



Visualizações no Ensino de Química: Concepções de Professores em Formação Inicial

Celeste Rodrigues Ferreira e Agnaldo Arroio

Tendo em vista a importância teórica e prática que o uso de modelos e visualizações tem ganhado em especial na química ao longo da última década, devido ao desenvolvimento acelerado das tecnologias de informação, acompanhado de vários estudos empíricos e teóricos na área da teoria cognitiva em visualização, é fundamental que conheçamos como os futuros professores concebem essa linguagem e as ferramentas associadas e como percebem seu papel na elaboração conceitual em sala de aula. Foi realizado um estudo com alunos de curso de licenciatura em química de uma universidade pública. De acordo com os resultados, esses professores em formação inicial apresentam um conhecimento teórico escasso acerca desse tema, suas concepções são superficiais e baseadas principalmente na sua experiência como alunos. Por conseguinte, existe um risco elevado de utilização de visualizações de uma forma inadequada, o que pode levar a sérios danos na aprendizagem dos alunos.

► concepções dos professores, ensino de química, visualizações ◀

Recebido em 30/03/2012, aceito em 18/01/2013

O uso de visualizações no ensino de química tornou-se um novo campo de pesquisa. Nos últimos anos, quatro grupos diferentes de pessoas (especialistas em software, cientistas, professores e cientistas cognitivistas) têm promovido o desenvolvimento, a discussão e o uso de ferramentas visuais no ensino de ciências (Gilbert, 2007), mas as evidências das pesquisas estão apenas no começo. O papel dos modelos e da visualização na ciência e no ensino de ciência tem sido discutido nos últimos anos em vários estudos: o que estudar, como fazê-lo, o que constitui uma boa prática ou como avaliar os resultados das pesquisas são alguns dos desafios que os pesquisadores têm enfrentado e enfrentarão no futuro. O uso de visualizações no ensino está imerso em várias correntes teóricas que vão desde as teorias socioculturais a correntes de base internalista.

De acordo com a teoria sociocultural de Vygotsky (1981), a visualização é, então, vista como uma ferramenta de mediação semiótica, em que sistemas de signos são constantemente

utilizados para mediar processos sociais e o pensamento. Uma das contribuições mais arrojadas é que ele prevê que, no plano mental, existam *construtos* que exercem funções mediadoras das atividades, que ele chamou de ferramentas psicológicas. O conceito de ferramentas psicológicas em

Vygotsky evoluiu ao longo de suas investigações e, à medida que ocorreram evoluções, foi dada ênfase à natureza significativa e comunicativa dos signos, constituindo uma interpretação *semioticamente orientada*.

A ideia central da mediação é a de que o homem tem acesso ao mundo fundamentalmente de forma indireta ou mediada. Desse modo, nas relações entre o homem e o mundo, existem mediadores que atuam como

ferramentas auxiliares da atividade humana. Para Vygotsky (1981, p. 139), esses mediadores podem ser os instrumentos ou os signos. Enquanto o instrumento é um objeto criado para exercer certa função de natureza auxiliar ao trabalho humano, o signo exerce uma função auxiliar nos processos

De acordo com a teoria sociocultural de Vygotsky (1981), a visualização é, então, vista como uma ferramenta de mediação semiótica, em que sistemas de signos são constantemente utilizados para mediar processos sociais e o pensamento.

Uma das contribuições mais arrojadas é que ele prevê que, no plano mental, existam *construtos* que exercem funções mediadoras das atividades, que ele chamou de ferramentas psicológicas.

psicológicos, que são orientados para o sujeito para os mecanismos psíquicos do indivíduo, portanto, da perspectiva desse pesquisador, o uso das visualizações como ferramentas psicológicas:

- introduz várias novas funções associadas ao uso da ferramenta dada e o seu controle;
- suprime e torna desnecessário vários processos naturais, cujo trabalho é executado pela ferramenta, e altera os cursos e os aspectos individuais (intensidade, duração, sequência etc.) de todos os processos mentais que entram na composição do ato instrumental, substituindo algumas funções por outras (isto é, recria e reorganiza toda a estrutura do comportamento), assim como uma ferramenta técnica recria toda a estrutura das operações de trabalho.

No entanto, nos trabalhos mais recentes sobre essa área, não é geralmente referido explicitamente que qualquer representação imagética é intencional e resulta de uma construção coletiva e compartilhada entre os membros de uma comunidade que lhe confere legitimidade. Essa perspectiva sociocultural é frequentemente omitida e/ou abandonada nesses trabalhos, assentando a aprendizagem no desenvolvimento de habilidades espaciais e competências representacionais (que abordaremos mais à frente), remetida para um plano individual (internalista) para se atingir o objetivo final, que é o aluno conseguir, por meio das ferramentas visuais que aprendeu a usar, efetuar a construção do seu próprio conhecimento. Nessa perspectiva construtivista, a interação considerada é a relação entre o sujeito e o objeto de conhecimento. No entanto, de acordo com Cook (2006), além da arquitetura cognitiva de cada indivíduo, outros fatores devem ser considerados no impacto das representações visuais na aprendizagem. Para essa autora, o design da visualização e os conhecimentos prévios podem determinar a facilidade com que os alunos percebem e interpretam esses recursos, admitindo igualmente uma perspectiva sociológica focada na forma como as pessoas usam as representações visuais. Segundo essa visão, uma investigação dentro dessa perspectiva pode oferecer uma compreensão mais completa de como os alunos interpretam esses recursos. De acordo com vários autores (Roth; Pozzer-Ardenghi e Han, 2005), o conhecimento não é apenas uma elaboração pessoal, mas também uma elaboração situada histórica e socialmente. Nesse ponto, temos de concordar que essa abordagem é muito proveitosa e especialmente útil quando um aluno com boas capacidades cognitivas apresenta um pobre desempenho escolar.

O uso de representações imagéticas no ensino de química

decorre de uma evolução histórica da própria química como ciência a partir de meados do século XIX. O uso dessas representações é diverso e podemos dizer que as encontramos em processos de comunicação e previsão das propriedades dos diferentes entes da química (átomos, moléculas, complexos, enzimas etc.) e em explicações dedicadas à criação de ontologias em várias áreas de pesquisa e, por consequência, no ensino de química. Conhecer e entender as diferentes formas de representação em química tem sido uma das vertentes do ensino de química. Com a contribuição de Jonhstone (1993), muitos autores aderiram a uma nova forma de encarar a química como uma ciência que se pode dividir em “três componentes básicos” (p. 702): a macroquímica (tangível e visível), a microquímica (molecular, atômico e cinético) e a química representacional (símbolos, equações, estereoquímica etc.). Essa organização da química em três dimensões tem sido amplamente mencionada em diversos estudos na

área de ensino de química, não existindo uma terminologia comum (Gilbert e Treagust, 2009; Russell et al., 1997). No entanto, de acordo com esses autores, uma das expressões mais usadas é três níveis de representação, sendo então considerados o nível macroscópico, o submicroscópico e o simbólico e as complexas relações entre eles.

Para muitos pesquisadores (de base internalista) da área da psicologia cognitiva, um dos grandes desafios do ensino de química seria fazer com que os alunos transi-

sisassem entre esses três componentes do chamado *triângulo de Jonhstone* e, por isso, assistimos nas últimas décadas a uma intensa pesquisa nas áreas da cognição e da computação com o objetivo de desenvolver as melhores ferramentas visuais, sejam elas artefatos materiais ou programas computacionais, e as melhores práticas pedagógicas, que permitam conjuntamente com essas ferramentas uma aprendizagem significativa por parte dos alunos. Para muitos autores, essas representações são consideradas poderosas ferramentas cognitivas que levarão os alunos a transitarem melhor entre esses componentes do triângulo (Gilbert, 2007; Wu; Krajcik e Soloway, 2001), considerando igualmente que, para que os estudantes consigam usar corretamente essas ferramentas visuais, estes devem desenvolver habilidades espaciais (Barnea, 2000; Gilbert, 2007), competências metavisuais (Gilbert, 2007) e competências representacionais (Kozma e Russell, 2007), no sentido de eles poderem utilizar as visualizações para refletirem, comunicarem e atuarem sobre fenômenos químicos.

Na literatura, encontramos vários autores (Barnea, 2000; Gilbert, 2007; Ferik et al., 2003) que salientam a importância de se desenvolver sistematicamente nos alunos habilidades de visualização, literacia visual ou as ainda designadas

O uso de representações imagéticas no ensino de química decorre de uma evolução histórica da própria química como ciência a partir de meados do século XIX. O uso dessas representações é diverso e podemos dizer que as encontramos em processos de comunicação e previsão das propriedades dos diferentes entes da química (átomos, moléculas, complexos, enzimas etc.) e em explicações dedicadas à criação de ontologias em várias áreas de pesquisa e, por consequência, no ensino de química.

capacidades metavisuais. Para Barnea (2000), os professores devem certificar-se de que os estudantes possuem as seguintes capacidades ou habilidades de visualização: a) visualização espacial; b) orientação espacial; e c) relações espaciais, que lhes permitam decodificarem corretamente o conjunto de informações contidas nas visualizações. Segundo essa autora, a visualização espacial será a capacidade de entender objetos 3-D a partir de representações 2-D e vice-versa; a orientação espacial relaciona-se com a capacidade de imaginar como será a representação 3-D de um objeto que sofreu uma rotação; e as relações espaciais serão a capacidade de imaginar os efeitos das operações de reflexão e de inversão sobre a representação de um objeto.

Gilbert (2007) associou, a essas capacidades de visualização de Barnea (2000), a noção de que, para os alunos conseguirem atribuir significado a uma visualização, eles deverão igualmente:

- Conhecer os códigos e as convenções associadas a cada representação;
- Conhecer o alcance e as limitações de cada representação, isto é, que aspectos uma dada representação pode, ou não, representar.

Esse conjunto de capacidades a que ele chamou de metavisuais será imprescindível no ato de transitar entre os vários modos de representação (concreto, verbal, simbólico, visual e gestual) e, especialmente no modo visual, em que se empregam, com frequência, gráficos, diagramas, animações, representações 2-D e 3-D. Para esse autor, essas capacidades metavisuais também permitirão o trânsito entre os *três níveis* (macroquímica, microquímica e simbólico) de representação da química (Jonhstone, 1993; Gabel, 1999; Treagust e Chittleborough, 2001), e o seu desenvolvimento passaria por alterações nos currículos escolares de modo a introduzir disciplinas/atividades específicas para desenvolver essas capacidades desde a infância e a uma boa prática geral no uso de representações quer por professores, quer por autores de livros.

A opinião dos pesquisadores acerca do desenvolvimento dessas capacidades espaciais não é muito consensual. Segundo Ferk et al. (2003), existem pesquisadores que sugerem que essas habilidades não podem ser ensinadas nem desenvolvidas, serão capacidades inatas. No entanto, para outros autores, essas habilidades podem ser desenvolvidas com aulas cuidadosamente planejadas recorrendo a modelos, estereodiagramas etc. Nesse estudo (Ferk et al., 2003), aponta-se para o desenvolvimento da *literacia visual*, como a quinta literacia, complementando a literacia básica, a digital, a tecnológica e a de informação (Roblyer e Bennet, 2001). Segundo Christopherson

(1997), uma pessoa literada visualmente tem as seguintes competências:

- Interpretar, compreender e apreciar o significado das mensagens visuais;
- Comunicar mais eficazmente por meio da aplicação dos princípios e conceitos básicos do design visual;
- Produzir mensagens visuais usando o computador e outras tecnologias;
- Usar o pensamento visual para encontrar soluções para os problemas.

Em trabalhos recentes (Gilbert, 2007; Rapp, 2007; Rapp e Kurby, 2008; Briggs e Bodner, 2007), encontramos pesquisas que tentam relacionar o uso de visualizações com a construção de modelos mentais e a sua influência no ensino/aprendizagem de química. De uma forma geral, esses autores sugerem que, sem a construção desses modelos mentais, a aprendizagem em química se torna muito difícil.

Em pesquisa realizada anteriormente (Ferreira e Arroio, 2009), a essa mesma turma, foi aplicado um questionário que tinha como objetivo resgatar igualmente concepções acerca do tema, frequência e tipo de uso dessas ferramentas, assim como a contribuição da formação inicial para essa temática. De acordo com os dados obtidos, verificamos para essa turma que essas ferramentas são populares e usadas com frequência. As mais usadas são as imagens estáticas 2d e modelos concretos, só depois as ferramentas virtuais. Constatamos, igualmente, que essas ferramentas são mais usadas em conteúdos de química que necessitam de abstração (elementos, modelos, modelos atômicos, mecânica quântica, orgânica, orbitais, estruturas, mecanismos, formação de ligações, reações etc.), o que já era esperado. Essas representações

acabam por conferir certa noção de concretude às entidades abstratas, o que se tem mostrado essencial no ensino/aprendizagem de química. No entanto, para um número significativo de alunos, o uso dessas ferramentas serve para aumentar a concentração, quebrar a monotonia ou diversificar.

Nas questões que abordavam as suas concepções teóricas, os alunos mostraram em alguns casos lacunas no conhecimento, segundo os referenciais teóricos apresentados, e até concepções erradas. Do conjunto de respostas

a essas questões, ressaltamos desde já que alguns estudantes apresentam a noção de que essas representações são cópias ou modelos do real e também verificamos que alguns aparentam não distinguir os processos de obtenção de informação a partir de verbalizações e de visualizações. Salientamos, igualmente, que eles relacionam majoritariamente o termo visualização a ferramenta visual e poucos relacionam com a natureza do verbo (visualizar). Em relação aos motivos para

Em pesquisa realizada anteriormente (Ferreira e Arroio, 2009), a essa mesma turma, foi aplicado um questionário que tinha como objetivo resgatar igualmente concepções acerca do tema, frequência e tipo de uso dessas ferramentas, assim como a contribuição da formação inicial para essa temática. De acordo com os dados obtidos, verificamos para essa turma que essas ferramentas são populares e usadas com frequência. As mais usadas são as imagens estáticas 2d e modelos concretos, só depois as ferramentas virtuais.

usar visualizações na sala de aula, uma larga maioria (18 dos 24 alunos da graduação) menciona facilitar a compreensão e o aprendizado de alguns conceitos de química. Os restantes mencionam: aumento da concentração, quebra da monotonia, diversificação, substituição das atividades práticas etc.

Nas questões que abordavam a contribuição da formação inicial, os alunos responderam de uma forma geral que esses tópicos foram abordados com pouca frequência e de uma forma muito superficial. Eles atribuem importância a essa área, mas se sentem pouco preparados para usarem essas ferramentas em sala de aula.

Como podemos observar pelo breve resumo dos tópicos mais importantes acerca dessa temática, o uso de visualizações no ensino de química está longe de ser um ato pedagógico simples, mas um processo complexo, acerca do qual o professor precisa ter uma formação adequada de forma que a sua introdução em sala de aula contribua para a aprendizagem dos alunos. A questão a que procuramos responder neste estudo é: Que concepções possuem esses professores em formação inicial em relação ao uso de visualizações no ensino de química?

Metodologia

Esta pesquisa está estruturada no referencial metodológico de pesquisa qualitativa, sendo assim, foi aplicada uma entrevista semiestruturada a dois grupos de alunos de uma turma de Metodologia do Ensino de Química II do curso de licenciatura em química de uma universidade pública. Com esta pesquisa, pretendemos identificar quais as concepções, desses futuros professores, sobre o tema visualização e quais as razões específicas que estiveram subjacentes às suas próprias escolhas como professores no minicurso de duas aulas que ofereceram a alunos do ensino médio na mesma universidade. Em consequência, tentamos identificar qual a contribuição do curso de formação inicial para a utilização dessas ferramentas na sala de aula.

Esses alunos da graduação são responsáveis pelo minicurso, no que diz respeito, à escolha de tema, metodologia e avaliação. As duas aulas ocorreram em dois dias diferentes e tiveram a duração de cerca de 2,5h cada. Esse minicurso faz parte do conjunto de atividades a desenvolver durante a disciplina de Metodologia do Ensino de Química II. Foi realizada uma observação naturalista das aulas do minicurso

aplicado por esses professores em formação inicial, com um registo audiovisual destas.

A turma era constituída por 24 alunos, sendo que 16 já lecionavam em escolas públicas e 8 ainda não tinham experiência como professores. Optou-se por uma entrevista em grupo focal, sendo que cada grupo entrevistado era constituído por sete alunos dessa turma de graduação. Foram escolhidos os dois grupos, que designaremos por Grupo 1 e Grupo 2, que recorreram ao uso de visualizações de uma forma mais frequente durante o minicurso.

A entrevista semiestruturada continha um primeiro conjunto de questões mais gerais, cujo objetivo era, como já referido, obter concepções acerca do uso de visualizações no ensino de química. Depois, seguia-se outro conjunto de questões específicas acerca das ferramentas visuais usadas nos respectivos minicursos. Foi feito um registo audiovisual da entrevista com posterior transcrição integral.

Foi efetuada uma análise de conteúdo dos dados com a criação de categorias e subcategorias de análise de acordo com as dimensões de análise que emergem das perguntas das entrevistas semiestruturadas e que tentam responder à questão de pesquisa. A criação de categorias e subcategorias foi efetuada por meio de um processo de codificação e categorização (Strauss e Corbin, 1998). Neste trabalho, as categorias e as subcategorias surgem a partir da análise dos dados, atendendo às respectivas dimensões de análise.

Resultados

O Grupo 1 escolheu planejar um minicurso acerca do tema métodos de separação de misturas, e o Grupo 2, o tema soluções e concentrações. Conforme mencionado na metodologia, apresentamos no Quadro 1 as dimensões de análise que estão relacionadas com as perguntas efetuadas durante as entrevistas semiestruturadas, em que se procura responder à questão de investigação: Quais são as concepções gerais dos alunos participantes neste estudo em relação ao uso de visualizações no ensino de química?

No Quadro 2, é apresentado o conjunto de categorias e subcategorias relativas aos motivos apresentados pelos alunos da graduação para o uso desses recursos em sala de aula.

No Quadro 3, apresentamos o conjunto de visualizações usadas pelos alunos da graduação durante as duas aulas

Quadro 1: Dimensões de análise.

Questão de Estudo	Recolha de dados	Dimensões de análise
Quais as concepções gerais dos alunos participantes sobre o uso de visualizações no ensino de Química?	Transcrição da entrevista semiestruturada	Motivo(s) para o uso das visualizações
		Tipo de visualizações usadas no minicurso
	Registo audiovisual das aulas do minicurso	Critério(s) para a escolha de visualizações usadas no minicurso
		Função(ões) atribuídas pelos alunos às visualizações usadas no minicurso
		Formas de uso das visualizações utilizadas no minicurso

Quadro 2: Categorias e subcategorias relativas aos motivos para usar visualizações no ensino de Química.

Dimensão de análise	Coleta de dados	Categorias	Subcategorias
Motivos para usar visualizações	Transcrição da entrevista semiestruturada	Devido às características das imagens	Marcantes/Impactantes
			Movimento e/ou cores
			Captam a atenção
	Registo audiovisual das aulas do minicurso	Ir ao encontro de novas metodologias de ensino	Despertar a curiosidade/motivar
			Associar os conteúdos ao cotidiano dos alunos
			Diversificar os recursos
	Existência de referências positivas na literatura sobre a eficácia destes recursos	-	
	Eles (graduandos) gostam e os alunos também	-	

Quadro 3: Categorias e subcategorias relativas ao tipo de visualizações usadas no minicurso.

Dimensão de análise	Coleta de dados	Categorias	Sub-categorias
Tipos de visualizações usadas no minicurso	Transcrição da entrevista semiestruturada	Visualização estática 2d	Fotografias
		Visualização dinâmica 3d	Filme (vídeoclip musical)
	Filme (trecho de um noticiário nacional)		
	Registo audiovisual das aulas do minicurso	Visualização concreta	Animação (dissolução)
			Soluções de corante groselha de diversas concentrações

do minicurso. Salientamos que o Grupo 1 usou apenas imagens estáticas, enquanto que o Grupo 2 diversificou o tipo de visualizações utilizadas. Nesse caso, os alunos da graduação recorreram a um assunto que estava sendo discutido em toda a mídia relacionado com a morte do cantor Michael Jackson, alegadamente por overdose de medicamentos. A primeira aula foi iniciada ao som de um vídeoclip do cantor (*Thriller*) com posterior apresentação da notícia de um noticiário nacional sobre a(s) alegada(s) causa(s) da morte do cantor.

No Quadro 4, são apresentadas as categorias respeitantes aos critérios mencionados pelos futuros professores nas escolhas das visualizações utilizadas em sala de aula.

Na Tabela 1, apresentamos para a dimensão anterior o número de unidades de texto mencionados pelos grupos

para cada categoria para termos uma ideia comparada mais sistemática entre os dois grupos.

Na Quadro 5, apresentamos as categorias relativas às funções atribuídas pelos futuros professores às visualizações utilizadas por estes nas aulas do minicurso.

No próximo quadro (Quadro 6), apresentamos as categorias relativas à forma como os futuros professores utilizaram as visualizações. Aqui, salientamos que o principal instrumento de coleta de dados foi o registro audiovisual das aulas do minicurso.

Discussão de resultados

Em relação à primeira dimensão de análise – Motivo(s) para o uso das visualizações –, os alunos da graduação

Quadro 4: Categorias relativas aos critérios usados na escolha das visualizações utilizadas no minicurso.

Dimensão de análise	Coleta de dados	Categorias
Critério(s) para a escolha das visualizações usadas no minicurso	Transcrição da entrevista semiestruturada	Algo do cotidiano
		Algo interessante/apelativo
		Simplicidade das imagens
		Facilidade em montar uma sequência de transformações

Tabela 1. Número de unidades de texto por categoria e por grupo

Categorias	Número de unidades de texto Grupo 1	Número de unidades de texto Grupo 2
Algo do cotidiano	7	4
Algo interessante/apelativo	6	12
Simplicidade das imagens	6	0
Facilidade em montar uma sequência de transformações	2	0

Quadro 5: Categorias relativas às funções das visualizações usadas no minicurso.

Dimensão de análise	Coleta de dados	Categorias
Funções atribuídas às visualizações usadas no minicurso	Transcrição da entrevista semiestruturada	Explicativa
		Ilustrativa
	Registo audiovisual das aulas do minicurso	Transmitir informação
		Auxiliar a aprendizagem de conceitos abstratos
		Relacionar os conteúdos de Química com o cotidiano
		Recuperar conhecimentos prévios

Quadro 6: Categorias relativas às formas de uso das visualizações usadas no minicurso

Dimensão de análise	Coleta de dados	Categorias
Formas de uso das visualizações no minicurso	Transcrição da entrevista semiestruturada	Captar a atenção
		Tornar a aula mais interessante
		Resgatar conhecimentos prévios
	Registo audiovisual das aulas do minicurso	Como cópia do real
		Sem questionamento dos alunos sobre significados construídos a partir das visualizações
		Sem discussão dos códigos e convenções associadas a cada visualização

(agora no papel de professores), relacionaram fortemente o uso das visualizações com carácter lúdico das imagens (captar a atenção e manter o interesse). Esse relacionamento foi especialmente evidente no Grupo 2, quer durante o minicurso, quer na entrevista. Em concordância com a forma como usaram o videoclipe e o trecho da notícia no minicurso, durante a entrevista, afirmaram que esses recursos tiveram como objetivo: “Causar impacto na primeira impressão dos alunos. Quando a gente chegou aqui, a primeira coisa que a gente colocou foi o vídeo, não era o que estavam esperando” ou “Para motivar, né. Foi o primeiro recurso que a gente utilizou para motivar, para conquistar os alunos e chamar a atenção deles”. No Grupo 1, também são feitas referências diretas por quatro dos sete elementos do grupo ao papel motivador desses recursos. Esse grupo menciona: “Acho que a gente estava procurando uma forma de ter um primeiro contato sem que fosse muito... a gente não queria nada...”, “Algo que desse um *start*” ou “... se eu tivesse só falado, pode ser que eu não ia prender tanto a atenção dos alunos...”. Esse fato deve-se à forte influência da mídia e

da imagem em toda a sociedade e, por consequência, na educação. Da mesma forma, aparecem nas suas respostas várias referências à necessidade de relacionar os conteúdos de química com o cotidiano dos alunos de acordo com as novas metodologias de ensino que incentivam os futuros professores a divergirem de um ensino tradicional. Esse motivo foi apresentado por ambos os grupos de forma consensual por todos os alunos, embora com mais ênfase no Grupo 1. Nesse grupo, referem diretamente que: “Eram imagens relacionadas com o dia a dia deles” ou “... o sal, o café, então, assim... imagens que estivessem relacionadas com os processos que a gente queria falar no minicurso e que estivessem também no cotidiano deles”. No Grupo 2, mencionam acerca do trecho da notícia: “Acho que é recorrente. É difícil algum aluno que não tenha visto, por exemplo, o caso do Michael Jackson nos últimos dias, então, foca um pouco do que eles estão vendo”.

Podemos constatar ao longo do minicurso e nas respostas à entrevista uma preocupação desses futuros professores em tornar a aula um lugar importante, em motivar os alunos e

em diversificar os recursos utilizados. Para esses futuros professores, o uso de visualizações pareceu-lhes uma boa forma de atingir esses objetivos, não só devido à própria experiência como alunos, mas também devido a algumas referências da literatura que indicam resultados positivos na aprendizagem devido ao uso desses recursos. No entanto, constatamos que os dois grupos usaram diferentes visualizações com abordagens um pouco diferentes, como será analisado nas dimensões seguintes.

Quanto ao tipo de visualizações usadas, verificamos que um dos grupos usou somente imagens estáticas 2-D numa apresentação em Power Point. O segundo grupo usou dois filmes – uma animação virtual 3-D de uma dissolução – e ainda várias soluções de um corante de groselha com concentrações diferentes.

Como se pode observar pelo Quadro 4, os critérios para a escolha das visualizações estão relacionados com os motivos mais importantes apresentados por esses alunos para o uso desses recursos, isto é, as características das imagens para captar e manter a atenção e ir ao encontro de novas metodologias de ensino (despertar a curiosidade, diversificar recursos etc.). O Grupo 1 mencionou que usou as imagens estáticas: “Devido à simplicidade” e “Porque foi fácil construir a sequência de transformações em cada método de separação”. Relacionado ao que tinham afirmado anteriormente, eles apenas pretendiam uma forma de iniciar a aula com pouca informação, nada dinâmico ou complexo e, a partir daí, recuperar conhecimentos prévios. Como se pode observar pela Tabela 1 para o Grupo 1, o interesse e a simplicidade das imagens foram os principais critérios usados no momento de escolher as imagens do cotidiano dos alunos relacionadas com o conteúdo a abordar no minicurso (métodos de separação de misturas). O segundo grupo respondeu que usaram o videoclipe e a notícia de TV, porque os alunos estavam habituados a observar esse tipo de imagens, ou seja, procuravam algo do seu cotidiano e que fosse ao mesmo tempo relevante e apelativo. Aliás, como se pode observar pela Tabela 1, estes foram de longe os principais critérios mencionados na escolha das visualizações. Para explicar a dissolução do sal, tiveram que usar uma visualização dinâmica, por isso, escolheram uma animação. Da mesma forma, mencionaram que o uso do corante de groselha também foi escolhido por ser algo do cotidiano dos alunos e que pretendiam ajudá-los a estabelecer uma ligação entre a química e as suas vidas. Acreditamos que esses critérios bastante simplistas estejam relacionados com os conhecimentos teóricos superficiais e pouco sólidos demonstrados por esses alunos de graduação.

Em relação às funções atribuídas pelos futuros professores às visualizações utilizadas no minicurso (Quadro 6), o primeiro grupo referiu que as imagens estáticas usadas serviram para recuperar conhecimentos prévios e que continham alguma informação. Eles queriam que os alunos usassem as imagens como ferramentas auxiliares em simultâneo com o discurso verbal para atingirem os conceitos do conteúdo. A maioria das imagens estava relacionada ao cotidiano dos alunos para tentar captar e manter a sua atenção. Em relação ao segundo grupo, os alunos da graduação responderam que o videoclipe era ilustrativo, a notícia era para “fazê-los pensar” e o resto continha alguma informação.

De acordo com os resultados obtidos na pesquisa realizada anteriormente (Ferreira e Arroio, 2009), para esses alunos, o termo visualização está associado majoritariamente a recurso visual e poucos associam a interpretação ou atribuição de significado (ato de visualizar). Esse fato demonstra pouca sensibilidade ao impacto da linguagem visual na aprendizagem, ou seja, na elaboração de significados. Por esse motivo, os recursos utilizados pelos dois grupos foram majoritariamente usados, com exceção da animação, para promover uma aula mais importante sem a necessária discussão com os alunos dos possíveis significados de cada visualização.

Em relação às funções atribuídas pelos futuros professores às visualizações utilizadas no minicurso (Quadro 6), o primeiro grupo referiu que as imagens estáticas usadas serviram para recuperar conhecimentos prévios e que continham alguma informação. Eles queriam que os alunos usassem as imagens como ferramentas auxiliares em simultâneo com o discurso verbal para atingirem os conceitos do conteúdo. A maioria das imagens estava relacionada ao cotidiano dos alunos para tentar captar e manter a sua atenção. Em relação ao segundo grupo, os alunos da graduação responderam que o

videoclipe era ilustrativo, a notícia era para “fazê-los pensar” e o resto continha alguma informação. Como professores, mencionaram que as visualizações os ajudaram a captar a atenção dos alunos e tornou visíveis as coisas abstratas. Em relação ao uso da animação, eles sentiram necessidade de usá-la, como se não soubessem como explicar o processo sem recorrer ao uso da visualização.

De acordo com essas respostas, podemos afirmar que esses alunos em formação inicial estão mais preocupados com os efeitos *externos* das visualizações, ou seja, os efeitos visíveis, detetáveis no imediato na sala de aula, como o aumento do interesse e

da atenção dos alunos, do que com os efeitos *internos* na aprendizagem. Embora esses alunos atribuam valor educacional ao uso desses recursos na aprendizagem, ou seja, na construção de conhecimento, aparentemente esse impacto só é considerado em conceitos que envolvam a abstração e a manipulação de estruturas tridimensionais. Também podemos constatar (por meio das respostas à entrevista e ao uso que deram a uma das visualizações) que essa noção de que as visualizações auxiliam a aprendizagem de conceitos abstratos se deve essencialmente à sua própria experiência como alunos. Um aluno do Grupo 2 menciona com a concordância dos restantes: “A gente tinha um projeto que tinha de ser um pouco diferente, tinha de seguir a linha daquilo que a gente estudou, e recorreu ao uso de imagens, algo que a gente viu bastante e os alunos gostam, e assim

pelo menos apresenta alguns resultados bons”. Esse alunos não demonstraram conhecimentos teóricos nessa área, quer dentro da corrente sociocultural, quer dentro da corrente da psicologia cognitiva, apesar de termos conhecimento que a corrente sociocultural foi discutida na disciplina de Metodologia do Ensino de Química I no semestre anterior. Esse grupo de alunos da graduação nunca atribuiu às visualizações o estatuto de ferramentas de mediação semiótica. A importância dessas ferramentas como signos na comunicação e na construção de conhecimento não é enfatizada nem nos seus discursos nem nas formas de uso dadas a essas ferramentas. Por esse motivo esses recursos são relevados para segundo plano na aprendizagem, ou seja, são considerados com frequência como elementos periféricos (ilustrativos, auxiliares, permitem recuperar conhecimentos prévios etc.), não considerando que o impacto na elaboração de novos significados está sempre presente. Esse fato é também observável e está relacionado com as restantes dimensões já analisadas, nomeadamente, motivos e critérios que refletem igualmente as fragilidades apresentadas.

Na última dimensão de análise – Formas de uso das visualizações utilizadas no minicurso –, tentamos identificar de que forma esses futuros professores utilizaram as visualizações durante o minicurso. Analisando o Quadro 6, podemos afirmar que as formas de uso verificadas na sala de aula estão coerentes com as concepções teóricas que esses alunos apresentaram nessa temática. Eles raramente mencionam o suposto papel das visualizações (externas) nas visualizações internas (modelos mentais da psicologia cognitiva) ou, da mesma forma, como já foi referido, eles nunca relacionam as visualizações com processos de mediação (teoria sociocultural).

Parece que eles não têm consciência do poder das visualizações tal como referem Brigs e Bodner (2007, p. 70). Podemos afirmar que, por vezes, eles fazem uso das visualizações de uma forma um pouco ingênua. Isso foi muito visível quando fizeram uso da animação: primeiro, não mencionaram que era uma representação e, segundo, não discutiram com os alunos os códigos e as convenções associados à representação. Parecem esquecer que o propósito da visualização e a sua relação com o referente é óbvio para o professor, mas, por vezes, pode ser opaco para o aluno (Uttal e Doherty, 2008). Esse uso frequente da visualização sem posterior questionamento acerca daquilo que os alunos construíram mentalmente encontra-se bem patente em algumas intervenções desses professores durante o minicurso, nomeadamente quando usavam a expressão “Está vendo?!”, apelando para a abstração do aluno em relação a determinado assunto. Ou quando um dos graduandos afirmou: “O etanol é uma molécula”, sem recurso a qualquer elemento visual ou qualquer questionamento no sentido de averiguar se ela (aluna do ensino médio que citou a questão) atribuiu algum significado a esse conceito. Também na entrevista, esse fato emerge na expressão utilizada por um aluno com a concordância dos restantes sobre imagem: “A imagem cumpriu o seu papel”, admitindo, dessa forma, que o processo de

interpretação das visualizações é igual para todos os alunos e que estes interpretam como os professores.

De acordo com os referenciais teóricos apresentados (Cook, 2006), além de fatores individuais, outros devem ser considerados na interpretação das representações visuais. Os conhecimentos prévios dos alunos e o próprio design da visualização podem determinar a forma como estes atribuem significado a essas representações, admitindo igualmente que fatores sociais podem interferir na forma como os alunos atribuem significado a esses recursos.

Da mesma forma quando o Grupo 2, ao introduzir a animação, menciona: “Vamos apresentar um vídeo que mostra o que acontece quando se coloca sal dentro de água”, pode-se observar a frequente associação/confusão entre a visualização de um modelo e a realidade do fenômeno. Essas questões epistemológicas e ontológicas dessas representações são muitas vezes omitidas dos cursos de formação inicial e continuada de professores, mas, de acordo com Giordan (2008, p. 118):

Estamos certos que é possível articular fundamentos epistemológicos da Química, como a especificidade da representação estrutural, com a organização das atividades de ensino na direção de superar visões evadidas pela memorização ou pelo experimento ingênuo. Para tanto é necessário focar a atenção na estruturação de atividades pelas quais as formações discursivas abriguem elementos representacionais das realidades macroscópicas e submicroscópicas, de modo que os estudantes dominem estes elementos para elaborar significados na fronteira destas realidades.

Esses aspetos, não suficientemente discutidos na formação inicial, implicaram por parte desses alunos da graduação um uso por vezes pouco refletido desses recursos e originaram formas de uso baseadas essencialmente no caráter lúdico desses recursos, remetendo o seu papel na construção do conhecimento para segundo plano ou mesmo ignorando esse papel em algumas situações. Esse fato emerge dos resultados, apesar de os dois grupos terem usado visualizações diferentes e com abordagens distintas. No Grupo 1, os alunos usaram as visualizações (imagens estáticas), ao longo do minicurso, essencialmente para captar a atenção e recuperar conhecimentos prévios, sem a necessária discussão acerca das próprias imagens e daquilo que os alunos estariam interpretando. Isso tornou-se evidente, por exemplo, quando os alunos da graduação abordaram a obtenção do sal de cozinha a partir de três imagens (mar, salina, embalagem de sal) não acompanhadas de qualquer descrição oral ou escrita dos processos existentes entre cada uma das etapas representadas nas imagens. Como não houve qualquer discussão com os alunos do ensino médio acerca dos processos de separação, um dos grupos pensou que o sal não estava dissolvido na água e se obteria por decantação. Quando os alunos da graduação foram questionados sobre esse acontecimento,

estes responderam que: “O nosso objetivo não era que eles (alunos do ensino médio) chegassem à conclusão...”. No entanto, durante a entrevista, reconheceram que não podem esperar que isso aconteça. A maioria dos alunos vai atribuir algum significado às imagens e que pode não corresponder aquilo que é desejável, pois essa interpretação depende de vários fatores já discutidos anteriormente. Essas questões também emergiram durante o minicurso do Grupo 2, embora a abordagem utilizada e o tipo de recurso fossem outros, a não discussão adequada das imagens com os alunos levou a que estes construíssem concepções errôneas. Ao introduzirem uma animação para representar a dissolução do sal, para além de a introduzirem como uma cópia da realidade, não discutiram códigos e convenções como, por exemplo, o que representavam os sinais de menos e mais que apareciam nas bolinhas brancas e verdes. Não discutiram a questão das cores ou a noção de íons, partindo do princípio que os alunos já teriam abordado esse conceito como é bem visível nesse pequeno trecho da entrevista:

Fala 169 Aluno 1: *Se eles nunca tivessem visto íons ou o conceito de íons, eles apenas iriam visualizar que são símbolos...*

Fala 170 Pesquisadora: *Deixa-me fazer uma pergunta: como é que você sabe?*

Fala 171 Aluno 1: *Então, se eles não tivessem visto o conceito de íons...*

Fala 172 Pesquisadora: *Você tem a certeza que eles já falaram...*

Fala 173 Aluno 1: *Eu nem sei se eles viram ou não. A gente...*

Fala 174 Aluna 6: *... só supôs...*

Fala 175 Aluno 1: *É, só supôs, a gente não foi buscar essa informação, ou seja, caso eles tivessem esse conceito de íons, isso, daí não haveria problema, caso não tenham tido... aprendido, é simples, é mais uma denotação de átomos diferentes.*

Da mesma forma, é também visível nessas falas que eles não estão conscientes do possível impacto dessas representações externas nos modelos mentais dos alunos. Esse fato aparece bem evidente quer na forma de uso que esse grupo de alunos da graduação deu à animação, quer posteriormente na fala 175 do Aluno 1 desse grupo. De acordo com Gilbert (2007), esses alunos da graduação não apresentam capacidades metavisuais, ou seja, mostram dificuldades em reconhecer o alcance e os limites desse tipo de representações, o que se traduz numa utilização inadequada desses recursos em sala de aula.

Conclusões

Após uma análise ao universo das respostas, constatamos que, em momento algum, é associado o termo visualização ou ferramentas visuais à teoria sociocultural de Vygotsky, ou seja, como ferramenta de mediação, apesar de termos

conhecimento de que essa abordagem foi, como já referido, introduzida no semestre anterior na disciplina de Metodologia do Ensino de Química I.

Também podemos afirmar que eles mostram falta de conhecimentos nessa área do ponto de vista das teorias da psicologia cognitiva, não mostrando qualquer conhecimento acerca de habilidades de visualização ou de desenvolvimento de competências metavisuais ou sequer da necessidade de os alunos precisarem conhecer códigos e convenções de representação. Essas fragilidades podem ser observadas transversalmente em todas as dimensões analisadas, existindo naturalmente uma relação entre todas elas. Os motivos influenciam os critérios, os tipos de visualizações, as funções e posteriormente as formas de uso. Também acreditamos que eles não percebem a visualização como uma metodologia de ensino, mas como uma ferramenta de uso pontual para auxiliar a aprendizagem. Esses alunos da graduação usam a visualização como ferramenta de auxílio, que eles sabem por experiência própria que vai captar a atenção. Ao contrário do resultado do questionário anteriormente aplicado, aqui eles referem majoritariamente que usaram as visualizações para captar a atenção dos alunos para fugir das aulas tradicionais e, só depois, devido ao seu valor educacional.

Apresentaram suas opiniões baseados na sua experiência pessoal, aparentando dificuldades em deslocarem-se para o ponto de vista dos alunos. De acordo com a própria opinião desses futuros professores e pela análise desses resultados, podemos afirmar que a contribuição do curso de formação inicial para o uso desses recursos é ainda superficial, levando a que estes acabem por usar esses recursos de uma forma bastante intuitiva, o que está de acordo com outros estudos nessa área (Galagovsky; Giacomo e Castelo, 2009). Segundo esses autores, nós, professores e autores dos livros, tendemos a pensar equivocadamente que a interpretação das imagens depende de habilidades intuitivas, inseridas de forma natural nos sistemas de processamento visual. De acordo com a nossa perspectiva, só uma formação (inicial e continuada) mais profunda, com a discussão das contribuições dos vários referenciais teóricos dessa área, poderá produzir mudanças nas concepções teóricas dos professores e, por consequência, alterações nas suas formas de uso.

Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pelo apoio financeiro.

Celeste Rodrigues Ferreira (rsilva1111@yahoo.com), bacharel em Engenharia Química pelo Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL), graduada em Engenharia Química pelo Instituto Superior Técnico de Lisboa (IST), licenciada em Ensino de Química pela Escola Superior de Educação de Lisboa (ESEL), mestre em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo (USP), doutoranda em Ensino de Ciências pela USP e Universidade de Lisboa, é professora de ensino médio, dos quadros do Ministério de Educação de Portugal. São Paulo, SP – BR.

Agaldo Arroio (agnaldoarroio@yahoo.com), bacharel em Química pela USP e em Imagem e Som pela UFSCar, mestre e doutor em Físico-Química pela USP, pós-doutorado em Educação e livre docente em Ensino de Ciências pela FEUSP, é professor associado na FEUSP. São Paulo, SP – BR.

Referências

- BARNEA, N. Teaching and learning about chemistry and modeling with a computer-managed modeling system. In: GILBERT, J.K. e BOULTTER, C. (Eds.). *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer, 2000. p. 307-324.
- BRIGGS, M. e BODNER, G. A model of molecular visualization. In: GILBERT, J.K. (Ed.). *Visualization in Science Education*. Dordrecht: Springer, 2007. p. 61-72.
- CHRISTOPHERSON, J.T. *The growing need for visual literacy at the university*. In: INTERNATIONAL VISUAL LITERACY ASSOCIATION, 28, 1997. *Visionquest: Journeys towards Visual Literacy*. Wyoming, 1997.
- COOK, M. P. Visual representations in science education: the influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, n. 90, p. 1073-1091, 2006.
- FERK, V.; VRTACNIK, M.; BLEJEC, A. e GIRL, A. Pupils' understanding of molecular structure representations. *International Journal of Science Education*, n. 25, v. 10, p. 1227-1245, 2003.
- FERREIRA, C. e ARROIO, A. Teacher's education and the use of visualization in chemistry instruction. *Problems of Education in the 21st Century*, n. 16, p. 48-53, 2009.
- GABEL, D. Improving teaching: and learning through chemical education research: a look to the future. *Journal of Chemical Education*, n. 76, p. 548-554, 1999.
- GALAGOVSKY, L.; GIACOMO, M. A. e CASTELO, V. Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, 2009, v. 8, n. 1.
- GILBERT, J. K. Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In: _____. (Ed.). *Visualization in science education*. Dordrecht: Springer, 2007. p. 9-27.
- GILBERT, J. K. e TREAGUST, D. *Multiple representations in chemical education*. Springer, 2009.
- GIORDAN, M. *Computadores e linguagens nas aulas de ciências*. Ijuí: Unijuí, 2008.
- GOBERT, J. D. Leveraging technology and cognitive theory on visualization to promote pupils' science learning and literacy. In: GILBERT, J.K. (Ed.). *Visualization in science education*. Dordrecht: Springer, 2007. p. 73-90.
- JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching: a changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, n. 70, v. 9, p. 701-705, 1993.
- KOZMA, R. e RUSSELL, J. Pupils becoming chemists: developing representational competence. In: GILBERT, J.K. (Ed.). *Visualization in science education*. Dordrecht: Springer, 2007. p. 121-146.
- RAPP, D.N. Mental models: theoretical issues for visualizations in science education. In: GILBERT, J.K. (Ed.). *Visualization in science education*. Dordrecht: Springer, 2007. p. 43-60.
- RAPP, D. e Kurby, C. The 'ins' and 'outs' of learning: internal representations and external visualizations. In: GILBERT, J.K. et al. (Eds.). *Visualization: theory and practice in science education*. Dordrecht: Springer, 2008. p. 29-52.
- ROBLYER, M.D. e BENNETT, E.K. The fifty literacy: research to support a mandate for technology-based visual literacy in pre-service teacher education. *Journal of Computing in Teacher Education*, n. 17, p. 8-15, 2001.
- ROTH, W.-M.; POZZER-ARDENGI, L. e HAN, J.Y. *Critical graphicacy: understanding visual representation practices in school science*. Dordrecht: Springer, 2005.
- RUSSELL, J.W.; KOZMA, R.B.; JONES, T. e WYKOFF, J. Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, n. 74, v. 3, p. 330-334, 1997.
- STRAUSS, A. e CORBIN, J. *Basic of qualitative research. Techniques and procedures for developing grounded theory*. Thousand Oaks: Sage, 1998.
- TREAGUST, D.F. e CHITTLEBOROUGH, G. Chemistry: a matter of understanding representations. In: BROPHY, J. *Subject-specific instructional methods and activities*. New York: Elsevier, 2001. p. 239-267.
- THORNDYKE, P. e STASZ, C. Individual differences in procedures for knowledge acquisition from maps. *Cognitive Psychology*, n. 12, p. 137-175, 1980.
- UTTAL, D. e O'DOHERTY, K. Comprehending and learning from 'visualizations'. In: GILBERT, J.K. et al. (Eds.). *Visualization: theory and practice in science education*. Dordrecht: Springer, 2008. p. 53-72.
- YOGOTSKY, L.S. The instrumental method in psychology. In: WERTSCH, J.V. (Org.). *The concept of activity in Soviet psychology*. New York: ME Sharp, 1981. p. 134-143.
- WU, H.; KRAJCIK, J. S. e SOLOWAY, J. Promoting understanding of chemical representations: pupils' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, n. 38, v. 7, p. 821-842, 2001.

Para saber mais

- ARROIO, A. Visualizations in natural science education: what we can "see"? *Journal Baltic Science Education*, n. 1, v. 11, p. 112-114, 2012.
- FERREIRA, C.R. (2010). *O uso de visualizações no ensino de química: a formação inicial do professor de química*. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81132/tde-21022011-161106/pt-br.php>.
- GILBERT, J.K.; REINER, M. & NAKHLEH, M. Introduction. In: _____. (Eds.). *Visualization: theory and practice in science education*. Dordrecht: Springer, 2008. p. 1-2.
- MAYER, R. *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press, 2001.

Abstract: *Visualizations and its use in chemistry instruction: perceptions' of pre-service teachers.* Taking into account the theoretic and practical importance that models and visualizations usage has gained especially in chemistry, due to the accelerating development of information and communication technologies followed by several studies in the cognitive theory area, have promoted the use of visual tools. So, it's fundamental that we know how pre-service teachers understand this language and the associated tools and its role in making meaning in classroom. It was carried out a study with a group of pre-service chemistry teachers from a public university. According to these results these pre-service teachers presents a weak theoretical knowledge about this issue; their conceptions are superficial and based mostly on their experience as pupils. Therefore there is a high risk of using visualizations inappropriately and it will lead to serious fails in pupil's apprenticeship.

Keywords: *Chemistry instruction, Teacher's conceptions, Visualizations.*