

# O ensino do modelo atômico de Borh em livros texto e uma nova proposta com realidade aumentada para promover a visualização

## RESUMO

### **Cristian Merino**

[cristian\\_merino@pucv.cl](mailto:cristian_merino@pucv.cl)  
[0000-0002-1156-2581](tel:0000-0002-1156-2581)

Instituto de Química. Pontificia  
Universidad Católica de Valparaíso,  
Chile.

### **Sergio Bernal**

[ram.bernal.sergio@gmail.com](mailto:ram.bernal.sergio@gmail.com)  
[0000-0003-0705-0337](tel:0000-0003-0705-0337)

Instituto de Química. Pontificia  
Universidad Católica de Valparaíso,  
Chile.

### **Felipe Gallardo**

[felipe.gallardo.v@gmail.com](mailto:felipe.gallardo.v@gmail.com)  
[0000-0002-9066-8973](tel:0000-0002-9066-8973)

Instituto de Química. Pontificia  
Universidad Católica de Valparaíso,  
Chile.

### **Natalia Cândido**

[nataliacandidov@gmail.com](mailto:nataliacandidov@gmail.com)  
[0000-0003-3932-2579](tel:0000-0003-3932-2579)

Instituto de Química. Pontificia  
Universidad Católica de Valparaíso,  
Chile.

### **Miriam Struchiner**

[miriamstru@gmail.com](mailto:miriamstru@gmail.com)  
[0000-0002-9979-2364](tel:0000-0002-9979-2364)

NUTES / Universidad Federal de  
Rio de Janeiro, Brasil.

No desenvolvimento de ideias científicas, a visualização lidera um eixo fundamental na construção do conhecimento, porque a modelagem das ideias e o movimento contínuo dos níveis de representação são comuns para a explicação dos fenômenos naturais. A visualização na ciência considera um problema epistemológico e ontológico, uma vez que os modelos de representação são usados em recursos para uso público (livros didáticos, televisão, vídeos do YouTube, entre outros) e tendem a mostrar fraquezas em sua construção e organização. Neste artigo, queremos mostrar como os livros escolares apresentam um conteúdo de química e poder oferecer uma sequência de ensino e aprendizagem alternativa com níveis progressivos de visualização apoiados pela tecnologia (Realidade Aumentada), com o objetivo de promover essa capacidade nos estudantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sequência. Modelagem. Visualização. Modelo. Realidade aumentada.

## INTRODUÇÃO

No ensino e aprendizagem de ciências, a visualização leva a um eixo fundamental na construção do conhecimento, devido à modelagem de ideias e ao deslocamento contínuo de níveis de representação (macro-micro e simbólica) para a explicação de fenômenos naturais (ORDENES; ARELLANO; JARA; MERINO, 2014). A visualização em ciências apresenta um problema epistemológico e ontológico, uma vez que os modelos de representação são utilizados em recursos de uso público (seja livros de texto, televisão, vídeos do youtube, entre outros) e muitas vezes mostram fraquezas em sua construção. Por esta razão, é necessário fortalecer a capacidade metavisual dos estudantes e, assim, facilitar processos cognitivos de coleta, embalagem e apresentação de informações a partir de imagens em educação (BROOKS, 2009). Se a visualização é um aspecto importante, onde a percepção é o principal foco de interesse, então não ter uma competência metavisual teria sérias consequências para as oportunidades de aprendizagem.

As ideias anteriormente discutidas nos convidam a perguntar: quais são as características da apresentação do modelo atômico e das propriedades eletrônicas nos livros didáticos? Quais características poderiam ter uma nova apresentação desse conteúdo e recursos? Os recursos tecnológicos, como a realidade aumentada, favorecem a visualização desses conteúdos de alguma forma?

## **A IMPORTÂNCIA DA VISUALIZAÇÃO: UMA HABILIDADE METACOGNITIVA EM CIÊNCIA E EDUCAÇÃO CIENTÍFICA.**

A Real Academia Española (RAE) oferece as seguintes definições para o verbo "visualizar": [Formar na mente uma imagem visual de um conceito abstrato; imaginar com recursos visíveis algo que não está à vista]. A visualização, significa tanto a percepção de um objeto que é visto ou tocado e a imagem mental, que é produzida como um resultado desta percepção (JONES; GARDNER TAYLOR; WIEBE; FORRESTER, 2011). Acredita-se que seja uma estratégia muito importante em todos os pensamentos, e é particularmente importante na ciência, uma vez que procura construir explicações causais para os fenômenos, através das experiências de como é o mundo, uma parte dele que não é necessariamente visível para o olho humano. A ciência tenta fornecer explicações perfeitas para os fenômenos naturais: descrever as causas que levam aos efeitos particulares em que os cientistas estão interessados. No entanto, os "fenômenos" não são constituídos: impomos nossas ideias sobre o que poderia ser importante na complexidade do mundo natural (MERINO; IZQUIERDO, 2011). Então, os cientistas investigam essas idealizações, o que pode ser chamado de "fenômenos exemplares", pelo menos no início de suas investigações em qualquer campo (IZQUIERDO, 2000). Por exemplo: os primeiros químicos preferiram trabalhar com soluções de substâncias puras, não com as misturas encontradas na natureza. Os primeiros físicos optaram pelo estudo do movimento de objetos onde havia pouca fricção. Os primeiros biólogos escolheram sistemas nos quais ocorreram cruzamentos ordenados de características físicas no estudo inicial do que seria a genética. Esses fenômenos exemplares têm uma coisa em comum: são simplificações escolhidas para ajudar a formação de visualizações (percepções visuais) do que estava acontecendo no nível macro. Essas descrições ou simplificação de um fenômeno complexo são geralmente conhecidas como "modelo", que corresponde ao significado cotidiano

da palavra (GILBERT; TREAGUST, 2009). Os modelos tornam-se vitais para a visualização (imagens visuais) de entidades, relacionamentos, causas e efeitos, nos fenômenos exemplares que ocorrem. Assim, o desenvolvimento de modelos e representações destes é crucial na produção de conhecimento. Por exemplo, o sonho de Kekulé sobre a estrutura da molécula de benzeno como uma cobra que morde sua cauda. Os modelos também desempenham um papel central na divulgação e aceitação desse conhecimento: p.e. A dupla hélice do DNA já alcançou o status icônico, de tal forma que uma versão abreviada é reconhecida instantaneamente (TAMAYO; SANMARTI, 2007). Os modelos podem funcionar como uma ponte entre a teoria científica e a experiência, de como é o mundo (realidade) de duas maneiras: a) Podem agir, como representações simplificadas da realidade observada (fenômenos exemplares), produzidas para fins específicos, a que se aplicam as abstrações da teoria e b) como uma idealização de uma realidade imaginada, baseada nas abstrações da teoria, produzida de maneira que a realidade seja observada, nas quais podem ser feitas comparações com o fenômeno ou a família dos fenômenos. Desta forma, eles são usados tanto para fazer abstrações visíveis (FRANCOEUR, 1997), como para fornecer uma base para fazer previsões sobre o mundo e, portanto, explicações científicas para o fenômeno (GILBERT; 2005; GILBERT; 2008; GILBERT; AFONSO, 2014).

O uso da "visualização" parece implicar uma visão realista e ingênua do mundo: o que está "lá fora" deve ter o mesmo impacto em todos os cérebros. Entretanto, Reisberg levanta a possibilidade de uma construção pessoal de conhecimento com base no que se sabe sobre como o cérebro lida com fenômenos ópticos. A associação é tão próxima de termos associados à atividade cerebral, que não é surpreendente que existam evidências sobre percepção visual e imagens visuais, que implicam processos mentais semelhantes e de apoio mútuo (REISBERG, 1997). Portanto, ambos preservam a disposição espacial de um objeto / imagem. Isto é devido à velocidade com que uma pessoa é capaz de digitalizar (mudar o foco de atenção no objeto/ imagem), fazer zoom em relação a ele (parece mais próximo ou mais distante dela) e girar através de 360º ao longo de qualquer eixo). Eles são estabelecidos como constantes idênticas para ambos os casos. Por outro lado, ambos oferecem maior discriminação de detalhes (isto é, que mostram uma maior "acuidade visual") no centro do objeto / imagem do que em outra parte. Do mesmo modo, a pesquisa na área estabelece que a percepção visual é seletiva e essa seletividade é responsável, em parte, pelas diferenças qualitativas entre qualquer imagem visual subsequentemente produzida. Em suma, a "realidade", os produtos de "percepção visual" e "imagem visual", podem diferir muito; isto no ensino da ciência, pode causar ou induzir um erro ontológico ou obstáculo epistemológico (CLEMENT, 2001).

## **AS CONSEQUÊNCIAS PARA A APRENDIZAGEM POR NÃO TER CAPACIDADE METAVISUAL**

Como se pode observar, a visualização desempenha um papel importante na educação científica. Como toda a visualização é feita com base em modelo, ocorre um problema epistemológico e ontológico, dado que os modelos são colocados no espaço público (livros didáticos, vídeos, TV, etc.) através de uma série de "modos e submodos" de representação. A visualização é fundamental para a aprendizagem, especialmente nas ciências, porque os alunos têm que aprender a se mover entre

e através dos modos de representação (micro, macro, simbólica) Portanto, argumenta-se que para que os alunos aprendam ciência devem desenvolver uma capacidade metavisual (BROOKS, 2009). Se a visualização é um aspecto importante da educação - especialmente nas ciências, onde a percepção é o principal foco de interesse, não ter uma competência metavisual teria sérias consequências para as oportunidades de aprendizagem.

Ainda que existam alguns estudos sobre as consequências da falta de habilidades metavisuais que foram realizadas com alunos do ensino fundamental, parece provável que estudantes secundários em química, biologia e física enfrentem problemas semelhantes. Wu identifica vários tipos de problemas na área de química (WU; SHAH, 2004), dos quais os mais significativos são: a) embora os fenômenos químicos possam ser representados no nível macroscópico, os alunos têm dificuldade em fazê-lo com o mesmo fenômeno nos níveis sub-micro e simbólicos, b) os alunos encontram dificuldades na compreensão dos conceitos representados em um dado modo secundário nos níveis sub-micro e simbólicos (ARELLANO *et al.*, 2014); c) Em particular, eles enfrentam dificuldades na interpretação do nível sub-micro de uma reação representada no plano simbólico (KRAJCIK; SIMMONS; LUNETTA, 1988) e, finalmente, d) mover-se entre os modos e os submodos de representação de uma determinada molécula é um problema para os alunos, por causa do que Siegel define como "transmediação" (SIEGEL, 1995). Portanto, sem uma capacidade metavisual, os alunos encontram grande dificuldade em realizar tarefas exigentes.

Como se observa, a visualização e a orientação espacial têm sido muito promovidas em aplicações de química que foram possíveis com os avanços tecnológicos nos laboratórios de pesquisa, no entanto, é necessário continuar investigando a natureza abstrata dos conceitos, dos objetivos e as operações que estão sendo investigadas. Além disso, a maior parte deste trabalho foi produzido sem a ajuda de uma teoria ou teorias para prever e explicar os resultados. Avanços similares foram feitos em salas de aula de educação científica em escolas primárias, intermediárias e secundárias que utilizam tecnologias de baixo nível. Portanto, o que acontecerá se utilizamos tecnologias de alto nível como, por exemplo, a realidade aumentada? A partir do exposto, podemos apontar que o "experimento de aprendizado", no qual a inovação é introduzida e seu efeito monitorado desde muito próximo durante o processo, tem muito a oferecer neste campo emergente, conforme mencionado nos estudos de casos de alunos que estão aprendendo com a ajuda de visualizações externas e/ou gerando suas próprias visualizações internas (MERINO; SANMARTÍ, 2008; MERINO; IZQUIERDO, 2011).

Embora os poucos estudos internacionais apontem para os fatores que afetam a capacidade dos alunos de interpretar modelos visuais, ainda há uma lacuna na literatura sobre a natureza das representações com base no processo cognitivo de visualização, e ainda mais em sequências orientadas para a promoção da visualização para o setor 14-15 anos em ciências naturais que nos fornecem evidências de como esse processo ocorre. A codificação de uma natureza externa a elaboração para o ensino de visualização poderia ser útil e apoiaria o trabalho neste campo, assim como todas as investigações analisadas até à data concluíram que é necessário muito mais pesquisa e desenvolvimento em relação à visualização em educação científica (CHENG; GILBERT, 2008), bem como a sua importância e potencial devem ser reconhecidos como uma forma de: a) o desenvolvimento da

alfabetização e das vocações científicas (GIL; VILCHES, 2001) e b) gerar resultados diferenciados na avaliação de provas externas (ANDERSON; LIN; TREAGUST; ROSS; YORE, 2007).

### **ELABORAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM EM CIÊNCIAS COM VISUALIZAÇÕES EXTERNAS.**

Uma das linhas de pesquisa notáveis e ativas na didática das ciências é a elaboração, implementação e análise epistemológica e didática das atividades que compõem uma sequência de ensino-aprendizagem de ciências (SANMARTÍ, 2002). Uma característica distintiva de uma sequência de ensino-aprendizagem (denominada SEA) é sua inclusão em um processo gradual baseado em um processo evolutivo com o objetivo de entrelaçar as visões da "comunidade científica e as perspectivas do aluno".

Por convenção, estabelece-se que as SEAs envolvem uma série de fases ou ciclos de aprendizagem (BESSON *et al.*, 2009). Cada ciclo pode envolver uma sessão ou um grupo de sessões organizadas para atingir um objetivo específico. Uma vez que este ciclo é concluído, o próximo é aprovado, e assim por diante até atingir o objetivo de aprendizagem principal que nos apresentamos. O fato de que há diferentes fases para atingir um objetivo de aprendizagem não implica necessariamente que devamos ser inundados com atividades.

Uma questão não menos importante refere-se a como a SEA pode cair no desenvolvimento superficial da aprendizagem ativa, onde "ativo" é simplesmente traduzido como "atividade" que pode levar a que esse método de aprendizagem seja pouco mais do que uma interessante diversão na sala de aula, em vez de ser uma ferramenta de aprendizagem intencional que pode suportar uma aprendizagem profunda. Pelo contrário, os professores de ciências precisam fornecer e promover aos estudantes estruturas de recepção (andaimes) ao longo do ambiente de aprendizagem. Não se trata de realizar muitas coisas e atividades em cada aula, mas sobre como os alunos estão processando e aproveitando uma atividade e, portanto, nela uma visualização externa simples ou complexa.

Uma sequência didática pode ser definida e desenvolvida de diferentes maneiras. Basicamente, é o plano integrado que estrutura o trabalho na sala de aula de forma sistemática e orienta sua relação com o aluno, conhecimento e ambiente (relacionamento didático), onde se explicitam características do sistema didático que são fundamentais para qualquer ação de ensino e aprendizagem. Para realizar esta ação, o professor deve tomar decisões autônomas e fundamentadas sobre o conhecimento a ser ministrado. Astudillo *et al.* (2011), propõem a sequência didática como uma hipótese para o ensino dos conteúdos da ciência orientada para a promoção da aprendizagem para o significado sociocognitivo. Eles propõem em seu estudo inverter o modelo clássico de formação, segundo o qual a teoria precede a ação, por um processo recursivo de fundação, revisão e reescrita a partir de uma abordagem de problematização do conhecimento escolar.

De acordo com o que os autores definiram, uma sequência didática seria a operacionalização do relacionamento didático, o que significa sistematizar em momentos claramente diferenciados a construção do conhecimento por parte do professor e dos alunos, os papéis (compromissos e as responsabilidades do aluno

e do professor), a organização da sala de aula (formas de trabalho), o tempo necessário para sua implementação, a descrição da atividade (intenção da atividade, explicar o que consiste), os materiais didáticos (como guias, palavras escritas ou ditas, gráficos) e as referências teóricas para a atividade. Aprofundando, a sequência didática seria uma tarefa de múltiplas articulações, mediando entre o passado e o futuro (recuperando analiticamente outras experiências de formação); a cooperação entre conhecimento didático e prática docente; a integração das condições psicocontextuais; e a construção de uma coerência global entre as ações propostas, com critérios de continuidade e aprofundamento progressivo (ASTUDILLO *et al.*, 2011).

### **A INCLUSÃO DA REALIDADE AUMENTADA PARA O DESENHO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO-APRENDIZAGEM EM CIÊNCIAS**

Identificar um problema e tentar resolvê-lo tem sido considerado como o principal estímulo para a pesquisa científica: no processo de resolução, são produzidas variações conceituais, graças as quais o conhecimento científico (teorias, procedimentos e idiomas) evolui. Este esquema também pode ser aplicado ao ensino da ciência e, nesse sentido, a elaboração das SEAs. De fato, a resolução de problemas tem sido, nas últimas décadas, uma área de grande interesse no ensino da ciência. Embora a bibliografia especializada mostre claramente que, em geral, os alunos não aprendem a resolver problemas, mas sim mecanizam os processos de resolução de alguns que parecem relevantes para eles, hoje em dia é reivindicada a importância de resolver problemas como uma habilidade/competência essencial para estudantes de ciências. O desafio não é apenas na formulação de "bons" problemas para aprender ciência, mas também em como eles se alinham com as mudanças que significam saber ciências, saber sobre ciências e saber fazer ciências no século 21 com o uso de tecnologias, como por exemplo, realidade aumentada. Na última década, a aprendizagem apoiada pela tecnologia foi reforçada pela aplicação de tecnologias emergentes, como a computação móvel e a realidade aumentada. Um sistema de realidade aumentada permite combinar os objetos do mundo real com objetos virtuais que parecem coexistir no mesmo espaço como no mundo real (AZUMA *et al.*, 2001). Com a realidade aumentada, os alunos em seu processo de aprendizagem podem se beneficiar da relação dos objetos no espaço que os rodeia com os conceitos aprendidos e adquirir habilidades para interpretar o conhecimento com experiências e experimentação no mundo real (FABRI *et al.*, 2008). Da mesma forma, no processo de ensino, materiais altamente interativos podem ser integrados em situações e ambientes onde a descrição dos objetos, seu funcionamento e os conceitos relacionados a eles são complexos de explicar e implicam um maior esforço em sua aprendizagem. Durante os últimos anos, existe uma tendência de combinar tecnologias com realidade aumentada para conseguir a criação de aplicações de realidade aumentada que se beneficiem da portabilidade, acesso imediato e informações breves que são obtidas com, por exemplo, dispositivos móveis (PAPAGIANNAKIS; SINGH; MAGNENAT-THALMANN, 2008). No entanto, essa combinação e sua aplicação em ambientes educacionais continua sendo uma área aberta de pesquisa.

Não há diretrizes para a descrição do conteúdo educacional com base em técnicas de realidade aumentada ou metodologias para o projeto e criação desses

materiais altamente interativos para alcançar a aprendizagem personalizada em qualquer lugar e a qualquer momento. Normalmente na educação e especialmente nas ciências, a criação de aplicações de realidade aumentada usa dados gerados pelo computador e sobrepostos no campo da visão dos usuários para fornecer informações adicionais sobre seu ambiente ou para fornecer um guia visual para a conclusão de uma tarefa (YU *et al.*, 2010). A integração deste tipo de aplicações na elaboração de SEAs para promover a capacidade metavisual é um desafio e uma oportunidade que permitiria ao aluno apresentar conteúdos altamente interativos que respondam às suas expectativas e necessidades para que possam interpretar os conteúdos, relacioná-los com o mundo real e incentivar o desenvolvimento de capacidades metavisuais.

## METODOLOGIA DE TRABALHO

Para elaborar "novas sequências" para ensinar química e, em particular, o modelo atômico com Realidade Aumentada, utilizou-se um projeto específico, que é enquadrado em uma perspectiva de Pesquisa de Design Educacional (PLOMP, 2009) e inclui 3 fases (diagnóstico, elaboração e avaliação).

### i) Diagnóstico

Para a seleção de temas para as sequências a serem elaboradas, um questionário foi enviado para escolas em todo o país, em formato digital. Os professores de química foram convidados a selecionar os temas complexos para ensinar e que teriam um alto potencial se os materiais fossem elaborados com uma narrativa que fosse significativamente acentuada por visualizações com realidade aumentada (GILBERT; AFONSO, 2014). Das 284 respostas coletadas, os tópicos mais selecionados pelos professores foram: a) modelo mecânico-quântico, b) distribuição espacial das moléculas, c) forças intermoleculares, d) estequiometria, e) propriedades coligativas, f) propriedades físico-químicas do carbono, g) estereoquímica e isomerismo. Para a descrição deste trabalho, selecionamos o primeiro. Posteriormente, se analisou o conteúdo do modelo mecânico-quântico nos textos de Química do 1º Médio, entregue pelo Ministério da Educação do Governo do Chile a todas as escolas (critério de cobertura).

**Para a revisão, dois objetivos de aprendizagem (OA) foram considerados de acordo com o Programa de Estudos Químicos, de acordo com MINEDUC (2009), que corresponde ao comportamento dos elétrons no átomo com base em princípios (noções) do modelo mecânico quântico (OA1) e organização dos elétrons em cada um dos níveis de energia de vários átomos (OA2).**

Tabela 1. Dados bibliográficos dos textos revisados.

Código	Título do livro	Editorial	Ano	Páginas
L1	Texto para o estudante de Química (MINEDUC)	Calicanto	2013	33-47
L2	Texto para o estudante de Química (MINEDUC)	Calicanto	2015	37-75

(Fonte: Os autores)

Para a análise dos textos, foram selecionados três critérios que são descritos na tabela 2. Esses critérios foram selecionados a partir da revisão de outros

estudos na área que os utilizam como referência (PERALES; JIMÉNEZ, 2002; POBLETE; ROJAS; MERINO; QUIROZ, 2016; SPINELLI; MORALES; MERINO; QUIROZ, 2016).

Tabela 2. Critérios utilizados para a revisão dos livros didáticos.

ID	Critério	Autor	Descrição
C1	Homogeneidade	Zabalza (2000)	Classificação geral de acordo com as distribuições que são: Simples homogêneo, Heterogêneo simples, Complexo com alternativas, Complexo com retroatividade, Complexo com espiral e Convergente complexo.
C2	Função epistemológica	Bunge (2000)	As imagens são descritas de forma particular, de acordo com quatro eventos orientados na Descrição, Explicação, Previsão e Ação.
C3	Função didática	Perales e Jiménez (2002)	As imagens são descritas de forma particular, com eventos classificados como: 1-Evocação, 2-Definição, 3-Aplicação, 4-Descrição, 5-Interpretação e 6-Problematização.

(Fonte: Os autores)

A análise de modelagem nos livros considerou a visão geral de C1 e C2, enquanto o C3 foi operacionalizado com base no sistema de probabilidades (Px) descrito por Jiménez (2000) em Perales e Cañal. Os resultados subsequentes constituiram informações complementares para a elaboração de uma SEA sobre os objetivos de aprendizagem, considerando a contextualização do conteúdo através da emissão de cores dos fogos de artifício, fenômeno contingente para a área de Valparaíso e Viña del Mar.

#### ii) Elaboração

A SEA elaborada é alimentada pelo processo anterior. O ciclo de aprendizagem construtivista (SANMARTÍ, 2002) é tomado como base para a elaboração instrucional, este está centrado em 4 fases de desenvolvimento: exploração das ideias básicas, introdução de novas perspectivas, pontos de vista ou variáveis, estruturação das ideias e transferência para um novo contexto. A sequência é formalizada em uma pasta de trabalho para o aluno em formato impresso (também disponível em formato PDF) e um APK (acrônimo em inglês, Pacote de Aplicativos Android) para ser carregado em qualquer dispositivo Smartphone ou Tablet com sistema operacional Android 4.1 ou superior. Uma vez que o aplicativo é ativado no dispositivo, ele é acionado pela guia de trabalho do aluno. No texto vão aparecendo as marcas que se o aluno as apontar com o seu Smartphone, ele pode visualizar o material em RA, vídeos, animações 3D ou simuladores, dependendo da atividade. Ao elaborar o conteúdo com a inclusão da realidade aumentada, é promovida a contiguidade espacial positiva. Dois ou mais elementos visuais relacionados (imagem e texto) são apresentados juntos sendo mais fáceis de processar pela memória de trabalho por serem contíguos (SWELLER, 1988).

Para desenvolver este recurso, utilizou-se o Unity 3D 5.1. Unity permite desenvolver o ambiente, layout, efeitos de iluminação, programação de som, etc. Para a incorporação do RA, o SDK Vuforia foi utilizado na sua versão 6. Ambos os



softwares são gratuitos (sem fins comerciais). Para baixar o aplicativo, basta buscá-lo na GooglePlay:

<https://play.google.com/store/apps/details?id=cl.PUCV.SpectoModeloMecanicoCuantico&hl=es>

### iii) Avaliação

Finalmente, para avaliar as respostas na forma de desenhos e explicações escritas, foi utilizada a proposta de Kozma-Rusell (2005), que apresenta uma hierarquia baseada em níveis de representação e visualização em ciências.

A partir desta proposta, é feita uma adaptação ao conteúdo da sequência, e com ela, se revisaram as produções estudantis.

Tabela 3. Níveis de competência representacional (adaptado de Kozma-Rusell, 2005, citado em Gilbert, 2008)

Níveis	Descrição
Nível 1 - Representação como descrição	Ao pedir ao aluno para representar o fenômeno da luz, a pessoa gera representações do fenômeno com base apenas em suas características físicas, ou seja, a representação é uma descrição isomórfica icônica do fenômeno em um único ponto do tempo.
Nível 2 - Capacidades simbólicas primitivas	O aluno explica o fenômeno da luz, desenhando linhas e adicionalmente inclui a variável, p.e. dispersão. Mas sempre no nível macroscópico.
Nível 3 - Uso sintático de representações formais.	O aluno explica o fenômeno de luz, linhas ou pontos, incluindo a variável p.e. dispersão. Muda de macro para microescala para explicar as interações com o modelo e a liberação de energia (fótons) relacionados a um comprimento de onda específico, embora as entidades dos processos não possam ser interpretadas corretamente a partir do ponto de vista científico. Além disso, ele é capaz de usar corretamente as representações formais, mas enfoca a sintaxe de uso.
Nível 4 - Uso semântico de representações formais.	O aluno explica o fenômeno de luz, linhas ou pontos, incluindo a variável p.e. dispersão. Muda de macro para microescala para explicar as interações com o modelo e a liberação de energia (fótons) relacionados a um comprimento de onda específico, embora as entidades dos processos não sejam interpretadas corretamente do ponto de vista científico. Usa as representações formais corretamente, mas concentre-se na sintaxe de uso. O aluno usa representações para explicar o fenômeno, resolver um problema e fazer previsões.
Nível 5 - Uso reflexivo	Resolve uma situação problemática, escolhendo uma representação anterior para explicar o fenômeno a um terceiro. Também inclui gráficos, equações ou esquemas para expressar ideias complementares ou equivalentes. É capaz de entender que os modelos utilizados são representações da realidade com base em dados científicos prévios e/ou conhecimentos. Discrimina tipos de representação dependendo do contexto.

(Fonte: Os autores)

As produções dos alunos foram revisadas e classificadas de acordo com os níveis descritos na tabela 3. Os níveis foram contados com números naturais, começando com o valor de 1 para o nível mais básico e 5 para o nível mais complexo. Os níveis foram validados por dois pares de especialistas, utilizando um critério de estabilidade e reprodutibilidade (índice Kappa). O estudo estatístico determinou que, para os dois pares de observadores que realizaram o exercício de classificação, os coeficientes Kappa foram 0,4468 (moderados) e 0,7053 (substantial), com os quais o exercício foi considerado satisfatório.

iv) Os participantes

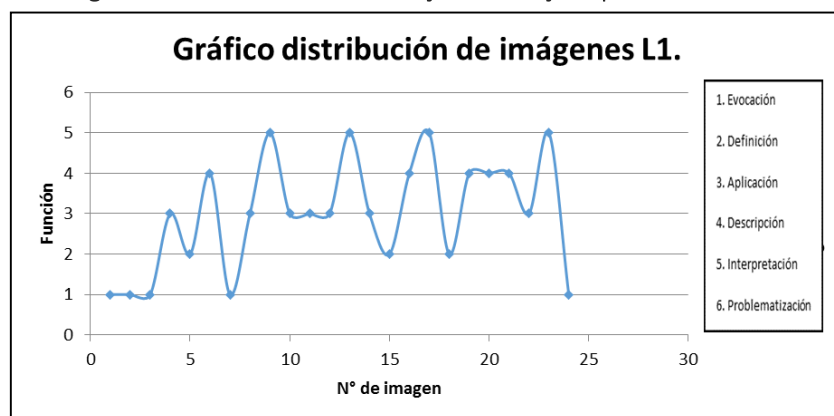
A amostra piloto corresponde a 36 alunos de 12 a 13 anos, de uma escola privada subsidiada na região de Valparaíso (Chile). Antes da implementação, os alunos e os pais foram informados da participação no estudo e assinaram uma carta de consentimento informado, que respeita sua identidade e integridade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

a) Sobre a análise de texto:

Para este caso, apresentaremos a revisão feita a um livro didático. O texto L1 apresenta uma função epistemológica que abrange as funções Descrição, Explicação e Previsão. Ausente, neste caso, o último evento, referido à Ação, o que significa que as imagens foram variadas, e pelo menos uma delas cobriu cada evento epistemológico, promovendo com ilustrações de exemplo, explicações superficiais e profundas sobre o conteúdo, com ideias teóricas que tentam explicar os fenômenos, embora as ilustrações não sejam capazes de promover conceitos científicos para que os alunos tomem decisões e possam comentar.

Fig 1. Gráfico linear de distribuição de funções presente em L1.



(Fonte: Os autores)

A Figura 1 apresenta os resultados em um total de N = 23 imagens analisadas no livro texto L1 correspondente ao livro para o aluno Química (2013). Com esses dados, obteve-se a simples probabilidade de cada uma das funções, conforme mostrado na tabela 4.

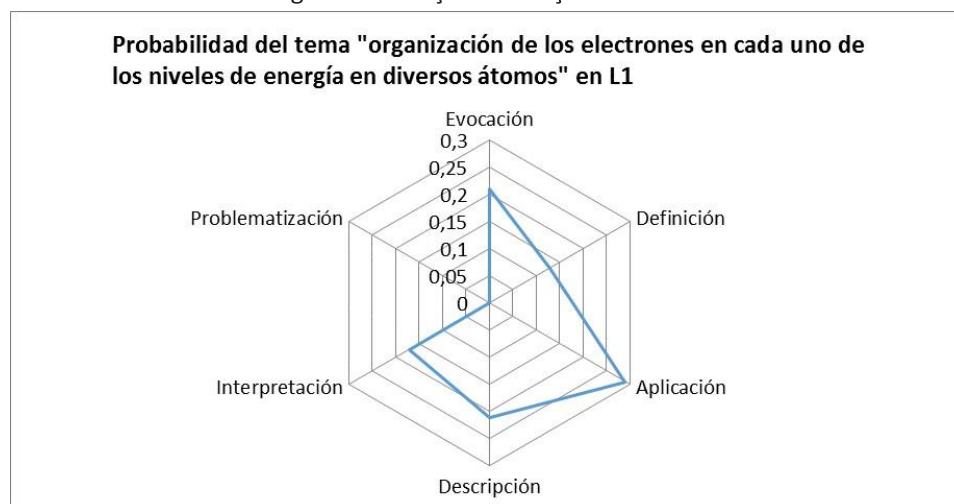
Tabela 4. Tabela de frequências e probabilidades simples registradas em L1.

Critério	n°	Frequência ( $f_{(a)}$ )	Probabilidade ( $P_{(x)}$ )
Evocação	1	5	0.21
Definição	2	3	0.14
Aplicação	3	6	0.27
Descrição	4	5	0.21
Interpretação	5	4	0.17
Problematização	6	0	0.00
Total		23	1.00

(Fonte: Os autores)

A Tabela 4 destaca que há ausência do evento relacionado, a problematização das ilustrações, a baixa presença do evento Definição e a alta probabilidade de encontrar uma imagem no texto relacionado ao evento de Aplicação. Esses dados permitiram elaborar um gráfico radial, que é mostrado na figura 2.

Fig 2. Distribuição de funções no livro 1.



(Fonte: Os autores)

## b) Sobre a elaboração da sequência

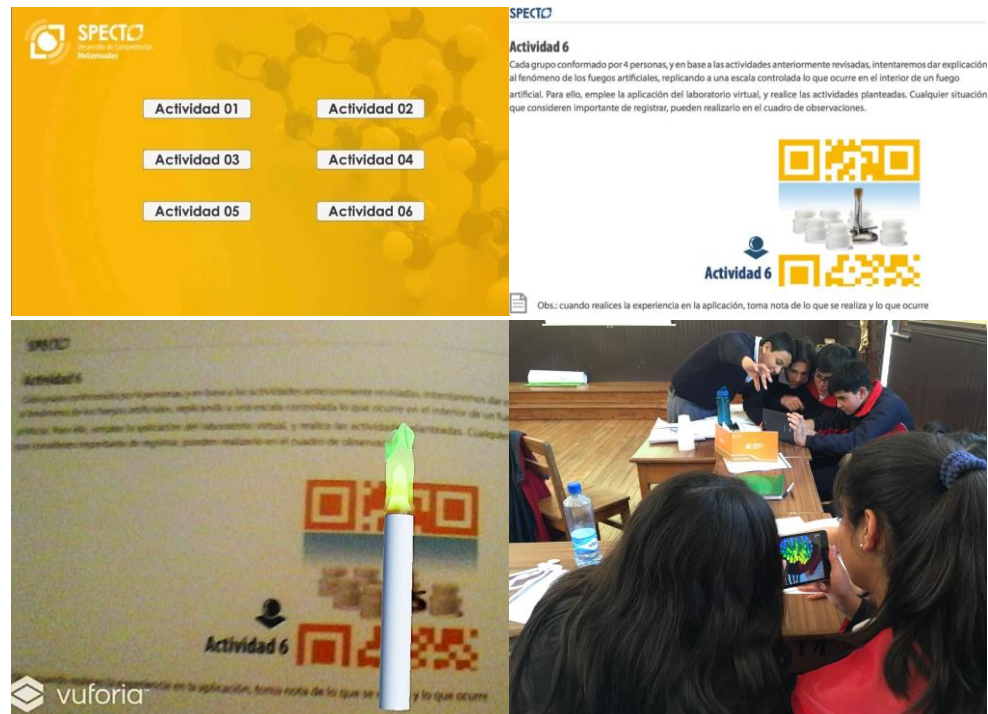
A partir da informação anterior, é proposta uma sequência de quatro fases (SANMARTÍ, 2002), na qual são distribuídas 5 atividades de aprendizagem que contêm 6 imagens com interação com a RA. A sequência é desenvolvida a partir de um nível de representação macro, para um nível micro, onde as situações de problema e os objetivos de aprendizagem são descritos na tabela 5 e na figura 3, um exemplo das atividades projetadas é ilustrado.

Tabela 5. Atividades e finalidade

Atividade	Finalidade
A1. Como funcionam os incêndios artificiais?	Identificar as características das estruturas de fogos de artifício e fornecer perguntas iniciais sobre a origem de sua coloração
A2. A natureza da luz	Incorporar novas variáveis para estudar ou fenômeno a partir de teorias corpusculares e ondulantes da luz
A3. A impressão digital dos elementos químicos	Explicar os espectros de absorção e emissão e sua relação com o espectro de luz visível
A4. O átomo de hidrogênio e o modelo de átomo de Niels Bøhr	Usar o modelo de Bøhr para explicar a absorção ou emissão de energia quantizada (fótons) e sua relação com o espectro de luz visível.
A5. Testes virtuais para a chama com sais	Prever e explicar o comportamento de certos sais expostos a uma fonte de energia e relacionar a cor da chama com o espectro de luz visível e fogos de artifício

(Fonte: Os autores)

Fig. 3. Menu de atividades dentro do aplicativo e exemplo



(Fonte: Os autores)

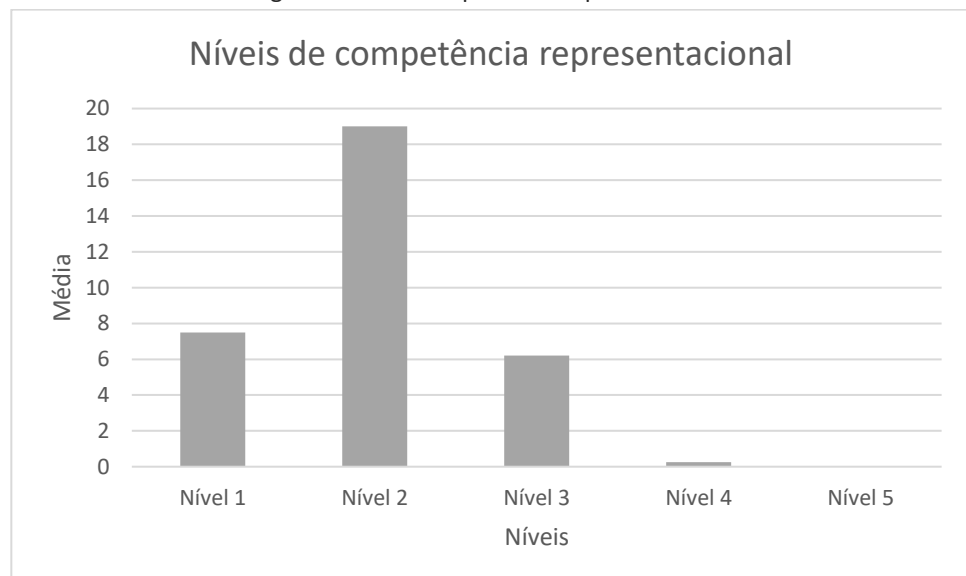
### c) Sobre a análise das produções estudantis:

Os estudantes, antes de iniciar o trabalho sobre a atividade do SEA SPECTO Modelo atômico, foram instruídos a desenhar a seguinte situação:

[...] Considere que você está em uma sala onde há apenas uma lâmpada, como o apresentado abaixo. Se você pode ligar a lâmpada na sala com um interruptor: a) Desenhe na imagem a seguir como os raios de luz seriam distribuídos a partir da lâmpada iluminada na sala [...]

Para o número total de registros (N = 36) dos alunos, de acordo com o pré-teste implementado no oitavo ano escolar básico, obteve-se que a média dos desenhos classificada como nível 1 - Representação como descrição é  $\bar{X}= 7,5$ ; os desenhos classificados como nível 2 - capacidades simbólicas primitivas é  $\bar{X}=19$ ; os desenhos classificados como nível 3 - O uso sintático de representações formais é  $\bar{X}= 6,2$ ; desenhos classificados como nível 4 - O uso semântico de apresentações formais é  $\bar{X}=0,25$ ; os desenhos classificados como nível 5 - o uso reflexivo é  $\bar{X}= 0$ .

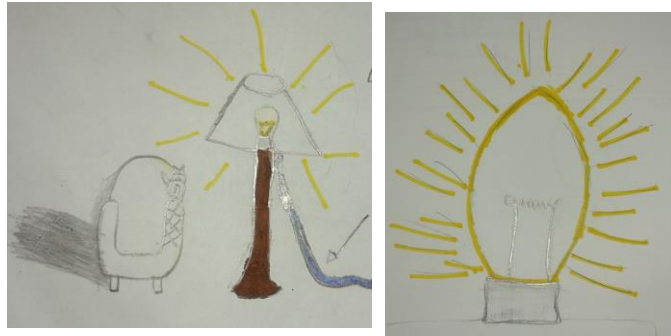
Fig. 4. Nível de competência representacional



(Fonte: Os autores)

Portanto, os níveis de visualização para o nível de representação como descrição, consideram que 20% dos desenhos classificados funcionam a partir da lógica de traçar aspectos concretos e reais da situação problemática, levando em consideração o foco de detalhamento de características específicas (exemplo na Figura 1). No caso do nível relacionado às capacidades simbólicas primitivas, pelo menos 52% dos desenhos são catalogados como representações que mantêm símbolos primitivos que dão orientação de movimento, direção e outras propriedades do fenômeno que não são visíveis, mas que descrevem uma interação com o meio ambiente, relacionando-os com representações de objetos concretos (exemplos nas figuras 5).

Fig. 5. Exemplos



(Fonte: Os autores)

Para o nível de uso sintático de apresentações formais, 17% dos desenhos contêm informações de representações concretas e símbolos, é capaz de encontrar explicações a partir da lógica do aluno através de processos que constituem etapas para descrever o fenômeno (figura 6).

Fig. 6. Exemplos

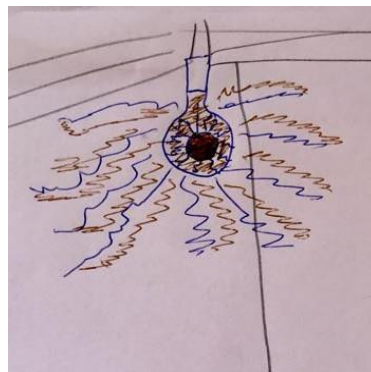
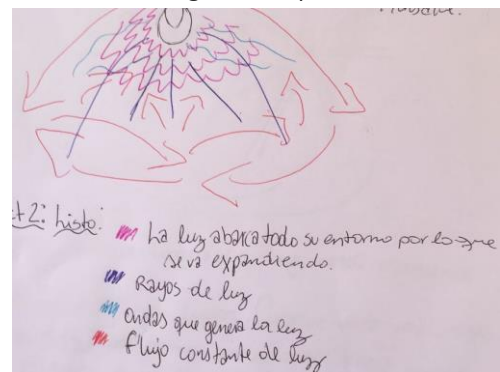


Fig. 7. Exemplos



(Fonte: Os autores)

Para o caso do uso semântico de apresentações formais, 1% dos desenhos constituem uma representação marcada pelo critério de aprofundar uma explicação com símbolos e esquemas reconhecidos como válidos no campo da disciplina, gerando modelos aceitos em conjunto com objetos concretos (figura 7). Para o caso do nível reflexivo, 0% dos desenhos atingem este nível abstrato, onde os desenhos mantêm as problematizações do fenômeno.

Esses desenhos ao constituir instâncias iniciais de representação, indicam que todos os alunos são capazes de identificar objetos concretos e que eles existem na realidade, considerando seus detalhes correspondentes. No entanto, a maioria dos alunos atinge um nível de auto representação adaptando seus próprios símbolos, mas sem dar mais explicações do que representam, enquanto o restante explícita o que cada parte do desenho significa. Como instância inicial, é esperado que, ao implementar a sequência com o recurso tecnológico, a maioria dos alunos será capaz de modelar fenômenos em um nível superior ao realizado neste pré-teste, considerando a grande contribuição que o desenvolvimento de representações digitais na RA, focada na obtenção de uma habilidade de aprendizagem.

# The teaching of the Bohr atomic model in textbooks and a new proposal to promote the visualization through the use of augmented reality

## ABSTRACT

In the development of scientific ideas, visualization is a fundamental axis in the construction of knowledge, because the modelling of ideas and the continuous movement of levels of representation are common for the explanation of natural phenomena. The visualization considers an epistemological and ontological problem, because representation models are used in resources for public use (textbooks, television, videos, among others) and tend to show weaknesses in their construction and organization. In this article, we first want to see how textbooks present a content in chemistry, and then offer a sequence of alternative teaching and learning with visualization levels through technological inclusion (augmented reality) in order to promote this capacity in student's high school.

**KEYWORDS:** Teaching-learning sequence. Modelling. Visualization. Model. Augmented reality.

#### RECONHECIMENTOS:

Proyecto Fondecyt 1150659. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Gobierno de Chile.

Proyecto PAI 80140083. Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología, Gobierno de Chile.

CNPq, Governo do Brasil.

#### REFERÊNCIAS

ANDERSON, J., LIN, H.-S., TREAGUST, D., ROSS, S., & YORE, L. Using large-scale assessment datasets for research in science and mathematics education: Programme for International Student Assessment (PISA). **International Journal of Science and Mathematics Education**, 5(4), 591-614.2007

ASTUDILLO, C., RIVAROSA, A., ORTIZ, F. **Formas de pensar la enseñanza de las ciencias. Un análisis de secuencias didácticas**. Revista electrónica de enseñanza de las ciências, 10 (3) 567-586.2011.

AZUMA, R, BAILLOT, Y, BEHRINGER, R, FEINER, S, JULIER, S, & MCINTYRE, B. Recent advances in augmented reality. **Comput. Graph. Appli.**34-47.2001

BESSON, UGO, BORGHI, L, DE AMBROSIS, A, & MASCHERETTI, P. A Three-Dimensional Approach and Open Source Structure for the Design and Experimentation of Teaching-Learning Sequences: The case of friction. **International Journal of Science Education**, 32(10), 1289-1313.2009.

BROOKS, M. Drawing, Visualisation and Young Children's Exploration of "Bid Ideas", **International Journal of Science Education**. 31(3), 319-341. 2009.

BUNGE, M. **La investigación Científica: Su estrategia y su filosofía:**

México: Siglo XXI editores. 2000.

CARMIGNIANI, J. & FURHT, B. Augmented Reality: An Overview. In B. Furht (Ed.), **Handbook of Augmented Reality** (pp. 3-46). New York, NY: Springer New York. 2011.

CHENG, M. & GILBERT, J. Teaching Stoichiometry with Particulate Diagrams – Linking Macro Phenomena and Chemical Equations. In B. Eilam & K. J. Gilbert (Eds.), **Science Teachers' Use of Visual Representations** (pp. 123-143). Cham: Springer International Publishing. 2014.



CLEMENT, P. Epistemological, didactical and psychological obstacles: The example of digestion / excretion. In D. Psillos, Kariotoglou, P., Tselfes, V., Bisdikian, G., Fassoulopoulos, G., Hatzikraniotis, E., Kallery, M. (Ed.), **Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society**, Vol. 1 (pp. 347-349). Thessaloniki, Greece: Aristotle University of Thessaloniki. WU2001.

FABRI, D, FALSETTI, C, LEZZI, A, RAMAZZOTTI, S, VIOLA, S, & LEO, T. (2008). Virtual and augmented reality. In H. Adelsberger, Kinshuk, J. Pawlowski & D. Sampson (Eds.) **Handbook on Information Technologies for Education and Training** (pp. 113-132). Berlin: Springer.

FRANCOEUR, E. The forgotten tool: the design and use of molecular models. **Social Studies of Science**, 27, 7-40.1997.

GIL, D, & VILCHES, A. Una alfabetización científica para el siglo XXI. **Investigación en la escuela** 43, 27-37.2001

GILBERT, J. Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education. In J. K. Gilbert (Ed.), **Visualization in Science Education** (pp. 9-27). Dordrecht: Springer Netherlands. 2005.

GILBERT, J. Visualization: An Emergent Field of Practice and Enquiry in Science Education. In J. K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (Eds.), **Visualization: Theory and Practice in Science Education** (pp. 3-24). Dordrecht: Springer Netherlands. 2008.

GILBERT, J. & TREAGUST, D. Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship Between Them: Key Models in Chemical Education. In J. K. Gilbert & D. Treagust (Eds.), **Multiple Representations in Chemical Education** (pp. 1-8). Dordrecht: Springer Netherlands. 2009.

GILBERT, J. & AFONSO, A. Visualizations in Popular Books About Chemistry. **Science Teachers' Use of Visual Representations** (pp. 227-245). B. Eilam and K. J. Gilbert. Cham, Springer International Publishing. 2014.

IZQUIERDO, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. F. Perales, P. Cañal (Eds.), **Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias** (pp. 35-64). Alcoy: Marfil, España. 2000.

JIMÉNEZ, J. El análisis de los libros de texto. F. Perales, P. Cañal, **Didáctica de las ciencias experimentales: Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias** (pp.307-321). Alcoy: Marfil, España. 2000.

JONES, M. GAIL, GARDNER, GRANT, TAYLOR, AMYR, WIEBE, ERIC, & FORRESTER, JENNIFER. Conceptualizing Magnification and Scale: The Roles of Spatial Visualization and Logical Thinking. **Research in Science Education**, 41(3), 357-368. 2011.

KOSMA, R., RUSSELL, J. Students becoming chemists: Developing representational competence. J.K. Gilbert, **Visualization in Science Education** (pp. 121–145). Dordrecht: Springer. 2005.

KRAJCIK, J. S., SIMMONS, P. E., LUNETTA, V. N. **A research strategy for the dynamic study of students' concepts and problem solving strategies using science software**. Journal of Research in Science Teaching, 25(2), 147-155.1988.

LLORENTE, E. **Imágenes en la enseñanza**. Revista de Psicodidáctica, (9), 119-135. (2000).

ORDENES, R., ARELLANO, M., JARA, R., & MERINO, C. Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia y ordenes. **Educacion Química**, 25(1). 2014.

MERINO, C, & IZQUIERDO, M. Aportes a la modelización, según el cambio químico. **Educación Química**, XXII (3), 212-223. 2011.

MERINO, C., & SANMARTÍ, N. How young children model chemical change. **Chemistry Education Research and Practice**, 9(3), 196-207.2008

PAPAGIANNAKIS, G., SINGH, G., & MAGNENAT-THALMANN, N. A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems. **Journal of Computer Animation and Virtual Worlds**, 19(1), 3-22. 2008.

PERALES, F. JIMÉNEZ, J. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. **Enseñanza de las ciencias**, 20(3) 369-386. 2002.

PLOMP, T. Educational Design Research: an Introduction. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), **An introduction to educational Design Research** (pp. 9- 35). SLO-Netherlands: Institute for Curriculum Development. 2009.

POBLETE, J. C., ROJAS, R. O., MERINO, C., Y QUIROZ, W. An ontological and epistemological analysis of the presentation of the first law of thermodynamics in school and university textbooks. **Chemistry Education Research and Practice**. 17: 1041-1053. 2016.

REISBERG, D. **Cognition**. New York: Norton. 1997

SANMARTÍ, N. **Didáctica de las Ciencias en la Educación Secundaria**. Madrid: Síntesis. 2002.

SIEGEL, M. More than words: the generative power of transmediation for learning. **Canadian Journal of Educational**, 20(4), 455-475.1995.

SPINELLI BARRIA, M., MORALES, C., MERINO, C., Y QUIROZ, W. Realist ontology and natural processes: a semantic tool to analyze the presentation of the osmosis concept in science texts. **Chemistry Education Research and Practice**. 17:646-655. 2016.

TAMAYO ALZATE, O. E., & SANMARTI PUIG, N. High-school students' conceptual evolution of the respiration concept from the perspective of Giere's cognitive science model. **International Journal of Science Education**, 29(2), 215-248.2007.

WU, H., SHAH. Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. **Science Education** 88: 465-492. 2004.

YU, D, JIN, J, LUO, S, LAI, W, & HUANG, Q. A Useful Visualization Technique: A Literature Review for Augmented Reality and its Application, limitation & future direction. In M. Huang, Q. Nguyen & K. Zhang (Eds.), **Visual Information Communication** (pp. 311-337). New York: Springer.2010.

ZABALZA, M. A. **Diseño y desarrollo curricular**. Madrid: Narcea. 2000.

**Recebido:** Dezembro de 2017

**Aprovado:** Junho de 2018

**DOI:** 10.3895/rbect.v11n2.8453

**Como citar:** MERINO, C.; BERNAL, S.; GALLARDO, F.; CÂNDIDO, N.; STRUCHINER, M. O ensino do modelo atômico de Borh em livros texto e uma nova proposta com realidade aumentada para promover a visualização. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 11, n. 2, 2018. Disponível em:

<<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/8453>>. Acesso em: xxx.

**Correspondência:** Cristian Merino - [cristian.merino@pucv.cl](mailto:cristian.merino@pucv.cl)

**Direito autoral:** Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

