

# A visualização como referencial teórico-metodológico no uso de simulações: uma proposta sobre os modelos atômicos

Visualization as a theoretical-methodological framework in the use of simulations: a proposal on atomic models.

Helen Cledes Cardoso<sup>1\*</sup>, Tatiana da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, R. Eng. Agrônomo Andrei Cristian Ferreira, s/n - CEP 88040-900, Florianópolis, SC, Brasil.

\*E-mail: [helencledes@gmail.com](mailto:helencledes@gmail.com)

Recibido el 15 de junio de 2021 | Aceptado el 1 de septiembre de 2021

## Resumo

O presente estudo visa construir uma proposta de ensino baseada na exploração de objetos de visualização presentes em uma simulação direcionada ao conteúdo de modelos atômicos, considerando que conteúdos com alto grau de abstração requerem o desenvolvimento de habilidades visuais dos alunos.

**Palavras-chave:** Visualização; Modelos Atômicos; Simulação, Experiências visuais; Externalizações.

## Abstract

The present study aims to build a teaching proposal based on the exploration of visualization objects present in a simulation directed to the content of atomic models, considering that content with a high degree of abstraction expanding the development of students' visual skills.

**Keywords:** Visualization; Atomic Models; Simulation, Visual experiences; Externalization.

## I. A PERSPECTIVA TEÓRICA-METODOLÓGICA DA VISUALIZAÇÃO

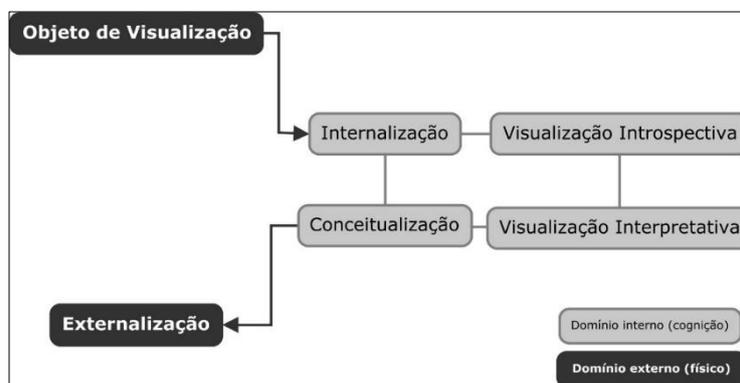
Os modelos abordados no ensino de ciências envolvem um elevado grau de abstração, exigindo dos estudantes alta concentração e capacidade de imaginação. No geral esses modelos são apresentados na forma escrita acompanhados de imagens, utilizadas com o intuito de orientar a construção cognitiva imagética dos estudantes sobre os conceitos científicos. Contextos mais específicos lançam mão de atividades de simulação, animação ou jogos, para impulsionar o entendimento dos estudantes sobre temas que necessitam de construções pictóricas para tornar mais 'palpável' estruturas de ideias majoritariamente conceituais. A compreensão das informações visuais está diretamente associada à capacidade e habilidade visual dos estudantes em reconhecer essas formas de apresentação dos conceitos e sua relação representacional do mesmo. Ou seja, os estudantes precisam entender o formato visual de apresentação para que compreendam também o conceito, e essa percepção não pode ser dissociada para construção do conhecimento.

[www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF](http://www.revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF)

REVISTA DE ENSEÑANZA DE LA FÍSICA, Vol. 33, no. 2 (2021)

A visualização no ensino de ciências compreende que o processamento cognitivo das informações visuais se dá por meio de três etapas não lineares, sendo a internalização, a conceitualização e a externalização, que ocorrem a partir da relação entre o domínio interno (a cognição) e o externo (o mundo físico/concreto) (Mnguni, 2014). Assim a internalização e a conceitualização estão compreendidas no domínio interno e a externalização no domínio externo. O estágio da internalização é entendido como o momento em que as informações visuais são captadas por meio dos sentidos, enquanto a conceitualização está direcionada para a construção do conhecimento na cognição do estudante, ou seja, na esquematização mental dos conceitos e suas relações. O estágio de externalização é o momento no qual o estudante expressa sua compreensão por meio da resolução de atividades e tarefas, “[...] é a produção de modelos visuais externos por meio da expressão do esquema mental cognitivo” (Mnguni, Schönborn e Anderson, 2016).

De acordo com a visualização, podemos entender que a etapa de internalização acontece a partir do uso de objetos de visualização, que são formas de representar um dado modelo conceitual, construídos com o intuito de representar algo que não o próprio objeto, ou seja, apresentar de forma visual um dado conceito ou uma rede destes (Phillips, Norris e Macnab, 2010). Entende-se que há uma gama de objetos possíveis de utilização, como diagramas esquemáticos, gráficos, tabelas, objetos pictóricos, simulações, animações, entre outros. Estes objetos podem compor diferentes configurações de apresentações de acordo com os objetivos de ensino traçados. De modo geral os objetos de visualização (OV) são vistos e internalizados na construção de uma visualização introspectiva, ou seja, uma representação pictórica imaginada a partir de uma experiência visual. Posteriormente são conceitualizados em uma visualização interpretativa que pode ser externalizada como uma imagem visual externa (Mnguni *et al.*, 2016; Phillips *et al.*, 2010).



**FIGURA 1.** Esquema referente aos processos cognitivos da visualização no ensino de ciências com base em Mnguni *et al.* (2016) e Phillips *et al.* (2010). De acordo com a distinção de cores, podemos ver do lado direito da imagem os processos ocorridos na cognição do estudante (domínio interno) e do lado esquerdo os objetos de visualização e a externalização que ocorrem no mundo físico concreto (domínio externo) no qual os professores tomam as decisões educacionais de abordagem e avaliação do conteúdo.

Com base na visualização e seus processos podemos, então, considerar que a abordagem didática dos conceitos científicos pode ser feita a partir dos objetos de visualização (OV) por meio de diferentes combinações. Em casos de modelos com elevado grau de abstração, esses objetos são capazes de auxiliar na apresentação dos conceitos tornando o conhecimento mais palpável ao estudante. No entanto, é importante ressaltar que é necessário que o estudante compreenda o objeto de visualização, o que exige instrução direta sobre os objetos por parte do professor para que as experiências visuais sejam realmente favorecidas. Assim, ao explorar os OV é necessário considerar uma abordagem que esteja alinhada com os objetivos de ensino e ainda em um formato de exploração no qual determinados objetos são explorados ao longo de uma proposta ou sequência de ensino, considerando que a compreensão dos objetos e do próprio conteúdo abordado estão diretamente associados à habilidade visual do estudante e que essa precisa, então, ser desenvolvida, o que remete à necessidade de instrução direta sobre cada objeto em cada etapa.

Perspectivas teóricas cognitivas vêm ganhando espaço na área de ensino de ciências e defendem um ponto em comum, a existência de uma arquitetura cognitiva pré-existente (Sweller, Ayres e Kalyuga, 2011; Clark e Paivio, 1991; Mayer, 2014). De acordo com essa perspectiva teórica a arquitetura cognitiva é constituída por duas memórias, sendo a memória de trabalho, no qual o conhecimento é processado inicialmente para a construção de esquemas mentais, e a memória de longo prazo, no qual esses esquemas são armazenados. Ao pensarmos a influência dessa arquitetura para decisões na área de ensino, o ponto fundamental está na atenção que devemos ter com a memória de trabalho, que apresenta uma capacidade limitada de processamento de informações. Sendo assim as atividades de ensino devem ser estruturadas e desenhadas de modo a evitar a sobrecarga de informações nessa memória, o que podemos entender que está diretamente associada à exploração dos objetos de visualização, considerando que essa abordagem não pode gerar sobrecarga de informações.

Considerando esse contexto teórico de entrelace entre os aspectos cognitivos e a visualização como alicerce para as experiências visuais no ensino, podemos então considerar um novo direcionamento para a exploração de atividades virtuais desenvolvidas e implementadas por meio das tecnologias digitais. Nesta perspectiva, ferramentas virtuais de aprendizagem, como por exemplo simulações, podem favorecer as experiências visuais dos estudantes de modo a contribuir para o desenvolvimento e construção de seu conhecimento. As simulações apresentam um gama de possibilidades de exploração de objetos de visualização que podem auxiliar nas experiências visuais de estudantes, para que os mesmos construam posteriormente suas imagens visuais externas (externalizações) de modo mais efetivo e cientificamente correto sobre modelos conceituais que exigem alto grau de abstração.

Buscar essa nova abordagem para o uso de atividades virtuais baseada em teorias que apoiem as experiências visuais é fundamental, considerando que há uma falsa suposição, por parte dos professores, de que as representações presentes nas atividades computacionais bastam ser vista pelos estudantes, e tão logo, eles serão capazes de compreender os conteúdos abordados (Araújo e Veit, 2008). Desse modo aliar a visualização à exploração de simulações se mostra um passo necessário na área de ensino de ciências, considerando ainda que esta área apresenta modelos com elevado grau de abstração, o que direciona para uma maior utilização de atividades virtuais que oferecem imagens visuais no contexto do ensino.

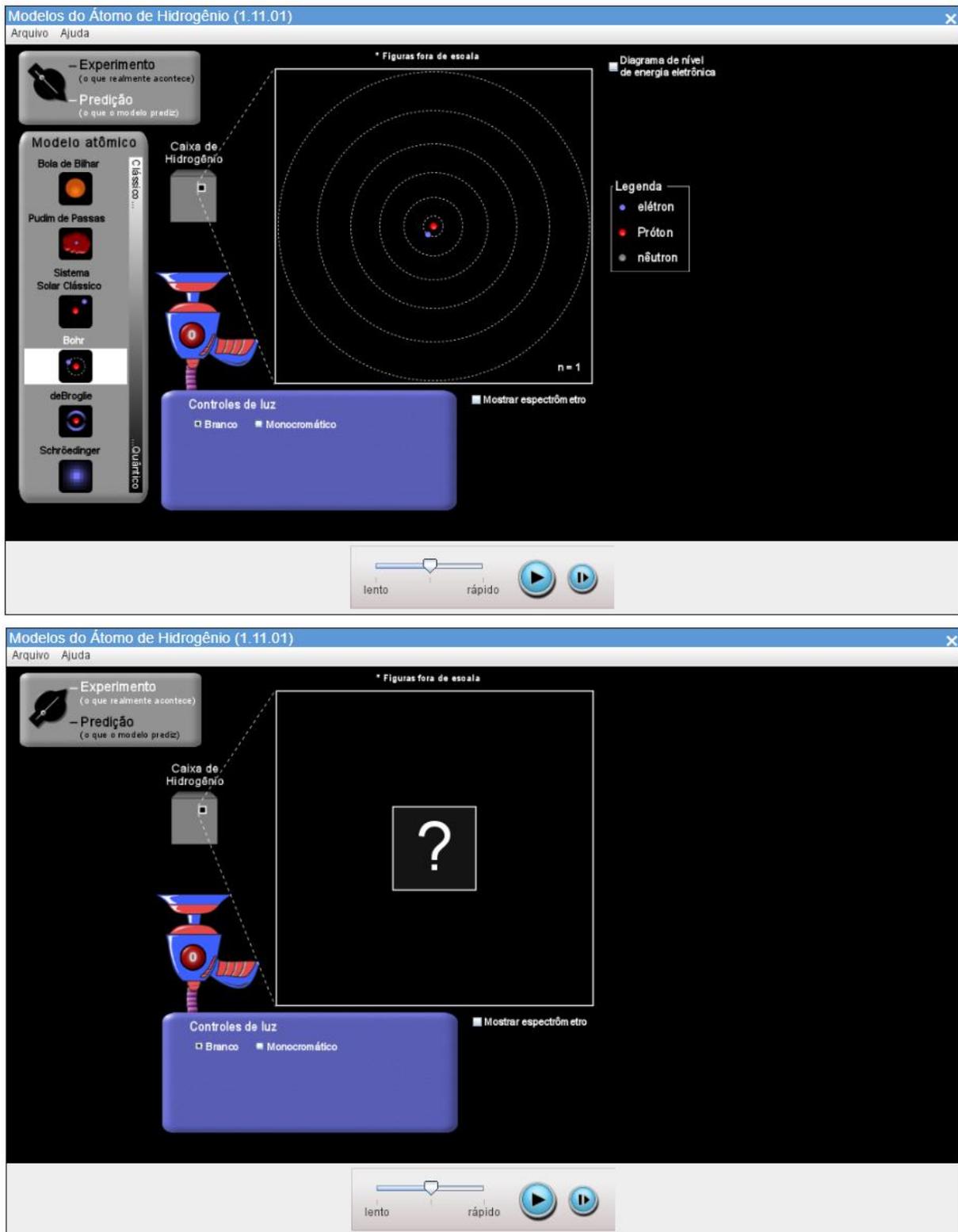
Entre os tópicos discutidos em ciências, o de modelos atômicos vem sendo debatido em pesquisas mostrando um cenário com construções de concepções equivocadas por parte dos estudantes de diferentes níveis, como por exemplo, de que o átomo realmente possa e tenha sido visto, acarretando na ideia de materialidade (Harrison e Treagust, 1996), e ainda que as características do objeto formado por ele, como a cor, correspondem a real coloração do átomo (Netzell, 2014 apud Albanese e Vincentini, 1997). Essas concepções podem estar associadas ao fato de os estudantes entenderem que as representações utilizadas no ensino são realistas, evidenciando uma abordagem falha quando se trata das representações utilizadas para descrever e explicar o conceito de átomo. Outro aspecto discutido em um estudo relacionado ao modelo atômico é que normalmente os estudantes escolhem representações que se aproximam muito as disponibilizadas em livros e mídias como a televisão (Fukui e Pacca, 2009), porém as imagens apresentadas em alguns livros mostram certa desproporcionalidade em relação ao núcleo, o que acarreta em equívocos em discussões relacionadas a transição de fases da matéria (Adbo e Taber, 2009).

Considerando que o tema perpassa diferentes áreas de ensino, as concepções equivocadas discutidas nas publicações da área, que é um conceito de alto nível de abstração o que exige de o professor lançar mão de imagens e construções pictóricas, ou seja, no qual as experiências visuais realmente podem favorecer construções conceituais corretas, sua escolha se mostra um espaço de discussão relevante como pesquisa. E se torna ainda mais importante quando aliado a exploração de uma simulação relacionada ao tema.

## II. A SIMULAÇÃO E O FAVORECIMENTO DAS EXPERIÊNCIAS VISUAIS

A escolha da simulação foi pensada com base nas características que elas ofereciam ao ensino do conteúdo de modelos atômicos, e nessa direção as atividades desenvolvidas pelo grupo *Physics Education Technology Project* (PhET) associado à Universidade do Colorado, são construídas considerando preceitos educacionais importantes, envolvendo a participação de uma equipe focada em oferecer atividades que sejam utilizadas em contexto escolar. Assim, as simulações já mostram um perfil educacional, desse modo buscamos integrar, então, a visualização como princípio teórico-metodológico para explorar uma simulação de modo a avaliar as experiências visuais propiciadas aos estudantes. Sendo assim, foi selecionada a simulação Modelos do Átomo de Hidrogênio disponibilizada gratuitamente no modo *online* ou *offline*, e que já traz um ponto importante discutido em pesquisas que debatem as concepções dos estudantes sobre o átomo, ligada a dificuldade que os mesmos possuem em transpor esse conceito para outros momentos de ensino (Alves, Santos e Lima, 2015), sendo sugerido que seja abordado de forma mais integrada (Vasconcellos, Rodrigues e Gomes, 2016) aplicada a um elemento químico por exemplo, como no caso da simulação que aborda a evolução dos conceitos na perspectiva do átomo de Hidrogênio. Nessa mesma direção, a simulação traz ainda a opção de discussão do experimento de espectroscopia de modo isolado e depois com base nos modelos atômicos.

A simulação oferece uma gama de objetos de visualização (analogia, pictórico, animação, diagrama esquemático, interatividade) e diferentes funções que podem ser usadas. Considerando os preceitos da visualização, de que os estudantes precisam entender os objetos de visualização por meio de instrução direta, abordar os objetos de visualização em etapas distintas é fundamental, assim como oferecer instrução direta sobre as funções da simulação, evitando a sobrecarga de informação conceitual e visual, o que influencia diretamente na experiência visual dos estudantes. Desse modo foram definidos cinco momentos de abordagem do conteúdo a partir da exploração da simulação, considerando os objetos de visualização para cada etapa.



**FIGURA 2.** Imagem estática da simulação. Acima a opção Predição selecionada, apresentando os modelos cronologicamente de seis modelos atômicos, iniciando do clássico até a concepção quântica. Na imagem está selecionado a opção do modelo de Bohr. Abaixo a opção Experimento selecionada, apresentando uma representação do experimento de espectroscopia sem a inclusão dos modelos atômicos.

O que é fundamental ressaltar, com relação a proposta de abordagem do conteúdo com base na simulação, que em cada momento de discussão a experiência visual dos estudantes está sendo direcionada para o objeto de visualização que se deseja que o estudante observe, e durante a discussão do conteúdo esses direcionamentos são feitos,

evitando a sobrecarga de informação visual que o uso aleatório da simulação poderia causar. É essencial que a abordagem seja conduzida pelo professor, para que de fato a informação visual apresentada por meio da simulação seja entendida pelo estudante, e sua relação com os conceitos abordados seja evidenciada e discutida a cada momento. Ao final espera-se que os estudantes sejam capazes de construir repostas externas corretas, destacando as características de cada modelo, e ultrapassando os problemas destacados na literatura de construções de externalizações visuais de um modelo atômico representacional híbrido (Reis, 2015).

**TABELA I.** Configuração da exploração do conteúdo de acordo com as funções da simulação e os objetos de visualização em cada etapa.

ETAPA DE DISCUSSÃO	SIMULAÇÃO	OBJETO DE VISUALIZAÇÃO
1ª As características dos seis modelos atômicos.	Função Predição, função de <i>play</i> desativada.	<i>Analogia</i> (representação do próton e elétron na legenda), <i>Pictórico</i> (representação do modelo de cada átomo).
2ª O comportamento dos elétrons nos diferentes modelos atômicos e sua relação com os níveis de energia.	Função Predição, função <i>play</i> ativada. Função níveis de energia ativada.	<i>Animação</i> (movimento do elétron) <i>Diagrama Esquemático</i> (diagrama de nível de energia).
3ª O que é a espectroscopia e conceitos envolvidos (fóton, espectro eletromagnético).	Função Experimento, Função Espectrômetro ativada, opção luz Branca selecionada.	<i>Animação</i> (Fótons), <i>Pictórico</i> (fonte emissora de luz e caixa de Hidrogênio), <i>Analogia</i> (coloração do fóton e a cor da luz ao qual ele representa), <i>Diagrama Esquemático</i> (Espectrômetro).
4ª A relação entre os modelos atômicos de Bohr e Schrodinger e a espectroscopia.	Função Predição, função <i>play</i> ativada, função Nível de energia e Espectrômetro ativadas	<i>Animação</i> (emissão e absorção do fóton), <i>Analogia</i> (fóton na cor da luz a que ele corresponde), <i>Pictórico</i> (o modelo do átomo, <i>Diagrama Esquemático</i> (Nível de energia).
5ª A diferença da espectroscopia e o experimento de dispersão de Rutherford (esquema do experimento).	Função Experimento, <i>play</i> desativado.	<i>Pictórico</i> (fonte emissora de luz e caixa de Hidrogênio), <i>Analogia</i> (coloração do fóton e a cor da luz que representa).

### III. A IMPORTÂNCIA DAS EXTERNALIZAÇÕES

Durante o desenvolvimento da habilidade visual, acompanhar as externalizações visuais dos estudantes sobre a compreensão dos conceitos que são abordados e discutidos em sala é fundamental, e esse acompanhamento se dá principalmente com base nas respostas apresentadas na resolução de atividades e tarefas. Além disso, saber quais os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tópico que se pretende abordar é de extrema importância, considerando que a partir dessas respostas iniciais pode-se realmente avaliar a existência de uma evolução sobre suas externalizações após determinada atividade ou abordagem. Em alguns casos os estudantes podem apresentar inicialmente modelos representacionais incompletos, falhos ou incorretos, ou ainda, não apresentar nenhuma externalização visual sobre o tema. Assim, a exploração de atividades com direcionamentos para os objetos de visualização durante a discussão do conteúdo, favorecem a construção mental de imagens que podem, então, ser posteriormente externalizadas. Em algumas situações os estudantes podem tomar emprestado os objetos de visualização oferecidos, até que desenvolvam a habilidade visual a ponto de conseguirem criar seus próprios modelos visuais externos. Ou ainda, evoluir visualmente apresentando externalizações mais completas, e sem erros conceituais.

Assim, a proposta conta com quatro atividades para acompanhar o desenvolvimento da habilidade visual dos estudantes através das externalizações visuais, sendo uma atividade prévia realizada antes da abordagem do conteúdo e outras três atividades de avaliação, uma sendo aplicada logo após a segunda etapa de discussão, a outra após a quarta e a última, após o último tópico de abordagem do conteúdo. As atividades aplicadas possuem um ponto em comum, é pedido que os estudantes respondam as questões de forma escrita acompanhada de um diagrama/desenho, o que faz com que o estudante apresente seu modelo visual externo sobre o conceito envolvido na pergunta. A forma escrita deve ser solicitada em conjunto para que o estudante ofereça explicações textuais, assim o professor poderá perceber se há coerência entre a escrita e a imagem visual apresentada na resolução da tarefa, essa distinção é importante para compreender se a externalização visual que o estudante constrói realmente apresenta significado para ele, ou pode ser uma mera cópia registrada, sem significado conceitual.

**ATIVIDADE 1 – O que você conhece sobre o átomo?**

Nome: \_\_\_\_\_

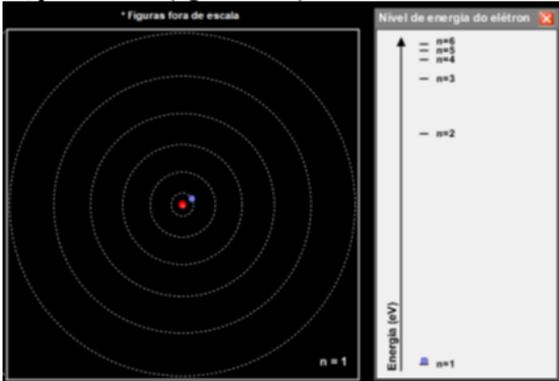
- 1) O que você entende por átomo? Utilize **texto e desenho/diagrama** para representar e explicar sua resposta.
- 2) O átomo que você apresentou na questão anterior, corresponde à representação de algum elemento químico? Caso sim, qual elemento?
- 3) Existe alguma maneira de enxergar o átomo? Justifique sua resposta.
- 4) Você considera que há apenas uma forma de representar o átomo? Justifique sua resposta.
- 5) O que você entende por elétron? Utilize **texto e desenho/diagrama** para representar e explicar sua resposta.
- 6) Para você o elétron faz parte do átomo? Caso você entenda que sim, em qual lugar ele estaria?
- 7) O que você entende por eletrosfera? Utilize **texto e desenho/diagrama** para representar e explicar sua resposta.
- 8) O que você entende por núcleo atômico? Utilize **texto e desenho/diagrama** para representar e explicar sua resposta.

**FIGURA 3.** Atividade 1, aplicada antes da abordagem do conteúdo de modelos atômico através da exploração da simulação.

Outra forma de acompanhar as externalizações do estudante que pode ser utilizada, é apresentar uma imagem e solicitar que o estudante apresente uma explicação sobre a mesma. No caso da segunda atividade aplicada logo após a segunda etapa de discussão, é apresentada uma imagem estática da simulação na função predição do átomo de Bohr e o seu respectivo nível de energia para o elétron. Em seguida, pede-se que o estudante reconheça qual é este modelo e o relacione com o nível de energia apresentado, o mesmo é feito para o modelo do átomo de Schrodinger. Neste caso o modelo visual é dado para que o estudante construa a explicação sobre a imagem, para compreender se o mesmo entende os objetos de visualização apresentados, e ainda se compreende a relação entre os mesmos.

**ATIVIDADE 2– Os elétrons e os níveis de energia!**

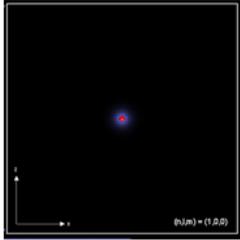
1) Identifique o modelo atômico representado na figura abaixo e, em seguida, estabeleça e explique a relação entre o mesmo e os níveis de energia apresentados na imagem abaixo, para o caso 1 (figura abaixo).



**FIGURA 1 - CASO 1**

**FIGURA 4.** Questão 1 da atividade 2, aplicada após a segunda etapa de discussão do conteúdo. O objeto é avaliar se os estudantes são capazes de identificar o modelo atômico através do objeto de visualização pictórico, e se compreendem e são capazes de explicar a relação entre os objetos de visualização pictórico (modelo atômico) e diagrama esquemático (diagrama de níveis de energia).

Outra configuração de atividade utilizada é com questões de múltipla escolha, nas quais os estudantes precisam compreender as imagens visuais e as explicações textuais, ou seja, a relação entre os objetos de visualização da imagem e o OV *textual*. A atividade três, aplicada entre a quarta e a quinta etapa de discussão, é um questionário de múltipla escolha em que cada questão apresenta uma captura de tela diferente da simulação, e oferece três alternativas, na qual entre essas os estudantes precisam assinalar a resposta correta de acordo com a imagem.



3) A figura ao lado (esquerdo), de acordo com a simulação 'Modelos do átomo de Hidrogênio', representa o modelo atômico descrito por:

- Niels Bohr;
- Schrodinger;
- De Broglie.

4) Os diferentes modelos atômicos podem ser classificados em modelos clássicos e modelos quânticos. Considerando essa afirmação, e de acordo com a simulação 'Modelos do átomo de Hidrogênio' e a figura ao lado (direito), podemos incluir na categoria clássicos os seguintes modelos:

- Bola de bilhar, Pudim de passas e Sistema solar clássico;
- Bola de bilhar, Pudim de passas, Sistema solar clássico e Bohr;
- Bola de bilhar, Pudim de passas, Sistema solar clássico e De Broglie.



**FIGURA 5.** Questões 3 e 4 da atividade 3, aplicada após a quarta etapa de discussão do conteúdo. O objeto é avaliar se os estudantes são capazes de reconhecer na imagem o conceito que está sendo representado, assinalando à resposta correta entre as alternativas apresentadas.

A última atividade aplicada retoma as questões feitas na atividade 1, para que as externalizações oferecidas pelos estudantes antes e após a abordagem do conteúdo sejam comparadas com o intuito de compreender se a simulação favoreceu de fato as experiências visuais dos estudantes, se possíveis equívocos conceituais tenham sido modificados, e se externalizações incorretas ou incompletas foram corrigidas pelos estudantes. A atividade de avaliação final inclui ainda, mais duas questões, sendo uma de múltipla escolha e uma questão na qual os estudantes terão de utilizar a simulação em configuração determinada para responder à pergunta. Essa questão está associada ao experimento de espectroscopia e tem como objetivo entender se os estudantes conseguem utilizar os comandos da simulação de forma correta, e se são capazes de explicar e relacionar os objetos de visualização que se apresentam na tela após a passagem do tempo determinado na questão, com os modelos atômicos discutidos anteriormente.

**10) Agora utilizando a simulação do PhET, siga as instruções para responder à pergunta a seguir.**

- Abra a simulação PhET, selecione a função **Experimento**.
- Selecione a opção **monocromático**.
- Arraste a seta cinza até que o comprimento de onda esteja ajustado em **97nm**.
- Selecione a opção **mostrar espectrômetro**.
- Ative o canhão de emissão de luz e deixe correr a simulação por no mínimo três minutos.
- Pause a simulação e observe o que vê na tela.

Com base na sua observação, apresente um modelo para explicar o que está acontecendo dentro da caixa que contém o gás de Hidrogênio. Para responder utilize texto e desenho/diagrama. Inclua também um printscreen da tela da simulação.

**FIGURA 6.** Questões 10 da atividade 4, aplicada ao final de todas as etapas de discussão do conteúdo. O objeto é avaliar se os estudantes são capazes de interagir com a simulação e correlacionar os objetos de visualização presentes na mesma com os modelos atômicos discutidos.

A avaliação das externalizações dos estudantes deve ser contínua, buscando sempre reconhecer se há a evolução nas externalizações dos estudantes e na compreensão correta do conteúdo, o que conseqüentemente, mostrará se há o desenvolvimento da habilidade de visualizar dos estudantes.

#### IV. FUTURAS ETAPAS E ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

De modo geral, os modelos científicos abordados nas aulas de ciências exigem imaginação e abstração por parte dos estudantes, e a visualização entende que esse processo cognitivo ocorre a partir da exploração dos objetos de visualização que auxiliam na construção de modelos mentais. Posteriormente, esses modelos são externalizados pelos estudantes através de suas construções de modelos visuais externos, apresentados durante as resoluções de atividades. Assim, espera-se que a exploração da atividade de simulação com base nessa perspectiva teórica, seja capaz de favorecer as experiências visuais dos estudantes auxiliando na compreensão do conteúdo, assim como no desenvolvimento da habilidade de visualizar.

Atualmente a proposta aqui apresentada está sendo aplicada em uma instituição de ensino público, na modalidade *online*, dividida em momentos assíncronos e síncronos. De acordo com as exigências da instituição ao qual a pesquisa está associada, a mesma foi avaliada pelo comitê de ética da instituição e aprovada, e está disponível para consulta no sítio da Plataforma Brasil, sob o número de Certificado de Apresentação e Apreciações Ética 4259912160000121. Após a finalização da aplicação os resultados serão analisados e irão compor o trabalho de tese da presente pesquisa.

Espera-se que esse estudo contribua para um novo olhar sobre o uso de simulações no ensino, orientando a criação, seleção, exploração e avaliação das mesmas. E ainda, que evidencie a relevância da visualização para o ensino, destacando a importância desse conceito teórico ser discutido em espaços de formação de professores, para conscientizá-los do papel das imagens que são usadas no contexto educacional. A seleção de atividades, imagens, ou ferramentas visuais deve estar pautada nos preceitos da visualização, assim como a avaliação das mesmas, e principalmente, a habilidade visual dos estudantes deve ser constantemente desenvolvida. Quanto melhor os estudantes se tornem em visualizar, melhores serão as chances de resultados positivos de aprendizagem serem alcançados.

#### AGRADECIMENTOS

O primeiro autor é bolsista da FAPESC/SC – Brasil.

#### REFERÊNCIAS

- Adbo, K., Taber, K. S. (2009) Learners' Mental Models of the Particle Nature of Matter: A study of 16-year-old Swedish science students. *International Journal of Science Education*, 31(6), 757-786. doi: 10.1080/09500690701799383
- Alves, T. C. G., Santos C.S., Sussuchini, E.M., Lima, J. P. M. (2015). Concepções dos Graduandos do Curso de Química Licenciatura da Universidade Federal de Sergipe/Campus de São Cristóvão sobre o Átomo e os Modelos Atômicos. *Scientia Plena*, 11(6), 1-10.
- Araújo, I. S., Veit, E. A. (2008). Interatividade em recursos computacionais aplicados ao ensino-aprendizagem de física. Documento apresentado em *14ª Jornada Nacional de Educação*. Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brasil.
- Clark, J. M., Paivio, A. (1991) Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149-210.
- Fukui, A., Pacca, J. L. A. (1999) *Modelo atômico e corrente elétrica na concepção dos estudantes*. Documento apresentado em *II Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências*. Valinhos, São Paulo, Brasil.
- Harrison, A. G., Treagust, D. F. (1996) Secondary Students' Mental Models of Atoms and Molecules: Implications for Teaching Chemistry. *Science Education*, 80(5), 509-534.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge handbook of Multimedia Learning* (2a ed). Nova York: Cambridge University Press.
- Mnguni, L. E. (2014). The theoretical cognitive process of visualization for science education. *SpringerPlus*, 3(184), 1-9.
- Mnguni, L.E., Schonborn, K., Anderson, T. (2016). Assessment of visualization skills in biochemistry students. *Afr J Sci*, 112(9/10), 1-8. doi.org/10.17159/sajs.2016/20150412

Netzell, E. (2014). Using models and representations in learning and teaching about the atom: A systematic literature review. (Graduação) – Universidade de Linköpings.

Phillips, L. M., Norris, S. P., Macnab, J. N. (2010) *Visualization in Mathematics, reading and science education*. Nova York: Springer. doi 10.1007/978-90-481-8816-1.

Reis, J. M. C. (2015). Obstáculos epistemológicos: Implicações na aprendizagem do conceito de átomo. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Maringá.

Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga, S. (2008) *Cognitive Load Theory*. Nova Iorque: Springer.

Vasconcellos, T. F. D., Rodrigues, A. P., Gomes, G. A. (2016). Concepções alternativas dos modelos de átomo dos alunos do ensino médio de uma escola pública em Sobral-CE. Documento apresentado em *III Congresso Nacional de Educação*. Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.