mentais por meio do desenho, porém, no momento em que já lhes foram apresentadas figuras prontas da estrutura atômica, esses apresentaram a habilidade de relacioná-las com seus respectivos elementos químicos. Por isso, é importante fornecer diferentes ferramentas para que o aluno expresse seu modelo mental, tornando a investigação mais adequada.

Ao comparar os dados do questionário inicial com o final, nota-se que, apesar de alguns modelos simplistas ou equivocados persistirem, grande parte dos alunos apresentou aprimoramentos em seus modelos. Além disso, as respostas em branco diminuíram, o que indica que alunos que tiveram algum problema em expressar seu modelo mental inicialmente, não tiveram após as atividades desenvolvidas.

Considerações finais

O emprego das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação como ferramenta didática proporciona diversas contribuições ao ensino de Química, pois permitem uma melhor representação de conceitos químicos abstratos e, conseqüentemente, trabalhar a compreensão representacional dos níveis simbólicos, submicroscópicos e macroscópicos, bem como a habilidade de transitar entre eles.

Neste trabalho, o uso de smartphones em sala de aula foi considerado viável, devido à possibilidade de todos os alunos baixarem os aplicativos gratuitos previamente. Desta forma, todos tiveram acesso e a oportunidade de desenvolver as atividades sem precisar ter despesas financeiras. Além disso, os alunos demonstraram afinidades com as ferramentas tecnológicas, o que permitiu que as atividades fossem mais agradáveis.

Ao comparar os dados dos modelos expressos prévios com os modelos finais dos alunos, foi perceptível que, inicialmente, boa parte dos alunos possuía concepções equivocadas em relação a elemento químico e aos aspectos das estruturas atômicas, possuindo modelos mentais incoerentes ao modelo científico aceito. Além disso, muitos apresentavam modelos mentais muito simplistas. Após a realização das atividades, que tiveram como foco o uso dos aplicativos de simulação virtual e realidade aumentada para smartphone, houve um significativo aprimoramento dos modelos mentais desses alunos, visto que o número de modelos mentais considerados coerentes com os modelos científicos aumentou. Também foi perceptível que os modelos mentais passaram a ter representações mais elaboradas, apresentando mais elementos (*tokens*) em sua construção.

Outro ponto relevante é que as respostas em branco diminuíram, o que indica que a metodologia utilizada com o uso dos aplicativos permitiu que os alunos desenvolvessem seus modelos mentais sobre o assunto, ou, pelo menos, facilitaram que os alunos expressassem os modelos já existentes.

Cabe salientar que o uso dessa abordagem permitiu que, por meio do uso dos aplicativos para smartphone, aliado às atividades lúdicas em grupos, as aulas fossem mais interativas. Assim, foi favorecido o aprendizado diferenciado, abordado por meio de atividades que não eram cansativas ou saturadas de informações, pois foram divididas em momentos diferentes. Portanto, pode-se considerar que o resultado foi positivo, e, por meio da análise dos modelos mentais, avalia-se que a utilização da abordagem contribuiu para o aprendizado de conceitos químicos.

Agradecimentos

Agradecemos à PROGRAD, pelo apoio financeiro, e à comunidade escolar pela participação e parceria.

Referências

ALMEIDA, S. H.; SILVA, C. C. Contribuições da realidade aumentada para o ensino de química no ensino médio no IFG *campus* Jataí. In: XVI Semana da Licenciatura, 16., 2017, Jataí. **Anais...** Jataí: IFG, p. 253-267, 2017.

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

BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 1, p. 7-31, 1998.

CARBO, L.; TORRES, F. S.; ZAQUEO, K. D.; BERTON, A. Atividades Práticas e Jogos Didáticos nos conteúdos de Química como ferramenta auxiliar no Ensino de Ciências. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)**, v. 10, n. 5, p. 53-69, 2019.

COLINVAUX, D.; FRANCO, C. Capturando Modelos Mentais. In: II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em ciências, v. 2, 1999, Valinhos. **Anais...** Valinhos: USP, 1999.

ERROBIDART, N. C. G.; GOBARA, S. T.; JARDIM, M. I. A; ERROBIDART, H. A; MARQUES, S. M. Modelos mentais e representações utilizadas por estudantes do ensino médio para explicar ondas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 3, p. 440-457, 2013.

FRANCO-MARISCAL, A. J.; CANO-IGLESIAS, M. J. Soletando o Br-As-IL com símbolos químicos. **Química nova na escola**, v. 31, n. 1, p. 31-33, 2009.

GONÇALVES, R. L.; DENARDIN, L. Elaboração de materiais de realidade aumentada por estudantes do Ensino Médio: impactos e possibilidades. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)**, v. 10, n. 6, p. 126-141, 2019.

JOHNSON-LAIRD, P. N. **Mental models**. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1983.

JOHNSTONE, A. H. **Teaching of chemistry**: logical or psychological? *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, v. 1, n. 1. p. 9-15, 2000.

LEITE, B. S. M-Learning: o uso de dispositivos móveis como ferramenta didática no Ensino de Química. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 22, n. 3, p. 55-68, 2014.

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

MEDEIROS, G. R. S.; SILVA, D. F. S.; ARAÚJO, N. K. S.; NASCIMENTO, A. M. S. Desconstruindo a amarelinha: um jogo no ensino da isomeria plana. **International Journal Education and Teaching (PDVL)**, v. 2, n. 1, p. 61-75. 30, 2019.

MELO, E. S. N.; MELO, J. R. F. Softwares de simulação no ensino de química: uma representação social na prática docente. **ETD - Educação Temática Digital**, v. 7, n. 1, p. 51-63, 2005.

MOREIRA, M. A. Modelos Mentais. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

PAULETTI, F.; CATELLI, F. Tecnologias Digitais: possibilidades renovadas de representação da química abstrata/Digital technologies: Opportunities for renewed representation of chemical abstract. **Acta Scientiae**, v. 15, n. 2, p. 383-396, 2013.

PIVA, G. M.; ALMEIDA, L. F. de; KOHORI, R. K.; GIBIN, G. B. Desenvolvimento de modelos mentais por meio da elaboração e aplicação de modelos físicos alternativos para o ensino de atomística. **Revista Ciências & Ideia**, v. 10, n. 2, p. 210-230, 2019.

RÊGO, J. R.; DA CRUZ JUNIOR, F. M.; ARAÚJO, M. G. S. Uso de jogos lúdicos no processo de ensino-aprendizagem nas aulas de química. **Revista Estação Científica (UNIFAP)**, v. 7, n. 2, p. 149-157, 2017.

ROCHA-FILHO, R.C.; TUNES, E.; TOLENTINO, M.; SILVA, R.R.; SOUZA, E.C.P. Ensino de conceitos em Química. **Química Nova na escola**, v. 11, n. 4, p. 417-9, 1988.

SOUZA, E. S. R. A formação de modelos mentais na sala de aula. **Revista Exitus**, v. 3, n. 1, p. 169-184, 2017.

SOUZA, M, P. SANTOS, M. F.; RAPELLO, C. N.; AYRES, A. C. S. Desenvolvimento e Aplicação de um Software como Ferramenta Motivadora no Processo Ensino-Aprendizagem de Química. In: XV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (XV SBIE), 15., 2004, Manaus. **Anais...** Manaus: UFAM, p. 487-496, 2004.

TAVARES, R.; SOUZA, R. O. O.; CORREIA, A. O. Um estudo sobre a “TIC” e o ensino da química. **Revista GEINTEC - Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 3, n. 5, p. 155-167, 2013.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**, Porto Alegre: Editora SBC, 2006.

VIEIRA, E.; MEIRELLES, R. M. S; RODRIGUES, D. C. G. A. O uso de tecnologias no ensino de química: a experiência do laboratório virtual química fácil. In: VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 8., Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2011.

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**, v. 16, n. 2, p. 275-290, 2016.