UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE QUÍMICA

INSTITUTO DE FÍSICA

INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

FACULDADE DE EDUCAÇÃO

VIVIAN LOPES MANTOVANI

Visualização e Modelagem no Ensino de Química Orgânica: a visão de professores em um curso de formação continuada

SÃO PAULO

2013

VIVIAN LOPES MANTOVANI

Visualização e Modelagem no Ensino de Química Orgânica: a visão de professores em um curso de formação continuada

Dissertação de Mestrado apresentada à Comissão do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Química

Orientador: Prof. Doutor Agnaldo Arroio

SÃO PAULO

2013

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

**Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo**

Mantovani, Vivian Lopes

Visualização e modelagem no ensino de química orgânica: a visão de professores em um curso de formação continuada. – São Paulo, 2013.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo.
Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo Arroio

Área de Concentração: Ensino de Química

Unitermos: 1. Química (Estudo e ensino); 2. Visualização; 3. Formação continuada do professor; 4. Modelos.

USP/IF/SBI-039/2013

NOME: MANTOVANI, Vivian Lopes

TÍTULO: Visualização e Modelagem no Ensino de Química Orgânica: a visão de professores em um curso de formação continuada

Dissertação de Mestrado apresentado à Comissão do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências.

Área de concentração: Química

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. : _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

A toda minha família, especialmente a Fabiana, pela compreensão, apoio e torcida em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis. Por acreditarem que eu sempre posso dar um próximo passo, não importando o tamanho dele.

Ao meu professor e orientador Prof. Dr. Agnaldo Arroio, pela confiança, ensinamentos, estímulos e, por algumas vezes, acreditar na minha competência mais do que eu mesma.

À Prof. Dr. Patrícia Busko Di Vitta por toda gentileza, ensinamentos, por ter me recebido na sua turma e ajudado no que foi preciso para o projeto. E por ter sido grande parte da inspiração para esse trabalho através das suas aulas.

Às Faculdades Oswaldo Cruz, por permitirem que eu acompanhasse e analisasse a turma do curso de pós-graduação *Lato Sensu* em Química.

Ao colégio Móbile, em especial aos diretores Maria Helena Bresser, Maria da Glória Martini e Blaidi Sant'Anna pelo incentivo, auxílio e carinho de sempre.

Aos meus amigos pela compreensão e ajuda nos meus momentos de reclusão, trabalho, ansiedade e ausência.

A Deus e meus guias, por sempre me protegerem e inspirarem.

RESUMO

MANTOVANI, V.L. **Visualização e Modelagem no Ensino de Química Orgânica: a visão de professores em um curso de formação continuada.** 2013. 147 f. Tese (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

Essa dissertação está baseada em uma pesquisa qualitativa, em que procuramos conhecer e analisar como professores em um curso de formação continuada, onde são utilizadas ferramentas visuais e modelos, receberiam esse tipo de informação e se esse modo de exposição poderia afetar a maneira como pensam a sua prática docente. Percebe-se que o papel dos modelos e da utilização de ferramentas que favoreçam a visualização tem crescido nas últimas décadas, fato observado pela quantidade de trabalhos envolvendo tal temática. Dessa maneira, os cursos de formação continuada podem ser bastante proveitosos, na tentativa de preparar o professor para a utilização crítica dessas ferramentas e modelos, bem como servirem como momentos de reflexão sobre a própria prática docente. Nesse sentido, foram acompanhadas pela pesquisadora as aulas de Química Orgânica de um curso de pós-graduação *Lato Sensu*. Foi aplicado um questionário no início das aulas, com o objetivo de identificar o perfil dos alunos, suas expectativas, seus conhecimentos prévios acerca de alguns conceitos trabalhados nessa tese. As aulas foram acompanhadas, visando-se perceber a interação da docente e dos alunos com as ferramentas visuais utilizadas. Além disso, observações sobre a metodologia da professora e sobre os instrumentos diferenciados empregados no ensino foram analisados. Posteriormente foi feita outra entrevista, em forma de questionário, onde foram comparadas as respostas coletadas nesse instrumento com todas as outras informações coletadas durante o curso. Nesse momento procuramos identificar os efeitos do convívio e da observação da utilização dos instrumentos visuais nesses alunos, buscando perceber se alguma mudança na maneira de atuar desses docentes será efetiva. Pela análise dos materiais utilizados pela docente desse curso de formação continuada, percebe-se a ênfase que esta dá aos recursos visuais, como suporte às explicações dos fenômenos observados. Mais além, pode-se dizer que alguns conceitos trabalhados pela professora seriam praticamente impossíveis sem essas ferramentas, como por exemplo, a estereoquímica. A análise dos resultados nos mostram que o curso era formado basicamente por professores de Ensino Médio, que buscavam no curso aperfeiçoa-

mento e que tiveram um ensino de Química Orgânica insuficiente em suas graduações. A maioria desses docentes desconheciam conceitos como visualização, modelagem e modelos. Comparando-se as respostas do questionário final com os outros instrumentos de coletas de dados, observou-se uma mudança em relação a como os professores passaram a observar as suas aulas, já que muitos assinalaram querer modificar algum aspecto prático na sua metodologia de ensino.

Palavras chave: visualização; ensino de Química; formação continuada do professor; modelos.

ABSTRACT

MANTOVANI, V.L. **Visualization and Modeling in Organic Chemistry instruction: teachers' views on a continuing education course.** 2013. 147 f. Tese (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

This dissertation is based on a qualitative research project which aimed at investigating and analyzing how teachers enrolled in a continuing education course would relate to the visual aids and models employed as course tools, and whether being exposed to such resources could affect participants' views on their own teaching practice. Models and visual aids have played an increasingly important role in the past decades, evidence of which is the significant number of studies on this theme. This way, continuing education courses may be effective in preparing teachers for the critical use of these tools and models, providing them with an opportunity to reflect on their teaching practice. In this research project, the Organic Chemistry classes of a graduate specialization course were monitored so that the interaction of the instructor and of the participants with the visual tools could be studied. In addition, the teaching methodology and the special resources employed were also observed and analyzed. In the beginning of the course, participants' profile, expectations and previous knowledge of the concepts dealt with in this study were identified by means of a questionnaire. Later on, another interview was carried out with a second questionnaire, and the information collected this way was contrasted with all the data gathered throughout the course. At this point, the aim was to identify in the participants any effects of the experience and observation of such visual tools in use, in search of some evidence that an effective change in their practice could occur. The analysis of materials employed by the instructor in this continuing education course reveals the emphasis given to visual resources as essential support to the presentation of course content. As a matter of fact, the explanation of some concepts, such as those related to stereochemistry, would be practically impossible without visual aids. According to the data collected in this study, course participants were mostly high school teachers who claimed to have had insufficient instruction in Organic Chemistry in their undergraduate courses. Most of the-

se teachers were not familiar with concepts such as visualization, modeling and models. When their answers on the final research questionnaire are compared to the data collected with other instruments in this study, a change in the way these teachers see their own classes can be observed. Many of them state through their answers on this final questionnaire that they would like to modify some practical aspect of their teaching methodology.

Key words: visualization, chemistry instruction; continuing education for teachers; models.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Distribuição dos alunos do curso de formação continuada.	48
Figura 2 -	Graduação dos professores que faziam o curso de formação continuada.	49
Figura 3 -	Porcentagem de citações por área para os temas abordados na pergunta 7 do questionário inicial.	61
Figura 4 -	Classificação do domínio dos conceitos sobre as áreas que serão trabalhadas.	65
Figura 5 -	Materiais utilizados como fonte de informação para a preparação das aulas dos docentes no curso de formação continuada.	69
Figura 6 -	Utilização de materiais com representações visuais nas aulas dos docentes no curso de formação continuada.	75
Figura 7 -	Recursos visuais mais utilizados nas aulas dos docentes no curso de formação continuada.	76
Figura 8 -	Percepção dos professores sobre a atitude de seus alunos ao utilizarem recursos visuais.	77
Figura 9 -	Respostas dos professores se os alunos precisam ter alguma habilidade específica para aprender com os recursos visuais.	78
Figura 10-	Respostas dos professores quando questionados sobre como eles se atualizam em relação à utilização dos recursos visuais.	79
Figuras 11a e 11b -	Utilização de imagens para abordagem do conceito de ligações covalentes.	84
Figuras 12a, 12b e 12c -	Utilização de animação com diversos modelos e ângulos de visão para a molécula de etano.	85
Figuras 13a, 13b, 13c, 13d e 13e -	Utilização de animação para facilitar a compreensão da formação da molécula de eteno, segundo a teoria de orbitais moleculares.	86

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 14 -	Utilização de imagens para abordagem do conceito de polaridade das ligações.	87
Figuras 15a, 15b, 15c e 15d -	Utilização de imagens para abordagem do conceito de hibridização do carbono.	88
Figuras 16a, 16b, 16c e 16d -	Utilização de animação para facilitar a compreensão da formação dos orbitais híbridos.	89
Figura 17 -	Utilização de imagem e analogia para abordagem do conceito de ressonância.	90
Figuras 18a, 18b, 18c e 18d -	Animações para ilustrar a ressonância do benzeno.	91
Figuras 19a e 19b -	Utilização de representações simbólicas para as estruturas de ressonância.	92
Figuras 20a, 20b, 20c e 20d -	Utilização de representações simbólicas e imagens para a discussão de intermediários de reações orgânicas.	92
Figuras 21a, 21b, 21c e 21d -	Utilização de representações gráficas para a discussão de aspectos termodinâmicos e cinéticos de uma reação química.	94
Figuras 22a, 22b e 22c -	Utilização de animações para explicar conceitos de isomeria óptica.	95
Figuras 23a e 23b -	Utilização de imagens e analogias para abordar o tema simetria.	96
Figuras 24a, 24b e 24c -	Utilização de imagens e animações para a discussão de simetria e tridimensionalidade.	96
Figuras 25a e 25b -	Utilização de imagens para a discussão de enantiômeros e diastereoisômeros.	97
Figuras 26a, 26b, 26c e 26d -	Filme do experimento de cloreto de t-butila com hidróxido de sódio, para a introdução do tema reações de substituição nucleofílica.	99

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 27 -	Utilização da linguagem simbólica para a discussão das espécies envolvidas em uma reação de substituição nucleofílica alifática.	99
Figuras 28a, 28b, 28c e 28d -	Utilização de imagens para a discussão da reatividade dos substratos.	100
Figuras 29a, 29b, 29c e 29d -	Filme do experimento de diferentes substratos com hidróxido de sódio, para ilustrar a diferença de reatividade desses substratos.	101
Figuras 30a, 30b, 30c e 30d -	Utilização de animações para a discussão da energia envolvida em uma reação de substituição.	102
Figuras 31a, 31b, 31c e 31d -	Utilização de animação para exemplificar e discutir uma reação de substituição nucleofílica.	103
Figura 32 -	Utilização de imagens para a discussão do mecanismo das reações de substituição.	103
Figuras 33a e 33b -	Utilização de imagens para a discussão do efeito dos solventes na reação.	104
Figura 34 -	Utilização de imagem para a discussão da eficiência dos nucleófilos.	104
Figuras 35a, 35b, 35c, 35d, 35e e 35f -	Utilização de animação para ilustrar o mecanismo de reação de substituição nucleofílica unimolecular.	106
Figuras 36a e 36b -	Utilização de imagens para a discussão da estereoquímica dos reagentes em uma reação de eliminação.	107
Figura 37 -	Exercícios propostos durante o módulo, onde se utilizou modelos físicos.	108
Figura 38 -	Atendimento das expectativas dos alunos do curso.	113
Figura 39 -	Principais dificuldades conceituais enfrentadas pelos alunos.	117

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 40 -	Principais facilidades conceituais indicadas pelos alunos.	118
Figura 41 -	Aspectos relevantes destacados na metodologia empregada.	119
Figura 42 -	Em que sentido a prática docente dos professores submetidos ao curso foi afetada.	123
Figura 43 -	Motivos para o emprego nas aulas dos docentes dos instrumentos visuais apresentados no curso.	123
Figura 44 -	Efeitos do módulo na prática docente	125
Figura 45 -	Análise dos docentes após 9 meses de curso.	126

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Conteúdos trabalhados nos dois módulos do curso de pós-graduação em análise	40
Tabela 2 -	Perfil dos alunos do curso de <i>Lato Sensu</i> .	43
Tabela 3 -	Respostas à pergunta 2 do questionário inicial.	51
Tabela 4 -	Respostas às perguntas 5 e 6 do questionário inicial.	55
Tabela 5 -	Número de citações para os temas abordados na pergunta 7 do questionário inicial.	60
Tabela 6 -	Número de citações para o domínio dos temas abordados na pergunta 8 do questionário inicial.	63
Tabela 7 -	Número e porcentagem de citações para a melhor representação da molécula de água, de acordo com a pergunta 9 do questionário inicial.	66
Tabela 8 -	Respostas dos professores às questões 12 a 19 do questionário inicial.	70
Tabela 9 -	Respostas ao grupo de questões sobre modelos.	80
Tabela 10 -	Expectativas dos alunos antes e após o módulo.	111
Tabela 11 -	Dificuldades e facilidades encontradas pelos alunos.	114
Tabela 12 -	Concepções sobre modelo.	120

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. VISUALIZAÇÃO, MODELOS E MODELAGEM	20
2.1. Aspectos Gerais	20
2.2. No ensino de Química	26
3. FORMAÇÃO CONTINUADA	30
4. OBJETIVOS E METODOLOGIA DO TRABALHO	36
4.1. Objetivos	36
4.2. Metodologia	37
4.3. Curso <i>Lato Sensu</i> em Química nas Faculdades Oswaldo Cruz	40
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
5.1. Questionário Inicial	42
a) Perfil dos alunos do curso	42
b) Expectativas e conhecimento prévio em relação aos conteúdos	60
c) Perguntas mais específicas sobre a prática docente	68
d) Perguntas mais específicas sobre os modelos	80
5.2. Material utilizado pela docente do módulo	83
a) Conceitos básicos de Química Orgânica	84
b) Estereoquímica	94
c) Reações de substituição nucleofílica alifática e eliminação	98
5.3. Exercícios propostos	108
5.4. Questionário Pós-curso	110
a) Em relação à expectativa	111

b) Em relação às dificuldades e facilidades encontradas	-----	114
c) Em relação à metodologia empregada pela docente e os instrumentos visuais utilizados		119
d) Em relação ao efeito do curso sobre a prática docente	-----	122
5.5. Questionário após 9 meses do término do curso	-----	126
6. CONCLUSÕES	-----	127
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	-----	131
8. ANEXOS	-----	135
8.1. Anexo 1- Questionário pré-curso	-----	135
8.2. Anexo 2- Questionário pós-curso	-----	144

1. INTRODUÇÃO

Educadores e pesquisadores voltam cada vez mais sua atenção para os fatores que influenciam muito o trabalho em sala de aula e o processo de ensino/aprendizagem: tecnologia, contexto histórico, condições políticas, econômicas e sociais (RIBEIRO; GRECA, 2003). Assim, muitos estudos feitos nas últimas décadas sugerem a adoção de metodologias alternativas, que levem em consideração todos esses fatores, para que esse trabalho docente passe a ser mais eficiente tanto para o professor quanto para o estudante. Essas pesquisas visam não apenas a maior compreensão e sugestões de práticas educacionais diferenciadas, mas também a observação de como os estudantes reagem diante das informações e também sob diferentes estímulos.

Diversos tipos de profissionais estão envolvidos na pesquisa da utilização de ferramentas visuais, por exemplo, nas salas de aula: especialistas em softwares computacionais, cientistas, educadores e cientistas especializados em aspectos cognitivos. Todos estão colaborando para o “desenvolvimento, a discussão e o uso de ferramentas visuais nas aulas de ciências” (GILBERT, 2007¹ apud FERREIRA; ARROIO, p. 48, 2009b).

No campo das ciências da natureza, especificamente na Química, existe uma grande dificuldade para o entendimento dos fenômenos naturais que nos cercam, uma vez que é muito difícil e abstrato se aceitar a constituição das substâncias que formam a matéria, já que ela é formada por elementos que não podemos enxergar ou que não se tem contato direto (ROQUE; SILVA, 2008).

Além disso, a Química é uma ciência que lida não apenas com fenômenos macroscópicos, mas também com fenômenos microscópicos e diversos símbolos, fatores que dificultam a compreensão dos alunos, uma vez que estes deixam de ter contato sensorial com as informações estudadas e devem ser capazes de “transformar determinada forma de representação em outra equivalente, da maneira mais apropriada” baseando-se em modelos científicos (RIBEIRO; GRECA, 2003).

Os alunos necessitam constantemente perceber, através dos seus sentidos, os seus objetos de estudo. A abstração exige muito mais do que esse contato direto. Contudo, em se tratando de átomos e moléculas, isso não é possível. Como a ciência aceita atualmente a matéria como constituída por átomos, os professores precisam de argumentos, demonstrações e ferra-

¹ GILBERT, J.K. Visualization: a Metacognitive Skill in Science and Science Education. In. John K., Gilbert (ed.) **Visualization in Science Education**, Springer, p. 9-27, 2007.

mentas mais eficientes, que busquem explicar para os alunos esse fato sem a utilização dos seus sentidos (ROQUE; SILVA, 2008). Nesse aspecto, existe um obstáculo cognitivo a ser vencido pelos estudantes, e essa dificuldade pode se originar devido ao fato que as “representações, especialmente as simbólicas e moleculares, são abstratas e não podem ser compreendidas pela intuição” (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2000, tradução nossa).

Os químicos transformam a informação sensorial em processos químicos, explicam esses processos como comportamentos atômicos e moleculares em nível particulado, e traduzem átomos e moléculas em símbolos e fórmulas (...) essa natureza abstrata das representações é uma das fontes das dificuldades de aprendizagem dos estudantes.

(WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2000, pg. 823, tradução nossa).

A visualização espacial das estruturas químicas pode ser um grande facilitador para a aprendizagem nessa área, pois “a inteligência espacial permite às pessoas perceber as informações visualmente e espacialmente, transformar essa informação e recriar as imagens virtuais da memória” (GARDNER, 1993² apud FERK, et al., 2003, pg. 1228). Assim, tem-se intensificado cada vez mais a preocupação com a adoção de metodologias de ensino que propiciem ou facilitem ao estudante essa visualização, bem como aumentaram o número de pesquisas relacionadas a esse tema, que buscam explorá-lo a fim de facilitar o processo de aprendizagem (GORDIN; PEA, 1995).

Os avanços em modelagem molecular e visualização permitem aos estudantes manipular uma variedade de representações visuais de conceitos abstratos, a exploração desses conceitos e, mais além, aproximam o estudo da ciência do fazer ciência.

(ARROIO; HONORIO, p.22, 2008, tradução nossa).

Alguns autores afirmam até que “as ferramentas de visualização e os computadores de alto desempenho mudaram a natureza da pesquisa química e tem a promessa de transformar a educação em química” (ARROIO; HONÓRIO, p.17, 2008, tradução nossa).

² GARDNER, H.- **Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences** (Nova Iorque: Basis Books), 1993

Imagens e o computador fornecem métodos e técnicas que ajudam os estudantes a ver o invisível e, nesse sentido, também é possível tornar visível dados e informações que estão muito distantes dos nossos sentidos. Os métodos computacionais não são apenas uma ferramenta para criar bonitas imagens a fim de se ter uma aula confortável. Nós argumentamos que a visualização por métodos computacionais pode ser feita sob uma perspectiva exploratória, como um suporte para o pensamento visual e uma ferramenta cultural interessante para a comunicação em química.

(ARROIO; HONÓRIO, p.22, 2008, tradução nossa).

Nesse sentido, faz-se necessária a formação cada vez mais crítica e cuidadosa de docentes de ciências, bem como a instrumentalização desses profissionais com as novas ferramentas educacionais. Os professores precisam aprender e conhecer os recursos visuais e modelos físicos que existem, para que possam utilizá-los de maneiras eficientes e interessantes em sala de aula.

Assim, a formação de um professor é um processo longo e contínuo. Alguns pesquisadores acreditam que ela se inicia no contato com os primeiros professores na educação infantil e básica: aquele encantamento que se leva na memória por muito tempo. Já para as docências mais específicas, como as científicas, o contato com professores dessas determinadas áreas é o que acaba estimulando a escolha por tal profissão. Isso pode acontecer durante o Ensino Médio ou até mesmo os cursos de graduação (MALDANER, 1999).

No caso específico da Química, muitos futuros professores descobrem essa vocação apenas na universidade. Escolhem o curso de graduação por gostarem da ciência Química, dos conceitos envolvidos e a parte técnica da profissão, mas não necessariamente da docência; no decorrer da graduação, acabam por se deparar com essa nova possibilidade de carreira e, por afinidade com ela ou dificuldades em encontrar colocação nas outras áreas mais técnicas, acabam se tornando professores (MALDANER, 1999).

Contudo, é importante ressaltar que para que esse estudante de graduação se torne um bom professor, não basta apenas o conhecimento específico e técnico. É necessária uma formação pedagógica crítica, durante a graduação, feita não apenas por professores que dedicam suas carreiras às pesquisas sobre educação, mas também pelos próprios professores de Química, das matérias mais técnicas ao longo do curso (MALDANER, 1999). É importante que os estudantes tenham bons referenciais de professores durante sua graduação e isso, associado ao incentivo constante de uma postura crítica em relação à prática, são pilares para a formação de docentes comprometidos com um ensino de qualidade.

Um estudo similar ao que será feito nesse presente projeto já foi realizado por Tasker e Dalton (2006); nesse trabalho, eles acompanharam estudantes do 1º ano de Química que estavam seguindo um curso com ênfase na visualização molecular utilizando animações e outros objetos visuais. Utilizou-se metodologia de pesquisa semelhante a que será utilizada nesse trabalho, com aplicações de instrumento de verificação antes e depois do curso, além de entrevistas com os alunos durante o processo. Contudo, os trabalhos divergirão com relação ao objeto de análise: enquanto o trabalho de Tasker e Dalton (2006) buscava perceber o aumento da facilidade de compreensão dos fenômenos com o auxílio dessas ferramentas visuais diferenciadas, ou seja, tinha como ênfase a percepção dos alunos, o presente trabalho busca identificar se os professores interessados no curso de formação continuada já utilizam esse tipo de recurso didático, como eles são apresentados a eles e se, posteriormente, os utilizarão em suas salas de aula; ou seja, qual é o impacto dessas novas ferramentas educacionais no trabalho e concepções daquele docente.

Espera-se, assim como no trabalho de Tasker e Dalton (2006), observar as mudanças causadas por essa nova exposição na fala dos professores antes e após o curso e se essas alterações conceituais e metodológicas serão estendidas às salas de aulas onde atuam esses docentes, em um trabalho de longo prazo. Muitos dos docentes ali presentes talvez nunca tenham utilizado ferramentais visuais em suas salas de aula e, ao serem apresentados a elas e observarem como elas podem ser empregadas no ensino, possam se interessar mais e adotar tais objetos educacionais. Da mesma maneira que no trabalho de Tasker e Dalton (2006) observa-se em diversas pesquisas que esse novo tipo de contato facilita a percepção dos alunos e a construção de seus modelos mentais. Acredita-se, então, que professores que entram em contato com esses recursos educacionais diferenciados também teriam maior facilidade e eficiência na sua prática docente.

Outra importante contribuição desse artigo de Tasker e Dalton (2006) para o presente trabalho seria a observação da interação reflexiva entre os alunos/ professores e as ferramentas educacionais; ou seja, uma utilização consciente, crítica e construtiva desses instrumentos, e não apenas mais um recurso para distrair ou aproximar o público alvo dos conceitos científicos. A análise das limitações e da construção desses modelos, como será discutido a seguir, faz parte da apropriação dessas ferramentas no cotidiano dos professores.

2. VISUALIZAÇÃO, MODELOS E MODELAGEM

2.1. Aspectos Gerais

O termo visualização, de acordo com o dicionário Aurélio, tem o significado de “ato ou efeito de visualizar, transformação de conceitos abstratos em imagens reais ou mentalmente visíveis”. Mais além, para Bodner e Guay (1997) visualização espacial seria a “habilidade de reestruturar mentalmente ou manipular os componentes do estímulo visual e envolve reconhecimento, apropriação e reutilização das configurações quando a figura ou parte da figura são movidas” (p. 6, tradução nossa).

Nesse trabalho, esse termo será utilizado com um significado mais amplo do que era utilizado no passado, onde o conceito de visualização estava restrito ao uso da imaginação. Essa habilidade envolve não só a imaginação, mas uma série de procedimentos mentais que conduzem à formação de uma memória visual e a compreensão de diversos processos científicos (JONES; JORDAN; STILLINGS, 2005).

A atribuição de valores ao conhecimento científico é um dos caminhos para entender o mundo. Para atingir esse objetivo, as entidades, fenômenos e ideias que os cientistas produzem precisam ser representados. Representação é um dos principais papéis dos modelos em ciências.

(GIERE, 1999³; MORRISON e MORGAN, 1999⁴; NERSESSIAN, 1999⁵ apud JUSTI; DRIEL, 2005, p. 549, tradução nossa)

De acordo com diversos autores (ARROIO; HONÓRIO, 2008; FERREIRA; ARROIO, 2009a; GILBERT, 2005; RAPP; KURBY, 2008), existem alguns fatores relevantes para se estudar o processo de visualização na educação científica, como as habilidades em

³ GIERE, R.N. – Using models to represent reality. In L. Magnani, N.J. Nersessian e P. Thagard (eds.) **Model-Based Reasoning in Scientific Discovery** (Nova Iorque: Kluwer Academic and Plenum), p. 41-57, 1999

⁴ MORRISON, M.; MORGAN, M.S. – Models as mediating instruments. In M.S. Morgan and M. Morrison (eds.), **Models as Mediators – Perspectives on Natural and Social Science** (Cambridge: Cambridge University Press), p. 10-37, 1999

⁵ NERSESSIAN, N.J. – Model-based reasoning in conceptual change. In L. Magnani, N.J. Nersessian e P. Thagard (eds.) **Model-Based Reasoning in Scientific Discovery** (Nova Iorque: Kluwer Academic and Plenum), p. 5-22, 1999

interpretar e processar imagens, o treinamento em modelos mentais e a compreensão de como as representações visuais são convertidos em conhecimento pelo sujeito.

Nesse sentido, o ensino e a compreensão da Química, que é fundamentada em modelos científicos, requer uma grande capacidade de abstração e visualização dos estudantes, seguidos de uma manipulação mental dessas informações.

Diversos podem ser os fatores que afetam a habilidade de visualizar, como a idade, gênero, meio cultural, oportunidades de aprendizagem ao longo da vida, etc. De acordo com os estudos de Ferk, et al. (2003) e as análises de Barnea e Dori (1999), alguns autores defendem que existe uma idade onde o indivíduo passa a desenvolver a habilidade de visualização, sendo que parte desses pesquisadores acredita na faixa entre 10 e 14 anos; outros autores trabalham com a ideia que o gênero é um fator determinante para a habilidade de visualização, sendo que os homens geralmente apresentam maior facilidade nessa área do que as mulheres, embora isso seja controverso e ainda não seja um consenso (BARNEA; DORI, 1999); mais além, outros pesquisadores trabalham com a ideia que nem todas as culturas (africanas, americanas, asiáticas) conseguem visualizar as estruturas com a mesma facilidade. Por fim, alguns autores defendem que essa capacidade pode ser desenvolvida ao longo da vida, através de exercícios e atividades que estimulem o indivíduo, enquanto outros acreditam que não, que essa capacidade é inata e algumas pessoas estão fadadas a sofrerem os prejuízos de não terem nascido com ela, ou seja, terão que buscar outros recursos mentais que compensem essa falta.

Mais especificamente na questão de gêneros, a possível diferença entre as habilidades de visualização entre meninos e meninas se daria porque os meninos lidam com brinquedos e objetos que exercitam essa capacidade desde muito cedo, como os que envolvem montagem e modelagem, enquanto as meninas são pouco estimuladas na infância (BARNEA; DORI, 1999). Assim, acredita-se que essa possível diferença não existiria se ambos os sexos tivessem recebido os mesmos estímulos durante os primeiros anos de suas vidas.

Dessa forma, o campo de estudo sobre a visualização está crescendo cada vez mais, com pesquisas sendo feitas na área com diversos enfoques, em busca de novas ferramentas capazes de auxiliar a compreensão desse processo complexo. Com isso, procura-se facilitar o ensino, principalmente nas áreas que envolvem grande capacidade de abstração, como a Química e outras ciências. No presente trabalho não faremos as distinções de gênero, cultura, idade ou estímulos na infância; o foco estará na relação entre a facilidade de visualização e a prática docente, seja ela feita pelos mais diferentes tipos de professores.

Além disso, cada vez mais os educadores têm percebido que o conhecimento químico não pode ser construído apenas utilizando-se o tratamento matemático e verbal. Existe uma

linguagem pictórica que, para essa ciência em particular, é extremamente importante. Dessa maneira, faz-se necessário que ocorra uma transição entre os três níveis de conhecimento defendidos por Jonhstone (1991), o submicroscópico, o macroscópico e o simbólico; para que essa transição seja facilitada, o estudante precisa apoiar-se na visualização das estruturas envolvidas nos processos e fenômenos observados e em modelos facilitadores para a compreensão destes (FERREIRA; ARROIO, 2009a).

Abordando esses três níveis de conhecimentos propostos por Jonhstone, percebe-se que o nível macroscópico é relativamente mais facilmente compreendido pelos estudantes, pois envolve fenômenos e grandezas que podem ser medidas fisicamente; já o nível submicroscópico exige certo nível de abstração, pois envolve o entendimento e manipulação de arranjos moleculares e atômicos e já está intimamente relacionado com o outro nível, o simbólico. Através da compreensão desses arranjos, passa-se a utilizar uma linguagem simbólica para representá-los em fórmulas químicas, linguagem essa que busca universalizar a compreensão do objeto de estudo em questão. Um estudante que consegue transitar bem entre esses três níveis tem bastante facilidade em compreender os objetos de estudo; um aluno com mais dificuldade precisa do auxílio de “modelos, analogias ou computação gráfica” (BARNEA; DORI, 1999).

Visando auxiliar nesse processo de visualização, alguns autores como Barneto e Martín (2006) acreditam que os novos paradigmas educacionais estarão baseados, além dos modelos construtivistas, na utilização cada vez maior e de melhor qualidade de recursos computacionais e tecnológicos nas práticas educacionais. Para esses pesquisadores, a utilização desses recursos “facilita a visualização dos fenômenos naturais, modifica a sequência habitual de ensino e evita as dificuldades matemáticas”, o que facilitaria a compreensão de conteúdos mais abstratos.

Além disso, para tornar o processo de construção do conhecimento mais facilitado, a ciência busca a todo o momento desenvolver modelos, muitas vezes com auxílio da tecnologia, que auxiliam a compreender os fenômenos estudados. A sugestão de utilização de modelos nas práticas educacionais está bastante difundida e, de acordo com Barnea e Dori (1999, pg. 258, tradução nossa) tem “o propósito de simplificar, ilustrar e explorar estruturas químicas, fenômenos e processos”. Já de acordo com Justi e Gilbert (2002), quando os modelos são utilizados para a educação científica, eles devem atender os seguintes objetivos para serem considerados efetivos: aprender ciência (conhecendo, além da natureza, as limitações dos modelos), aprender sobre ciência (os modelos sendo utilizados para disseminar os conhecimentos

científicos) e aprender como fazer ciência (serem capazes de criar e manipular seus próprios modelos).

Os modelos são utilizados muitas vezes nas disciplinas que envolvem interpretações científicas, visando compreender os fenômenos que nos cercam. Essa utilização costuma ter diversos enfoques: representar entidades mais simplificada, afastando-as parcialmente da complexidade do fenômeno, tornar visíveis as entidades abstratas, interpretar os resultados experimentais, incentivar suposições sobre os fenômenos, entre outras (JUSTI; GILBERT, 2002).

O modelo pode ser visto como um intermediário entre as abstrações da teoria e as ações concretas do experimento. Os modelos ajudam a fazer previsões, guiar levantamentos, sumarizar dados, justificar os resultados e facilitar a comunicação.

GILBERT e BOULTER, 1998⁶ (apud DORI e BARAK, pg. 296, 2001, tradução nossa).

Um bom modelo, que pode ser construído com o auxílio de um dispositivo computacional, por exemplo, é aquele que “estimula seus criadores e usuários a criar questões que nos levam além do fenômeno original, para a formulação de hipóteses que podem ser examinadas experimentalmente” (BAGDONIS e SALISBURY, 1994⁷; HARDWICKE, 1995⁸; RAGHAVAN e GLASER, 1995⁹; TOULMIN, 1953¹⁰ apud DORI; BARAK, 2001, p. 296 tradução nossa). Dessa maneira, ao utilizar qualquer recurso educacional, o professor deve pensar nessa ferramenta como uma forma de aumentar a interação de seus alunos com os conceitos científicos e permitir uma melhor visualização dos processos envolvidos, e não como mais uma maneira de reforçar a transmissão cultural ou de apenas quebrar a rotina de aulas e deixar o ensino mais divertido e atraente.

⁶ GILBERT, J.K.; BOULTER, C.J. – Learning science through models and modeling. In B.J. Fraser e K.G.Tobin (Eds.) **International Handbook of Science Education**, Dordrecht: Kluwer Academic Publisher, 53-66, 1998.

⁷ BAGDONIS, A.S.; SALISBURY, D.F. – Development and validation of models in instructional design. **Educational Technology**, 34, 26-32, 1994

⁸ HARDWICKE, A.J. – Using molecular models to teach chemistry. Part 1: Modeling molecules. **School and Science Review**, 77, 59-64, 1995

⁹ RAGHAVAN, K.; GLASER, R. – Model based analysis and reasoning in science: the MARS curriculum, **Science Education**, 79, 37 – 61, 1995

¹⁰ TOULMIN, S. – **The philosophy of science: an introduction**, Nova Iorque: Harper e Row, 1953

Com a utilização da visualização molecular promovida por computadores (não dizendo, contudo, que essa visualização pode ser exercitada apenas por meios computacionais), os educadores podem inovar nas metodologias adotadas em sala de aula, além de afetar significativamente a maneira como os estudantes se relacionam com os conteúdos, ao utilizar essa tecnologia que traz a “representação gráfica em três dimensões dos objetos é uma maneira efetiva de melhorar as habilidades de visualização enquanto se ensina os conteúdos científicos” (BARNEA; DORI, 1999, pg. 259). Nesse sentido, essa tecnologia:

É utilizada não apenas para encorajar os estudantes a pensar na química em termos moleculares, de modelos, e símbolos, mas também fornecendo oportunidades para os estudantes se tornarem aprendizes mais independentes.

(JONES; JORDAN; STILLINGS, 2005, pg. 140)

De acordo com De Jon (1991), o uso das simulações computadorizadas para instruir, tem quatro características principais: a presença de um modelo manipulável, de objetivos para o aprendizado (conceitual ou operacional), de um processo específico para o ensino (através da formulação de hipóteses, por exemplo) e de atividades que o aluno possa interagir. Através dessas simulações, acredita-se que os alunos estarão mais engajados no processo de explorar e aprender sobre os conteúdos estudados. Além disso, a quarta característica das simulações permite outro processo, a modelagem. A partir da interação com a ferramenta, “adicionando, retirando ou modificando variáveis e parâmetros no modelo, ou as relações entre eles”, os estudantes estariam criando o seu próprio modelo mental do assunto estudado. Assim, modelagem pode ser entendida como o “processo dinâmico de produzir e revisar modelos” (JUSTI; DRIEL, 2005, pg. 549, tradução nossa). Um estudante que atinge esse nível de compreensão, a ponto de montar e remontar os seus modelos mentais tem muito mais facilidade em compreender as ciências que envolvem abstração.

Como dito anteriormente, a utilização dos computadores não é a única maneira de se promover a visualização das estruturas químicas, mas é uma maneira bastante fácil e difundida atualmente. A principal vantagem dessa prática seria a facilidade de promover a rotação, translação e de desenhar as estruturas das moléculas estudadas, além de manipular variáveis em uma simulação de uma maneira muito mais fácil (BARNEA; DORI, 1999).

É importante lembrar que os autores que trabalham com pesquisas que envolvem a utilização de computadores e softwares que facilitam a visualização defendem a todo o momento que essa ferramenta educacional não substituirá o trabalho docente, mas apenas potencializará

o processo de aprendizagem (EALY, 1999). O que ocorre durante esse tipo de abordagem é que o professor assume um papel de instrutor e facilitador, deixando que os alunos interajam e tirem suas conclusões gradativamente e de maneira muito mais autônoma, com o auxílio dos instrumentos diferenciados.

Na tentativa de auxiliar os estudantes na construção desses modelos, a utilização de simulações tem diversas justificativas defendidas na literatura:

Aumento da motivação, intensificação do aprendizado cognitivo, melhora nas habilidades de pensamento crítico, melhora na transferência do aprendizado para outras situações, desenvolvimento de atitudes favoráveis aos assuntos sociais, como a conservação do meio ambiente, desenvolvimento de uma atitude mais positiva em direção ao aprendizado e o processo instrucional, desenvolvimento da comunicação e habilidades sociais, melhora na atmosfera da classe, aumento da flexibilidade do professor e formação de professores com um maior senso do seu valor.

(DE JONG, 1991, pg. 220, tradução nossa).

Outra importante observação é mostrar, durante a utilização dos modelos no processo de aprendizagem, qual o contexto em que estes foram inicialmente criados, seu papel na ciência, suas vantagens e também suas limitações. Além disso, deve-se procurar diversificar os tipos de modelos utilizados no processo, evitando assim que os estudantes adotem aquela imagem como a representação final, concreta e imutável da realidade ou que não se apropriem de forma integral do conhecimento (BARNEA; DORI, 2000). Nesse sentido, a utilização de diversos tipos de modelos físicos ou virtuais serviria para incentivar a todo o momento a manipulação dos modelos mentais.

As atividades que envolvem modelagem também podem servir para que o professor perceba quais as dificuldades dos alunos e, principalmente, como os modelos mentais que os alunos tinham inicialmente vão se modificando ao longo desse processo. Infelizmente, estudos mostram que essa é uma ideia recente que tem sido pouco utilizada pelos docentes; isso pode acontecer porque esses professores também não enfatizam com seus estudantes o “desenvolvimento da ciência como um processo contínuo de produção e revisão de modelos” (JUSTI; DRIEL, 2005, p. 550, tradução nossa).

Aspectos como visualização, modelagem e modelos científicos estão presentes na Ciência de maneira bastante ampla. O objeto de estudo desse trabalho são professores em curso de pós-graduação em Química. Sendo assim, cabe explorar esses conceitos de uma maneira mais restrita, como será feito a seguir.

2.2.No ensino de Química

Em Química, as habilidades consideradas mais importantes são a interpretação dos símbolos, a compreensão da natureza particulada da matéria e as suas estruturas espaciais (no caso desse estudo, especificamente, das estruturas orgânicas), e a percepção dos modelos. E exatamente estas habilidades que tem sido a fonte das dificuldades de muitos alunos (DORI; BARAK, 2001).

As dificuldades e concepções equivocadas de muitos estudantes em Química resultam dos inadequados ou imprecisos modelos mentais no nível molecular. Mais além, muitas das concepções equivocadas são comuns em estudantes de todo o mundo e em diferentes níveis educacionais.

NURRENBERN, 1987¹¹; NAKHLEH, 1992¹²; NIAZ, 1995¹³; KLEINMAN, 1987¹⁴; LIJNSE, 1990¹⁵ (apud TASKER e DALTON, p. 142, 2006, tradução nossa)

Nesse contexto, para Barnea e Dori (1999, pg. 257, tradução nossa) “entender química requer habilidade espacial, percepção abstrata e frequentemente cálculos complexos. Estudantes com deficiências nessas habilidades acham uma matéria difícil.”.

Os primeiros indícios de utilização de ferramentas didáticas diferentes da voz do professor e dos livros didáticos data do século XIX, onde eram utilizados modelos atômicos e jogos com fichas sobre conceitos químicos; já no século XX, aparece a utilização de rádio (1924), seguida dos primeiros projetores de imagens (1929), dos primeiros filmes (1941) e das fotografias (1949). Um pouco mais adiante (1956), passou-se a utilizar gravações de áudio, como recurso didático que facilitava a revisão dos alunos em casa e, nesse mesmo ano, o uso da televisão, como transmissora de aula.

¹¹ NURRENBERN, S.C.; PICKERING, M. – Concept learning versus problem solving: is there a difference? **Journal of Chemical Education**, 64, 508-510, 1987

¹² NAKHLEH, M.B. Why some students don't learn chemistry. **Journal of Chemical Education**, 69, 191-196, 1992

¹³ NIAZ, M. – Relationship between student performance on conceptual and computational problems of chemical equilibrium, **International Journal of Science Education**, 17, 343-355, 1995

¹⁴ KLEINMAN, R.W.; GRIFFIN, H.C.; KERNER, N.K. – Images in chemistry. **Journal of Chemical Education**, 64, 766-770, 1987

¹⁵ LIJNSE, P.L.; WAARLO, A.J.; VOS, W. – Relating macroscopic phenomena to microscopic particles, **Proceedings of Conference at Utrecht Centre for Science and Mathematics Education**, University of Utrecht, 1990

Acoplado a esse último recurso, começaram as gravações em fitas de vídeo, de aulas ou discussões que facilitavam a aprendizagem. Todos esses recursos de áudio e vídeo foram evoluindo ao longo do tempo, ampliando a sua utilização em sala de aula, mas a maior revolução aconteceria nos anos de 1970, onde se passou a utilizar microcomputadores e seus softwares no ensino. Em 1983 existiam cerca de 400 programas computacionais relacionados ao ensino de química e isso aumentou muito a partir da década de 1990, quando a internet possibilitou a troca de informações com muito mais facilidade. Um dos primeiros relatos em que a internet auxiliava no ensino data de 1993, onde o autor ensinava como localizar facilmente informações na rede que poderiam ser utilizadas para a compreensão de conceitos científicos (VALVERDE; VIZA, 2006).

Diversos estudos já foram realizados sobre a utilização de computadores e modelos atômicos nas aulas de química, como facilitadores do processo de aprendizagem dessa ciência. O estudo de Ealy (1999), por exemplo, trabalhou com a utilização dessas ferramentas com alunos do 1º semestre de graduação, nos cursos iniciais de química. Após o processo, 72% dos alunos concordavam que a utilização desses recursos havia facilitado o aprendizado, 55% disseram que a resolução de problemas com auxílio das ferramentas foi mais fácil e 65% acharam que foram beneficiados em utilizar essa metodologia (ao se compararem com o grupo controle, que não a utilizou).

Alguns dos alunos desse estudo estavam nos cursos de Orgânica. Esses estudantes, em específico, relataram que encontraram maior facilidade na compreensão das reações de substituição nucleofílica, além de conseguirem transitar melhor nos conceitos de estereoquímica envolvida nos processos químicos e serem capazes de visualizar mentalmente em três dimensões as moléculas. Acharam também que a utilização dessas ferramentas complementa o trabalho do professor e o material didático, além de citarem que a atividade foi prazerosa e mais divertida (EALY, 1999).

Em outro trabalho, que visava analisar alunos que tinham acesso aos recursos computacionais, o de Canning e Cox (2001), observou-se que 85% dos estudantes de bioquímica, que puderam desenvolver um trabalho envolvendo um software de visualização molecular, acharam que a utilização desse recurso auxiliou na compreensão da atividade, pois a percepção sobre as estruturas e interações entre as moléculas foi facilitada pelo uso da ferramenta diferenciada.

De acordo com o estudo de Dori e Barak (2001, pg. 295, tradução nossa), os estudantes de orgânica que foram submetidos a uma metodologia utilizando modelos moleculares plásticos e ambientes virtuais conseguiram melhorar seu desempenho acadêmico, pois:

Ganharam um aumento no entendimento dos conceitos do modelo e foram mais capazes de definir e implementar os novos conceitos, como isomeria e grupo funcional. Foram mais capazes de transitar mentalmente entre os quatro níveis de compreensão em Química: simbólico, macroscópico, microscópico e processo. O grupo experimental de alunos foi mais capaz de transitar entre as transformações com representações bidimensionais das moléculas, utilizando a fórmula simbólica ou estrutural, e as representações tridimensionais, desenhando um modelo.

Alguns outros estudos relatados em Barnea e Dori (1999) mostraram que os estudantes que tiveram contato com os recursos computacionais que auxiliam na visualização tiveram um efeito positivo no conhecimento de Química.

No trabalho de Venkataraman (2009), um grupo de alunos de graduação de cursos interdisciplinares, ou seja, não focado apenas em Química, foram submetidos à utilização de um software de modelagem molecular que enfatizava os conceitos básicos de química. Assim, o objeto de estudo eram alunos que não necessariamente estudariam os conceitos químicos de maneira aprofundada. As conclusões do estudo foram que o programa utilizado facilitou a compreensão em nível molecular dos fenômenos pelos alunos, que estes foram capazes de desenvolver e manipular com mais facilidade os modelos mentais a partir desse software e que apreciaram e valorizaram o uso das visualizações tridimensionais e a interatividade do material utilizado.

Assim, pode-se dizer que um dos obstáculos enfrentados pelos estudantes e professores de química orgânica, foco desse trabalho, pode residir na dificuldade de visualização espacial das moléculas e processos químicos, bem como a interpretação equivocada dos modelos científicos e das interações possíveis nos mecanismos de reação, que estão ligadas à estereoquímica dessa reação.

Estudantes iniciantes de química podem agora ser expostos a uma série de visualizações moleculares: fórmulas estruturais, desenhos, modelos físicos, uma variedade de modelos moleculares computacionais tridimensionais dinâmicos (...) a compreensão e utilização de uma variedade de representações moleculares são importantes na compreensão da natureza particulada da matéria.

(JONES et al., 2005, pg. 137, tradução nossa)

Em outro estudo realizado por Barnea e Dori (1999), onde existiam grupos de alunos submetidos à utilização de softwares que facilitam a visualização molecular e grupos controles, que não tinham acesso a essas ferramentas, alguns fatores foram analisados: “habilidade espacial, entendimento de novos conceitos relacionados à geometria e representações simbóli-

cas, percepção dos estudantes dos conceitos do modelo e as diferenças de gêneros” (tradução nossa). Mais uma vez, o grupo que teve contato com a ferramenta diferenciadora apresentou melhores resultados nos testes que envolviam os fatores analisados, sendo que não foi observada nenhuma diferença entre os gêneros nesse estudo.

Contudo, vale observar que uma das limitações da utilização das simulações computacionais como ferramentas para desenvolver os modelos, por exemplo, é a excessiva utilização do canal visual em detrimento, muitas vezes, do canal verbal. Ou seja, os alunos se deparam com uma carga considerável de informações visuais que não são necessariamente acompanhadas pelas explicações adequadas (BARNETO; MARTÍN, 2006). Assim, mesmo a utilização dessas tecnologias não dispensa o papel importante do professor como articulador das informações adquiridas, como crítico e incentivador desse senso crítico diante da ferramenta utilizada.

Algumas outras questões são importantes na utilização dos modelos e simulações. Estes servem para “descrever, explicar e explorar fenômenos, processos e ideias abstratas”. Além disso, os professores deveriam se preocupar mais com as questões centrais dos modelos que permeiam a ciência do que apenas com a demonstração dos fenômenos (BARNEA; DORRI, 2000, tradução nossa). Ou seja, os professores devem se posicionar de maneira crítica diante desses modelos: em que contexto foram criados, quais suas limitações e facilidades, etc. As simulações devem também permitir que os alunos interajam com o que está sendo estudado e não apenas observem esses fenômenos, exigindo assim raciocínio e análise, além de uma postura mais atuante desse estudante (BARNETO; MARTÍN, 2006).

Nesse sentido, diversos cursos de formação continuada, que levam o professor a uma maior reflexão sobre sua prática, bem como o instrumentalizam para lidar com as novas tecnologias, estão disponíveis e podem auxiliar os docentes no seu trabalho. Mais sobre esses aspectos será discutido a seguir.

3. FORMAÇÃO CONTINUADA

O ensino de Química mudou muito ao longo do tempo; antes era voltado fortemente para a memorização dos conceitos, para o aprendizado dos tópicos sem a ligação entre os conteúdos. Hoje o professor precisa saber ensinar essa ciência de maneira mais contextualizada, inserida na sociedade, modificativa da natureza, fazendo com que seus estudantes estejam aptos a serem críticos diante desse conhecimento. Além desse dinamismo, precisamos considerar que a mente humana é elástica, sempre pronta para receber novos ensinamentos e ideias. Mais além, faz-se necessário refletir cada vez mais sobre a maneira que os estudantes se apropriam das novas ideias e constroem significados a elas. Nesse contexto, os cursos de formação inicial e continuada são extremamente importantes para instrumentalizar esse professor, bem como para chamá-lo à reflexão sobre o seu trabalho (MALDANER, 1999; MORTIMER; SCOTT, 2002).

Um processo de formação continuada, através do qual o professor possa estar em contato com as tecnologias e também tenha a possibilidade de refletir, de discutir com outros docentes, embasado em teorias a respeito da inserção dos recursos em atividades de sala de aula, pode colaborar para dar-lhe domínio e segurança frente a essa nova atuação pedagógica.

(GABINI; DINIZ, 2009, pg. 4)

Com uma sociedade em constante mudança, onde as crianças tomam contato com diferentes estímulos e tecnologias cada vez mais cedo, faz-se maior a cada dia a necessidade de professores dinâmicos, que saibam dialogar com esse estudante em diferentes contextos, que se preocupem com a utilização em sala de aula de linguagens diferenciadas que atinjam os objetivos educacionais. Assim, a exigência por renovação, pela sua formação continuada e reflexão sobre a prática, passam a ser fatores essenciais para um bom exercício da docência (MALDANER, 1999).

Nesse sentido, diversas pesquisas têm sido feitas visando elaborar novas abordagens de ensino, onde os educadores procuram adaptar algumas estratégias educacionais baseando-se em “modelos de mudança conceitual, apresentando as mudanças históricas de uma teoria, usando modelos concretos, e usando ferramentas computacionais”. Dentro dessa área de tecnologia, já existem diversas ferramentas que podem auxiliar o trabalho do professor, como animações, simulações, gráficos, vídeos que permitem ao aluno visualizar mentalmente o ní-

vel microscópico da matéria com mais facilidade, aproximando-se mais dos objetos de estudo (WU; KRAJCIK; SOLOWAY, 2000, tradução nossa).

A preocupação com o ensino e a aprendizagem de Química não está mais restrita à compreensão dos fenômenos específicos; mais além existe a constante preocupação sobre a forma como isso se dá, como que esse estudante se apropria desse conhecimento e lhe atribui significado. Além disso, aquela velha concepção de que durante o aprendizado os conceitos antigos (e, teoricamente, errados) são substituídos pelos novos, ensinados pelo professor, está cada vez mais em desuso; sabe-se que durante a construção do conhecimento os conceitos prévios dialogam a todo o momento com as novas informações (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Existem algumas razões bastante aceitas que justificam a importância dos cursos de formação continuada: aprimoramento profissional, reflexão sobre a própria prática, diminuição do distanciamento entre as pesquisas acadêmicas e a sala de aula e derrubada da ideia de que para ensinar basta saber o conceito (ROSA; SCHNETZLER, 2003). Embora essas justificativas sejam bastante válidas e importantes, essa não é a realidade observada na maioria dos cursos de formação continuada; nesses geralmente se observa uma maior importância às “ações de reciclagem ou de capacitação de professores, geralmente em cursinhos de curta duração, nos quais não se rompe com a racionalidade técnica” (ROSA; SCHNETZLER, p. 27, 2003). Nesse sentido, cresce a demanda por cursos de formação continuada que retomem aquelas justificativas iniciais, que proporcionavam não apenas o contato dos docentes com o novo, mas também a reflexão sobre o próprio trabalho e essas novas ferramentas.

Na perspectiva de um ensino reflexivo que se apóia no pensamento prático do professor, a prática e a figura do formador são a chave do currículo de formação profissional dos professores

SCHÖN, 1992¹⁶ (apud ROSA; SCHNETZLER, pg. 28, 2003)

Assim, existe uma crescente preocupação com a formação desses futuros professores, tanto a formação inicial quanto a continuada. Para que esses profissionais saibam lidar com esse dinamismo crescente e consigam utilizar essas novas ferramentas e metodologias de ensino, eles precisam entrar em contato com elas, aprendendo a utilizá-las. Nesse sentido, pes-

¹⁶ SCHÖN, D. – Formar professores como profissionais reflexivos, In: NÓVOA, António (org.). **Professores e sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

quisas têm sido feitas com o intuito de perceber se os cursos de graduação e de formação continuada têm dado a devida importância para o assunto.

O estudo de Ferreira e Arroio (2009a), por exemplo, trabalhou com um grupo de alunos de graduação constituído, na sua maioria, por alunos que tinham o interesse em ser ou já eram professores; buscava compreender, essencialmente, se esses professores (ou futuros professores) utilizavam ou utilizariam ferramentas visuais em suas aulas, como facilitadores do aprendizado. A conclusão do estudo é que a maioria dos professores “não veem a visualização como uma metodologia de ensino, mas como uma ferramenta de uso pontual para auxiliar a aprendizagem” (FERREIRA; ARROIO, 2009a, pg. 41), embora a utilizam ou utilizariam com frequência e julgam se tratar de algo muito útil para o ensino.

Já o trabalho de Gabini e Diniz (2009), foi focado em professores já formados nos cursos de graduação, em encontros que tinham o objetivo de favorecer a formação continuada. Nesse projeto, várias reuniões ocorreram com professores da rede pública; em uma delas, houve uma apresentação e manipulação crítica por parte desses docentes de diversos recursos computacionais que poderiam ser utilizados em sala de aula. Além disso, foi criado um ambiente virtual que permitia discussão, debates em fóruns e compartilhamento de ideias, instrumentos que permitiam a reflexão sobre tudo de novo que estava sendo observado. Percebeu-se que esse grupo de professores estava bastante engajado em continuar a sua formação sendo que alguns deles passaram até a utilizar esses recursos apresentados em suas turmas regulares. Os pesquisadores perceberam também que foi possível um trabalho que envolvia bastante reflexão e troca entre os participantes, o que é fundamental em uma proposta de formação continuada.

O estudo de Justi e Driel (2005) já caminhou em um diferente sentido: trabalhou com professores, em encontros programados, analisando figuras, animações, simulações, e discutindo sobre modelos, modelagem, evolução do conhecimento, o uso dessas ferramentas em sala de aula, etc. Além disso, alguns professores fizeram projetos que aplicavam utilizando esses instrumentos em suas salas de aula. O resultado desse trabalho pode ser bastante ilustrado pela frase de um dos docentes participantes que diz “me tornei muito mais atento que o que eu digo é completamente diferente do que as crianças escutam” (JUSTI; DRIEL, 2005, p. 558, tradução nossa). Os pesquisadores comprovaram que os professores ficaram muito mais críticos em relação aos modelos e simulações que estavam utilizando, avaliando as possíveis dificuldades que os alunos encontrariam ao entrar em contato com tais instrumentos de ensino; mas isso só se intensificou mais a partir do momento que eles foram instigados a pensar a

respeito, ou seja, muitos até utilizavam figuras, simulações, animações em seu cotidiano profissional, mas nunca prestando atenção ao efeito dessas em seus estudantes.

Quando os professores passam a utilizar essas novas tecnologias em sala de aula, ocorrem mudanças no modo como o professor interage com os seus alunos e trabalha os conteúdos necessários, muitas vezes facilitando o aprendizado. Contudo, se essas ferramentas não forem trabalhadas corretamente, elas podem servir apenas como uma substituição na forma tradicional de apresentar os conceitos, metodologia que vem sendo combatida cada vez mais por professores e pesquisadores. Assim, a tecnologia só é válida quando passa a fazer parte da interatividade entre o professor e o aluno, promovendo a construção do conhecimento por meio da ação do sujeito. Esse tipo de reflexão deve sempre acompanhar esses cursos de formação continuada (CANNING; COX, 2001).

Percebe-se em trabalhos como os de Gabini e Diniz (2009), que a utilização de recursos tecnológicos possibilita não apenas a utilização de mais uma ferramenta em sala de aula, mas também uma maior interação entre os docentes e pesquisadores, o que seria muito dificultada pela distância física ou falta de tempo, por exemplo. A utilização de ambientes virtuais e das novas tecnologias da informação e comunicação (TIC) permite e facilita essa aproximação e troca de informações importantíssimas para a reflexão sobre a prática docente (GARCIA; GRECA; MENESES, 2008).

Já no trabalho de Garcia, Greca e Meneses (2008), pesquisadores de três universidades propuseram a um grupo de professores da rede pública a elaboração de uma comunidade virtual de aprendizagem, onde passariam a interagir os professores, pesquisadores e, eventualmente, os próprios alunos desses docentes. Nessa comunidade seria utilizada a metodologia de ensino baseada em problemas, onde a partir de um questionamento e das ferramentas disponíveis para a investigação, poder-se-ia desenvolver o conhecimento. Dessa maneira, todos estariam explorando não apenas novos recursos educacionais, mas interagindo nesse ambiente virtual, o que mais uma vez foi um grande facilitador, pois as diversas pessoas envolvidas estavam bastante afastadas geograficamente e não poderiam se encontrar para discussões com facilidade. As conclusões desse trabalho foram muito animadoras: os professores conseguiram desenvolver e utilizar bem a comunidade, até por mais tempo do que o estudo previa, e foram instigados a conhecer mais e mais sobre os conteúdos, à medida que os problemas eram dispostos. Mas o mais importante é que foi possível uma formação na prática, pois os professores muito aprenderam fazendo.

Percebe-se que nas últimas décadas observou-se cada vez mais o avanço e aproximação da ciência e da tecnologia, o que possibilita a disponibilização de uma quantidade cada

vez maior de informações e recursos que facilitem a assimilação não apenas dos conceitos iniciais, mas também de outros mais complexos na Química. Além disso, o acesso à tecnologia está cada vez mais disseminado entre as camadas sociais, o que garante que grande parte da população consiga usufruir dessa gama de informações (SANTOS; FIRME; BARROS, 2008). Nesse sentido, os estudos que trabalham utilizando ou explorando essas ferramentas computacionais são bastante atuais e promissores.

Contudo, não se pode ingenuamente atribuir às tecnologias de informação e comunicação o futuro do processo ensino-aprendizagem. Assim como outras ferramentas didáticas, muitas vezes o uso desta fica restrito à transmissão de conteúdos, prática cada vez mais evitada em sala de aula. Quando as tecnologias auxiliam na construção do pensamento, onde os alunos aprendem por intermédio dessa ferramenta, que é capaz de ampliar a capacidade cognitiva dos estudantes, pode-se atribuir o devido valor à mesma (ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2007). Mais uma vez, deve-se adotar uma postura crítica diante do instrumento utilizado. Assim como discutimos essa postura diante dos modelos científicos, incentivamos esse posicionamento frente às TIC.

Além disso, como o aprendizado por simulações trabalha uma grande demanda cognitiva, esse processo não pode se limitar a explorar alternativas (por exemplo, alterando parâmetros reacionais). Os alunos poderiam se restringir a apenas alterar as variáveis aleatoriamente, ao invés de formular hipóteses para essa variação, assumindo uma postura passiva diante da simulação. Dessa forma, faz-se extremamente necessária a presença de um instrutor, seja o professor, seja o próprio programa (DE JONG, 1991).

Contudo, não se pode limitar a importância ou o objetivo dos cursos de formação continuada apenas à manipulação de novos recursos educacionais; o trabalho de Rosa e Schnetzler (2003), por exemplo, lidava com um grupo de professores da rede pública que discutiam a sua prática a partir de um problema observado nas suas rotinas de trabalho: o problema era definido e o grupo discutia, embasado na literatura, possíveis intervenções. Após a intervenção, o resultado era observado, discutido e novas abordagens eram sugeridas e reaplicadas (se necessário). Essas atuações docentes não eram restritas às novas tecnologias apenas, mas baseadas na discussão e consenso do grupo de professores. Assim, esse trabalho foi muito mais baseado no processo de investigação-ação, que o professor pode fazer durante sua prática, do que na utilização de ferramentas sofisticadas e tecnológicas para o ensino de Ciências; fato esse importante também nos cursos de formação continuada.

Esse processo de reflexão sobre a própria prática e a possível adoção de novas metodologias de ensino exige uma “mudança de atitude do professor, mais interiorizada e resis-

te que possíveis alterações nas estratégias de ensino, passíveis de serem revistas em planejamento” (CAMPOS et al., 2009). Ou seja, não é um processo simples, pois exige uma mudança de comportamento do professor. Nesse sentido, os cursos de formação continuada, que chamam esses profissionais para a reflexão, podem ser uma importante ferramenta de auxílio nesse processo.

4. OBJETIVOS E METODOLOGIA DO TRABALHO

4.1. Objetivos

Um curso de pós-graduação *Lato Sensu* de Química nas Faculdades Oswaldo Cruz foi acompanhado, com o intuito de observar o grupo de alunos ali presente. Esse curso tem a característica de agrupar um público bastante heterogêneo em relação ao tipo de formação (graduação em instituição pública ou privada), ao curso de graduação de origem (química, física, biologia, farmácia, etc.) e ao tempo desde o último contato com um curso extenso (alguns acabaram de se formar, enquanto outros estão formados há muitos anos). Contudo, observa-se um ponto de convergência entre a maioria dos alunos: são professores, da rede pública ou privada, de Ensino Médio ou graduação, que estão no curso buscando uma formação continuada como um diferencial em sua prática docente.

O foco desse trabalho foi o módulo de Química Orgânica, ministrados pela Prof. Dr. Patrícia Di Vitta; essa docente tem como um dos seus objetivos nesses cursos apresentar, de maneira concisa e diferenciada, os conceitos da disciplina, apoiando-se muito em ferramentas computacionais e modelos físicos que facilitem a visualização e o aprendizado. Durante os módulos, os alunos tiveram contato com diversos tipos de ferramentas visuais, computacionais e físicas, que tinham como objetivo auxiliar a compreensão dos fenômenos químicos. É exatamente essa interação e as consequências dela na metodologia de ensino desses professores que foi importante para o presente trabalho.

Resumindo, esse trabalho procurou buscar respostas para as seguintes perguntas:

- Os professores que estão no curso de formação continuada já tinham contato com ferramentas visuais para o ensino de química? Se sim, como as utilizavam?
- Como é o contato e a receptividade dos professores com um curso de química orgânica onde essas ferramentas são bastante utilizadas?
- Os professores que não utilizavam tais recursos visuais pensam em utilizá-los depois desse curso?

Enfim, buscamos explorar como os professores interessados nesse tipo de formação continuada lidam com as ferramentas visuais e se esse tipo de abordagem pode ser utilizada por esses docentes na sua prática.

4.2. Metodologia

A pesquisa foi qualitativa, uma vez que foram coletados dados na forma de questionários, entrevistas semiestruturadas e observação da metodologia de ensino e recursos didáticos utilizados no curso em questão. Dessa maneira, o objetivo do trabalho é a interação desenvolvida pelos estudantes ou professores em formação continuada e não simplesmente o resultado obtido, sendo assim de natureza descritiva, segundo Bogdan e Biklen (1994). De acordo com esses autores, estudos desse tipo não são facilmente delineados logo no início do trabalho: na medida em que os dados vão sendo coletados e analisados, a pesquisa vai se moldando. Mais além, ainda segundo esses autores, na pesquisa qualitativa busca-se analisar os dados indutivamente e não de forma fixa, seguindo modelos aplicados em outras pesquisas, por exemplo.

Esses tipos de ferramentas de coleta de dados são importantes e eficientes, pois são:

Utilizadas para recolher dados descritivos na linguagem do próprio sujeito, permitindo ao investigador desenvolver intuitivamente uma ideia sobre a maneira como os sujeitos interpretam os aspectos do mundo.

(BOGDAN; BIKLEN, p.134, 1994).

Inicialmente foi feito um questionário, como consta no anexo 1 desse trabalho. Procuramos identificar o perfil dos alunos do curso de pós-graduação em análise, bem como perceber suas expectativas em relação ao curso, as dificuldades que encontra na sua profissão (quando docente), o que entendem por visualização, modelagem, quais instrumentos visuais utilizam na sua atividade docente (se utilizar), etc.

O curso foi acompanhado, visando-se perceber a interação da docente e dos alunos com as ferramentas visuais utilizadas, observar a metodologia da docente e os instrumentos diferenciados empregados no ensino. Durante esse processo entrevistas semiestruturadas foram feitas e os momentos de exercícios de verificação dos alunos foram observados.

Posteriormente foi feito outro questionário, como consta no anexo 2 desse trabalho. Procuramos comparar as respostas coletadas nesse instrumento com todas as outras informações coletadas durante o curso.

Nesse momento procuramos identificar os efeitos do convívio e da observação da utilização dos instrumentos visuais nesses alunos, buscando perceber se alguma mudança na maneira de atuar desses docentes será efetiva.

Além disso, entramos em contato com esses professores que participaram do curso de pós-graduação após 9 meses, buscando perceber se essa possível mudança foi incorporada ou não na prática docente nesse período.

As entrevistas, segundo Bogdan e Biklen (1994), em um trabalho qualitativo, podem representar a coleta de dados em si, ou podem ser utilizadas para análise juntamente com outros dados coletados. Assim, a escolha desse tipo de ferramenta de coleta foi feita a partir da observação de diversos trabalhos teóricos e qualitativos que se mostraram bastante interessantes e tiveram como instrumentos de coleta de dados ou análise as entrevistas.

Um desses trabalhos é o livro de Ludke e André (1986), sobre pesquisa qualitativa. Segundo as autoras, a pesquisa qualitativa tem algumas características que a diferem de outros tipos de pesquisa: o pesquisador é o principal instrumento de pesquisa e o ambiente natural é a principal fonte de dados; os dados são, na sua maior parte, descritivos; o processo envolvido no trabalho é mais importante que os resultados em si; o pesquisador se preocupa com o significado que as pessoas atribuem ao que está ao redor e a análise dos dados é bastante indutiva. Nesse sentido, percebe-se que todos esses aspectos foram incorporados no presente trabalho.

Mais adiante, no mesmo material, as autoras descrevem melhor dois tipos de pesquisa qualitativa, entre os diversos que existem, a etnográfica e a de estudos de caso. Acreditamos que o presente trabalho se enquadre melhor na descrição presente nos estudos de caso, pois apresenta algumas características em comum com o que foi apresentado pelas autoras durante o texto:

- Procuramos delimitar o objeto de estudo dentro de um universo maior (uma turma de professores em um curso de formação continuada);
- Partimos de alguns pressupostos iniciais, que serviram inclusive para delinear a literatura a ser pesquisada. Contudo, a partir desse delineamento inicial, durante a pesquisa novos aspectos e elementos puderam ser detectados e incorporados ao trabalho;
- Trabalhamos bastante com o que as autoras chamam de interpretação em contexto: como as situações desencadeiam as ações e comportamentos do grupo em análise;

- Utilizamos uma variedade de fontes de informação (entrevistas semiestruturadas, questionários, materiais da professora, observação de aulas, observação de momentos de trabalho feitos pela turma). Todo esse material dialoga na análise e discussões;
- Procuramos, assim como descrito pelas autoras, relatar nossas experiências e observações, bem como nossas impressões, inicialmente de maneira bastante objetiva. Contudo, colocamos nossas análises subjetivas e interpretações ao longo desse trabalho. Dessa maneira, o leitor também deve ser capaz de fazer as suas generalizações. Ou seja, o trabalho não se limita ao modo de pensar do observador;
- Deve-se ter um cuidado especial ao se trabalhar com estudo de casos, e que procuraremos ter aqui: as generalizações. Por se tratar de um caso, não se pode generalizar com tanta facilidade;
- A observação, para que não seja tão subjetiva, deve ser planejada, ou seja, o olhar do observador já deve estar direcionado, mas sem perder a possibilidade de novas ocorrências. Tivemos em mente durante todo o tempo as ferramentas visuais empregadas pela docente e como os alunos trabalhariam com esses instrumentos. Contudo, novos aspectos foram se apresentando no decorrer do trabalho;
- Um dos instrumentos utilizados para a coleta de dados é a entrevista, pois este meio aproxima o pesquisador do pesquisado, o que pode enriquecer mais a coleta de dados.

Além dessas características mais gerais, as autoras defendem que existem três fases em um trabalho qualitativo de estudo de caso: a exploratória, a coleta de dados e a interpretação. Mais um ponto de aproximação do presente trabalho.

Assim como os autores descritos anteriormente, acreditamos na eficiência e riqueza que um trabalho qualitativo pode trazer. Procuramos nos apoiar nas descrições apresentadas, a fim de se obter um trabalho rico, analítico e ético.

Concluindo, no presente trabalho, as fontes para a triangulação dos dados foram as seguintes: análise do material do curso, dos questionários iniciais e finais, das entrevistas semiestruturadas individuais que ocorreram ao longo do curso, e as anotações e observações descritivas do módulo em questão.

4.3. Curso *Lato Sensu* em Química nas Faculdades Oswaldo Cruz

Como dito anteriormente, o objeto de estudo desse projeto é um curso de formação continuada, uma especialização *Lato Sensu* em Química nas Faculdades Oswaldo Cruz. Esse curso é dividido em diversos módulos e tem duração total de 18 meses.

A docente procurou a todo o momento utilizar recursos visuais que auxiliem na compreensão dos fenômenos envolvidos na Química Orgânica, além de utilizar outras ferramentas didáticas para ensino.

Muitos tópicos em Química exigem que os estudantes entendam as estruturas químicas em três dimensões e a visualização molecular pode ser útil para ensinar esses conceitos químicos dinâmicos e tridimensionais. Visualização não é apenas imaginação, mas pode ser usada para ensinar interações moleculares complexas e processos dinâmicos que poderiam ser bastante difíceis de ensinar com palavras.

(ARROIO; HONÓRIO, p.22, 2008, tradução nossa).

O conteúdo de Química Orgânica dessa pós-graduação está organizado e dividido em dois módulos, que procuram abranger os principais conceitos da disciplina:

Tabela 1: conteúdos trabalhados nos dois módulos do curso de pós-graduação em análise.

Módulo 1	Módulo 2
a) Conceitos básicos em Química Orgânica (ligação covalente, carga formal, polaridade, intermediários de reações orgânicas, teorias ácido - base, conceitos básicos de termodinâmica e cinética aplicados à Química Orgânica)	d) Reações de Adição (diferenças entre os mecanismos de reações de adição eletrofílica, nucleofílica radicalar e concertadas)
b) Estereoquímica (Isomeria, projeções e estereoquímica)	e) Reações de Oxidação, Redução e Condensação aldólica
c) Reações de Substituição Nucleofílica Alifática e Eliminação (características do nucleófilo, do grupo de partida e do substrato; mecanismos das reações bimolecular e unimolecular; competição SN1 e SN2 / E1 e E2)	f) Reações do Benzeno (Substituição eletrofílica aromática, teoria dos efeitos dirigentes)

Observaram-se, ao longo do primeiro módulo, diversos momentos em que a visualização e a utilização de modelos foram importantes para a compreensão dos conceitos trabalhados. Uma descrição geral dos tópicos trabalhados no primeiro módulo desse curso de Química Orgânica e a maneira como a professora utilizou essas ferramentas visuais serão apresentadas durante o item resultados e discussões, baseando-se no material fornecido pela docente, nas entrevistas semiestruturadas, questionários feitos durante o curso, e nos momentos de exercício dos alunos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados coletados são provenientes dos questionários anteriores e posteriores ao módulo em questão, bem como das entrevistas semiestruturadas individuais que ocorreram ao longo do curso, das informações referentes à maneira como a docente trabalha com as ferramentas visuais coletadas durante o módulo e da observação dos momentos de exercícios propostos aos alunos.

Inicialmente faremos uma análise do perfil dos estudantes do módulo, bem como das respostas às questões do questionário inicial; em seguida, faremos uma breve análise dos materiais que a professora utiliza na sala de aula: apresentações utilizando o software Power-Point, onde diversas imagens e modelos são empregados, simulações, animações e modelos físicos.

Posteriormente, com o aprofundamento da análise das ferramentas visuais utilizadas, buscaremos perceber, através dos depoimentos e dos exercícios sugeridos pela professora, como os alunos lidam e respondem a um curso que utiliza bastante esses tipos de instrumentos didáticos.

Finalmente analisaremos o questionário feito após o módulo, procurando perceber quais os efeitos que o curso teve sobre esses docentes em formação continuada e se as ferramentas apresentadas poderão ser utilizadas nas suas práticas.

5.1.Questionário Inicial

a) Perfil dos alunos do curso

No anexo 8.1 percebe-se, inicialmente, a intenção de se caracterizar o público do curso de Química Orgânica em questão, principalmente no que tange sua formação acadêmica, profissão, cursos de formação continuada e, se professores, sua relação com recursos eletrônicos e meios virtuais de interação na sala de aula.

Obtivemos as seguintes respostas:

Tabela 2: Perfil dos alunos do curso de *Lato Sensu* - continua

Para todos os alunos							Para os professores			
Nome (iniciais)	Idade/ sexo	Curso de graduação	Curso de pós- graduação	Profis- são	Quanto tempo leciona?	Instituição pública ou privada?	Qual (ais) dis- ciplina (s)?	Carga ho- rária se- manal?	Escola possui recursos ele- trônicos?	Como avalia o conhecimento em informática?
A.M.A	25/ F	Lic. Quí- mica	Não	Profes- sora	5 anos	Pública	Química - 1ª e 2ª séries EM	20 horas	Comp., proj. e dvd	Bom
A.L.R	35/ M	Química	Não	Profes- sor	11 anos	Pública	Química - to- das as séries EM e curso técnico	45 horas	Comp., note- books, proj., tv e dvd	Bom
C.V.P	26/ M	Química	Sim, <i>Lato Sensu</i>	Profes- sor	4 anos	Pública e privada	Química para EM e funda- mental II	34 horas	Comp., proj., sala de vídeo	Excelente
F.M.C.N.	36/ F	Lic. Quí- mica	Não	Profes- sora	9 anos	Privada	Química - to- das as séries do EM	24 horas	Comp., proj., sala de in- formática	Bom
I.A.S.	23/ F	Ciências - Química	Não	Profes- sora	2 anos	Privada	Química - to- das as séries do EM e curso técnico	34 horas	Comp., proj., sala de vídeo, lousa eletrô- nica	Bom

Tabela 2: Perfil dos alunos do curso de *Lato Sensu* - continuação

Para todos os alunos							Para os professores			
Nome (iniciais)	Idade/ sexo	Curso de graduação	Curso de pós- graduação	Profis- são	Quanto tempo leciona?	Instituição pública ou privada?	Qual (ais) dis- ciplina (s)?	Carga ho- rária se- manal?	Escola possui recursos ele- trônicos?	Como avalia o conhecimento em informática?
J.R.M.	32/ M	Lic. Quí- mica	Sim, mes- trado	Profes- sor	3 anos	Privada	Química para EM	30 horas	Comp., proj., sala de vídeo.	Bom
J.V.J.	49/ M	Eng. Química	Não	Eng. e prof.	14 anos	Pública	Química para EM	12 horas	Sala de comp.	Bom
J.R.C.	36/ M	Lic. Quí- mica	Não	Profes- sor	2 anos	Pública	Química para EM	40 horas	Comp., proj., sala de vídeo.	Bom
J.P.	25/ F	Bach. e Lic. Quí- mica	Não	Téc. de pesqui- sas	---	---	---	---	---	---
J.R.P.C.	28/ F	Bach. e Lic. Quí- mica	Não	Fiscal	---	---	---	---	---	---
J.B.	36/ F	Lic. Quí- mica	Não	Profes- sora	6 meses	Pública	Quí. 1 ^a e 2 ^a séries do EM	---	Comp., proj.	Regular

Tabela 2: Perfil dos alunos do curso de *Lato Sensu* - continuação

Para todos os alunos					Para os professores					
Nome (iniciais)	Idade/ sexo	Curso de graduação	Curso de pós- graduação	Profis- são	Quanto tempo leciona?	Instituição pública ou privada?	Qual (ais) dis- ciplina (s)?	Carga ho- rária se- manal?	Escola possui recursos ele- trônicos?	Como avalia o conhecimento em informática?
K.V.F.V.	23/ F	Farmácia	Não	Farma- cêutica	---	---	---	---	---	---
L.M.	22/ M	Lic. Quí- mica	Não	Profes- sor	4 anos	Pública	Química para EM	42 horas	Comp., proj., sala de vídeo.	Bom
M.S.S.	36/ M	Eng. Química	Não	Profes- sor	9 anos	Privada	Química para curso técnico	40 horas	Comp., proj.	Bom
M.E.G.	35/ F	Farmácia	Não	Farm. e prof.	2 anos	Pública	Bio. e Quí. para EM	24 horas	Comp., proj., sala de vídeo.	Bom
M.Y.N.	35/ M	Odontolo- gia e Lic. Química	Não	Profes- sor	11 anos	Privada	Química para EM	47 horas	Comp., proj., sala de vídeo, lousa digital	Bom
M.C.I	39/ M	Lic. Quí- mica	Não	Profes- sor	20 anos	Privada	Quí., Mat. e Fís. para EM e Fund. II	30 horas	---	Bom

Tabela 2: Perfil dos alunos do curso de *Lato Sensu* - continuação

Para todos os alunos					Para os professores					
Nome (iniciais)	Idade/ sexo	Curso de graduação	Curso de pós- graduação	Profis- são	Quanto tempo leciona?	Instituição pública ou privada?	Qual (ais) dis- ciplina (s)?	Carga ho- rária se- manal?	Escola possui recursos ele- trônicos?	Como avalia o conhecimento em informática?
P.S.A.	32/ F	Eng. Pro- dução	Sim, <i>Lato Sensu</i>	Super- visora	---	---	---	---	---	---
P.A.I.N. N.	39/ F	Lic. Quí- mica	Não	Profes- sora	2 anos	Pública e privada	Química para EM	41 horas	S. de vídeo, comp., proj.	Regular
R.M.C.	26/ M	Química	Não	Profes- sor	5 anos	Pública	Química para EM	64 horas	S. de vídeo, comp., proj.	Regular
R.K.N.	24/ F	Tec. em cosméticos	Não	Orien- tadora	---	---	---	---	---	---
R.S.	50/ M	Eng. Química	Não	Profes- sor	3 anos	Privada	Química para curso técnico	28 horas	S. de vídeo, comp., proj.	Bom
R.C.S.	33/ F	Lic. Quí- mica	Não	Profes- sora	10 anos	Pública	Química e Fís- ica para EM	32 horas	S. de vídeo, comp., proj.	Bom

Tabela 2: Perfil dos alunos do curso de *Lato Sensu* - conclusão

Para todos os alunos							Para os professores			
Nome (iniciais)	Idade/ sexo	Curso de graduação	Curso de pós- graduação	Profis- são	Quanto tempo leciona?	Instituição pública ou privada?	Qual (ais) dis- ciplina (s)?	Carga ho- rária se- manal?	Escola possui recursos ele- trônicos?	Como avalia o conhecimento em informática?
R.M.F.	44/ M	Química	Não	Profes- sor	18 anos	Pública	Química para EM e curso pré-vestibular	56 horas	S. de vídeo, comp., proj.	Regular
R.M.R.	30/F	Química	Não	Profes- sora	3 anos	Privada	Química para EM	18 horas	Comp., proj., tv	Bom
T.R.B.J. P.A.C	24/ F	Química	Não	Quími- ca	---	---	---	---	---	---
T.M.S.	25/ F	Química	Não	Profes- sora	3 anos	Pública	Química e Fí- sica para EM	28 horas	Computado- res	Bom

A partir desses dados, pode-se caracterizar a turma da seguinte maneira:

- São 27 alunos, sendo 15 mulheres (aproximadamente 55%) e 12 homens (aproximadamente 45%). Nesse momento cabe lembrar que a capacidade de visualização pode variar de acordo com o gênero, como já foi descrito. Contudo, nesse trabalho não consideraremos essa possível e não comprovada diferença. Assim, a explicitação desse dado se dá apenas para apresentar a homogeneidade do público em relação ao gênero;
- Desses 27 alunos, 21 são graduados em Bacharelado ou Licenciatura em Química, o que corresponde a aproximadamente 78% do público. Como essa especialização é de *Lato Sensu* em Química, percebe-se ao longo do curso que os alunos não graduados em Química tinham por objetivo conhecer mais sobre e os conteúdos e, geralmente, sentem mais dificuldade em acompanhar a turma no desenvolvimento das ideias;
- Dos 27 alunos, 21 são professores, o que corresponde a aproximadamente 78% do público. Assim daremos mais ênfase às respostas, exercícios e depoimentos dessas pessoas, já que são objeto de estudo desse trabalho;

Figura 1: distribuição dos alunos do curso de formação continuada.

- Dos 21 professores, 10 são graduados em Licenciatura em Química (aproximadamente 48%), 6 são graduados em Bacharelado em Química (aproxima-

damente 28%) e 5 são graduados em outros cursos, como Engenharia e Farmácia (aproximadamente 24%). De todo esse grupo, apenas duas pessoas exercem alguma outra profissão além do professorado. Nesse sentido poder-se-ia discutir as diferenças de formação relacionada à prática docente, mas esse aspecto fugiria demais dos nossos objetivos;

Figura 2: graduação dos professores que faziam o curso de formação continuada.

- Dos 21 professores, 11 trabalham apenas em escolas públicas (aproximadamente 52%), 8 apenas em escola privada (aproximadamente 38%) e apenas 2 professores trabalham em escolas públicas e privadas (aproximadamente 10%). Todos esses professores lecionam para as séries de Ensino Médio regular ou técnico. Nesse sentido observa-se uma homogeneidade de atuação do nosso público objeto de análise;
- A carga horária de trabalho dos 21 professores é bem variada, contemplando um universo de 12 a 64 horas de trabalho em sala de aula e planejamento. Nesse aspecto poder-se-ia, novamente, discutir as diferenças de carga horária (demasiada ou não) e a qualidade dos cursos, dedicação desses docentes, predisposição à aprendizagem de novos recursos educacionais, entre outros. Contudo, esse ponto de vista também fugiria demais dos nossos objetivos;

- Todos os professores possuem, em suas respectivas escolas, recursos eletrônicos (os mais citados são computadores, projetores, salas de vídeo e informática) e avaliam o seu nível de conhecimento em, no mínimo, bom. Assim, a não utilização de ferramentas computacionais no ensino, caso ocorra, não se deve- rá à escassez de recursos.

Além das indagações que visavam conhecer melhor o perfil da turma que iria partici- par do curso, procuramos, no questionário inicial, identificar alguns aspectos da formação inicial desse público (graduação), das suas dificuldades conceituais, seus interesses acadêmi- cos e sua prática docente. Assim, uma série de perguntas de múltipla escolha e discursivas foram feitas, sendo que os alunos tiveram bastante tempo para respondê-las, o que exclui a possibilidade de uma questão em branco ser fruto de falta de tempo para elaborar a resposta esperada.

Além disso, como o curso foi acompanhado semanalmente, tínhamos a possibilidade de perguntar algo mais, aprofundando as ideias, ou pedir algum esclarecimento a esses alunos, sobre as respostas fornecidas nos diversos instrumentos de coleta. Assim, durante a discussão e apresentação dos resultados, apresentaremos também as respostas fornecidas pelos estudan- tes a essas indagações para além dos questionários, indagações essas que surgiam após as aná- lises mais detalhadas de cada instrumento.

A pergunta 1 (O que te levou a procurar o curso *Lato Sensu* em Química nas Faculda- des Oswaldo Cruz) teve diversas respostas bastante parecidas: muitos alunos afirmam que estão buscando aperfeiçoamento, atualização, auxílio para escolher uma área para cursar um mestrado ou prestar o exame de ingresso para cursos *Strictu Sensu*. Uma aluna citou a busca pelo curso como uma maneira de aperfeiçoar também as aulas que ministra, e outra aluna dei- xou claro que possui “lacunas de aprendizagem da graduação”, que precisavam ser resolvidas para auxiliá-la na sua profissão.

A pergunta 2 (Descreva sucintamente como foi o seu curso de Química Orgânica na graduação. Procure explicar as suas lembranças/ impressões) tinha como objetivo perceber a quantidade de informações que esses alunos tinham sobre os conceitos que ali seriam traba- lhados, bem como procurar relacionar possíveis dificuldades encontradas durante o curso com uma formação insuficiente anterior.

Nesse aspecto, acreditamos ser bastante importante uma observação mais minuciosa das respostas dos alunos, que serão aqui transcritas com total fidelidade ao documento entre- gue, para posterior análise:

Tabela 3: respostas à pergunta 2 do questionário inicial - continua

Nome (iniciais)	Resposta à pergunta 2
A.M.A	Química Orgânica é uma matéria bem complexa, tive algumas dificuldades, principalmente em “reações orgânicas”, mas consegui concluir o curso sem DPs
A.L.R	Considero que aproveitei bastante o curso. Lembro dos mecanismos (alguns) até hoje. Tive duas professoras na graduação, as duas excelentes.
C.V.P	Muito teórico, poucas aulas demonstrativas no laboratório. Projetor e lousa. Exercícios por lista.
F.M.C.N.	Muitas fórmulas, tínhamos que decorar as posições da tabela periódica. Aula apenas dialoga ainda com aquele livro “Ricardo Feltre”. O professor fazia nós decorarmos as reações e tínhamos que fazer prova oral. Não relacionava nada com o nosso cotidiano. Quase um terrorismo.
I.A.S.	Nomenclaturas usuais foi bem focado pelo professor. O conteúdo de Orgânica foi dividido em 2 anos de 4 semestres. Primeiro aprendemos toda a estrutura e nomenclatura de orgânica e depois a parte de mecanismo de reação, não tivemos um aprofundamento na parte de isomeria e também não usamos recursos visuais.
J.R.M.	O curso de Química Orgânica foi constituído de três semestres teóricos mais um prático/ experimental. Gostei muito do curso, ótima professora e até pensei em fazer pós-graduação na área, no entanto, fiz uma IC na área.
J.V.J.	Um curso muito simplificado, um amontoado de informações fornecidas em um único semestre e o professor não tinha boa didática.
J.R.C.	Muito sucinto, os recursos usados não eram os mais adequados. Poucas lembranças, mais o que eu me lembro é que o conteúdo não era muito aprofundado praticamente uma revisão do ensino médio.
J.P.	Foi muito bom, considero a disciplina que mais tive aprofundamento. Na minha opinião, o professor que lecionou nessa disciplina era o melhor da faculdade. Senti falta de aulas de laboratório, não tive.

Tabela 3: respostas à pergunta 2 do questionário inicial - continuação

Nome (iniciais)	Resposta à pergunta 2
J.R.P.C.	Foi um bom curso, o professor utilizou e nos ensinou a utilizar muitos recursos visuais (modelos, programas de computador) para visualizar com mais facilidade. Houve bastante indicação de bibliografias e meios para aprofundamento do conhecimento.
J.B.	O curso teve poucos recursos visuais
K.V.F.V.	Meu curso foi muito produtivo, os professores tinham dedicação para ensinar, no entanto o nível de conhecimento dos alunos eram distintos. Aprendemos a base das químicas para entendermos a química farmacêutica.
L.M.	Muito ruim, praticamente não houve um planejamento bem definido.
M.S.S.	Aulas tradicionais voltadas à engenharia
M.E.G.	Química Orgânica básica e avançada para a síntese de fármacos, inclusive da parte botânica (farmacognosia), química farmacêutica (envolvendo química orgânica e a química inorgânica)
M.Y.N.	Na graduação não tive Química Orgânica. Acabei estudando de maneira independente para lecionar e cursar de modo mais eficiente a disciplina de Bioquímica, bem como os estágios na Unifesp, IQUSP e EACH-USP.
M.C.I	Não tive Química Orgânica.
P.S.A.	Na graduação obtive 2 semestres de química em geral. Poucas lembranças, em específico de orgânica apenas as listas de nomenclatura conforme as ligações e a quantidade de carbono. Gostava mais das aulas práticas no laboratório.
P.A.I.N.N.	O curso foi curto, por ser licenciatura, apenas 2 semestres (1º foram estudar funções apenas), o conteúdo de isomeria, reações e mecanismos ficou espremido no 2º semestre e apesar do professor usar vários recursos o curso foi “pobre”.
R.M.C.	O curso de Química Orgânica na graduação foi muito bom, acredito que foi suficiente para o meu trabalho dentro de sala e serviu como ferramenta para outros cursos de aprimoramento.
R.K.N.	Funções orgânicas, ácidos e bases. Aulas teóricas com resolução de exercícios e algumas práticas em laboratório.

Tabela 3: respostas à pergunta 2 do questionário inicial - conclusão

Nome (iniciais)	Resposta à pergunta 2
R.S.	Funções e propriedades, muito pouco mecanismos reacionais.
R.C.S.	De fato não me lembro! Me formei em 2002, muitas coisas aconteceram nesse percurso e o curso caiu no esquecimento.
R.M.F.	Foi um bom curso, dei sorte de pegar um bom professor e os conceitos foram passados com facilidade. Hoje não me lembro de muitos conceitos, pois não tenho utilizado. O Lato Sensu deve ajudar.
R.M.R.	Tive professores bons que passavam de forma didática o conteúdo, e sempre se dispunham a tirar dúvidas fora do horário de aulas.
T.R.B.J.P.A.C	Curso objetivo/ fundamentado em reações, mecanismos, sínteses; com bom aproveitamento em práticas em laboratório.
T.M.S.	Muito difícil, devido a grande quantidade de conteúdos, para serem estudados e compreendidos. Tive muitas dificuldades com os mecanismos de reação.

Essas respostas poderiam ser discutidas de diversas maneiras. Várias informações interessantes sobre as diferenças entre os cursos de graduação poderiam ser analisadas, por exemplo, mas procuraremos nos concentrar nos aspectos respondidos que podem se relacionar aos recursos visuais que esses alunos tiveram contato, a profundidade em que se envolveram com os conceitos e como isso se relaciona à sua prática docente.

Dessa forma, observa-se que 17 alunos (o que corresponde a 63%) responderam que o curso não foi adequado de alguma maneira, que não lembram o que foi trabalhado ou que tiveram muitas dificuldades em conseguir acompanhar a turma de graduação, apresentando muitas lacunas de conhecimento dos conteúdos. Desses 17 alunos, 15 atualmente são professores de Química do Ensino Médio, sendo que 2 deles não tiveram Química Orgânica na graduação. Quando indagados se durante suas aulas para o Ensino Médio eles abordavam conceitos relacionados a esse conteúdo não visto ou pouco assimilado na graduação, todos responderam que trabalhavam sim esses conteúdos em sala de aula, utilizando-se basicamente de livros didáticos e se sentindo, muitas vezes, inseguros.

De todos os alunos, 4 citaram espontaneamente observações sobre a utilização de recursos visuais e 1 sobre “recursos” de uma maneira geral, durante seus cursos de graduação. Indagando-os sobre suas respostas, solicitando que descrevessem de que forma a falta ou a presença de recursos visuais afetaram sua análise sobre o curso de Química Orgânica na graduação, todos responderam que a falta de utilização, ou a escolha por recursos visuais não adequados, prejudicou a compreensão dos conceitos que estavam sendo abordados. Além disso, um desses alunos respondeu que o curso “ficaria mais interessante” com a utilização de instrumentos que auxiliem na visualização.

A pergunta 3 (O que você espera do curso de Química Orgânica que irá ter nessa instituição?) foi respondido praticamente como a pergunta 1, o que não acrescenta qualquer informação relevante para essa pesquisa.

Para as próximas análises, consideraremos apenas as respostas dos 21 alunos que tem como profissão ministrar aulas, objetos principais de análise dessa pesquisa.

Para a pergunta 4 (Quais as principais dificuldades que você encontra ou encontrou na sua profissão?), tivemos os seguintes tipos de respostas:

- 3 responderam que tem dificuldade em explicar alguns conceitos de Química nas aulas que ministram, utilizando os recursos mais apropriados, citando inclusive que isso pode ocorrer devido à dificuldade de visualização por parte dos estudantes;
- 10 responderam sobre a falta de interesse ou indisciplina dos seus estudantes;
- 2 responderam sobre a falta de estrutura na escola em que trabalham (embora tenham respondido anteriormente que a escola possui computadores, laboratórios, projetores e sala de vídeo);
- 2 responderam que a dificuldade está em manter-se atualizado sempre;
- 1 respondeu que acha difícil transpor o conhecimento acadêmico para o Ensino Médio, de maneira contextualizada, permitindo “melhor leitura do mundo através da ciência”;
- 2 disseram não ter dificuldade alguma;
- 1 respondeu sobre a desvalorização que sente vinda de seus colegas de trabalho ou coordenadores;

Analisando-se as respostas, é possível perceber que a maioria dos professores (15 no total, o que corresponde a aproximadamente 71%) acredita que não possuem qualquer dificul-

dade ou que as suas principais dificuldades residem no outro: a indisposição dos alunos, a falta de recursos da escola, a desvalorização dos seus superiores. Apenas 6 professores associam as suas dificuldades a algum aspecto em que podem melhorar na sua prática, como os desafios de ensinar alguns conceitos utilizando recursos adequados e de maneira eficiente, de manter-se atualizado ou de ensinar de maneira contextualizada e bastante completa.

As perguntas 5 e 6 (O que você entende por capacidade de visualização? O que você entende por modelagem no ensino de Química? Você já teve acesso a algum material que trata desse assunto? Qual (ais)?) tinham como objetivo identificar o conhecimento que esses professores em um curso de formação continuada possuíam acerca desses temas.

A visualização espacial das estruturas químicas pode ser um ponto fundamental para auxiliar o ensino e a compreensão dos fenômenos e explicações envolvidos nessa Ciência. Diversos autores acreditam que a facilidade de compreensão em alguns conceitos químicos se deve à melhor visualização em três dimensões das estruturas, seguida de uma correta manipulação mental dessas. Além disso, essa habilidade também permite a transição entre as representações microscópicas, simbólicas e macroscópicas com mais eficiência (FERK; VRTACNIK; BLEJEC, 2003). Assim, acreditamos que professores que refletem mais sobre essas questões estejam mais aptos a trabalhar com ferramentas visuais.

Nesse aspecto, acreditamos novamente ser bastante importante uma observação mais minuciosa das respostas que serão aqui transcritas com total fidelidade ao documento entregue, para posterior análise:

Tabela 4: respostas às perguntas 5 e 6 do questionário inicial - continua

Nome (iniciais)	Resposta à pergunta 5 (capacidade de visualização)	Resposta à pergunta 6 (modelagem no ensino)
A.M.A	---	Modelagem é algo usado para explicar um fenômeno ou uma molécula. Tive acesso a esse material na graduação.
A.L.R	Capacidade de visualizar algo que não esteja exposto de forma tão clara, por exemplo, geometria das moléculas. Sim, chemsketch (programa de computador).	Construir modelos de compostos, moléculas através de objetos. Sim, modelos de bolas e varetas.

Tabela 4: respostas às perguntas 5 e 6 do questionário inicial - continuação

Nome (iniciais)	Resposta à pergunta 5 (capacidade de visualização)	Resposta à pergunta 6 (modelagem no ensino)
C.V.P	Não estou certo, porém, acho que se trata da capacidade que cada pessoa possui em identificar e processar informações visuais, sejam elas modelos físicos, desenhos, vídeos, etc. Nunca tive material sobre o assunto.	Seria uma proposta menos abstrata para a visualização macroscópica de conceitos. Nunca tive material sobre o assunto.
F.M.C.N.	Conseguir ver e entender o que está ocorrendo. Não.	Seria utilizar modelos concretos para que o aluno possa entender melhor. Sim. Temos na escola o geolog (bolinhas e varetas). Sempre uso nas aulas para representar as moléculas, funções orgânicas, isomeria e etc.
I.A.S.	Não.	Não.
J.R.M.	Relaciono capacidade de visualização com perspectiva, maneiras diferentes de compreender determinado conceito e para isso, utiliza-se de ferramentas diversas. Isso é importante para a Química e seu ensino, uma vez que a compreensão de muitos fenômenos está em escala microscópica.	Entendo que muito do que queremos ensinar/ compreender, também em Química, necessita de explicações em níveis de abstração diferentes daqueles percebidos pela nossa visão. Portanto, utilizamos os modelos para explicar fenômenos e comportamentos observáveis. Sim, uma disciplina da pós-graduação.
J.V.J.	Acredito que seja a capacidade de enxergar uma estrutura na sua forma tridimensional, quando ela é apresentada no plano. Já tive acesso a alguns materiais que tratam desse assunto na Química Orgânica (mecanismos de reação) e na Química Inorgânica (formatos dos orbitais).	Modelagem é a representação de uma estrutura utilizando bolas de plástico, isopor ou massa, para que fique mais fácil o seu entendimento.

Tabela 4: respostas às perguntas 5 e 6 do questionário inicial - continuação

Nome (iniciais)	Resposta à pergunta 5 (capacidade de visualização)	Resposta à pergunta 6 (modelagem no ensino)
J.R.C.	Pode ser a maneira do aluno entender melhor vendo na prática do que na teoria.	Não sei o que se trata.
J.B.	Enxergar de uma maneira microscópica. Não.	Nunca tive acesso a esse assunto.
L.M.	Compreensão dos modelos propostos.	Materiais que auxiliem o trabalho de conteúdos de Química (visualização, compreensão correta de fenômenos e modelos).
M.S.S.	Enxergar algo de diversas maneiras. Não.	Utilização de modelos para auxiliar na visualização e explicação da Química. Sim, se for o que penso, modelos de encaixe.
M.E.G.	Estou apreciando esse recurso nas aulas da pós-graduação.	Ainda não tive esta aula na pós-graduação.
M.Y.N.	Sim. Uso de softwares que permitem uma melhor visão espacial da molécula. Da empresa Educandus e o do Prof. Torres (IQ-Bioquímica-USP)	Não tive oportunidade de aprender modelagem.
M.C.I	---	---
P.A.I.N.N.	Capacidade de enxergar em figuras planas, sua forma espacial.	Utilização de modelos como, bola-palito ou softwares de computador, que demonstrem de maneira mais visual as fórmulas químicas.
R.M.C.	Não tenho conhecimento.	Não tive acesso a esse material.
R.S.	Não conheço.	Não conheço.
R.C.S.	Não.	Durante a graduação não me lembro. E hoje, no meu local de trabalho não tenho acesso.

Tabela 4: respostas às perguntas 5 e 6 do questionário inicial - conclusão

Nome (iniciais)	Resposta à pergunta 5 (capacidade de visualização)	Resposta à pergunta 6 (modelagem no ensino)
R.M.F.	Não estudei o assunto, porém, às vezes, uso recursos visuais na escola,	Modelagem demonstra a forma possível ou mais provável de uma molécula ou partícula. Na aula de modelos atômicos usamos o assunto para explicar melhor e tentar fazer com que os alunos tenham uma noção mais próxima deles, de como as moléculas são.
R.M.R.	Capacidade de visualização é assimilar um conteúdo apenas retirando informações das imagens. No geral procuro sempre trabalhar com os alunos modelos visuais para melhor interpretação.	Modelagem pode ser peças representativas de moléculas orgânicas. Já trabalhei com esses modelos na faculdade.
T.M.S.	Facilidade de compreender o que está sendo falado ou desenhado. Ex. aula sobre transformações químicas, imaginar uma interação entre a matéria-prima para a formação dos produtos.	---

Percebe-se que os alunos A.L.R., F.M.C.N, J.B., J.V.J., J.R.C.,M.S.S.,M.Y.N., P.A.I.N.N e R.M.R., o que corresponde a aproximadamente 43% dos professores em formação continuada, responderam a pergunta sobre visualização no sentido de enxergar estruturas, moléculas, reações. Como se os recursos visuais e modelos fossem capazes de representar e trazer aos nossos sentidos os fatos microscópicos, como se os *softwares* fossem, na verdade, potentes lentes de aumento capazes de revelar o que a nossa visão não é capaz de detectar.

Essa concepção do termo visualizar é bastante comum e até mesmo esperada, já que o termo remete à palavra visão e, por consequência, ao ato de enxergar. Contudo, esperava-se que professores de Química fossem um pouco mais críticos em relação a esse termo, já que é consenso na comunidade científica que as representações, modelos e recursos visuais utilizados não são explicitações da realidade, uma vez que essa não é observável; são propostas que

atenderiam aos fenômenos, dados experimentais e modelos matemáticos, da melhor maneira possível.

Oito professores em formação continuada nada responderam ou disseram desconhecer o assunto e apenas 4 professores (T.M.S., L.M., J.R.M. e C.V.P.) tiveram uma maior reflexão sobre o assunto, se aproximando do que consideramos uma explicação mais adequada.

Assim, observa-se que 81% dos analisados ou desconhecem o assunto ou possuem uma visão muito ingênua e pouco elaborada do termo, relacionando-o ao sentido da visão unicamente.

Já em relação à pergunta sobre modelagem, 10 professores, o que corresponde a cerca de 48% (A.M.A., C.V.P., F.M.C.N, J.V.J., J.R.M., L.M., M.S.S., P.A.I.N.N., R.M.F. e R.M.R.), confundiram o termo modelagem com modelo e responderam que modelagem é a utilização de estruturas físicas ou representações computacionais na tentativa de facilitar o aprendizado. Apenas o professor A.L.R. citou algo sobre a construção de modelos e, quando indagado posteriormente para que explorasse mais a sua resposta, acaba recaindo no mesmo tipo de explicação que seus colegas. Além disso, os outros 10 analisados nada responderam ou disseram não conhecer o assunto.

Dessa forma, percebe-se que nenhum professor analisado chega próximo ao conceito de modelagem abordado nesse trabalho anteriormente; lembrando que estudando a literatura sobre o assunto, analisamos que a partir da interação com as ferramentas visuais, modelos, entre outros, “adicionando, retirando ou modificando variáveis e parâmetros no modelo, ou as relações entre eles”, os estudantes poderiam criar o seu próprio modelo mental do assunto estudado. Assim, modelagem pode ser entendida como o “processo dinâmico de produzir e revisar modelos” (JUSTI; DRIEL, 2005, pg. 549, tradução nossa).

Portanto, nenhum analisado percebe a modelagem como um processo ativo e dinâmico, mas apenas como a observação de algo pronto e acabado.

Essa parte do questionário inicial nos fez perceber o seguinte:

- O grupo analisado é formado basicamente por professores de Ensino Médio, que trabalha em escolas que possuem recursos visuais;
- A maioria desses professores não teve cursos consistentes de Química Orgânica na graduação;
- São pouco reflexivos quanto à sua prática, já que atribuem as suas principais dificuldades profissionais a fatores externos;

- Desconhecem ou possuem uma visão muito ingênua/ limitada dos conceitos de visualização, modelagem e modelo científico.

b) Expectativas e conhecimento prévio em relação aos conteúdos

Após essa abordagem inicial e continuando a análise apenas com o grupo de 21 professores em formação continuada, o questionário possui duas perguntas relacionadas à expectativa e conhecimento prévio em relação aos conteúdos que seriam trabalhados no módulo de Química Orgânica (perguntas 7 e 8), além de uma questão onde era solicitado que o professor indicasse qual a melhor representação para a molécula de água, de acordo com as suas propriedades (pergunta 9).

O objetivo das duas primeiras perguntas era desenhar o quadro do quanto esses professores já haviam tido contato com esses tópicos, podendo, futuramente, estabelecer alguma relação entre a dificuldade ou facilidade em acompanhar o curso e o nível de conhecimento prévio que possuíam (cabe lembrar que a maioria deles respondeu ter tido um curso insuficiente de química orgânica na graduação); além disso, ao serem indagados pelos conteúdos que os interessam mais, poderíamos estabelecer alguma relação entre os temas em que eles precisam de mais informação para trabalhar em sala de aula ou que tiveram pouco aprofundamento na graduação, e estariam interessados em aumentar esse conhecimento.

Como os professores não tinham limite de citações, ou seja, poderiam colocar os temas que lhes interessavam sem limite de quantidade, as repostas obtidas variaram bastante, como consta na tabela a seguir:

Tabela 5: número de citações para os temas abordados na pergunta 7 do questionário inicial - continua

Tema relacionado	Nº de Citações
Conceitos básicos em Química Orgânica	
Ligação covalente. Tipos e características.	13
Determinação de cargas formais.	9
Ligações deslocalizadas.	9

Tabela 5: número de citações para os temas abordados na pergunta 7 do questionário inicial – conclusão

Tema relacionado	Nº de Citações
Conceitos básicos em Química Orgânica	
Intermediários de reações orgânicas: estrutura e estabilidade relativa.	15
Teorias ácido-base	10
Conceitos básicos de termodinâmica e cinética aplicados à química orgânica.	12
Estereoquímica.	
Definição de isomeria e de estereoisomeria	13
Quiralidade molecular. Enantiômeros.	16
Representação de moléculas quirais. Projeção de Fischer.	14
Moléculas quirais que apresentam dois ou mais centros estereogênicos.	12
Importância da estereoquímica: fármacos quirais.	14
Reações de Substituição Nucleofílica Alifática e Eliminação.	
Substituição nucleofílica alifática: característica do nucleófilo, grupo de partida e substrato.	16
Mecanismo de substituição nucleofílica bimolecular. Cinética e implicações estereoquímicas.	15
Mecanismo de substituição nucleofílica unimolecular. Cinética e implicações estereoquímicas.	14
Competição S_N1 vs S_N2 . Efeitos da estrutura do substrato. Efeito do nucleófilo. Efeito do solvente. Efeito do grupo de partida.	16
Eliminação: característica do nucleófilo, grupo de partida e substrato.	13
Mecanismo de eliminação bimolecular. Cinética e implicações estereoquímicas.	13
Mecanismo de eliminação unimolecular. Cinéticas e implicações estereoquímicas.	12
Competição E_1 vs E_2 . Efeitos da estrutura do substrato. Efeito da base. Efeito do solvente. Efeito do grupo de partida.	13
Competição entre substituição nucleofílica e eliminação.	16

Os 20 temas possíveis para citação estavam agrupados em três grandes áreas: conceitos básicos em Química Orgânica (I), estereoquímica (II) reações de substituição nucleofílica e eliminação (III). Cada área possuía um número diferente de questões, sendo que 6 estavam relacionados à área I (o que corresponde a 30%), 5 estavam relacionados à área II (o que corresponde a 25%) e 9 estavam relacionados à área III (o que corresponde a 45%).

Para que se pudesse comparar o nível de citações de cada uma das 3 áreas perguntadas, somou-se o número de citações de todas as perguntas de cada área e normalizou-se o resultado, considerando-se as diferenças de quantidades de questões (do total de citações, multiplicou-se esse número por 3,33 na área I, 4 na área II e 2,22 na área III). Do montante obtido, pode-se calcular a porcentagem de citações de cada área, obtendo-se a seguinte distribuição:

Figura 3: porcentagem de citações por área para os temas abordados na pergunta 7 do questionário inicial.

Pode-se perceber que o interesse pela área I, que aborda temas mais básicos da Química Orgânica, recebeu menos citações que as outras áreas, que estão praticamente empatadas. Quando questionados posteriormente sobre o que achavam dessa distribuição, os professores acreditam que os conceitos básicos foram mais bem trabalhados nas suas graduações, então eles se lembram de mais conceitos e se sentem mais seguros para trabalhar com eles. Para as outras áreas tivemos diversas respostas: alguns professores afirmam que não tiveram determinados temas dessas áreas, outros dizem que tiveram, mas sentiram bastante dificuldade de aprendizado na época e, por fim, alguns afirmam que não se sentem seguros para trabalhar esses conceitos em sala de aula (mesmo que superficialmente para o Ensino Médio) e, por isso, gostariam de aprofundar seus conhecimentos.

Cabe também destacar que 6 professores marcaram todas as opções. Em conversa posterior com esse grupo, percebe-se que os motivos para essa ação são diferentes: 3 deles afirmam que não sabem muitos dos conceitos, embora se lembrem de terem contato com eles na graduação; 1 afirma que sabe todos os conceitos, mas gostaria de aprofundá-los e estudá-los de maneira mais complexa; por fim, 2 deles afirmam que não tiveram nenhum desses conceitos na faculdade.

Para a pergunta 8, onde os mesmos temas da pergunta 7 eram abordados, mas solicitando aos professores que classificassem esses temas em 3 critérios, obtivemos o seguinte resultado (levando-se em consideração que 2 professores nada responderam):

Tabela 6: número de citações para o domínio dos temas abordados na pergunta 8 do questionário inicial - continua

Tema relacionado	Domina o conceito	Não sabe o conceito	Nunca viu o conceito
Conceitos básicos em Química Orgânica			
Ligação covalente. Tipos e características.	17	2	0
Determinação de cargas formais.	10	9	0
Ligações deslocalizadas.	6	13	0
Intermediários de reações orgânicas: estrutura e estabilidade relativa.	11	8	0
Teorias ácido-base	16	3	0
Conceitos básicos de termodinâmica e cinética aplicados à química orgânica.	10	9	0
Estereoquímica.			
Definição de isomeria e de estereoisomeria	15	3	1
Quiralidade molecular. Enantiômeros.	12	6	1
Representação de moléculas quirais. Projeção de Fischer.	10	9	0
Moléculas quirais que apresentam dois ou mais centros estereogênicos.	7	11	1
Importância da estereoquímica: fármacos quirais.	3	15	1

Tabela 6: número de citações para o domínio dos temas abordados na pergunta 8 do questionário inicial - conclusão

Tema relacionado	Domina o concei- to	Não sa- be o conceito	Nunca viu o conceito
Reações de Substituição Nucleofílica Alifática e Eliminação.			
Substituição nucleofílica alifática: característica do nucleófilo, grupo de partida e substrato.	7	11	1
Mecanismo de substituição nucleofílica bimolecular. Cinética e implicações estereoquímicas.	6	12	1
Mecanismo de substituição nucleofílica unimolecular. Cinética e implicações estereoquímicas.	5	11	3
Competição S_N1 vs S_N2 . Efeitos da estrutura do substrato. Efeito do nucleófilo. Efeito do solvente. Efeito do grupo de partida.	2	12	5
Eliminação: característica do nucleófilo, grupo de partida e substrato.	6	10	3
Mecanismo de eliminação bimolecular. Cinética e implicações estereoquímicas.	3	13	3
Mecanismo de eliminação unimolecular. Cinéticas e implicações estereoquímicas.	3	13	3
Competição E_1 vs E_2 . Efeitos da estrutura do substrato. Efeito da base. Efeito do solvente. Efeito do grupo de partida.	1	13	5
Competição entre substituição nucleofílica e eliminação.	2	13	4

Analisando-se os dados da tabela, pode-se construir o seguinte gráfico:

Figura 4: Classificação do domínio dos conceitos sobre as áreas que serão trabalhadas.

Confirma-se, nesse resultado, a fala anterior dos professores: os conceitos básicos (área I) foram os que os educadores avaliaram dominar mais os conceitos (61,4% das respostas para essa área foram de domínio dos temas), provavelmente porque foram mais bem trabalhados nas suas graduações; além disso, os que responderam não saber o conceito (38,6%) afirmam que, na verdade, não se lembram profundamente deles.

Para as outras áreas tivemos uma maior porcentagem de professores que afirmam não saber ou nunca terem visto alguns dos conceitos. Para a área II, observou-se que 46,3% dos professores afirmam não conhecer grande parte dos temas e, para a área III, 63,2% (e nesses casos, diferentemente da área I, os professores realmente asseguram que não aprenderam esses conteúdos na graduação, devido à complexidade dos mesmos); além disso, 4,2% das respostas foram de nunca terem visto o conceito para a área II e 16,4% para a área III.

A pergunta 9 trazia diversas representações da molécula de água e solicitava aos professores que indicassem quais seriam as mais adequadas, de acordo com as propriedades dessa substância. O objetivo da questão era tentar perceber o quão crítico esses educadores eram em relações às representações e modelos. Como os professores não tinham limite de citações,

ou seja, poderiam colocar as representações que julgavam adequadas sem limite de quantidade, as repostas obtidas foram as seguintes:

Tabela 7: número e porcentagem de citações para a melhor representação da molécula de água, de acordo com a pergunta 9 do questionário inicial - continua.

Representação	Quantidade de citações	Porcentagem de citações
1)	2	6,7
2)	0	0
3)	3	10
4)	3	10
5)	1	3,3
6)	5	16,7

Tabela 7: número e porcentagem de citações para a melhor representação da molécula de água, de acordo com a pergunta 9 do questionário inicial - conclusão.

Representação	Quantidade de citações	Porcentagem de citações
7)	4	13,3
8)	7	23,3
9)	5	16,7

Não se pretende, nesse momento, discutir qual que seria a melhor representação, pois todas podem possuir aspectos positivos e negativos, já que se trata de modelos que não são a materialização do que deva realmente ser a molécula de água, mas tentativas de propor explicações para uma série de propriedades macroscópicas que podem ser observadas dessa substância.

Contudo, a pergunta era qual a melhor representação da molécula, de acordo com as propriedades da substância; nesse momento não acreditamos que a maioria das representações se adeque, uma vez que as propriedades da substância (densidade, temperatura de fusão, temperatura de ebulição, entre outros) não poderiam ser caracterizadas por uma única molécula. Assim, as representações 1, 3, 5, 6, 8 e 9, que mostram apenas uma molécula não se adequariam a pergunta e corresponderam a 76,7% das respostas dos professores.

As representações 2, 4 e 7, que mostram mais de uma molécula, devem ser melhor avaliadas. A representação 2 não recebeu qualquer citação; a representação 4 recebeu 10% das citações e a representação 7, 13,3% das citações. Alguns cuidados devem ser tomados em relação às representações 2 e 7: elas misturam propriedades macroscópicas (cor, textura, sensação de movimento) com representações microscópicas, o que é uma forma bastante ingênua

de representação, tentando aproximar propriedades da substância ao nível molecular e atômico.

c) Perguntas mais específicas sobre a prática docente

As perguntas 10 a 19 do questionário inicial estavam mais ligadas à prática docente e tiveram respostas diversificadas e, muitas vezes, pouco aprofundadas.

A questão 10 (No ensino de ciências você sente alguma dificuldade em especial na aprendizagem do aluno) teve-se as seguintes respostas, para o grupo de 21 professores analisado:

- 6 professores alegam que a maior dificuldade se deve às muitas limitações que os alunos chegam ao Ensino Médio (dificuldade de leitura, interpretação, raciocínio lógico, entre outros);
- 9 professores alegam ser difícil ensinar e aprender os aspectos microscópicos, por serem muito abstratos;
- 4 professores afirmam ser muito difícil para os estudantes relacionar os conceitos teóricos com os práticos e cotidianos;
- 1 professor afirma não sentir qualquer dificuldade;
- 1 professor afirma que sente dificuldade, mas não descreve qual seria;

Nesse aspecto observa-se que cerca de 43% dos professores sente bastante dificuldade em trabalhar justamente a natureza microscópica e abstrata da matéria, o que é bastante esperado, de acordo com o referencial bibliográfico observado anteriormente. Analisou-se que, especificamente na Química, existe uma grande dificuldade para o entendimento dos fenômenos naturais, uma vez que é muito difícil e abstrato se aceitar a constituição das substâncias que formam a matéria, já que ela é formada por elementos que não se pode ver ou que não se tem contato direto (ROQUE; SILVA, 2008). Além disso, essa ciência que lida não apenas com fenômenos macroscópicos, mas também com fenômenos microscópicos e diversos símbolos, fatores que dificultam a compreensão dos alunos, uma vez que estes deixam de ter contato sensorial com as informações estudadas (RIBEIRO; GRECA, 2003).

A pergunta 11 tem como objetivo perceber como e quais recursos os professores utilizam na preparação de suas aulas. Para tal pergunta, que poderia ter mais de uma fonte na sua resposta, obtivemos as seguintes citações:

- 14 citações para internet;
- 20 citações para livro didático;
- 8 citações para material fornecido pelo governo do Estado;
- 1 citação para revistas ou artigos científicos;
- 1 citação para mídias interativas;

Figura 5: materiais utilizados como fonte de informação para a preparação das aulas dos docentes no curso de formação continuada.

Observa-se que a maioria das respostas reside nos livros didáticos e materiais apostilados (94% das citações), o que nos mostra que os professores ainda estão muito presos às formas tradicionalmente utilizadas para a preparação das suas aulas, explorando pouco os recursos tecnológicos, que crescem cada vez mais.

As questões 12 a 19 estão relacionadas à utilização de ferramentas em sala de aula que facilitem a visualização dos conceitos químicos, sendo obtidas as seguintes respostas, transcritas exatamente como foram entregues no documento:

Tabela 8: respostas dos professores às questões 12 a 19 do questionário inicial - continua

Nome (iniciais)	Pergunta 12	Pergunta 13	Pergunta 14	Pergunta 15	Pergunta 16	Pergunta 17	Pergunta 18	Pergunta 19
A.M.A	Frequentemente	Transformações Químicas	Simulações	Aumento de interesse e compreensão	Sim, não é apenas observar imagens, é preciso ir além e entender seu significado.	Razoavelmente	Outros professores e internet	Pouco
A.L.R	Frequentemente	Geometria, polaridade/ solubilidade	Animações e modelos de bolas/varetas	Aumento de interesse e visualização	Não	Plenamente	Outros professores	Não
C.V.P	Frequentemente	Experiências Transformações Químicas, eletroquímica e modelos atômicos.	Experiências e vídeos ilustram melhor o que as palavras têm dificuldade de expressar	Aumento de interesse e visualização	Geometria espacial	Plenamente	Outros professores	Não
F.M.C.N.	Muito frequentemente	Hidrocarbonetos e refino de petróleo	Animações, figuras, modelos e apresentações.	Aumento de interesse	Sim, vontade de aprender, raciocínio e concentração.	Plenamente	Outros professores e internet	Sim

Tabela 8: respostas dos professores às questões 12 a 19 do questionário inicial - continuação

Nome (iniciais)	Pergunta 12	Pergunta 13	Pergunta 14	Pergunta 15	Pergunta 16	Pergunta 17	Pergunta 18	Pergunta 19
I.A.S.	Frequentemente	Processos químicos	Filmes, simulações e animações, facilitam a visualização e contextualização	Dispersão de alguns alunos	Criatividade	Razoavelmente	Outros professores	Não
J.R.M.	Muito frequente	Praticamente em todos	Animações, experimentos, vídeos	Aumento de interesse e aprendizado	Visão adequada, caso contrário teria que trabalhar o tato e audição	Razoavelmente	Reportagens, internet e cursos	Não
J.V.J.	Frequentemente	Modelos atômicos, leis ponderais, cinética	Animações, simul., modelos, facilitam a aprendizagem	Aumento de interesse	Sim, capacidade de concentração	Plenamente	Internet e outros professores	Não
J.R.C.	Frequentemente	Praticamente em todos	Modelos, filmes e animações	Aumento de interesse	Não	Razoavelmente	Internet	Sim

Tabela 8: respostas dos professores às questões 12 a 19 do questionário inicial - continuação

Nome (iniciais)	Pergunta 12	Pergunta 13	Pergunta 14	Pergunta 15	Pergunta 16	Pergunta 17	Pergunta 18	Pergunta 19
J.B.	Raramente	Ligações químicas	Modelos, figuras, pois fica mais perto da realidade	Aumento de interesse	Não	Razoavelmente	---	Não
L.M.	Frequentemente	Ligações e equilíbrio químico, transformações e soluções	Animações e demonstrações	Aumento de interesse e compreensão	Capacidade interpretativa	Razoavelmente	Cursos, professores, trabalhos publicados.	Não
M.S.S.	Raramente	Orbitais, ligações, mecanismos	Modelos, figuras e simulações	Melhor visualização, atenção e críticas	Não	Plenamente	Internet e referências de livros	Não
M.E.G.	Frequentemente	Meio ambiente, pilhas, orgânica	Documentários, data-show	De alguns falta de atenção. Outros melhoram a visualização	Somente observar os detalhes	Plenamente	Com outros professores e os alunos	Não

Tabela 8: respostas dos professores às questões 12 a 19 do questionário inicial - continuação

Nome (iniciais)	Pergunta 12	Pergunta 13	Pergunta 14	Pergunta 15	Pergunta 16	Pergunta 17	Pergunta 18	Pergunta 19
M.Y.N.	Raramente	Geometria molecular	Animações, devido à praticidade	Melhor entendimento e satisfação	Sim. Noções de profundidade e ângulos	Plenamente	Internet e outros professores	Não
M.C.I	Raramente	---	---	---	---	Razoavelmente	Não me atualizo	Não
P.A.I.N.N	Raramente	Geometria molecular e modelos atômicos	Filmes, anim., modelos bola palito e bexiga	Maior interesse e visualização dos conceitos	Não sei	Razoavelmente	Internet, cursos e outros professores	Não
R.M.C.	Frequentemente	Físico-química	Vídeos, figuras e modelos bola palito	Menor rejeição	Não	Razoavelmente	Internet	Não
R.S.	Raramente	Operações unitárias	Figuras, para evidenciar características e poupar tempo de aula	Aumentar a percepção	Não	Plenamente	Internet	Não

Tabela 8: respostas dos professores às questões 12 a 19 do questionário inicial - conclusão

Nome (iniciais)	Pergunta 12	Pergunta 13	Pergunta 14	Pergunta 15	Pergunta 16	Pergunta 17	Pergunta 18	Pergunta 19
R.C.S.	Não, pois não há recursos	---	---	---	Não	Não	Não me atualizo	Não
R.M.F.	Raramente	Separação de misturas, estrutura atômica, pilhas	Animações e filmes, pois ajudam na visualização	Noção diferenciada e auxilia na abstração	Sim, conhecer os conceitos teóricos mínimos	Razoa-velmente	Internet	Não
R.M.R.	Frequentemente	Estrutura molecular, pois otimiza o tempo.	Animações e filmes, pois melhora a compreensão	Desperta curiosidade	Não	Razoa-velmente	Internet e outros professores	Não
T.M.S.	Raramente	---	---	---	Não	Não	Não me atualizo	Não

Analisando-se as respostas às questões 12 a 19, percebemos alguns pontos que merecem destaque:

- Na pergunta 12, que buscava perceber o quanto cada docente utilizava materiais com representações visuais nas suas aulas, além do livro didático, observa-se que existe um equilíbrio em relação à frequência com que utilizam esse tipo de instrumento, prevalecendo às citações de muito frequentemente e frequentemente (que somam 57%):

Figura 6: utilização de materiais com representações visuais nas aulas dos docentes no curso de formação continuada.

- Na pergunta 13, que tinha por objetivo identificar em quais conceitos químicos os professores recorriam mais aos recursos visuais, tivemos diversos tipos de respostas:
 - Com apenas uma citação, aparecem os conteúdos separação de misturas, polaridade e solubilidade, leis ponderais, cinética, equilíbrio, soluções, orbitais, reações, meio ambiente, físico-química e operações unitárias;
 - Com duas citações, aparece a Química Orgânica ou professores que dizem utilizar os recursos em praticamente todos os conceitos;

→ Os mais citados, com 3 ou 4 apontamentos, são as transformações químicas, a geometria molecular, a eletroquímica, os modelos atômicos e as ligações químicas;

- Na pergunta 14, que tinha por objetivo identificar quais recursos visuais os professores utilizavam, tivemos a seguinte distribuição:

Figura 7: recursos visuais mais utilizados nas aulas dos docentes no curso de formação continuada.

Nessa questão, percebe-se uma variação dos recursos bastante grande, prevalecendo a utilização de animações, vídeos e modelos físicos (que somam 67% das citações). Contudo, o que chama a atenção nas respostas observadas é a justificativa para a utilização dos recursos visuais: alguns professores dizem que os recursos “ajudam a ilustrar melhor o que as palavras têm dificuldade de expressar”, outros que sentem que facilitam a visualização, contextualização e, por consequência o aprendizado, outros dizem que “fica mais perto da realidade” ou que “evidenciam características e poupam tempo”.

Nesse sentido, as expressões ilustram, contextualizam, facilitam já eram esperadas. O que nos desperta atenção são as citações “facilitam a visualização”, no sentido físico, de enxergar as estruturas, como um microscópio bastante potente, ou “aproximam da realidade”, mais ou menos no mesmo sentido de enxergar. Existe ainda algo muito forte em alguns do-

centes de que os modelos e recursos visuais são materialização ou aumento de algo possível de ser observável; algo ainda muito próximo do senso comum e distante do significado da utilização de modelos e recursos como tentativas de explicação dos fenômenos e não a explicação em si, já que lidamos com estruturas não observáveis.

- Na pergunta 15, que tinha por objetivo identificar o que os docentes observavam na atitude dos seus alunos ao utilizar os recursos visuais, tivemos as seguintes respostas:
 - 14 docentes citam o aumento de interesse/ atenção/ satisfação;
 - 6 docentes citam o aumento da compreensão/ aprendizado;
 - 5 docentes citam o aumento da visualização;
 - 2 docentes citam que os alunos ficaram mais dispersos/ desinteressados;

Figura 8: percepção dos professores sobre a atitude de seus alunos ao utilizarem recursos visuais.

- Na pergunta 16, que questionava os professores se os alunos deveriam ter habilidades específicas para aprender com a utilização de recursos visuais, tivemos a seguinte distribuição de respostas:

Figura 9: respostas dos professores se os alunos precisam ter alguma habilidade específica para aprender com os recursos visuais.

Entre os professores que responderam “sim” para essa questão, várias “habilidades específicas” foram citadas, como “entender o significado das imagens”, geometria espacial, vontade de aprender, raciocínio e concentração, criatividade, capacidade interpretativa, noções de ângulos e profundidade.

Nesse sentido, as justificativas para as respostas positivas estavam bastante ligadas à ideia de que os recursos visuais servem para trazer à visão algo que não é possível enxergar a olho nu; assim, os alunos teriam apenas que entender, interpretar e observar, para a maioria dos docentes.

- A pergunta 17 questionava se os professores se sentiam preparados para utilizar os recursos visuais em sala de aula. Apenas dois disseram não se sentir preparados; os outros 19 se diziam razoavelmente ou plenamente preparados para o uso;
- A questão 18 teve um resultado curioso, do nosso ponto de vista. Ao serem questionados sobre como os docentes se atualizavam em relação à utilização dos recursos visuais, obtivemos as seguintes respostas:

Figura 10: respostas dos professores quando questionados sobre como eles se atualizam em relação à utilização dos recursos visuais.

Ao analisar essas respostas, percebe-se que a maioria dos docentes tem como fonte de atualização a internet ou outros professores (totalizando cerca de 73% das citações). Nesse momento, os docentes que deram essas respostas foram questionados sobre quais os critérios para escolherem os *sites* na internet ou os professores como fonte de referências; a maioria respondeu que professores curiosos e pesquisadores conheciam e sabiam utilizar uma maior gama de recursos e, por isso, serviam como fonte constante de atualização. Além disso, ao consultarem os sites, os professores sempre diziam ter “cuidado com o tipo de informação”, procurando recorrer a sites confiáveis, como os ligados às universidades, centros de pesquisas, revistas científicas, entre outros.

Finalizando esse bloco de perguntas tivemos a pergunta 19, que questionava se os docentes acreditavam que a graduação, ou outros cursos que fizeram, os instrumentalizaram para a utilização das ferramentas visuais. Nesse momento, tivemos apenas 2 respostas positivas. Quando aprofundamos essas respostas negativas com eles, muitos afirmaram que não se sentiam preparados, pois não haviam tido muito contato com tais ferramentas (os docentes das graduações ou cursos de formação continuada pouco usavam) ou, se tiveram contato, esse foi apenas visual: não manipularam ou discutiram as limitações e contribuições das ferramentas, bem como utilizá-las em diferentes contextos.

d) Perguntas mais específicas sobre modelos

Voltamos a nossa atenção, nesse bloco de perguntas, sobre as concepções que os 21 docentes têm sobre modelos. Seis questões de múltipla escolha foram apresentadas, com o objetivo de perceber quais as ideias que os professores assinalariam sobre esse assunto.

Como fonte para as perguntas, utilizou-se um estudo feito por uma colega de mestrado; nesse estudo analisou-se 14 professores em um curso de extensão de 40 horas, aplicando-se o mesmo questionário sobre concepção de modelos (FERREIRA; BAPTISTA; ARROIO, 2011). Cabe lembrar que os professores poderiam marcar mais de uma opção, o que justifica o fato da somatória ultrapassar 21 em alguns casos.

A seguir observaremos as respostas fornecidas, onde os números após as alternativas indicam quantas vezes ela foi citada. Nessa parte da entrevista, dois professores nada responderam.

Tabela 9: Respostas ao grupo de questões sobre modelos - continua

Perguntas e itens:	Citações:
1) Um modelo é:	
a) Reprodução de algo.	2
b) Representação parcial de algo.	13
c) Representação total de algo.	2
d) Imagem mental.	5
2) Um modelo serve como:	
a) Padrão ou referência a ser seguido.	2
b) Visualização, permitindo a uma pessoa “ver” um fenômeno.	4
c) Forma de suportar criatividade, imaginar novos contextos e a criação de novas ideias.	5
d) Forma de compreender ou explicar algo.	14

Tabela 9: Respostas ao grupo de questões sobre modelos - conclusão

Perguntas e itens:	Citações:
3) As entidades que constituem um modelo são:	
a) Objetos.	5
b) Eventos.	5
c) Processos.	3
d) Ideias	14
4) Um dado modelo é:	
a) O único “correto” para um fenômeno em particular.	1
b) Um modelo de entre os possíveis para um fenômeno em particular.	8
c) Um modelo de entre os possíveis dentro de uma sequência histórica.	13
5) Em relação à estabilidade, um modelo ao longo do tempo:	
a) Não pode ser alterado.	0
b) Pode ser alterado quando surgirem problemas com a sua natureza.	5
c) Pode ser alterado quando surgirem problemas com o seu uso.	8
d) Pode ser alterado quando surgirem problemas com a sua função explicativa.	13
6) A legitimidade de um modelo científico é dada por:	
a) A pessoa que o construiu.	1
b) Um grupo na sociedade.	2
c) Uma comunidade de cientistas.	18

Alguns resultados foram bastante semelhantes em relação ao estudo que se tomou por base. Embora as respostas para esse questionário exijam uma análise complexa, percebe-se alguns padrões:

- Em relação à natureza dos modelos (pergunta 1): a maioria dos professores considera que um modelo é uma representação parcial de algo, enquanto 5 respostas apontam para uma imagem mental;
- Em relação à utilização dos modelos (pergunta 2): a maioria das respostas apontou como uma função explanatória e não de criatividade. O que nos chama atenção são as respostas que consideram os modelos mentais como possibilidades de enxergar fenômenos (fato que já foi constatado em outras fontes anteriormente);
- Em relação às entidades que constituem um modelo (pergunta 3): nesse momento, a maioria das respostas apontou as *ideias* como entidades que constituem os modelos, o que nos gerou surpresa. Esperávamos, talvez, uma maior quantidade de respostas na alternativa *a*, de objetos como constituintes, uma vez que nos outros instrumentos de coletas de dados dessa pesquisa os professores não pareciam conseguir abstrair tanto o conceito de modelo;
- Em relação à singularidade dos modelos (pergunta 4): a maioria das respostas apontou o modelo como uma consequência histórica;
- Em relação ao tempo (pergunta 5): nesse momento, as respostas confirmam os resultados da pergunta 4; a maioria dos professores considera que um modelo pode ser alterado quando existirem problemas em relação à sua função explicativa;
- Em relação à credibilidade e aceitação dos modelos (pergunta 6): a maioria dos professores acredita que a legitimidade do modelo deriva da aceitação ou aprovação de uma comunidade científica; mais uma vez, o que nos chama a atenção são as respostas que atribuem a um grupo específico da sociedade ou ao próprio criador do modelo a legitimidade e aceitação do mesmo.

Resumindo, pela análise do primeiro instrumento de coleta de dados, percebe-se que os interessados no curso em análise são na sua maioria professores (78%), onde 47% desses fizeram Licenciatura em Química; nas escolas em que trabalham, todos possuem recursos eletrônicos disponíveis para utilização, sendo que 57% deles dizem utilizá-los em sala de aula (principalmente animações, vídeos e modelos físicos); buscavam o curso para se atualizar ou como iniciador para as pesquisas acadêmicas (futura formação *Strictu Sensu*); a maioria dos docentes classifica que tiveram um curso de Química Orgânica na graduação insuficiente e

que, devido a isso, se apoiam bastante nos livros didáticos para lecionar sobre esses conteúdos (94% dos professores utilizam como principal fonte de preparação para as suas aulas os livros didáticos e apostilas distribuídas pela rede estadual). A maioria dos professores (71%) possui uma reflexão muito descompromissada sobre a sua própria prática, atribuindo ao outro os motivos para as suas dificuldades profissionais (o desinteresse ou resistência dos alunos, da escola, da coordenação, entre outros). Ao serem questionados sobre visualização e modelagem, 43% dos docentes relacionam o termo visualização com o ato de enxergar e 48% confundiram modelagem com modelo. Além disso, cerca de 77% dos professores tiveram uma reflexão bastante limitada, do nosso ponto de vista, quando foram solicitados a associar uma possível representação da molécula de água com as propriedades físicas da substância. Por fim, percebe-se que esse grupo de professores têm concepções bastante complexas e incompletas das propriedades de um modelo científico.

Assim, esse objeto inicial de análise nos mostra um conjunto de professores que possuem uma visão ingênua e limitada sobre aspectos bastante importantes da Ciência, como modelos, modelagem e visualização; as concepções teóricas desses docentes sobre esses aspectos são superficiais e muitas vezes erradas. Muito disso se deve ao pouco contato que tiveram com instrumentos que facilitem esse processo ou que discutam as limitações e ampliações que os modelos possuem durante seus cursos de graduação e formação continuada.

Assim, passaremos a analisar esse grupo de professores em contato com um curso que utilizará bastantes recursos eletrônicos e modelos que facilitam o processo de visualização. Dessa maneira, inicialmente iremos analisar esses recursos.

5.2. Material utilizado pela docente do módulo

Antes de iniciar essa parte do trabalho, acreditamos ser bastante importante que se faça a seguinte ponderação: não é objetivo dessa dissertação analisar o tipo de material ou a qualidade das informações apresentadas nos diferentes recursos utilizados pela docente durante o curso; cabe na nossa análise perceber como ela os utiliza, em que contexto, com qual grau de profundidade e crítica, como os alunos do curso (docentes em formação continuada) interagem com esses instrumentos e quais os efeitos que um curso com essas características poderia ter na prática docente desses professores.

Assim, a parte que segue desse trabalho não tem como objetivo categorizar, analisar profundamente ou criticamente as imagens, animações, simulações, modelos ou qualquer recurso utilizado pela docente, mas sim apresentar quais são esses recursos e em que contexto foram empregados.

a) Conceitos básicos de Química Orgânica

Inicialmente a docente procura justificar o ensino de Química Orgânica, utilizando exemplos de diversos compostos orgânicos presentes em nosso cotidiano. Descrevem-se as principais características do elemento químico carbono e as características das ligações covalentes sigma (σ) e pi (π).

Esse tipo de abordagem, que busca contextualizar o ensino e aproximar os estudantes do conteúdo a ser trabalhado, é bastante utilizada no ensino de ciências e, na maior parte das vezes, parece ter o resultado esperado: despertar a atenção dos alunos.

Já nesse momento, foram utilizadas figuras que representam os orbitais atômicos se aproximando para a formação da ligação, além de animações que mostravam diversos modelos para algumas moléculas:

Figuras 11a e 11b: utilização de imagens para abordagem do conceito de ligações covalentes.

Figuras 12a, 12b e 12c: utilização de animação com diversos modelos e ângulos de visão para a molécula de etano.

Nesse contexto, a visualização molecular, através dos diversos programas disponíveis na internet ou comercialmente vendidos, permite ao usuário “manipular” moléculas, e tem servido como uma poderosa ferramenta de ensino em química e biologia (CANNING; COX, 2001).

Ao utilizar essas animações, alguns alunos já conseguiam fazer alguma associação com as projeções das moléculas, como por exemplo, a de Fisher, assunto que a docente trabalhará mais adiante.

A professora também utilizou algumas animações para mostrar a sobreposição dos orbitais:

Figuras 13a, 13b, 13c, 13d e 13e: utilização de animação para facilitar a compreensão da formação da molécula de eteno, segundo a teoria de orbitais moleculares.

Esse tipo de representação, somada à fala da professora, parece auxiliar bastante a compreensão dos alunos, uma vez que o assunto orbitais atômicos e moleculares não é um conteúdo de fácil entendimento. Observou-se, por exemplo, nos alunos que fizeram a graduação em um espaço de tempo mais longo que esses conceitos e representações já haviam se perdido em suas memórias, restando apenas a informação que existem ligações do tipo sigma

e do tipo pi, que elas são diferentes pensando-se na força da ligação, mas pouca coisa relacionada com sobreposição de orbitais.

Em seguida, trabalhou-se o conceito de eletronegatividade dos elementos, com posterior análise da polaridade de uma ligação. Utilizaram-se, nesse momento, imagens de potenciais eletrostáticos, para facilitar a compreensão do assunto:

Figura 14: utilização de imagens para abordagem do conceito de polaridade das ligações.

Esse conceito será bastante importante no andamento do curso, pois justificará algumas propriedades dos compostos. Assim, conseguir visualizar e construir modelos mentais do local da molécula onde existe uma concentração de elétrons e, conseqüentemente, poderá ser uma zona mais reativa em determinado tipo de reação orgânica, será um facilitador na compreensão dos conteúdos trabalhados.

Discutiu-se então o conceito de carga formal, de estruturas de Lewis e as exceções à regra do octeto utilizando-se uma abordagem tradicional, sem recursos visuais. Nesse momento, a utilização da linguagem simbólica foi a mais expressiva. A intenção da docente nesses instantes parece ser a de revisar conceitos-chave no estudo de Química Orgânica.

Em seguida, para se trabalhar o conceito de hibridização do carbono, várias imagens e diferentes tipos de modelos foram utilizados, como os chamados “bolas-palitos”, os eletrostáticos, entre outros:

Figuras 15a, 15b, 15c e 15d: utilização de imagens para abordagem do conceito de hibridização do carbono.

Ao utilizar esse tipo de metodologia, seria preciso deixar bem claro para os estudantes que os “modelos são simulações da realidade baseados em certas teorias e que moléculas não são miniaturas dos modelos que as representam”. Assim, durante a utilização do modelo de bolas e palitos (seja com auxílio de um computador ou de estruturas físicas), por exemplo, seria importante deixar claro que os diferentes átomos ali representados possuem diferentes tamanhos, que as ligações envolvidas também não são todas iguais, que as cores utilizadas não se aplicam verdadeiramente, ou seja, as limitações do modelo aplicado (BARNEA; DORI, 2000, tradução nossa).

Nesse sentido, a utilização de um bom software de manipulação das moléculas envolveria átomos com diferentes cores e tamanhos, ligações representadas de maneiras diferentes, o que poderia diminuir a dificuldade de abstração dos estudantes, mas deveria sempre ser apresentado de maneira crítica (BARNEA; DORI, 1999).

A hibridização é outro assunto considerado difícil por muitos alunos. A compreensão da combinação dos orbitais atômicos para a formação de orbitais híbridos que possibilitem outros tipos de ligação geralmente são discutidos utilizando-se a fala da professora e a lingua-

gem simbólica. A professora procurou variar a linguagem utilizada, bem como os modelos apresentados, visando atingir a compreensão de um número maior de alunos.

Além das imagens estáticas, utilizadas durante a apresentação e fala da docente, utilizou-se também uma animação que procurava ilustrar a formação dos orbitais híbridos, recurso que pareceu despertar a atenção dos ouvintes:

Figuras 16a, 16b, 16c e 16d: utilização de animação para facilitar a compreensão da formação dos orbitais híbridos.

Com essa discussão, puderam-se aprofundar os conceitos de geometria molecular, polaridade nas moléculas orgânicas e, conseqüentemente, solubilidade em diversos solventes das mesmas. Conceitos esses importantes para a futura discussão de reatividade dos compostos orgânicos.

Começou-se então um trabalho que foi bastante importante para o andamento de todo o curso: as estruturas de ressonância. Elas são importantes por ditarem algumas características

reativas dos compostos, bem como alguns mecanismos de reação. Observou-se, durante essas aulas, que a docente enfatizou bem esses conceitos e a importância deles serem compreendidos.

Inicialmente foi feita uma contextualização, utilizando como exemplo a molécula de ozônio. Embora as ligações simples e duplas possuam comprimentos diferentes, experimentalmente observa-se que as ligações no ozônio possuem o mesmo comprimento, o que indica que o oxigênio central deve estar identicamente ligado aos oxigênios terminais. Assim, o que justificaria essa semelhança seriam os híbridos de ressonância.

Nesse momento, faz-se uma analogia por meio de figuras, para tentar ilustrar o que seria um híbrido de ressonância:

Figura 17: utilização de imagem e analogia para abordagem do conceito de ressonância.

Esse tipo de analogia é um recurso bastante recorrente nas aulas de ciências. Na tentativa de facilitar a compreensão dos conteúdos não é difícil encontrar professores que utilizem imagens que procurem explicar, de maneira mais corriqueira, conteúdos considerados mais complicados. Nesse caso, procurou-se utilizar figuras de animais e seres imaginários que são de conhecimento geral para ilustrar um conceito absolutamente abstrato, que são as estruturas de ressonância.

Além das imagens estáticas, a professora utilizou-se também de animações para ilustrar a ressonância, utilizando como exemplo inicial o benzeno:

Figuras 18a, 18b, 18c e 18d: animações para ilustrar a ressonância do benzeno.

Outro problema que muitos estudantes encontram enquanto estudam estruturas químicas é a necessidade de representar uma variedade de atividades espaciais e visualizar as três dimensões das moléculas que são representadas por diagramas em duas dimensões nos livros. Em Química, como em muitas outras áreas científicas, a visualização em três dimensões é uma habilidade importante.

(BARNEA; DORI, 1999, pg. 258, tradução nossa).

Em seguida, por meio de diversas imagens de mecanismos de reação, discutia-se com os alunos os fatores que levam às estruturas de ressonância, bem como as “regras” para as representações das mesmas:

Ressonância

74

Ressonância

75

Figuras 19a e 19b: utilização de representações simbólicas para as estruturas de ressonância.

Nesse momento, por meio da fala e dos exemplos feitos em lousa e exigidos como lição de casa, a professora enfatizava a importância da representação correta e de como isso afetaria a reatividade dos compostos futuramente.

Em vários momentos ela chama a atenção para a estabilidade dos compostos que possuem mais ou menos estruturas de ressonância, deixando a entender que esse será um aspecto importante quando a discussão avançar para as reações orgânicas.

Em seguida, os intermediários de reações (que muitas vezes possuem híbridos de ressonância) foram discutidos, iniciando-se pelos carbocátions, passando pelos carbânions e terminando com os radicais.

Procurava-se assim preparar e instrumentalizar os alunos para a discussão de reações orgânicas. Durante essas discussões, diversos recursos visuais foram utilizados, além de se perceber que a professora buscava a todo o momento variar no modelo empregado para representar o aspecto que ela enfatizava:

Estrutura dos Carbocátions

2

Estabilidade dos Carbocátions

9

Figuras 20a, 20b, 20c e 20d: utilização de representações simbólicas e imagens para a discussão de intermediários de reações orgânicas.

Mais uma vez foram utilizados modelos variados, mas que buscavam destacar nessas espécies possíveis áreas mais reativas. A tentativa da docente parece ser a de chamar sempre seus alunos à reflexão acerca das estruturas dos compostos, para que eles não sejam levados à memorização das condições para que ocorra determinada reação química. A reação acontecerá ou não dependendo das características dos compostos envolvidos.

Outra etapa anterior à discussão de reações orgânicas propriamente ditas foi o trabalho com ácidos e bases. Para discutir as teorias de ácidos e bases utilizou-se basicamente a linguagem simbólica, com as representações das fórmulas das substâncias em questão, bem como as reações envolvidas.

Nesse momento, diversos conteúdos estudados anteriormente serviram como base para a discussão da maior ou menor acidez de um composto: a eletronegatividade dos elementos, a hibridização do carbono, a delocalização por ressonância, o efeito indutivo sacador de elétrons, a estabilidade dos ácidos e bases conjugadas, etc. Como esses conceitos foram trabalhados anteriormente, esperava-se observar uma maior facilidade dos estudantes nesse momento do módulo.

Por fim, ocorreu a discussão dos aspectos termodinâmicos e cinéticos de uma reação química, onde foram utilizados gráficos de energia para embasar o conteúdo:

Aspectos Termodinâmicos e Cinéticos de uma Reação Química

Aspectos Termodinâmicos e Cinéticos de uma Reação Química

Aspectos Termodinâmicos e Cinéticos de uma Reação Química

Aspectos Termodinâmicos e Cinéticos de uma Reação Química

Figuras 21a, 21b, 21c e 21d: utilização de representações gráficas para a discussão de aspectos termodinâmicos e cinéticos de uma reação química.

A utilização de representações gráficas é bastante recorrente e importante nas discussões de conteúdos científicos. Com os gráficos utilizados pela docente, por exemplo, ela pode discutir conceitos como energia livre, estabilidade de intermediários de reações, os motivos da instabilidade do estado de transição, etc. Assim, os recursos gráficos são outras ferramentas visuais consideradas bastante funcionais para o ensino de química.

b) Estereoquímica

O ensino de estereoquímica talvez seja um dos tópicos da Química Orgânica onde a visualização das estruturas em questão seja mais importante e necessária.

Nesse sentido, as simulações computacionais podem ser utilizadas como suporte ao trabalho do professor para facilitar a visualização de elementos abstratos, servindo eficientemente para melhorar o aprendizado significativo de diversos conceitos em ciências (ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2007).

No módulo em questão, inicialmente são discutidos conceitos como polarização da luz e atividade ótica. Utilizou-se para facilitar a explicação modelos de bolas e varetas e animações:

Figuras 22a, 22b e 22c: utilização de animações para explicar conceitos de isomeria óptica.

Na sequência passou-se a trabalhar conceitos de quiralidade. Já nesse momento são feitas analogias para tentar facilitar a compreensão de simetria, por meio de imagens e animações:

Elementos de Simetria

- ✓ **Plano de simetria:** é um plano imaginário que divide um objeto em duas metades que são as imagens especulares umas das outras

Elementos de Simetria

20

Figuras 23a e 23b: utilização de imagens e analogias para abordar o tema simetria.

Essas analogias, a exemplo dos híbridos de ressonância utilizados anteriormente, buscam aproximar os conteúdos abstratos do cotidiano do aluno, por meio de exemplos que envolvam materiais do seu dia-a-dia.

Em seguida começa a utilização de representações e imagens que buscam discutir a tridimensionalidade das espécies químicas, buscando-se a variação do tipo de modelo discutido, visando-se facilitar a compreensão das estruturas:

Plano de Simetria

Elementos de Simetria

24

Figuras 24a, 24b e 24c: utilização de imagens e animações para a discussão de simetria e tridimensionalidade.

Sem um modelo mental em escala molecular, os estudantes geralmente não podem apreciar a relação entre essa escala molecular e o fenômeno observado macroscopicamente e, ultimamente, eles têm dificuldade em perceber a relevância da Química em suas vidas.

(VENKATARAMAN, p. 62, 2009, tradução nossa)

Mais uma vez percebe-se a preocupação em que os alunos tentem formar modelos mentais de como são essas estruturas no espaço, variando-se, por exemplo, o ângulo de visualização das espécies (“vista lateral” e “vista por cima”). Imagina-se que os alunos que são capazes de formar um bom modelo mental dessas estruturas conseguirão perceber mais facilmente os elementos de simetria que estão sendo trabalhados, conforme a literatura analisada anteriormente.

Discutiu-se então o que são as espécies enantiômeras e como nomeá-las segundo alguns critérios oficiais; em seguida foram trabalhadas também as projeções de Fisher, utilizando preferencialmente a linguagem simbólica, por meio de fórmulas estruturais no plano. Nesse momento buscou-se apresentar diferentes meios de se representar a mesma estrutura molecular.

Durante quase toda a discussão de stereoquímica, a docente utiliza também modelos físicos, com bolinhas e varetas, para facilitar a visualização. Percebe-se a preocupação de variar o modelo trabalhado em sala. Uma parte dos alunos presentes na sala acabou por adquirir modelos de moléculas. Ao serem questionados sobre o motivo, disseram que a presença dos modelos físicos os auxiliaram no desenvolvimento dos exercícios propostos e que julgam que no futuro poderiam auxiliar os seus trabalhos como docentes.

Na sequência iniciou-se a discussão sobre diastereoisômeros e, mais uma vez, utilizou-se uma série de imagens para facilitar a compreensão:

Figuras 25a e 25b: utilização de imagens para a discussão de enantiômeros e diastereoisômeros.

Esse é outro aspecto de difícil compreensão para os alunos e que pode ser facilitado utilizando-se ferramentas visuais. A diferença entre espécies enântiômeras (que são compostos formados por imagens especulares não sobreponíveis) e diastereoisômeras (estereoisômeros que não são imagens especulares) costuma ser um aspecto bastante difícil de ser abordado sem o auxílio de recursos visuais. Assim, mais uma vez, a professora procura utilizar esses recursos visuais, apoiando-se em diversos tipos de modelos para representar os conceitos trabalhados.

Para encerrar o tema, vários exemplos de compostos quirais que podem ser reconhecidos facilmente, pois fazem parte do cotidiano da maioria dos alunos, foram discutidos (nicotina, adrenalina, talidomida, etc.). As estruturas moleculares desses compostos foram observadas e comparações envolvendo estereoquímica foram feitas. Como era de se esperar, ao utilizar exemplos bastante próximos da realidade desses professores o efeito foi bastante positivo, no aspecto de despertar atenção e curiosidade. Nesse sentido, os docentes em formação continuada possuem praticamente o mesmo tipo de reação às ferramentas que os seus alunos de Ensino Médio.

c) Reações de Substituição Nucleofílica Alifática e Eliminação

Inicialmente foi exibido um filme de um experimento onde se observava uma reação química (cloreto de t-butila com hidróxido de sódio). A equação da reação era apresentada e servia como iniciador da discussão sobre esse tipo de reação orgânica: substituição nucleofílica.

Nesse sentido, as TIC (tecnologias da informação e comunicação) constituem um meio de acesso à informação, através de um instrumento cada vez mais acessível para a população (os computadores). Essa ferramenta pode ser utilizada pelos alunos e professores para pensar, criar, comunicar e intervir sobre numerosas situações.

No módulo em questão, como o trabalho teria que ser desenvolvido de maneira bastante rápida, utilizou-se o computador para ilustrar um procedimento experimental, já que não seria possível levar os alunos ao laboratório.

Figuras 26a, 26b, 26c e 26d: filme do experimento de cloreto de t-butila com hidróxido de sódio, para a introdução do tema reações de substituição nucleofílica.

Abordaram-se então os conceitos de nucleofilicidade, substrato, grupo de partida e produto, por meio da linguagem simbólica e diversos exemplos de diferentes reações. Variando-se as espécies envolvidas procurava-se aprofundar a discussão sobre as condições reacionais trabalhadas:

Substituição Nucleofílica Alifática

✓ **Substituição nucleofílica:** qualquer reação em que um nucleófilo substitui um átomo ou grupo.

Figura 27: utilização da linguagem simbólica para a discussão das espécies envolvidas em uma reação de substituição nucleofílica alifática.

Durante toda a discussão sobre o tema foram utilizadas representações das espécies por meio de fórmulas, algumas vezes moleculares, outras estruturais, procurando-se evidenciar os motivos para que a reação entre aqueles envolvidos fosse possível, motivos esses que tinham sido estudados anteriormente (eletronegatividade, estabilidade por ressonância, acidez e basicidade, etc.).

Utilizaram-se novamente imagens durante a discussão de reatividade dos substratos, onde a visão espacial era bastante importante, pois a facilidade da reação dependia da posição dos grupos envolvidos (impedimento estérico):

Figuras 28a, 28b, 28c e 28d: utilização de imagens para a discussão da reatividade dos substratos.

Mais uma vez, como não se podia levar os alunos para o laboratório, a docente se utilizou de filmes que mostravam experimentos ilustrando o assunto que estava sendo discutido:

Figuras 29a, 29b, 29c e 29d: filme do experimento de diferentes substratos com hidróxido de sódio, para ilustrar a diferença de reatividade desses substratos.

Uma série de exemplos do mecanismo das reações foi discutida, utilizando-se animações onde cada etapa da reação era acompanhada pelo diagrama de energia.

Os primeiros exemplos utilizados foram das reações de substituição nucleofílica bimolecular (S_N2), onde as duas espécies, o nucleófilo e o haleto de alquila, participam da etapa da reação cuja cinética está sendo medida e a reação ocorre em uma única etapa, sem a formação de intermediários, com o nucleófilo atacando o substrato (haleto de alquila) pelo lado oposto ao grupo de saída.

Pela própria definição das reações de substituição nucleofílica bimolecular já se percebe a importância da formação mental de modelos e da visualização: é necessário que se saiba a posição do grupo de saída de um substrato, para que o nucleófilo o ataque pelo lado oposto; ou seja, sem a imagem mental desse substrato, a compreensão desse tipo de reação fica bastante prejudicada.

Além disso, discutem-se também os motivos da espécie de transição ser instável e tão energética através dos diagramas de energia e da representação dessa espécie em três dimensões:

Figuras 30a, 30b, 30c e 30d: utilização de animações para a discussão da energia envolvida em uma reação de substituição.

Nesse momento, a docente utilizou diversos softwares de animações e simulações computacionais, onde se observava o mecanismo de uma reação, como as espécies estavam no espaço, diagramas de energia, aproximação dos reagentes, efeitos estéricos, etc.

Hardwares computacionais, visualização científica e métodos computacionais de visualização foram capazes de multiplicar as representações conceituais e visuais dos conceitos atômicos e moleculares. A pesquisa computacional em ciências torna bastante eficiente o uso dos recursos computacionais disponíveis na simulação do comportamento de sistemas complexos.

(ARROIO; HONORIO, p. 18, 2008, tradução nossa)

Figuras 31a, 31b, 31c e 31d: utilização de animação para exemplificar e discutir uma reação de substituição nucleofílica.

Em paralelo, sempre recorria a imagens e linguagem simbólica para auxiliar a compreensão dos mecanismos de reação:

Teoria do Estado de Transição

A velocidade da reação é determinada pela passagem do sistema por uma configuração estrutural de energia máxima (o estado de transição) antes de atingir a configuração final dos produtos.

Figura 32: utilização de imagens para a discussão do mecanismo das reações de substituição.

Iniciou-se então uma discussão acerca do efeito dos solventes nas reações, o que envolvia novamente os conceitos estudados, bem como a utilização de recursos visuais para facilitar a compreensão:

Figuras 33a e 33b: utilização de imagens para a discussão do efeito dos solventes na reação.

Nesse momento percebe-se que a polaridade das moléculas (conceitos estudados anteriormente) envolvidas em uma reação é fator primordial para a solubilidade desses compostos e, conseqüentemente, para a reação. A percepção visual dessas propriedades como, por exemplo, a orientação das moléculas do solvente frente a uma espécie solubilizada, pode facilitar a compreensão dessa propriedade.

Na sequência, discutiu-se a eficiência dos nucleófilos nessas reações, utilizando-se os conceitos revisados anteriormente e recursos visuais, como imagens e animações:

Figura 34: utilização de imagem para a discussão da eficiência dos nucleófilos.

Percebe-se que a visualização é extremamente importante nessa discussão: além do nucleófilo atacar o substrato pelo lado oposto ao grupo de partida (permitindo a formação do estado de transição), fato esse que já exigiria a formação mental de um modelo que sustentaria essa explicação, esse nucleófilo não pode ser um grupo volumoso, pois causaria um efeito estérico. A explicação desse efeito é bastante facilitada quando a professora utiliza ferramentas visuais para conduzir a discussão.

Nesse sentido, o uso de computadores pode auxiliar nesse processo de visualização e modelagem, pois essa ferramenta facilita a observação das estruturas químicas pelos estudantes, facilitando na tarefa de relacionar as explicações submicroscópicas dos sistemas químicos em análise, com as observações fenomenológicas. O aluno é capaz de construir um saber científico, mais especificamente químico, se ele consegue visualizar o processo submicroscópico (EBENEZER, 2001).

Por fim, discutiu-se a contribuição dos grupos de partida para as reações de substituição bimoleculares, utilizando-se preferencialmente a linguagem simbólica.

Para iniciar a discussão das reações de substituição nucleofílica unimoleculares (S_N1), a docente trouxe um exemplo de reação onde a velocidade era independente da concentração de um dos reagentes, o que indicava uma reação de primeira ordem, onde apenas a concentração do haleto de alquila afeta a velocidade, ou seja, participa da etapa limitante ou lenta da reação. O nucleófilo deve estar envolvido em outra etapa do processo.

Enfatiza a diferença entre as reações de S_N1 e S_N2 , dizendo que na primeira ocorre inicialmente a perda do grupo de saída, antes da aproximação do nucleófilo, ocorrendo a formação de um intermediário.

Nesse momento, a professora exibe um filme que começa a discussão entre as diferenças dos fatores que influenciam uma reação S_N1 e uma S_N2 . No filme, que apresenta um experimento feito com diferentes substratos (brometos de alquila primários, secundários e quaternários), observa-se o efeito deles na velocidade da reação, sendo o terciário bem mais reativo. Além do filme, a docente discute por meio de equações e dados experimentais, retomando a estabilidade dos carbocátions intermediários. Também recorre a animações para ilustrar o mecanismo das reações:

Figuras 35a, 35b, 35c, 35d, 35e e 35f: utilização de animação para ilustrar o mecanismo de reação de substituição nucleofílica unimolecular.

Como para as reações S_N2, a discussão dos efeitos do solvente, do nucleófilo e do grupo de partida foi feita, mas de uma maneira muito mais rápida e com pouca utilização de recursos visuais.

Por fim, terminando o assunto de reações de substituição, foram apresentadas diversas tabelas que diferenciavam os dois tipos de reação de substituição, procurando facilitar a localização e síntese das informações para os estudantes.

Iniciou-se então o trabalho com as reações de eliminação, onde a todo o momento eram feitas comparações com as reações de substituição. Discutiu-se o efeito da orientação espacial dos reagentes para a ocorrência ou não das reações, utilizando-se figuras que buscavam facilitar a compreensão dos fenômenos:

Estereoquímica dos reagentes

✓ Isômero *cis*. O correspondente isômero *trans* não reage por uma reação E2.

Regiosseletiva

14

Estereoquímica dos reagentes

✓ Somente a conformação da cadeia menos estável pode sofrer uma reação E2

3-Isopropil-ciclo-hexeno

19

Figuras 36a e 36b: utilização de imagens para a discussão da estereoquímica dos reagentes em uma reação de eliminação.

Discutiram-se então as mesmas influências das reações de substituição: grupo de partida, efeito do solvente, rearranjo de intermediários, substrato e nucleófilos.

Ao final desse módulo, tabelas e esquemas com as diferenças entre as reações de substituição e eliminação são apresentados, visando sintetizar e organizar quase todos os conceitos aprendidos nesses encontros. Vários exemplos são dados, competindo aos alunos determinarem qual mecanismo de reação que vai acontecer naquelas circunstâncias fornecidas.

Observou-se, durante o acompanhamento do módulo em questão, que ele foi bastante rico em relação à utilização dos recursos visuais e modelos, objetos de análise dessa dissertação. Embora fujam do tema abordado, outros aspectos foram observados: os alunos demonstraram interesse nas aulas, a docente conseguiu estabelecer um vínculo positivo com os estudantes, o que gerava um dinamismo nas aulas, já que estes se sentiam bastante a vontade para questionar.

Como dito anteriormente, não caberá a essa tese a análise aprofundada dos recursos visuais utilizados, pois isso fugiria do propósito. O foco do trabalho reside em observar o contexto em que esses recursos foram empregados, como os alunos (docentes em formação continuada) lidaram com essas ferramentas e se esse tipo de abordagem terá alguma influência sobre suas práticas docentes mais adiante.

Assim, ficamos satisfeitos com essa etapa do processo: o módulo observado utilizou bastantes recursos visuais e modelos, de diferentes formas e em diferentes contextos. Isso possibilitará as análises posteriores, de alguns momentos de atividades propostos pela docente e do questionário que ocorreu após o término do trabalho.

5.3. Exercícios propostos

Durante o módulo, a docente propôs a realização de alguns exercícios de verificação utilizando-se modelos físicos (estilo bola e varetas). Nesses momentos, alguns alunos recorriam aos *kits* adquiridos ao longo do curso, enquanto outros utilizavam os *kits* da professora, disponíveis nessas ocasiões de atividade.

Alguns desses exercícios, em que os alunos utilizaram os modelos físicos, foram os seguintes:

1. Observe as representações estruturais abaixo e responda aos seguintes itens:
 - a) Quais das seguintes figuras representam conformações idênticas da mesma substância?
 - b) Quais representam diferentes conformações da mesma substância?
 - c) Quais representam isômeros constitucionais?

Exercício 06. Em cada um dos pares de compostos abaixo, um é quiral e outro aquiral. Identifique-os.

Exercício 07. Especificar a configuração absoluta (*R* ou *S*) de cada um dos centros quirais das substâncias abaixo:

Ibuprofen (analgésico e anti-inflamatório)

Exercício 08. Identifique a relação existente entre os pares de moléculas abaixo (isômeros constitucionais, estereoisômeros ou são idênticas). Se forem estereoisômeros, são as moléculas enantioméricas ou diastereoisoméricas?

Figura 37: exercícios propostos durante o módulo, onde se utilizou modelos físicos.

Nesse momento, muitos alunos disseram ter dificuldades em compreender certas representações moleculares, que procuram representar estruturas que são tridimensionais no plano; perceberam durante os exercícios que os modelos de bastão auxiliaram no processo de identificação de moléculas idênticas e isômeras.

5.4.Questionário pós-curso

Após a conclusão do módulo, novamente fez-se uma coleta de dados na forma de questionário (Anexo 8.2). Mais uma vez, analisaremos com mais profundidade os alunos do curso de pós-graduação que exercem a profissão de docentes, foco principal da nossa pesquisa. Além disso, procuraremos comparar as respostas dadas no questionário inicial com essas novas respostas.

a) Em relação à expectativa

A primeira pergunta procurava perceber se as expectativas iniciais foram atendidas pelo curso. Na tabela a seguir, procuraremos comparar as expectativas descritas inicialmente e as respostas encontradas nesse instrumento de coleta:

Tabela 10: expectativas dos alunos antes e após o módulo - continua

Aluno	Expectativas (questionário inicial)	Expectativas (questionário pós-curso)
A.M.A	Complementar meus conhecimentos	Nem em todos os sentidos foram atendidas. O tempo foi curto (...) Em relação ao conteúdo, o módulo foi positivo, pois revi muitos assuntos esquecidos além de aprender novos assuntos.
A.L.R.	Atualizar meus conhecimentos e aprofundá-los	Sim. Tive a oportunidade de me aprofundar em conteúdos que eu já conhecia, o que era exatamente meu objetivo
C.V.P.	Relembrar alguns conceitos, me aprofundar em outros.	Boa parte. Senti falta de exercícios.
F.M.C.N.	Me atualizar e continuar sempre aprendendo	Sim. Aprendi e me atualizei em relação à matéria.
I.A.S.	Aprofundar os conceitos relacionados à matéria e suprir alguns “buracos” da graduação	Sim. Dentro do esperado consegui rever alguns conteúdos e aprofundar conhecimentos de estavam superficiais. Também foi possível perceber que tenho dificuldades e “buracos” em alguns conceitos fundamentais
J.R.M.	Revisitar o conteúdo e aperfeiçoar algumas questões que não tenham sido estabelecidas na graduação	Para esse módulo minhas expectativas foram atendidas, pois a revisão de alguns tópicos foi satisfatória.
J.V.J.	Adquirir um conhecimento mais específico de reações orgânicas	Não completamente. As reações de eliminação não foram bem desenvolvidas.

Tabela 10: expectativas dos alunos antes e após o módulo - continuação

Aluno	Expectativas (questionário inicial)	Expectativas (questionário pós-curso)
J.R.C.	Me aprofundar melhor no conteúdo e ter mais informações do que eu tive na graduação.	Sim, pois acrescentou muito ao que aprendi na graduação.
J.B.	Suprir a lacuna na graduação	Sim. Muitas dúvidas que vinham da graduação foram esclarecidas
L.M.	Ampliar meus conhecimentos e “tapar os buracos” deixados na graduação	Sim, principalmente os conteúdos que sanaram uma grande defasagem que eu tinha, deixada pela graduação.
M.S.S.	Atualização do conteúdo e forma de se expressar melhor em relação à disciplina.	Na sua maioria sim. As aplicações dos exercícios e as correções ajudaram.
M.E.G.	Reavaliar meus conceitos e a minha postura durante o ato de ensinar. Aprender novidades.	Foi atendido.
M.Y.N.	Entender melhor os mecanismos das reações.	Sim, pois alguns mecanismos de reações que eram simplesmente “aceitos” passaram a ser entendidos por mim.
M.C.I.	Ajudar a entender a Química Orgânica.	Não, no sentido em que eu não tinha base para o aprendizado dessa disciplina, então encontrei muita dificuldade durante o módulo, pois a disciplina agrega conhecimentos mais detalhados e específicos a quem teve mais contato com a disciplina anteriormente.
P.A.I.N.N.	Preencher essas lacunas de aprendizagem e adquirir novas ferramentas para utilizar em sala de aula.	Em partes. Consegui relembrar conceitos da graduação e aprender muitas coisas novas. Acredito que as lacunas da graduação e a falta de tempo para estudo me atrapalharam.

Tabela 10: expectativas dos alunos antes e após o módulo - conclusão

Aluno	Expectativas (questionário inicial)	Expectativas (questionário pós-curso)
R.M.C.	Aprimoramento profissional	Todas as minhas expectativas foram atendidas, pois tinha dificuldades com mecanismos.
R.S.	Entendimento de mecanismos de reações.	Parcialmente sim. Eu cheguei à conclusão de que eu necessito estudar mais.
R.C.S.	Relembrar e aprender novos métodos de ensino, para aperfeiçoar minhas aulas na escola pública.	Mais ou menos. Faltei em duas aulas, e algumas estavam dentro do que eu esperava.
R.M.F.	Retomar os conceitos esquecidos.	O módulo ajudou, porém o curso é de pequena extensão. Gostaria que fosse um pouco mais longo para revisar com mais detalhes.
R.M.R.	Revisar e informações novas.	Sim, muitos assuntos como mecanismos de reação, ressonância, foram mais detalhados na pós.
T.M.S.	Não tenho muitas.	Sim, de certa forma até superaram minhas expectativas.

Em relação às expectativas dos alunos, percebe-se que o módulo em questão acabou atendendo a maioria dos envolvidos:

Figura 38: atendimento das expectativas dos alunos do curso.

Cabe ressaltar ainda que as duas respostas negativas à questão apresentam justificativas distintas: a primeira que o curso não foi aproveitado por deficiência em conteúdos, proveniente da graduação; a segunda cita apenas um aspecto do curso, que foram as reações de eliminação. Assim, percebe-se que os alunos, de maneira geral, aproveitaram o módulo, de acordo com as suas necessidades.

b) Em relação às dificuldades e facilidades encontradas.

Nesse momento, procuraremos comparar a pergunta do questionário inicial, que pedia uma descrição do curso de orgânica que os alunos tiveram na graduação, com as duas perguntas do questionário final, que procuravam identificar as dificuldades e facilidades encontradas no módulo de pós-graduação.

Para isso, nos apoiaremos na análise dessa pergunta do questionário inicial, feita anteriormente, cujo resultado nos mostrou que 15 alunos (o que corresponde a 71,4%, lembrando que estamos analisando apenas os que são docentes) responderam que o curso não foi adequado de alguma maneira, que não lembram o que foi trabalhado ou que tiveram muitas dificuldades em conseguir acompanhar a turma de graduação, apresentando muitas lacunas de conhecimento dos conteúdos.

Tabela 11: dificuldades e facilidades encontradas pelos alunos - continua

Aluno	Orgânica na graduação	Dificuldades	Facilidades
A.M.A	Não adequado.	Ressonância, pois foi algo novo. A isomeria foi difícil também pela minha dificuldade de enxergar as estruturas no espaço.	Mecanismos de reações, pois houve mais tempo para discussão. Além disso, já havia tido maior contato com o assunto.

Tabela 11: dificuldades e facilidades encontradas pelos alunos - continuação

Aluno	Orgânica na graduação	Dificuldades	Facilidades
A.L.R.	Adequado.	SN1/ SN2 e E1/ E2. O único motivo para as dificuldades foi minha falta de dedicação.	Visão espacial (estereoquímica). Tinha mais tempo para me dedicar e utilizei modelos que me auxiliaram.
C.V.P.	Não adequado.	E1/ E2	Estereoquímica. Boa explicação da professora e utilização de bons recursos visuais.
F.M.C.N.	Não adequado.	Ressonância, efeito indutivo e quiralidade. Quase não tive esses tópicos na graduação.	Isomeria é uma parte que mais trabalhamos com o Ensino Médio. Além disso, a utilização dos modelos de varetas ajudou muito.
I.A.S.	Não adequado.	Isomeria (dificuldade de visão 3D) e ressonância (dificuldade da matéria e falta de dedicação)	Não foi fácil nenhum conceito (...) falta de conceitos fundamentais e tempo para dedicação.
J.R.M.	Adequado.	Reações de eliminação. Pouca dedicação em leituras extra-sala e resolução de exercícios.	Reações de substituição.
J.V.J.	Não adequado.	Ressonância e reações de substituição. Motivo: conhecimento insuficiente desses conteúdos por parte do aluno.	Estereoquímica. Motivo: assunto já abordado em outro módulo. Além disso, as imagens e abordagens utilizadas pela professora auxiliaram.

Tabela 11: dificuldades e facilidades encontradas pelos alunos - continuação

Aluno	Orgânica na graduação	Dificuldades	Facilidades
J.R.C.	Não adequado.	Ressonância, pois foi pouco aprofundado na graduação.	As substituições nucleofílicas. A explicação da professora ajudou muito.
J.B.	Não adequado.	Ressonância é muito difícil.	Não tive facilidade em nada, orgânica para mim é muito difícil.
L.M.	Não adequado.	Reações de eliminação.	Reações de substituição, ressonância, devido à didática da professora Patrícia.
M.S.S.	Não adequado.	Mecanismos de reações. Pouco tempo.	Isomeria, ressonância.
M.E.G.	Adequado.	Ressonância, pois não conhecia o conceito e tive dificuldade em encontrar material.	Carbocátion e isomeria. Apesar de ter dificuldade em enxergar os modelos, o material utilizado me auxiliou.
M.Y.N.	Não teve Química Orgânica.	A dificuldade inicial foi a respeito das projeções de Fisher, mas foram sanadas com o uso dos modelos da professora.	Reações químicas, devido à utilização de vídeos, simulações e animações.
M.C.I.	Não teve Química Orgânica.	Todos, devido à minha formação anterior não ter me dado base suficiente.	_____
P.A.I.N.N.	Não adequado.	SN1/ SN2 e ressonância, devido à falta de dedicação e tempo para os estudos.	Estereoquímica. Recursos didáticos utilizados facilitaram bastante.
R.M.C.	Adequado.	Mecanismos de reações é um conteúdo que julgo ser complexo pelo número de informações.	Ressonância, pois fiz bastantes exercícios na graduação.

Tabela 11: dificuldades e facilidades encontradas pelos alunos - conclusão

Aluno	Orgânica na graduação	Dificuldades	Facilidades
R.S.	Não adequado.	Mecanismos de reações. Eu não tive este conteúdo adequadamente na graduação.	Geometria molecular e estereoquímica. Bons recursos didáticos e este conteúdo foi melhor explorado.
R.C.S.	Não adequado.	Ressonância e substituição (...) falta de tempo em estudar.	Tive dificuldade em todos os tópicos.
R.M.F.	Adequado.	Reações de substituição.	Reações de eliminação.
R.M.R.	Adequado.	Mecanismos de reações e ressonância.	Composto quiral e isomeria. A metodologia do professor (uso de modelos, exercícios, etc.) facilitou o entendimento do assunto.
T.M.S.	Não adequado.	Ressonância e substituição nucleofílica.	—

Nas respostas observadas para as dificuldades, percebe-se que a compreensão dos mecanismos de reação e das estruturas de ressonância foram os principais indicados:

Figura 39: principais dificuldades conceituais enfrentadas pelos alunos.

Parte dos alunos atribui essa dificuldade à falta de tempo e dedicação por parte deles mesmos (6 comentários remetendo a isso) e parte atribui a uma graduação não adequada para o ensino de Química Orgânica (7 comentários). Esses dados acabam confirmando as análises anteriores desses alunos sobre os seus cursos de graduação.

Em relação às facilidades observadas pelos alunos, percebe-se que a maioria deles transitou melhor nos conteúdos envolvendo isomeria/ estereoquímica:

Figura 40: principais facilidades conceituais indicadas pelos alunos.

Nesse momento, o que nos chamou atenção e acabou por comprovar o nosso referencial teórico foram algumas justificativas que apareceram de forma espontânea, já que a questão não induzia a qualquer tipo de resposta; das 9 respostas indicando que a maior facilidade residia no conteúdo de isomeria/ estereoquímica, 8 alunos justificaram essa facilidade aos recursos visuais utilizados pela docente. Além disso, 1 dos 6 alunos que encontraram facilidade nos mecanismos de reações também atribui esse fato à utilização de recursos visuais (animações, vídeos e simulações).

Assim, dos 13 alunos que citaram ter facilidade em algum dos conteúdos e justificaram essa facilidade de alguma maneira, 9 deles atribuíram esse fato aos recursos didáticos utilizados pela docente, o que corresponde a 69% das respostas.

c) Em relação à metodologia empregada pela docente e os instrumentos visuais utilizados

A pergunta de número 5 do questionário pós-curso pedia para que os alunos indicassem o que mais havia chamado à atenção na metodologia de ensino da professora. As respostas que apareceram mostraram o seguinte:

Figura 41: aspectos relevantes destacados na metodologia empregada.

Essa pergunta reforça os dados obtidos anteriormente: 10 respostas (o que corresponde a cerca de 36%) citam diretamente a utilização de instrumentos que facilitam a visualização (modelos, vídeos, simulações e animações) como aspectos relevantes da metodologia utilizada pela docente. Se somarmos esses dados com os alunos que responderam que o que chamou a atenção foi o material utilizado de uma maneira geral, sem especificar melhor, teremos 15 respostas, o que passa a corresponder a cerca de 54% das respostas. Como o material utilizado pela docente durante todo o curso foi bastante apoiado em recursos visuais, consideramos essa segunda análise bastante válida.

A pergunta de número 6 questionava se a utilização de instrumentos visuais havia facilitado o aprendizado. Como respostas, tivemos 19 alunos dizendo que esses recursos facilitaram a compreensão (o que corresponde a cerca de 90%), 1 aluno não respondeu a questão e 1 aluno disse que facilitou parcialmente. Contudo, 4 alunos fazem referência à utilização desses recursos para que conseguisse efetivamente “enxergar” estruturas e mecanismos. Esse dado conversa bastante com a pergunta 5 questionário inicial (O que você entende por capacidade de visualização? Você já teve acesso a algum material que trata desse assunto? Qual (ais)?) onde analisamos que aproximadamente 43% dos professores em formação continuada responderam a pergunta sobre visualização no sentido de enxergar estruturas, moléculas, reações.

A pergunta 7 pedia para que os alunos respondessem o que entendem por modelos científicos e se a professora havia utilizado modelos durante o curso. Nesse momento, mais uma vez acreditamos ser importante a transcrição das respostas, assim como constam nos documentos entregues:

Tabela 12: concepções sobre modelo - continua

Aluno	Compreensão de modelo	Docente utilizou?
A.M.A	Os modelos científicos são metodologias que auxiliam na explicação de fatos reais ou experimentais.	Sim (efeito indutivo, ressonância, hibridação).
A.L.R.	—	—
C.V.P.	Sinceramente, não sei responder esta pergunta. Acredito que sejam modelos com fundamento teórico e experimental no seu uso.	—
F.M.C.N.	Modelo científico é um modelo que foi experimentalmente descoberto.	Sim (orbitais moleculares)
I.A.S.	Sim, modelos científicos são “artifícios visuais” e “conceituais” para facilitar e argumentar os experimentais.	—
J.R.M.	Utilizamos modelos para representar uma situação na qual queremos compreender com maior riqueza de detalhes.	O modelo do tipo bola e vareta utilizado.

Tabela 12: concepções sobre modelo - continuação

Aluno	Compreensão de modelo	Docente utilizou?
J.V.J.	Modelo é uma teoria para explicar um determinado fenômeno, comprovado experimentalmente.	Sim, ressonância e reações de substituição.
J.R.C.	Nunca tinha utilizado esses modelos.	Sim, vários tipos.
J.B.	Modelos são representações da realidade, porém não é a própria realidade.	Sim, muito.
L.M.	Mod. científicos são representações utilizadas para ilustrar certa situação observada experimentalmente.	Sim.
M.S.S.	Materiais que facilitam na explicação de certos assuntos.	Utilizou modelos de esferas para explicar isomeria e nomenclatura.
M.E.G.	É a maneira de explicar um fenômeno através de representações.	Usou modelo em filmes, slides.
M.Y.N.	É aquele que tenta representar com a maior fidelidade os fenômenos científicos, porém está aberto a novas alterações.	Sim, reações químicas e projeções de Fisher.
M.C.I.	—	—
P.A.I.N.N.	Modelos criados para explicar teorias científicas.	—
R.M.C.	Modelo que foi construído segundo o método científico.	Sim, Lewis.
R.S.	Eu não reconheço este termo.	—
R.C.S.	São os instrumentos visuais?	Se sim, foi utilizado pela professora, e foi de grande ajuda.
R.M.F.	É uma ideia simplificada de um sistema mais complexo.	Poucos modelos foram utilizados.
R.M.R.	São ideias usadas para esclarecer uma determinada teoria.	Sim, vídeos relacionados a reações.

Tabela 12: concepções sobre modelo - conclusão

Aluno	Compreensão de modelo	Docente utilizou?
T.M.S.	São modelos visuais utilizados para demonstração dos mecanismos de reação.	—

Essas respostas nos mostram que parte dos docentes em um curso de pós-graduação desconhece o significado do termo modelo, enquanto outra parte apenas se aproxima da definição. Esses dados se relacionam com a pergunta 6 do questionário inicial, sobre modelagem. Naquele momento, 10 professores, o que corresponde a cerca de 48%, confundiram o termo modelagem com modelo, 1 professor chegou mais próximo do conceito e os outros 10 analisados nada responderam ou disseram não conhecer o assunto.

Dessa forma, percebeu-se que a grande maioria dos professores analisada não chegou próximo aos conceitos de modelagem e modelo, mesmo após serem submetidos a um curso que utiliza esses instrumentos constantemente.

d) Em relação ao efeito do curso sobre a prática docente

As perguntas 8 a 11 do questionário pós-curso buscavam perceber possíveis efeitos desse módulo de especialização na prática docente desses professores.

A pergunta 8 questiona se os docentes acreditam que o módulo de pós-graduação em questão poderia afetar a maneira de dar aula desses profissionais. Nesse momento, 18 professores, o que corresponde a cerca de 86%, acreditam que sim, 1 professor acredita que não e 2 deles não responderam.

Quando questionados em que sentido suas aulas seriam afetadas, tivemos as seguintes respostas:

Figura 42: em que sentido a prática docente dos professores submetidos ao curso foi afetada.

Percebe-se que a maioria dos professores sentiu uma influência positiva do módulo de pós-graduação na sua prática docente e passou a refletir mais sobre a utilização de recursos visuais e modelos em suas aulas.

As questões 9 e 10 perguntam se os professores utilizariam algum instrumento visual empregado pela professora em suas aulas, por qual motivo o fariam e em que conteúdos de Química aplicariam essas ferramentas.

Vinte professores, o que corresponde a 95% dos questionados, responderam que utilizariam em suas aulas e apenas 1 docente responde que não. Nem todos justificaram os motivos dessa utilização, mas as respostas que apareceram tiveram a seguinte distribuição:

Figura 43: motivos para o emprego nas aulas dos docentes dos instrumentos visuais apresentados no curso.

Muitos professores defendem que, da mesma maneira que os instrumentos visuais utilizados os auxiliaram em uma maior compreensão dos conteúdos, eles poderiam facilitar o aprendizado de seus alunos também e, por isso, ficariam mais atentos à utilização desses recursos em sala de aula.

Nesse aspecto, percebemos uma mudança em relação à pergunta 12 do questionário inicial (Você utiliza algum material com representações visuais em suas aulas além do livro didático? Com que frequência?); naquela pergunta, prevaleciam às citações de muito frequentemente e frequentemente (que somavam 57%). Considerando que no questionário pós-curso 95% dos professores responderam que utilizariam os recursos visuais nas suas aulas após o curso, pode-se inferir que, nesse aspecto, a metodologia empregada teve um bom resultado, pelo menos no campo das intenções dos docentes.

A questão 10 buscava perceber em quais conceitos da Química os instrumentos visuais poderiam ser utilizados, do ponto de vista dos professores. Mais uma vez, podemos fazer uma comparação com a questão 13 do questionário inicial. Naquele momento, as respostas que apareceram para a mesma pergunta foram as seguintes:

- Com apenas uma citação, apareceram os conteúdos separação de misturas, polaridade e solubilidade, leis ponderais, cinética, equilíbrio, soluções, orbitais, reações, meio ambiente, físico-química e operações unitárias;
- Com duas citações, apareceram a Química Orgânica ou professores que disseram utilizar os recursos em praticamente todos os conceitos;
- Os mais citados, com 3 ou 4 apontamentos, foram as transformações químicas, a geometria molecular, a eletroquímica, os modelos atômicos e as ligações químicas;

Já no questionário pós-curso, tivemos um resultado diferente e muito mais abrangente: 15 professores, o que corresponde a 71%, responderam que é possível empregar algum instrumento visual em qualquer conteúdo da Química. As outras respostas especificaram um pouco mais a área, citando Bioquímica, Físico-Química, Ligações Químicas, Química Inorgânica e Cinética Química. Nesse sentido, podemos dizer que os professores ficaram mais receptivos à utilização dessas ferramentas, pois procuraram pensar em instrumentos diferenciados para qualquer conceito químico.

A última pergunta do questionário pós-curso era bastante direta: Quais os efeitos desse módulo de Orgânica sobre a sua prática docente? Explique.

Tivemos as seguintes respostas:

Figura 44: efeitos do módulo na prática docente.

Parte das respostas – cerca 37% do total - defende que passarão a utilizar mais recursos visuais e modelos, justificando que sentiram uma diferença na maneira de compreender os assuntos que estavam sendo abordados. Já 30% das respostas perceberam que o módulo analisado permitiu um maior aprofundamento dos conceitos, o que facilitaria e enriqueceria o trabalho em sala de aula. Ainda tivemos respostas defendendo que diversificarão mais a metodologia em sala de aula, pois isso facilita o aprendizado (15 %), que diversificarão também os exercícios e tipos de avaliações (7%) para abranger um grupo maior de estudantes e os professores que disseram que o módulo em nada contribuiu para a sua prática (11%).

Percebe-se então que muitos dos professores no curso de pós-graduação conseguiram aprender melhor os conceitos, pois estavam imersos em uma metodologia baseada na utilização de instrumentos visuais e que, de certa maneira, perceberam um benefício nessa abordagem e sentem interesse em empregá-la em sala de aula.

Nesse momento, cabe destacar mais uma vez que o objetivo do módulo em análise era o ensino de conteúdos de orgânica e não um curso de metodologia de ensino para uso de recursos visuais. Desta forma, essa dissertação acaba revelando a importância da metodologia e abordagem educacional em qualquer curso, não necessariamente o de orgânica, uma vez que nota-se o impacto que essa metodologia pode causar nas intenções de mudança de prática.

5.5. Questionário após 9 meses do término do curso

Após um período de tempo, foi enviado um e-mail aos 21 professores do curso com a seguinte pergunta: após esse tempo, você percebe alguma mudança na sua prática docente que poderia atribuir ao módulo de Química Orgânica? Se sim, qual (ais)?

Foram recebidas 17 respostas, o que correspondeu a cerca de 81% dos professores que estavam cursando a pós-graduação. Entre as informações recebidas, podemos destacar os seguintes dados:

Figura 45: análise dos docentes após 9 meses de curso.

Assim, esses dados reforçam as respostas apresentadas na figura 44, onde os docentes apresentavam intenções de modificar algo em sua prática docente após o contato com o curso, uma vez que 83% das respostas recebidas confirmaram um maior empenho na preparação e execução das aulas.

6. CONCLUSÕES

A utilização de modelos adequados que facilitem a visualização dos processos químicos envolvidos em determinado fenômeno observável tem como principal implicação facilitar o ensino dessa ciência. Vários autores apresentados nesse trabalho defendem que alunos expostos a metodologias de ensino que valorizem e incentivem esses dois processos, utilização de modelos e promoção da visualização, apresentam maior compreensão dos conceitos trabalhados pelos docentes.

Os educadores já perceberam que esse procedimento é fundamental para a compreensão dos fenômenos químicos e para a transição entre os diferentes tipos de representação (macroscópico, microscópico e simbólico). O ensino de química orgânica, além de outros conteúdos, e dos mecanismos das reações nesse campo da ciência é muito prejudicado pela falta de modelos mentais das moléculas envolvidas, o que pode acarretar em altos níveis de dificuldade de aprendizagem pelos alunos.

Essa pesquisa tinha como intuito perceber se professores submetidos a um curso de formação continuada, que utiliza modelos e ferramentas que facilitam a visualização, seriam levados à reflexão sobre esses instrumentos didáticos, sobre os conteúdos químicos abordados e sobre a sua própria prática docente. Além disso, se o contato com esses diversos instrumentos didáticos despertaria nesses professores o interesse de aplicar diferentes metodologias de ensino em suas salas de aula.

Pela análise dos materiais utilizados pela docente desse curso de formação continuada percebe-se a ênfase que esta dá aos recursos visuais, como suporte às explicações dos fenômenos observados. Mais além, pode-se dizer que alguns conceitos trabalhados pela professora seriam praticamente impossíveis sem essas ferramentas, como por exemplo, a estereoquímica.

Durante os momentos iniciais do curso, observou-se a tentativa de instrumentalizar os estudantes para a compreensão de fatores que afetam as reações orgânicas, como a eletronegatividade dos elementos, a polaridade das moléculas, as estruturas de ressonância, a hibridização dos orbitais de alguns elementos, etc. Todos esses conceitos parecem ser mais facilmente compreendidos quando existe o suporte de ferramentas visuais e modelos, além da utilização de diversos exemplos e da contextualização.

Procuramos observar como esse grupo de professores que estão no curso de formação continuada interagiu frente a esses instrumentos visuais, bem como se esse tipo de metodolo-

gia já fazia parte de sua prática docente. Além disso, após esse contato, observado na prática, procuramos perceber se esses professores utilizariam essas novas ferramentas em suas salas de aula.

Nesse ponto, vale ressaltar novamente um aspecto importante: o curso em questão não estava preocupado em apresentar para esses docentes essas ferramentas visuais; estava voltado aos aspectos conceituais envolvidos nas disciplinas em questão, mas, para tal, utilizava como metodologia uma abordagem sustentada pelas ferramentas visuais. Nesse aspecto, julgamos que o curso tenha três pontos bastante positivos como formação continuada desses alunos: trabalhar novamente aspectos importantes da ciência que talvez tenham sido esquecidos ou pouco trabalhados na graduação dos docentes; mostrar uma nova metodologia de ensino, apoiada basicamente em instrumentos visuais; apresentar a utilização dessa abordagem na prática, ou seja, aplicada a uma situação de aula, onde os instrumentos visuais estão sendo utilizados com o intuito de se explicar determinados conceitos.

Um aspecto que o curso não trabalha é a discussão da importância dessas ferramentas visuais na elaboração de significados em Química e que a escolha desses instrumentos deve ser acompanhada de reflexão. Além disso, que ao se utilizarem modelos deve-se sempre perceber e discutir as limitações dessas representações. Não acreditamos que os docentes que acompanharam o curso em questão estavam com essas questões em mente durante o módulo de orgânica, mas esse é um tipo de informação que procuramos perceber nas entrevistas individuais que fizemos.

Esse trabalho envolveu uma série de aspectos importantes, mas de difícil quantificação: diferenças entre as metodologias de ensino, entre as ferramentas didáticas utilizadas, entre diferentes professores e seus objetivos frente a um curso de formação continuada. Além disso, cada docente envolvido nesse curso trazia uma bagagem pessoal e profissional que influencia em suas escolhas e abordagens dentro da sala de aula. Nesse aspecto, acreditamos que a pesquisa qualitativa seja riquíssima: não se pode prever o resultado durante o andamento da mesma.

Os resultados coletados foram bastante intensos e que poderiam ser trabalhados sob diversos aspectos. Assim, cabe um rápido resumo, para elucidar esse pensamento:

- O questionário inicial nos mostrou uma turma de pós-graduação formada basicamente por professores de Ensino Médio, que buscavam um diferencial em seus currículos e que tinham a disposição em seus ambientes de trabalho recursos tecnológicos que poderiam ser utilizados em sala de aula. Quando utilizavam

esses recursos, atribuíam essa prática ao aumento de interesse, compreensão e visualização dos seus alunos;

- A maioria desses docentes julgava ter tido um curso de Química Orgânica insuficiente em suas graduações e são pouco reflexivos sobre sua prática, já que depositam no outro as suas principais dificuldades profissionais;
- Possuíam uma visão bastante ingênua ou equivocada sobre modelo, modelagem e visualização;
- Durante o curso, ao realizarem exercícios manipulando modelos físicos de bolavareta, perceberam uma maior facilidade de compreensão das estruturas envolvidas;
- Ao serem questionados sobre facilidades e dificuldades que tiveram no curso, muitos professores reforçaram que os recursos visuais e modelos propiciaram maior entendimento dos conceitos;
- No questionário final os docentes apresentaram a intenção de diversificar mais a metodologia de trabalho em sala de aula, utilizar mais recursos visuais e modelos, além de se sentirem mais bem preparados, do ponto de vista conceitual, para seu trabalho;
- No e-mail enviado após certo tempo de curso, as respostas do questionário final foram comprovadas: os professores pareciam estar mais preocupados em preparar aulas mais embasadas e diversificadas do ponto de vista metodológico.

Assim, percebe-se que um curso de pós-graduação onde são trabalhadas diversas metodologias de ensino pode transformar a maneira de trabalhar dos docentes. Com esse trabalho, conseguimos responder as questões propostas inicialmente e, além disso, ficaram claros alguns aspectos importantes que surgiram ao longo da pesquisa:

- As três perguntas iniciais foram respondidas: os professores já possuíam contato com ferramentas visuais, mas utilizavam pouco e com pouca reflexão, já que a maioria deles respondeu que serviam apenas para despertar o interesse. Ao serem submetidos ao curso, reconheceram que os conceitos eram mais bem compreendidos ao se utilizarem instrumentos visuais e modelos. E, por fim, a maioria dos docentes afirmou que tinham a intenção (e, posteriormente, confirmamos essa intenção) de diversificar a metodologia utilizada em sala de aula.

- Os aspectos importantes percebidos ao longo do trabalho e que não eram foco inicialmente foram os seguintes:
 - A formação inicial dos professores de Química desse curso era bastante frágil; muitos não tinham visto alguns aspectos fundamentais da Química Orgânica ou, se viram, esse conhecimento não adquiriu significado para eles;
 - A reflexão desses docentes sobre modelos e visualização é muito ingênua e quase próxima ao senso comum. Muitos acreditam, por exemplo, que modelos são representações aumentadas da realidade, o que não se espera de professores de ciências;
 - Os professores não utilizam recursos visuais muitas vezes por não saberem como ou não refletiram sobre os benefícios que eles podem proporcionar. Isso ocorre, do nosso ponto de vista, pois muitos deles nunca cursaram disciplinas que utilizavam tais ferramentas de maneira tão intensa ou que discutiam metodologias de ensino alternativas.

Assim, esse trabalho levanta a seguinte reflexão, que acreditamos ser a grande contribuição dessa dissertação: será que os cursos de graduação estão defasados do ponto de vista de diversificação das abordagens metodológicas? Os alunos formados em diversas faculdades estão trabalhando e ensinando mesmo com diversas falhas conceituais importantes, e repetindo metodologias de ensino que pouco consideram as novas ferramentas didáticas, uma vez que pouco tiveram contato com tais em seus cursos de formação inicial.

Nesse sentido, acreditamos que ainda faz-se necessária uma maior quantidade de pesquisa em torno desses assuntos, visando uma melhor compreensão dos processos envolvidos na visualização e na construção de modelos, bem como quais ferramentas podem ser utilizadas para facilitar esses processos e como os cursos de graduação necessitam de reformulação do ponto de vista metodológico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, I.S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A. - Simulações computacionais na aprendizagem da Lei de Gauss para a eletricidade e da Lei de Ampère em nível de Física Geral - **Rev. Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.6, n.3, pg. 601-629, 2007.

ARROIO, A.; HONORIO, K.M. – Images and Computational Methods in Molecular Modeling Education – **Problems of Education in the 21st Century**, v.9, pg. 17-23, 2008.

BARNEA, N., DORI, Y. J. - Computerized Molecular Modeling – The New Technology for Enhancing Model Perception among Chemistry Educators and Learners. - **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v.1, n.1, pg. 109-120, 2000.

BARNEA, N., DORI, Y. J. – High-School Chemistry Students' Performance and Gender Differences in a Computerized Molecular Modeling Learning Environment- **Journal of Science Education and Technology**, v.8, n.4, pg. 257-271, 1999.

BARNETO, A.G.; MARTÍN, M.R.G. - Entornos constructivistas de aprendizaje basados en simulaciones informáticas - **Rev. Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.5, n.2, pg. 304-322, 2006.

BLOCH, D.R. – **Organic Chemistry Demystified** – Nova Iorque, Editora McGraw-Hill, 551p., 2005.

BODNER, G.M.; GUAY, R.B. – The Purdue Visualization of Rotations Tests – **The Chemical Educator**, v.2, n.4, p. 1-17, 1997.

BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S.K. - **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. - Tradução Maria João Alvarez. Portugal, Porto Editora, 355p., 1994.

CAMPOS, D.B.; MORAES, M.F.P.G; SILVEIRA, R.M.C.F.; RESENDE, L.M.M.; MELLO, R. – Instigando a aprendizagem da Química Orgânica por meio de uma postura docente empreendedora: processos de reciclagem de óleo vegetal e a obtenção de sabões em um estudo exploratório – **I Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia**, pg. 266 – 278, 2009.

CANNING, D.R.; COX, J.R. - Teaching the structural nature of biological molecules: molecular visualization in the classroom and in the hand of students. - **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**, v.2, n.2, pg. 109 – 122, 2001.

DE JONG, T. - Learning and instruction with computer simulations. - **Education and Computing**, v.6, pg. 217-29, 1991.

DORI, Y.J.; BARAK, M. - Virtual and physical molecular modeling: fostering model perception and spatial understanding. - **Educational Technology and Society**, v.4, n.4, pg. 295-311, 2001.

EALY, J.B. – A Student Evaluation of Molecular Modeling in First Year College Chemistry – **Journal of Science Education and Technology**, v.8, n.4, pg. 309-321, 1999.

EBENEZER, J. V. - A hypermedia environment to explore and negotiate students' conceptions: Animation of the solution process of table salt. - **Journal of Science Education and Technology**, v.10, n.1, pg. 73-92, 2001.

FERK, V.; VRTACNIK, M.; BLEJEC, A.; GRIL, A. - A Student's understanding of molecular structure representations. - **International Journal of Science Education**, v.25, n.10, p.1227-1245, 2003.

FERREIRA, C.R.; ARROIO, A. – O uso de visualizações no Ensino de Química: a formação inicial do professor de Química – **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v.04, n.02, pg. 31-42, 2009. (a)

FERREIRA, C.; ARROIO, A – Teacher's education and the use of visualization in chemistry instruction – **Problems of Education in the 21st Century**, v.16, pg. 48-53, 2009.(b)

FERREIRA, C.; BAPTISTA, M.; ARROIO, A – Visual tools in teaching learning sequences for science education – **Problems of Education in the 21st Century**, v.37, pg. 48-57, 2011.

FERREIRA, A.B.H – **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa**. - Editora Nova Fronteira, 1995.

GABINI, W.S.; DINIZ, R.E.S. – Formação Continuada de Professores de Química: uma proposta envolvendo a inserção da informática nas práticas de sala de aula – **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.9, n.2, 2009.

GARCIA, J.M.; GRECA, I.M.; MENESES, J.A. - Comunidades virtuales de práctica para el desarrollo profesional docente en Enseñanza de las Ciencias - **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v.7, n.2, 2008.

GILBERT, J.K. – Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education. John K. Gilbert (Eds.) **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Holanda: Springer, pg. 9 – 27, 2005

GORDIN, D.N.; PEA, R.D. - Prospects for scientific visualization as an educational technology. - **Journal of the Learning Sciences**, v.4, pg. 249-279, 1995.

JOHNSTONE, A.H. – Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. **Journal of Computer Assisted Learning**, v.7, pg. 701-703, 1991.

JONES, L.L.; JORDAN, K.D.; STILLINGS, N.A. - Molecular visualization in chemistry education: the role of multidisciplinary collaboration. - **Chemistry Education Research and Practice**, v.6, n.3, 136-149, 2005.

JUSTI, R.; DRIEL, J.V. - The development of science teachers' knowledge on models and modeling: promoting, characterizing, and understanding the process - **International Journal of Science Education**, v.27, n.5, pg. 549-573, 2005.

JUSTI, R.; GILBERT, J.K. - Modeling, teacher's views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers. - **International Journal of Science Education**, v.24, n.4, pg.369-387, 2002.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M.E.D.A - Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 99p., 1986.

MALDANER, O.A. – A pesquisa como perspectiva de formação continuada do professor de química – **Química Nova**, v.22, n.2, 1999.

MCMURRY, J. – **Química Orgânica (Combo)** – Tradução da 6ª Edição Norte-americana. Editora Pioneira Thomson Learning, 925 p., 2005.

MORTIMER, E.F.; SCOTT, P. – Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino – **Investigações em Ensino de Ciências**, v.7, n.3, pg. 283-306, 2002.

RAPP, D.N.; KURBY, C.A. – The ins and outs of learning: internal representations and external visualizations. In J.K.Gilbert, M.Reiner, M. Nakhleh (Eds.) **Visualization: Theory and Practice in Science Education**. Holanda: Springer, 2008. Pg. 29 – 52.

RIBEIRO, A.A.; GRECA, I.M. – Simulações Computacionais e Ferramentas de Modelização em Educação Química: uma Revisão de Literatura Publicada – **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 542-549, 2003.

ROQUE, N.F.; SILVA, J.L.P.B. - A Linguagem Química e o Ensino da Química Orgânica - **Química Nova**, v. 31, n. 4, p. 921-923, 2008.

ROSA, M.I.F.P.S.; SCHNETZLER, R.P. – A investigação-ação na formação continuada de professores de ciências – **Ciências & Educação**, v.9, n.1, p. 27 – 39, 2003.

SANTOS, A.R.; FIRME, C.L.; BARROS, J.C. - A Internet como fonte de Informação Bibliográfica em Química – **Química Nova**, v. 31, n. 2, p. 445-451, 2008.

TASKER, R.; DALTON, R. – Research into practice: visualization of the molecular world using animations – **Chemistry Education Research and Practice**, v.7, n.2, p. 141-159, 2006.

VALVERDE, G.J.; VIZA, A.L. – Una revisión histórica de los recursos didácticos audiovisuales e informáticos en la enseñanza de la química - **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n.1, 2006.

VENKATARAMAN, B. – Visualization and interactivity in the teaching of chemistry to science and non-science students – **Chemistry Education Research and Practice**, v. 10, pg. 62-69, 2009

WU, H.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. - Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, v.38, n.7, pg. 821-842, 2000.

8. ANEXOS

8.1. Anexo 1 – Questionário pré-curso

Questionário Pré-Curso

Nome: _____ Idade: _____

E-mail: _____ Telefones: _____

Curso de Graduação: _____ Faculdade: _____

Concluído em: _____

Alguma Pós-Graduação? () Não () Sim, *Lato Sensu* () Sim, *Stricto Sensu* –
Mestrado e/ou Doutorado

Instituição e curso: _____

Profissão: _____ Nome da empresa: _____

Há quanto tempo nessa profissão? _____

Fez algum curso de aperfeiçoamento na área? () Sim () Não

Instituição: _____

Se professor, qual(ais) disciplina(s) leciona? _____

Se professor, para qual(ais) série(s) leciona? _____

Se professor, qual a carga horária semanal em sala e de planejamento de aulas (oficial)?

Se professor, em qual(ais) local(ais) leciona? _____

Se professor, as escolas em que trabalha possuem recursos eletrônicos (computador, projetores, sala de vídeo, etc.)? Quais? _____

Como você avalia seus conhecimentos em informática (PowerPoint, Word, Excel, internet, etc.)?

☐ Excelente

☐ Bom

☐ Regular

☐ Ruim

1) O que te levou a procurar o curso *Lato Sensu* em Química nas Faculdades Oswaldo Cruz?

- 2) Descreva sucintamente como foi seu curso de Química Orgânica na graduação. Procure explicar as suas lembranças/ impressões.

- 3) O que você espera do curso de Química Orgânica que irá ter nessa instituição?

- 4) Quais as principais dificuldades que você encontra ou encontrou na sua profissão?

- 5) O que você entende por capacidade de visualização? Você já teve acesso a algum material que trata desse assunto? Qual (ais)?

- 6) O que você entende por modelagem no ensino de Química? Você já teve acesso a algum material que trata desse assunto? Qual (ais)?

- 7) Dos seguintes temas que serão abordados nesse módulo de Orgânica, qual(ais) te interessa(m) mais?

Conceitos básicos em Química Orgânica.

- ☐ Ligação covalente. Tipos e características.
- ☐ Determinação de cargas formais.
- ☐ Ligações deslocalizadas.
- ☐ Intermediários de reações orgânicas: estrutura e estabilidade relativa.
- ☐ Teorias ácido-base
- ☐ Conceitos básicos de termodinâmica e cinética aplicados à química orgânica.

Estereoquímica.

- ☐ Definição de isomeria e de estereoisomeria.
- ☐ Quiralidade molecular. Enantiômeros.
- ☐ Representação de moléculas quirais. Projeção de Fischer.
- ☐ Moléculas quirais que apresentam dois ou mais centros estereogênicos.
- ☐ Importância da estereoquímica: fármacos quirais.

Reações de Substituição Nucleofílica Alifática e Eliminação.

- ☐ Substituição nucleofílica alifática: característica do nucleófilo, grupo de partida e substrato.
- ☐ Mecanismo de substituição nucleofílica bimolecular. Cinética e implicações estereoquímicas.
- ☐ Mecanismo de substituição nucleofílica unimolecular. Cinética e implicações estereoquímicas.
 - ☐ Competição S_N1 vs S_N2 . Efeitos da estrutura do substrato. Efeito do nucleófilo. Efeito do solvente. Efeito do grupo de partida.

- ☐ Eliminação: característica do nucleófilo, grupo de partida e substrato.
- ☐ Mecanismo de eliminação bimolecular. Cinética e implicações estereoquímicas.
- ☐ Mecanismo de eliminação unimolecular. Cinéticas e implicações estereoquímicas.
- ☐ Competição E_1 vs E_2 . Efeitos da estrutura do substrato. Efeito da base. Efeito do solvente. Efeito do grupo de partida.
- ☐ Competição entre substituição nucleofílica e eliminação.

8) Classifique os temas que serão abordados nesse módulo de acordo com os seguintes critérios:

	Domino o concei- to	Não sei o concei- to	Nunca vi o concei- to
Ligação covalente. Tipos e características.			
Determinação de cargas formais.			
Ligações deslocalizadas.			
Intermediários de reações orgânicas: estrutura e estabilidade relativa.			
Teorias ácido-base			
Conceitos básicos de termodinâmica e cinética aplicados à química orgânica.			
Definição de isomeria e de estereoisomeria.			
Quiralidade molecular. Enantiômeros.			
Representação de moléculas quirais. Projeção de Fischer.			
Moléculas quirais que apresentam dois ou mais centros estereogênicos.			
Importância da estereoquímica: fármacos quirais.			
Substituição nucleofílica alifática: característica do nucleófilo, grupo de partida e substrato.			
Mecanismo de substituição nucleofílica bimolecular. Cinética e implicações estereoquímicas.			
Mecanismo de substituição nucleofílica unimolecular.			

Cinética e implicações estereoquímicas.			
Competição S_N1 vs S_N2 . Efeitos da estrutura do substrato. Efeito do nucleófilo. Efeito do solvente. Efeito do grupo de partida.			
Eliminação: característica do nucleófilo, grupo de partida e substrato.			
Mecanismo de eliminação bimolecular. Cinética e implicações estereoquímicas.			
Mecanismo de eliminação unimolecular. Cinéticas e implicações estereoquímicas.			
Competição E_1 vs E_2 . Efeitos da estrutura do substrato. Efeito da base. Efeito do solvente. Efeito do grupo de partida.			
Competição entre substituição nucleofílica e eliminação.			

- 9) Em sua opinião, qual dos modelos abaixo seria o mais adequado para representar a molécula de água, de acordo com as propriedades dessa substância?

Para professores do ensino médio e/ ou graduação:

10) No ensino de ciências (Física, Química, Biologia) você sente alguma dificuldade em especial na aprendizagem dos seus alunos? Explique.

11) Qual(ais) sua(s) principal(ais) fonte(s) de consulta para preparação das suas aulas?

12) Você utiliza algum material com representações visuais em suas aulas, além do livro didático?

- () Sim () Raramente () Não. Justificativa: _____
- () Frequentemente _____
- () Muito Frequentemente _____
- _____

13) Para uma resposta positiva na questão anterior, em quais conteúdos químicos costuma utilizar essas ferramentas? Por quê?

14) Qual o tipo de recurso visual você utiliza (animações, simulações, filmes, figuras, modelos, outros)? Porque essa escolha?

15) Ao utilizar essas ferramentas, o que você percebe na atitude de seus alunos? Descreva.

16) Você acredita que os alunos precisam ter alguma habilidade específica para aprender com a utilização de imagens? Se sim, qual (ais)? Justifique.

17) Você se sente preparado(a) para a utilização destes recursos em suas aulas?

☐ Plenamente ☐ Razoavelmente ☐ Não

18) Como você se atualiza em relação à utilização desses recursos visuais?

19) Você acredita que o seu curso de graduação ou outros cursos que tenha feito foram capazes de te instrumentalizar/ preparar para utilizar tais ferramentas de maneira efetiva? Explique.

Parte II

Para cada uma das seguintes afirmações indique com (x) qual ou quais as opções que lhe parecem corretas:

1) Um modelo é:

- a) Reprodução de algo. _____
- b) Representação parcial de algo. _____
- c) Representação total de algo. _____
- d) Imagem mental. _____

2) Um modelo serve como:

- a) Padrão ou referência a ser seguido. _____
- b) Visualização, permitindo a uma pessoa “ver” um fenômeno. _____

- c) Forma de suportar criatividade, imaginar novos contextos e a criação de novas ideias. _____
 - d) Forma de compreender ou explicar algo. _____
- 3) As entidades que constituem um modelo são:
- a) Objetos. _____
 - b) Eventos. _____
 - c) Processos. _____
 - d) Ideias. _____
- 4) Um dado modelo é:
- a) O único “correto” para um fenômeno em particular. _____
 - b) Um modelo de entre os possíveis para um fenômeno em particular. _____
 - c) Um modelo de entre os possíveis dentro de uma sequência histórica. _____
- 5) Em relação à estabilidade, um modelo ao longo do tempo:
- a) Não pode ser alterado. _____
 - b) Pode ser alterado quando surgirem problemas com a sua natureza. _____
 - c) Pode ser alterado quando surgirem problemas com o seu uso. _____
 - d) Pode ser alterado quando surgirem problemas com a sua função explicativa. _____
- 6) A legitimidade de um modelo científico é dada por:
- a) A pessoa que o construiu. _____
 - b) Um grupo na sociedade. _____
 - c) Uma comunidade de cientistas. _____

Obrigada pela sua colaboração!

8.2. Anexo 2 – Questionário pós-curso

Nome: _____

- 1) As expectativas que você tinha do módulo de Química Orgânica foram atendidas? Explique em que sentido.

- 2) Descreva sucintamente os tópicos estudados que você teve maior dificuldade em aprender/ revisar. A que fator(es) você atribui essa dificuldade?

- 3) Descreva sucintamente os tópicos estudados que você teve maior facilidade em aprender/ revisar. A que fator(es) você atribui essa facilidade?

4) Existia algum conceito abordado que você não conhecia? Se sim, qual (ais)?

5) O que mais te chamou a atenção na metodologia de ensino da professora? Por quê?

6) Em sua opinião, os instrumentos visuais empregados pela professora facilitaram o aprendizado? Justifique.

7) O que você entende por modelos científicos? A professora utilizou algum desses modelos durante o curso? Exemplifique.

- 8) Você acredita que esse módulo do curso de pós-graduação poderá afetar a sua maneira de dar aula? Se sim, em que sentido? Se não, o que você acha que faltou de interessante?

- 9) Você utilizaria algum instrumento visual empregado pela professora nas suas aulas? Quais e por quê?

- 10) Você acredita que esses instrumentos visuais empregados pela professora se aplicam só ao conteúdo de Química Orgânica? Se não, onde mais você acredita que eles poderiam ser utilizados? Justifique.

11) Quais os efeitos desse módulo de Orgânica sobre a sua prática docente? Explique.

Obrigada pela sua colaboração!