

Tecnologias digitais: possibilidades renovadas de representação da química abstrata¹

Fabiana Pauletti
Francisco Catelli

RESUMO

A Química é uma ciência abstrata e para ter acesso aos conceitos químicos é necessário uma gama variada de representações. Diante disso, o objetivo deste trabalho é investigar algumas das contribuições que as Tecnologias Digitais (TD) têm fornecido ao ensino e aprendizagem da Química em nível médio. Visto que um dos mais substanciais desafios para o ensino e aprendizagem em Química implica nas formas de representação dos conceitos desta ciência, a questão que guia nosso trabalho é: Como as TD podem alterar significativamente o processo de ensino e aprendizagem em Química? Pensamos o processo de ensino e aprendizagem em Química mediante uma perspectiva interacionista. Empregamos a Análise Textual Discursiva (ATD) para conjecturar uma resposta plausível dando voz a inúmeros teóricos que abordam essa questão no ensino e aprendizagem em Química. Mediante ATD, emergiram três categorias: a) a natureza abstrata da Química; b) o papel mediador das TD no contexto de ensino; e c) o uso de recursos computacionais no ensino de Química. Para concluir, exploramos um pouco o contexto no qual poderão se dar essas alterações significativas do ensino e aprendizagem de Química.

Palavras-chave: Ensino de Química. Representação. Abstração. Tecnologias Digitais.

Digital technologies: Opportunities for renewed representation of chemical abstract

ABSTRACT

Chemistry is an abstract science and to have access to chemical concepts a wide range of representations is necessary. Thus, the objective of this study is to investigate some of the contributions that Digital Technologies (DT) have provided to teaching and learning of Chemistry in high school level. As one of the most important challenges for teaching and learning Chemistry deals with the ways of representing its concepts, the question that guides this study is: How DT can significantly change the process of teaching and learning of Chemistry? We conceptualize the process of teaching and learning of Chemistry as an interaction perspective. We use the Discourse Textual Analysis (DTA) to conjecture a plausible answer giving voice to countless theorists who deal with

Fabiana Pauletti é Mestre em Educação pela Universidade de Caxias do Sul (UCS). Endereço para correspondência: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – Petrópolis Caxias do Sul – RS, CEP: 95070-560. E-mail: fpaulet1@ucs.br

Francisco Catelli é Doutor em Educação – Université Laval (1995). Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de Caxias do Sul (UCS). Endereço para correspondência: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130 – Petrópolis Caxias do Sul – RS, CEP: 95070-560. E-mail: fcatelli@ucs.br

¹ Uma proposta inicial deste estudo foi publicada nos Anais do IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul (ANPED SUL), Ed. EDUCS, ano 2012. ISBN 978-85-7061-657-9.

this issue in teaching and learning of Chemistry. By applying the DTA, three categories emerged: (a) the abstract nature of Chemistry; (b) the mediating role of DT in the context of education; and (c) the use of computing resources in teaching Chemistry. To conclude, we explored the context in which these changes may be significant to the teaching and learning of Chemistry.

Keywords: Chemistry teaching. Representation. Abstract. Digital technologies.

INTRODUÇÃO

Percorrendo a literatura que se dedica ao ensino e aprendizagem em Química encontramos diversos trabalhos que destacam as possibilidades renovadas de representação dos conceitos de Química oferecidas pelas Tecnologias Digitais (TD). Nesse sentido, a questão que nos propomos a atacar neste trabalho é a que segue: como as tecnologias digitais podem alterar significativamente o processo de ensino e aprendizagem em Química? Para abordar esta questão, iniciamos mapeando de forma preliminar a presença das TD na nossa sociedade – a “sociedade do conhecimento” (FAGUNDES, 2008). A sociedade do conhecimento é marcada por uma profunda e implacável mutação, mediada pela maciça difusão dos meios comunicacionais, ancorados invariavelmente em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC).

Castells (1999) é enfático ao ressaltar que as razões que desencadeiam e conduzem a mudanças, por vezes fugazes, emanam da própria sociedade, que vive um processo de revigoramento constante; ou seja, essa necessidade de intenso aperfeiçoamento e de otimização de processos provoca transformações na sociedade. Para diagnosticá-las basta se reportar à história dos povos humanos, marcada por uma série de mudanças, intercaladas por raros intervalos e eventos importantes. Esses eventos, em tempos recentes, ocorreram com grande rapidez e foram responsáveis pela constituição gradual de uma sociedade mais sofisticada, e, num certo sentido, mais estável.

As consequências desta mutação vão da quebra de paradigmas ao consequente surgimento de novos ambientes de convivência, os quais por sua vez levam a diferentes modos de interação entre os sujeitos dessa sociedade do conhecimento. Frente a isso, podemos desde já evocar que o sujeito que nasce no seio desta sociedade apresenta novos modos de ser e conviver, e adquire inclusive uma nova linguagem que permeia suas relações com o mundo (PRENSKY, 2001). Do ponto de vista que nos interessa predominantemente neste trabalho, conjecturamos: como o ensino das ciências se transforma dentro de uma sociedade sujeita a tantas vicissitudes? Como a escola se municia para responder a uma sociedade que constantemente otimiza seus processos e requer jovens capazes e eternamente aprendentes? As práticas educacionais se sofisticam de um ponto de vista teórico – metodológico para atender essa demanda?

Ouve-se muito ranger de dentes; o debate é de fato agitado e atinge uma infinidade de aspectos, todos eles sem dúvida importantes. O foco deste trabalho são algumas das novas possibilidades de representação que as TD oferecem no contexto do ensino da Química; para esta análise são utilizados exemplos de uso das tecnologias como subsídio ao ensino desta ciência.

AS INFLUÊNCIAS DA TECNOLOGIA NA SOCIEDADE

Pretendemos neste bloco fazer um mapeamento preliminar da presença das TD na sociedade atual, para isso pensamos que um dos melhores retratos feitos de uma sociedade é aquele que destaca as mudanças que esta sociedade sofre, sem perder elementos fundamentais para destacar as matizes deste retrato.

Castells (1999) observou que no final do século XX a sociedade passou por um período de completa transformação, mediada pelas tecnologias da informação, originárias de diversos campos tecnológicos, nos quais a linguagem corrente é digital; a informação pôde então ser gerada, processada e transmitida de forma muito ágil, e isso nos assentou na denominada era digital.

Para Lévy (1999) o desenvolvimento das tecnologias digitais e de comunicação provoca uma mutação global da civilização, mediante a virtualização da informação que se difunde através do ciberespaço. O ciberespaço é um novo meio de comunicação que surge através da interconexão em nível mundial de computadores e abriga um verdadeiro dilúvio de informações, sendo que uma parte significativa da população alimenta-se deste meio. Mudanças surgem: conforme Lévy (1999, p.25) “[...] a emergência do ciberespaço acompanha, traduz e favorece uma evolução geral da civilização”. Mas, o que são exatamente estas TIC e TD? Lévy (1999) chama-as de um dever coletivo que se cristaliza em torno de objetos materiais, de programas de computadores, de computadores conectados à internet, vídeo games, de dispositivos de comunicação (*ipads*, telefones celulares, *notebooks*), entre outros.

Necessitamos desde já esclarecer dois pontos para fins de nosso trabalho. O primeiro é delimitar que as tecnologias podem representar a Química abstrata; neste contexto, são fundamentalmente, os computadores, programas informáticos educacionais (softwares computacionais), vídeos e a internet. O segundo é que a definição feita por Lévy (1999) acompanha ou traduz o nosso entendimento por tecnologias, e tratamos as TIC e as TD como sinônimas para fins deste trabalho.

Diante desse limiar, antes de elencar as possibilidades de representação da Química por meio das TD, cabem dois destaques: a transição de uma era pré-digital para uma era digital e a mudança de fundo dos sujeitos que compõem ambas, que permeiam gerações: *imigrantes digitais*² e *nativos digitais*.³

Existem características acentuadas que diferenciam essas gerações? Segundo Schlemmer (2006) as diferenças são significativas. A geração do imigrante digital é constituída pelos indivíduos que nasceram e passaram a maior parte da infância e a adolescência num mundo analógico, numa escola analógica na qual predominavam objetos como o quadro negro, *giz*, toca discos e toca fitas; eles não estavam autorizados a “mexer” em qualquer nova tecnologia que chegasse até suas casas ou escola, pois esta

² O imigrante digital nasceu e passou maior parte de sua infância e adolescência num mundo analógico, escasso de tecnologia (SCHLEMMER, 2006).

³ Este é um termo cunhado por Prensky (2001) para se referir a jovens nascidos numa era digital, rodeados de recursos e ferramentas digitais, com vasta oportunidade de comunicação e interação.

tecnologia pertencia apenas ao mundo dos adultos, possivelmente por ter, nessa época, um custo proporcionalmente mais alto, aliado a uma manutenção complexa e custosa. Esta é a geração do “não mexe que estraga”. Os imigrantes digitais aprenderam e se educaram num mundo pré-digital; frequentemente a presença da tecnologia era escassa e mesmo, em muitos casos, praticamente inexistente.

Contudo, a geração que nasceu no seio da sociedade do conhecimento é caracterizada por Schlemmer (2006) como a dos nativos digitais – são os que já nasceram num mundo altamente tecnologizado, em rede, dinâmico, rico em possibilidades de informação, comunicação e interação. Eles têm outra forma de ser e estar no mundo, de conviver com as TD, logo, eles vivem e pensam essas tecnologias desde que nasceram. E diferentemente da geração do imigrante digital, esta é a geração do “mexe para ver como funciona”. O nativo fala a linguagem digital com naturalidade e pertinência. Ele está habituado inclusive a ler na tela do computador; já o imigrante não tem, via de regra, a mesma desenvoltura, a mesma fluência. Há os que, por exemplo, imprimem seus e-mails antes de os ler.

Diante dessas mutações que ocorreram na sociedade é também curiosidade nossa saber como a escola, na esteira deste desenvolvimento, promove alterações no seu contexto a fim de acolher de forma favorável os alunos filhos desta sociedade do conhecimento. A escola deve, dizem alguns teóricos, ser reflexo da sociedade, então ela deve acolher as novas tecnologias e reestruturar em consequência suas práticas pedagógicas, na direção de um ensino genuíno, que leve em conta as necessidades e demandas impostas pelos nativos digitais, que compõem de modo absolutamente predominante o corpo discente das escolas públicas.

Mas como Prensky (2001) corretamente observou, não é exatamente isto que está acontecendo na escola: a maioria dos professores, imigrantes digitais, costuma utilizar uma linguagem anacrônica ao se relacionar com os nativos digitais. Isto é, os professores imigrantes enfrentam grandes dificuldades ao tentar ensinar uma população (nativos digitais) que fala uma linguagem nova, diversa. A emersão dessa linguagem gera um movimento amplificado de jovens famintos por novas formas de comunicação e interação coletiva; abre-se a possibilidade para que todos naveguem, sejam nativos ou imigrantes digitais; exploram-se à exaustão as vastas possibilidades de interação (LÉVY, 1999).

Então, se os nativos digitais, como pontua Prensky (2001) sentem-se à vontade na realização de múltiplas tarefas, possuem vocação para a exploração, preferem aprender fazendo, trabalham melhor ligados a redes de contatos, descobrindo concomitantemente, cabe aos professores e à escola reconhecer esta situação e dela tirar proveito para promover a ascensão do ensino.

No suceder dos tempos é de suma relevância para o processo educativo que os professores e a escola reconheçam que se, por um lado, alguns ideais educacionais tais como o da liberdade para aprender, o da construção do próprio conhecimento mediada pelo coletivo e o do poder heurístico da pesquisa em ensino devem ser mantidos, por outro lado os papéis mudaram com a mudança dos sujeitos, os alunos chegam à escola com uma riqueza de informações advindas do ciberespaço que seria, no mínimo, temerário, ignorá-la. Prensky (2001) é enfático ao salientar que os alunos de hoje pensam e processam as

informações de formas bem distintas das gerações anteriores e sem dúvida não são mais os mesmos para os quais o nosso sistema educacional foi criado. As TIC colocaram em relevo novas formas de acesso à informação, bem como de novas formas de interação e comunicação, mediadas no ciberespaço. Para tomar plena consciência dos aspectos acima expostos, bastaria colocarmos-nos uma questão: Como seria nosso dia a dia sem as TIC? A resposta é difícil, porque depois de nos apossarmos dos benefícios dessas tecnologias fica praticamente impossível imaginar a rotina de nossas vidas sem elas. Não há praticamente nenhum setor da atividade humana que, em alguma escala, não seja afetado direta ou indiretamente por esta rede de comunicação. Com a escola, não é e nem pode ser diferente.

Dada a intensidade e onipresença das tecnologias em quase todos os espaços da sociedade (NEGROPONTE, 1995), seria no mínimo temerário pensar a educação na ausência dessas ferramentas. Diante do exposto, e dada a natureza abstrata da Química, pode-se afirmar que é urgente o ingresso dos recursos computacionais e de comunicação no ambiente escolar (POZO; CRESPO, 2009).

ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

Realizamos um estudo dos principais obstáculos impostos ao ensino e aprendizagem em Química, tais como os problemas de representação, e investigamos o papel mediador das TD no ensino desta ciência. A análise textual discursiva (ATD) é o artefato epistemológico principal desse estudo. A força dos argumentos elaborados emerge da pluralidade de vozes que foram convocadas a se fazer ouvir. Para Moraes e Galiazzi (2011) a ATD é uma metodologia que requer que os pesquisadores construam significados a partir de seus próprios pontos de vista e suas teorias implícitas. Para isso, faz-se necessária a construção de metatextos analíticos que expressem a descrição e interpretação do fenômeno que se investigou.

As etapas que antecedem a construção de metatextos são a fragmentação, a categorização e o metatexto. A fragmentação consiste na desintegração do “corpus” (grifo dos autores); os textos utilizados são desconstruídos. A categorização é um movimento de reconstrução em forma de metatextos que visam expressar novas compreensões alcançadas; é o espaço de promover ou criar relações, organizar semelhantes, construir categorias que expressem posteriormente a construção de um novo texto (o metatexto) que se constitui a partir dos textos originais, sempre expressando a compreensão e interpretação dos pesquisadores, imbuídos de suas teorias, sejam elas conscientes ou tácitas. Dessa forma, o metatexto requer que os pesquisadores reconstruam novas compreensões do fenômeno investigado e dos documentos analisados, relacionando as diferentes categorias e subcategorias na produção de um relato aglutinador (MORAES; GALIAZZI, 2011) na ATD.

Seguindo essa dinâmica, realizou-se: a) fragmentação dos principais estudos em relação ao emprego das TD no ensino de Química, emergindo assim, as unidades de significado; b) agrupamento das unidades de significado conforme suas semelhanças, por meio da identificação de algumas categorias de análise, e por fim; c) a construção de

metatextos descritivos e interpretativos acerca dessas categorias. A seguir, apresentam-se as categorias de análise, a saber: a natureza abstrata da Química; o papel mediador das TD no contexto de ensino; o uso de recursos computacionais no ensino de Química.

A NATUREZA ABSTRATA DA QUÍMICA

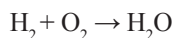
No interior dessa categoria serão abordados os fundamentos do ensino da Química em nível médio e alguns dos principais entraves para a construção deste ensino. A Química é uma disciplina básica do Ensino Médio e está integrada à área das ciências da natureza; seu objetivo principal é o estudo da matéria, as transformações químicas por ela sofridas bem como as variações de energia que acompanham estas transformações, a partir de sua composição íntima com átomos e moléculas (POZO; CRESPO, 2009).

Uma consulta à literatura ligada ao ensino da Química permite identificar rapidamente alguns entraves para a construção de conhecimentos químicos; Pozo e Crespo (2009) nos chamam a atenção para aquele que talvez seja o mais importante, a saber, o que se refere à natureza altamente abstrata da Química. Senão, vejamos: os alunos são desafiados a compreender e analisar as propriedades e transformações da matéria, mas para isso, eles precisam manipular com desenvoltura um número grande de leis e conceitos, novos (para eles) e fortemente abstratos, eles precisam estabelecer conexões entre esses conceitos e certos fenômenos e, como se fosse pouco, deparam-se com a necessidade de utilizar uma linguagem altamente simbólica e formalizada junto com modelos de representações analógicos que ajudam a representar aquilo que não é observável. Os autores concluem: um dos maiores obstáculos que o ensino da Química enfrenta (e enfrentava antes da era digital, também) é a presença maciça de abstrações, e mesmo de abstrações sobre abstrações.

Giordan e Góis (2005) apontam alguns entraves que acabam por dificultar a aprendizagem em Química, acabando frequentemente por reduzi-la a níveis mínimos. Um levantamento, feito por esses autores, das dificuldades expostas por alunos do ensino médio e superior aponta para a falta de domínio nas construções simbólicas da Química, tratando equações químicas como entes matemáticos, ao invés de pensar essas formas como representações de processos dinâmicos e interativos. Também apontam para a dificuldade que os alunos apresentam quando se trata de compreender os fenômenos e transformações químicas em termos de modelos de partículas, modelos esses consensuais entre os cientistas, essas constatações – o leitor perceberá rapidamente desembocam na mesma bifurcação analisada por Pozo e Crespo (2009): a aprendizagem implica em, por um lado, compreender as formas abstratas da Química, de natureza particulada e não observável, e por outro lado impõe-se a necessidade de rápida transferência destas representações para outras formas e modelos. Em outras palavras, a dificuldade se agiganta quando a Química é abordada em nível microscópico e na sua representação em nível simbólico, pois ambas estão fora do universo conceitual do aluno.

Núñez, Ramalho e Pereira (2011) ao avaliar provas dos vestibulares da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, identificam que uma das dificuldades mais prementes

é recorrente a falta de compreensão que os alunos apresentam ao se defrontar com uma linguagem semiótica: os alunos não compreendem a natureza mediática e metafórica das representações, não conseguindo interagir com as diferentes representações. Duval (1999, apud NÚÑEZ; RAMALHO; PEREIRA, 2011) salienta que o ensino da Química estrutura-se a partir da formação e da interpretação das representações semióticas e também a partir da conversão de um tipo de representação em outro. Um exemplo são as equações químicas, assim como as fórmulas químicas, ambas são tipos de representação semióticas e as mesmas podem ser conferidas abaixo.



Exemplo 1: equação química da água



Exemplo 2: fórmula química da água

Cabe, entretanto precisar: os dois exemplos acima apresentados como representações semióticas, na verdade filiam-se à abstração da qual falávamos acima. Destes estudos pode-se inferir que uma forma efetiva de lidar com os entraves que atrapalham e muitas vezes impedem a aprendizagem em Química, é propiciada pelo uso de tecnologias no ensino da Química com o intuito de promover uma interação entre o aluno e a Química dita abstrata.

O PAPEL MEDIADOR DAS TDS NO CONTEXTO DE ENSINO

Neste bloco, a relevância das TD no ensino de Química, a partir de uma concepção de ensino interacionista, será destacada; formas de superar os obstáculos acima apresentados serão examinadas. A onipresença da tecnologia na sociedade do conhecimento (NEGROPONTE, 1995), sugere que uma concepção interacionista de ensino, derivada principalmente das ideias de Vygotsky, pode revelar um grande poder explicativo. O processo de ensino e aprendizagem em Química com o emprego da tecnologia digital é favorecido quando a relação do aluno com o objeto de estudo se dá mediante a interação⁴ através do uso predominante de uma linguagem, que se torna então um instrumento mediador. Portanto, quando o aluno interage com o computador ou um programa computacional para criar modelos e estruturas a fim de superar a Química abstrata, cria-se uma relação do aluno com o objeto de estudo mediante a interação e é nessa relação do aluno com o objeto de estudo que pode surgir o aprendizado. Nesta concepção, a interação é permanente – alguém ensina e alguém aprende, mas a construção do conhecimento químico pode ocorrer sem a presença física de um professor, faz-se necessária apenas a presença do outro (professor ou não); é neste momento que é imprescindível a imersão do

⁴ Uma definição pontual do termo "interação", e do que o mesmo implica no processo de ensino e aprendizagem é feita por Houaiss, Villar e Franco (2001, p.1632): "[...] ação recíproca de dois ou mais corpos [...] atividade ou trabalho compartilhado, em que existem trocas e influência recíprocas".

aluno num contexto social, mediante uma interação incisiva com este meio (VYGOTSKY, 1991; VYGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2001).

Pode-se dizer que as tecnologias digitais, assim como tantos outros artefatos, são construídas e herdadas no interior do meio social em que se vive. Por extensão, essas tecnologias, tão habilmente manuseadas pelos nativos digitais, não podem e não devem ser ignoradas por aqueles que elaboram estratégias de ensino. A pertinência da questão só aumenta: Como as TD podem favorecer o ensino e a aprendizagem de Química? Dada a natureza particulada, abstrata e não observável da Química, é evidente que as tecnologias digitais podem favorecer o ensino desta ciência, visto que, os computadores, por exemplo, são fontes riquíssimas de interação e possibilitam a modelização. Em contrapartida, Ferreira (1998, p.784) aponta que “[...] apesar de existirem provas que a tecnologia pode contribuir significativamente para o ensino, poucos professores fazem uso destes recursos”.

Então, ao explorarmos a literatura que trata do ensino da Química apoiado pelas TD somos levados invariavelmente a algumas experiências nas quais as tecnologias são empregadas no intuito de potencializar os processos de comunicação e de interação, amplificando assim o processo de ensino e aprendizagem de Química. Essas experiências enfatizam o que Wu e Shah (2004) consideram central na aprendizagem: a capacidade de compreender e manipular mentalmente as representações químicas; tarefa que pode ser grandemente facilitada pelas inúmeras possibilidades que as tecnologias oferecem.

Ainda na opinião dos autores citados, a Química é uma ciência visual; a utilização de representações como forma de cristalização dos conceitos e procedimentos químicos já é milenar. Não é de se estranhar então que o revigoramento das práticas, meios e processos venha sendo realizado e aprimorado desde a alquimia⁵. Nesse sentido, as tecnologias vistas como uma herança cultural, polidas ao transcorrer dos séculos, por mãos e necessidade da própria evolução cultural da sociedade (TOMASELLO, 2003) podem e devem ser empregadas em qualquer âmbito social, visto o potencial que exercem em cada contexto. No contexto escolar, isso não pode ser diferente, pois o nativo digital, que predomina no corpo discente das escolas, necessita de um redirecionamento urgente das práticas pedagógicas.

O papel que um programa computacional voltado ao ensino de Química pode desempenhar é inegavelmente poderoso, na medida em que possibilita a criação de objetos virtuais (GIORDAN; GÓIS, 2005). Para Ferreira, Arroio e Rezende (2011) os avanços da computação têm permitido o desenvolvimento de programas computacionais de alta performance voltados para o ensino de Química; uma das consequências imediatas é uma visualização refinada e sofisticada dos fenômenos químicos, principalmente pela possibilidade de representar o mundo inacessível à percepção humana. Essas ferramentas permitem construir modelos de representação para as formas abstratas da Química com

⁵ Conforme Santos e Mól (2005) a alquimia surgiu na pré-história e percorreu os séculos, foi a precursora da Química. Mas a alquimia empregava técnicas ritualísticas, ou seja, todos os fenômenos que ocorriam estavam ligados à mágica ou as forças divinas e com o passar dos séculos ocorreu o embotamento da alquimia e a constituição da ciência Química.

uma facilidade nunca antes vista; essa possibilidade surge como uma potente alternativa educacional que tende a atender as necessidades dos nativos digitais, uma vez que a contato com as TDs implica fundamentalmente numa troca ativa, reflexiva e integrativa, a qual resulta invariavelmente em aprendizagem (FERREIRA; ARROIO; REZENDE, 2011).

O caráter dinâmico e a margem de interação forjados nas simulações computacionais estimula o aluno a construir e desenvolver as atividades propostas pelo professor; a principal vantagem encontra-se na possibilidade de os alunos obterem resultados imediatos, decorrentes da modificação de situações e condições, além de minimizar as dificuldades da aprendizagem (GIORDAN; GÓIS, 2005; RIBEIRO; GRECA, 2003; FERREIRA; ARROIO; REZENDE, 2011; WU; SHAH, 2004; RAUPP et al., 2010).

Tentamos até aqui demonstrar um conjunto de evidências que direcionem o ensino da Química para um ensino entre pares, mediado pelo social, considerando sempre as necessidades e demandas que surgem da sociedade e, claro, dos sujeitos que a compõem, a fim de efetivar um ensino de Química genuíno. Em face do exposto, conclui-se que as tecnologias digitais podem sim auxiliar o professor na construção de novos espaços de convivência, a partir da promoção de uma interação permanente dos participantes entre si e destes com as tecnologias, abrindo novos caminhos para a construção coletiva de conhecimentos (BACKES; SCHLEMMER, 2007).

O USO DE RECURSOS COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE QUÍMICA

Neste bloco, relataremos algumas pesquisas voltadas ao ensino de Química com o uso de computadores que vêm sendo realizadas no cenário nacional. Ao analisar essas pesquisas, verificamos um universo de possibilidades, dentre elas destacamos três, pela afinidade com a questão aqui proposta. Duas delas referem-se ao emprego de programas computacionais como apoio ao ensino de Química, e são direcionados ao Ensino Médio. Na terceira, as TIC foram empregadas apenas na etapa de avaliação.

Num recente e incisivo estudo Raupp et al. (2010) nos dão evidências favoráveis ao uso de softwares computacionais no processo de ensino e aprendizagem em Química. Nesse estudo investigou-se como ocorre a evolução da capacidade representacional de Química de nível médio após o uso de um programa computacional de construção de modelos moleculares, o “Chemsketch”, programa de acesso livre que propicia aos alunos a construção de modelos moleculares bidimensionais e tridimensionais. As estruturas selecionadas para representações foram isômeros *cis* e *trans*. Os isômeros possuem mesma fórmula molecular, mas diferentes fórmulas espaciais. A distribuição dos átomos no espaço é diferente de uma estrutura para outra; o software de representação permite ao usuário formar imagens bidimensionais e tridimensionais nas quais é possível visualizar e perceber claramente a diferença entre os tipos de isômeros (RAUPP et al., 2010).

O resultado do estudo demonstrou uma evolução evidente na capacidade de representação das estruturas moleculares por parte dos alunos; fica clara a superioridade

das representações de isômeros após a utilização do software. O estudo também destaca grandes vantagens no trabalho em três dimensões, pois esta terceira dimensão apresenta propriedades mais específicas, difíceis de capturar num aprendizado convencional. O estudo conclui que a utilização de softwares potencializa a aprendizagem em função das possibilidades múltiplas de representação das formas abstratas da Química. Os resultados obtidos nesse estudo corroboram o que Wu e Shah (2004) destacam ser fundamental para a aprendizagem em Química: a variedade de representações visuais.

O segundo estudo selecionado é o de Giordan e Góis (2005) que, na mesma linha acima, explora as representações de partículas por meio de aplicativos computacionais. Os autores também detectam a dificuldade dos alunos ao tentar compreender os fenômenos e transformações químicas em nível microscópico. Para tentar superar esta dificuldade, os autores utilizam na sua investigação uma ferramenta que possibilita a criação de objetos moleculares virtuais, num espaço bidimensional, acrescido da possibilidade de animações, bem como interfaces de criação e simulação tridimensionais a partir de qualquer fórmula química, seja ela extensa ou condensada. O programa utilizado neste estudo é o “Construtor” (programa pago).

A atividade com os alunos desenvolveu-se através da interconexão de atividades escritas e com atividades de manipulação, construção e visualização de objetos moleculares virtuais e concretos. Foi possível identificar então uma apropriação da simbologia adequada ao modelo de partícula, a partir da interpretação feita pelos alunos de fenômenos e propriedades macroscópicas. Adicionalmente, os alunos do grupo investigado apresentaram grande desenvoltura no uso da ferramenta computacional acima referida (GIORDAN; GÓIS, 2005).

Uma expressiva experiência de ensino foi realizada por Ribeiro e Ramos (2012), na qual a estratégia de aprendizagem em aulas de Química se deu por meio de grupos colaborativos. A estratégia de trabalhar com grupos colaborativos explorou, dentre outras coisas, o laboratório de química e o uso das TIC como material didático. A abordagem direciona para o trabalho em pares ou em trios e rompe com o individualismo e a sistematização do ensino geralmente centrado no professor. O intuito da formação de grupos com dois ou três alunos consiste em desencadear a participação e o diálogo o que resultaria na construção coletiva de ideias. Segundo os autores, é diante da divergência e da controvérsia de ideias que se promove um ambiente de negociação e debate; esse ambiente propicia a aprendizagem colaborativa, onde todos os sujeitos do grupo contribuem para um crescimento mútuo.

A avaliação realizada por Ribeiro e Ramos (2012, p.470) atesta que “[...] a adoção do trabalho em grupos cooperativos contribui efetivamente para a aprendizagem dos alunos. Quando associada à pesquisa em sala de aula, produz melhores condições para que os alunos possam apropriar-se e consolidar os conhecimentos tratados”. Esse recorte do estudo desses autores já é suficiente para perceber a eficácia da estratégia, pois a sistematização exprime a coletividade como força-motriz no desenvolvimento dessa proposta. A aceção de que a aprendizagem ocorre mediante a interação e no social, além da valorização dos instrumentos culturalmente construídos (as TIC), sem dúvida se coaduna com as necessidades da sociedade do conhecimento.

Os estudos explorados aqui têm o intuito de estabelecer novas e diversificadas metodologias para atingir de forma satisfatória o público que chega às escolas, oriundo dessa sociedade do conhecimento. Adicionalmente, esses estudos dão continuidade à persistente e permanente discussão que trata das dificuldades que emergem ao longo do processo de construção do conhecimento químico. Uma frase síntese das conclusões mais importantes destes estudos é feita por Giordan e Góis (2005, p.297): “[...] levar computadores para as escolas é mais do que atender as demandas do mercado de trabalho, significa cultivar formas de pensamento contemporâneas, que são enraizadas no desenvolvimento da espécie [...]”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto dos resultados dos trabalhos analisados é vasto; alguns aspectos gerais serão agora retirados da polifonia das vozes que compõem esse estudo. Embasados numa perspectiva interacionista de ensino, apontaremos possíveis respostas para a questão que nos propusemos a atacar: Como as TD podem alterar significativamente o processo de ensino e aprendizagem em Química?

A primeira possibilidade de resposta diz respeito ao potencial de representação da Química abstrata, inacessível à percepção humana direta, que as TD fornecem. Os relatos acima demonstraram que esse potencial é enorme, tanto na qualidade das representações que podem ser construídas, quanto no número (grande) delas que se torna acessível ao aluno de ensino médio (WU; SHAH, 2004; FERREIRA; ARROIO; REZENDE, 2011). Outro aspecto decisivo, apontado por Giordan e Góis (2005), é o de que a construção de conceitos químicos depende fortemente dos modelos visuais com os quais os alunos têm contato durante o ensino de determinado conteúdo, fato esse que exacerba a pertinência da exploração dessas ferramentas num contexto de ensino de Química. A receita ideal, segundo Núñez, Ramalho e Pereira (2011) seria a que envolve a máxima exploração das formas semióticas de representação, de modo a atingir o topo na aprendizagem em Química, destruindo assim as barreiras, e munindo-se de múltiplas formas de representação.

Os estudos aqui explorados, ancorados no uso da tecnologia digital para representar as formas abstratas da Química guiarão por certo o leitor, com seus resultados evidentes, por um caminho frutífero; todos os adeptos de novas formas de representação da realidade que visam à amplificação de contextos educacionais encontrarão nas TD oportunidade de elaboração de novos processos de construção de conhecimento (MORAES, 2002). As tecnologias digitais, ferramenta com a qual os nativos digitais apresentam grande afinidade, propiciam, consoante os estudos apresentados, ocasiões preciosas de participação ativa. Essa participação ativa resulta quase que diretamente em atitudes positivas dos alunos (GIORDAN; GÓIS, 2005). Então, se os alunos têm dificuldades para representar a natureza altamente abstrata da Química, e isso se apresenta como um dos principais entraves impostos a compreensão desta ciência, o emprego das TD é fundamental. E o argumento da (relativa) inacessibilidade de tal tipo de recurso se esvai ao considerar

a verdadeira massificação destas ferramentas na sociedade do conhecimento. Nunca é demais sublinhar: é na possibilidade de representação das formas abstratas da Química que o uso das TD mostra seus melhores resultados.

Os estudos analisados indicam que urge criar novas metodologias que exponham o aluno nativo digital a uma diversidade de interações com o objeto de estudo, principalmente no processo de ensino e aprendizagem em Química. A investigação do aprendizado mediado pelas TD tem se destacado nos trabalhos recentes de didática das ciências em geral, e da Química em especial. Como Schlemmer e Backes (2008) pontuam, a aprendizagem ocorre na interação do sujeito com o objeto de estudo tornando-a uma verdadeira espinha dorsal do processo de construção do conhecimento, como já assinalava Vygotsky.

Não se quer advogar aqui que o uso das TD no ensino de Química seja a única fórmula que permitiria diluir os entraves aqui levantados. Alguns dos obstáculos de aprendizagem aqui levantados não são recentes, nem exclusivos de uma sociedade contemporânea. Se faz necessária então uma atitude vigilante, que nos proteja por um lado de cair no modismo das “novas” tecnologias. Mas o inverso também é essencial: essa mesma atitude irá nos colocar em alerta em relação ao universo de novas possibilidades que se abrem com as TD. O cerne das novas estratégias mediadas pela tecnologia deve ser então examinado, em especial do ponto de vista de suas bases epistemológicas. A integração das tecnologias digitais no contexto escolar deve se dar a partir de uma atenção especial ao potencial que elas podem apresentar como ferramentas de mediação, para que propiciem a interação do aluno com o objeto de estudo. Como bem pontuam Schlemmer e Backes (2008), não é apenas a inserção da tecnologia que garante uma potencialização do processo de ensino e sim a proposta epistemológica que guia as ferramentas que promoverão a cristalização deste processo.

REFERÊNCIAS

- CASTELLS, Manuel. *A sociedade em rede*. Tradução Roneide Venancio Majer. 6.ed. São Paulo: Paz e Terra, 1999.
- BACKES, Luciana; SCHLEMMER, Eliane. O aprender e o ensinar na formação do educador em mundos virtuais. *Educere Et Educare Revista de Educação*, Cascavel, v.2, n.4, p.129-140, jul./dez. 2007. Disponível em: <<http://e-revista.unioeste.br/index.php/educereeteducare/article/view/1660>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- FAGUNDES, Léa da Cruz. Tecnologia e educação: a diferença entre inovar e sofisticar as práticas tradicionais. *Revista Fonte*, Belo Horizonte, n.8, p.6-14, dez. 2008. Disponível em: <http://www.prodemge.gov.br/images/revistafonte/revista_8.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2011.
- FERREIRA, Celeste; ARROIO, Agnaldo; REZENDE, Daisy de Brito. Uso de modelagem molecular no estudo dos conceitos de nucleofilicidade e basicidade. *Química Nova*, São Paulo, v.34, n.9, p.1661-5, set., 2011. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2011/vol34n9/29-ED10993.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2013.

FERREIRA, Vítor F. As tecnologias interativas no ensino. *Química Nova*, São Paulo, v.21, n.6, p.780-6, nov./dez., 1998. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v21n6/2913.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2013.

GIORDAN, Marcelo; GÓIS, Jackson. Telemática educacional e ensino de química: considerações sobre um construtor de objetos moleculares. *Linhas Críticas*, Brasília, v.11, n.21, p.285-301, jul./dez., 2005. Disponível em: <<http://seer.bce.unb.br/index.php/linhascriticas/article/viewArticle/5380>>. Acesso em: 18 dez. 2011.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles; FRANCO, Francisco Manoel de Mello. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

LÉVY, Pierre. *Cibercultura*. Tradução Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1999.

MORAES, Maria Cândida. Tecendo a rede, mas com que paradigma?. In: *Educação a distância: fundamentos e práticas*. Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 2002, p.1-12. Disponível em: <<http://www.nied.unicamp.br/oea/pub/livro3/index.html>>. Acesso em: 15 ago. 2011.

MORAES, Roque; GALIAZZI, Maria do Carmo. *Análise textual discursiva*. 2.ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2011.

NEGROPONTE, Nicholas. *A vida digital*. Tradução Sérgio Tellaroli; supervisão técnica Ricardo Rangel. São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán; RAMALHO, Betânia Leite; PEREIRA, José Everaldo. As representações semióticas nas provas de química no vestibular da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (Brasil): uma aproximação à linguagem científica no ensino das ciências naturais. *Revista Ibero-americana de Educação*, n.55/1, p.1-13, fev. 2011. Disponível em: <<http://www.rieoei.org/deloslectores/3681Beltran.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. Tradução Naila Freitas. 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRENSKY, Marc. Digital Natives, Digital Immigrants. *NCB University Press*, Horizon, v.9, n.5, out. 2001. Disponível em: <<http://www.marcprensky.com/writing/prensky%20-%20digital%20natives,%20digital%20immigrants%20-%20part1.pdf>>. Acesso em: 18 ago. 2011.

RAUPP, Daniele et al. Uso de um software de construção de modelos moleculares no ensino de isomeria geométrica: um estudo de caso baseado na teoria de mediação cognitiva. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Espanha, v.9, n.1, p.18-34, 2010. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen9/ART2_VOL9_N1.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2011.

RIBEIRO, Angela A., GRECA, Ileana M. Simulações computacionais e ferramentas de modelização em educação química: uma revisão de literatura publicada. *Química Nova*, São Paulo, v.26, n.4, p.542-9, jul./ago. 2003. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2003/vol26n4/16.pdf>>. Acesso em: 16 jul. 2012.

RIBEIRO, Marcus Eduardo Maciel; RAMOS, Maurivan Güntzel. Grupos colaborativos como estratégia de aprendizagem em aulas de química. *Acta Scientiae*, Canoas, v.14, n.3, p.456-471, set./dez., 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/394/301>>. Acesso em: 20 maio. 2013.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MÓL, Gerson de Souza (Coord.). *Química e sociedade*: volume único, Ensino Médio. São Paulo: Nova Geração, 2005.

SCHLEMMER, Eliane. O trabalho do professor e as novas tecnologias. *Revista Textual*. Porto Alegre, v.1, n.8, p.33-42, set. 2006. Disponível em: <http://www.sinpro-rs.org.br/textual/set06/textual_8_miolo.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2011.

SCHLEMMER, Eliane; BACKES, Luciana. Metaversos: novos espaços para a construção do conhecimento. *Revista Diálogo Educacional*. Curitiba, v.8, n.24, p.519-532, maio/ago. 2008. Disponível em: <<http://www2.pucpr.br/reol/index.php/DIALOGO?dd1=2038&dd99=view>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

TOMASELLO, Michael. *Origens culturais da aquisição do conhecimento humano*. Tradução Claudia Berliner. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. Tradução José Cipolla Neto, Luis Silveira Menna Barreto, Solange Castro Afeche. 4.ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

VYGOTSKY, Lev Semenovich; LURIA, Alexander Romanovich; LEONTIEV, Alex N. *Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem*. Tradução Maria da Penha Villalobos. 9.ed. São Paulo: Ícone, 2001.

WU, Hsin-Kai; SHAH, Priti . Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, v.88, n.3, p.465-492, abr., 2004. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sc.10126/pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2012.

Recebido em: jun. 2013 **Aceito em:** jul. 2013