



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**  
**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**APRENDENDO A IMAGINAR MOLÉCULAS: UMA  
PROPOSTA DE ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR**

**CLAUDIO ERNESTO SEBATA**

**BRASÍLIA – DF**

**DEZEMBRO**

**2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**APRENDENDO A IMAGINAR MOLÉCULAS: UMA PROPOSTA DE  
ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR**

CLAUDIO ERNESTO SEBATA

Dissertação realizada sob orientação do Prof. Dr. Wildson Luiz Pereira dos Santos – e co-orientação da Profa. Dra. Maria Helena da Silva Carneiro – e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF

Dezembro  
2006

CLAUDIO ERNESTO SEBATA

**APRENDENDO A IMAGINAR MOLÉCULAS: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR**

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Química”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em 20 de dezembro de 2006.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Wildson Luiz Pereira dos Santos  
(Presidente)

---

Profa. Dra. Maria Marcia Murta  
(Instituto de Química/UnB)  
(Membro interno não vinculado ao PPGEC/UnB)

---

Prof. Dr. Cristiano Alberto Muniz  
(Faculdade de Educação/UnB)  
(Membro interno não vinculado ao PPGEC/UnB)

*Não somos nem bons nem maus: somos tristes. Plantados entre o  
chão e estrelas, lutamos com sangue, pedras e paus, sonhos e arte.  
Nem vida nem morte: somos lúcida vertigem, glória e danação.  
Somos gente: dura tarefa, com sorte, aqui e ali a ternura faz parte.*

*Lya Luft*

## **Dedicatória**

Dedico este trabalho à minha esposa que tentou me apoiar em todas as etapas desse processo de reflexão.

Dedico também este trabalho aos meus pais, irmãos e cunhadas que me incentivaram a continuar essa jornada, mesmo parecendo impossível aos meus olhos.

Também dedico este trabalho aos meus amigos do Laboratório Central de Saúde Pública do Distrito Federal – LACEN/DF – e do Centro de Ensino Fundamental 24 de Ceilândia.

E, finalmente, dedico este trabalho aos professores da Pós-Graduação em Ensino de Ciências que me proporcionaram um crescimento pessoal, intelectual e profissional durante a minha jornada.

## **Agradecimentos**

À Profa. Maria Helena por insistir e fazer crer que possui um potencial para a pesquisa acadêmica na área de ensino de ciências, além de possuir uma paciência elevada ao infinito.

Ao meu orientador, Prof. Wildson Luiz, que não foi somente um orientador na minha vida acadêmica, mas também um eixo norteador para a vida pessoal e profissional.

A todos os professores do Mestrado, em especial aos professores Ricardo Gauche, Roberto Ribeiro da Silva, Gerson Mol e Maria Marcia Murta que apostaram na minha competência em mim desde o início dessa longa jornada.

Ao senhor secretário Júnior que sempre se mostrou disposto em ajudar todos, servindo até mesmo de um ombro amigo para desabafo.

Aos meus amigos Helena, Roseli e Wagdo pelo apoio, ou melhor, dizendo, pelo auto-apoio, a cada momento vivenciado neste longo caminho de reflexão.

Peço perdão ao meu filho pelos momentos únicos que não pudemos vivenciar em decorrência das escolhas profissionais e acadêmicas que fiz.

À minha esposa, Délcia, pelo amor, dedicação, pela paciência e pela compreensão das minhas várias ausências em momentos únicos de nossa vida.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo elaborar uma proposta de ensino de geometria molecular do componente curricular Química do ensino médio associada à utilização de imagens. Essa proposta foi baseada em estudos de geometria molecular e de teorias e/ou conceitos sobre imagens propostas por Carneiro, Cassiano, Duchastel e Waller e Moles. Os estudos sobre imagens no ensino de ciências indicam a inexistência de uma gramaticalidade da linguagem visual única, além de apontarem a necessidade de o professor explicar as imagens utilizadas em sala de aula. Além do desenvolvimento e aplicação da proposta de ensino de geometria molecular foram conduzidos dois estudos investigatórios. O primeiro consistiu na aplicação de um teste em uma turma de segundo ano do turno noturno de uma escola pública do DF que já havia estudado o conteúdo de geometria molecular e de um pré-teste em uma turma de segundo ano dessa mesma escola que não havia estudado o referido conteúdo. Esse estudo teve como objetivo identificar dificuldades na compreensão desse conteúdo de Química e apontar possíveis conteúdos de outros componentes curriculares como matemática e artes que são necessários para sua compreensão. As análises desses testes indicaram que os alunos não foram capazes de identificar formas geométricas das moléculas e que não dominavam noções básicas de geometria espacial. A segunda investigação consistiu na avaliação da proposta desenvolvida, por meio da aplicação de um pós-teste. A proposta foi desenvolvida em cinco aulas e foi ministrada na turma onde se aplicou o pré-teste. As estratégias de ensino utilizadas visaram desenvolver a capacidade do aluno em compreender conceitos básicos de geometria molecular. Os resultados do pós-teste indicaram que os alunos foram capazes de compreender grande parte das imagens utilizadas e do conteúdo de geometria molecular. Os resultados desses estudos demonstram o quanto é importante que se dê mais atenção às explicações das imagens utilizadas no ensino de Ciências principalmente quando essas possuem um nível maior de abstração. No caso de ensino de geometria molecular é fundamental que inicialmente o professor trabalhe com objetos de forma geométrica definida para que os alunos possam visualizar imagens tridimensionais em planos bidimensionais. Para isso, é importante que o professor trabalhe com conceitos de outros componentes curriculares como os de Matemática e Artes relativos à geometria, profundidade e sombra. Com base nos estudos realizados, apresentam-se, ao final, sugestões de procedimentos metodológicos para o ensino de geometria molecular no ensino médio. Não se trata de uma receita padronizada de passos, mas de um roteiro de princípios norteadores. Os estudos sobre imagens e linguagem visual foram fundamentais para a compreensão dessas constatações. Além disso, aponta-se nas considerações finais, a necessidade de desenvolvimento de outras investigações relativas ao ensino de geometria molecular.

**Palavras-chave:** imagens no ensino de ciências, geometria molecular, ensino de Química

## ABSTRACT

This research had the objective make propose to learn molecular geometric in Chemistry to a High School in association with its images. This propose was based the theory or conceptions of images development for Carneiro, Cassiano, Duchastel e Waller and Molles. Researches about images in science education mean which no have a unique rule about visual language and indicate the real necessity to the teacher explain the images who use in the classrooms. This research developments an investigated research and a development and application of propose to learn molecular geometric in chemistry. The first part consisted a test in a high school classroom of night turn in a public school of DF which studied molecular geometric in Chemistry to indicate the students problems to comprehension this chemistry content and pointed other materials of other disciplines like mathematic and arts which are necessary to comprehension the molecular geometric conceptions. The analyses about this tests means which the students didn't capacity to identify molecular geometric forms and they don't know basic notions of special geometric. The second research was an analysis of the propose development using a "pós-teste". The goal of the lessons was development the student capacity to comprehension basic conceptions of molecular geometric. The "post-test"'s analysis indicated the students could be comprehension many images and the conceptions of molecular geometric. The results of these researches appointed is very important which the teacher has more attention to explain the images in a science educations, principally when these images have a high abstraction level. In a geometric molecular learn is important the teacher, firstly, works objects which have geometric forms to the students cam see three-dimensions images in bi-dimensionals plans. So, is important which the chemistry teacher works conceptions of other disciplines like math and arts like geometric and draw (profundity and shadow). In the last party, based in the results of this research, some learn geometric molecular in high school procedures. It isn't a geometric molecular learn manual, but a line to the teachers have a direction to make their educational process in their schools. Studies about images and visual languages were fundamentals to comprehend theses conclusions. In a final considerations, means a necessity to development others researches about molecular geometric learn.

**Key-words:** images in science education, molecular geometric chemistry science education.

## LISTAS DE FIGURAS

<i>FIGURAS</i>	<i>pág.</i>
Figura 1. Imagem utilizada na questão 3A do teste e do pré-teste	82
Figura 2. Imagem utilizada na questão 3B do teste e do pré-teste	82
Figura 3. Imagem utilizada na questão 3C do teste e do pré-teste	82
Figura 4. Imagem utilizada na questão 3D do teste e do pré-teste	82
Figura 5. Imagem utilizada na questão 3E do teste e do pré-teste	83
Figura 6. Imagem utilizada na questão 3F do teste e do pré-teste	83
Figura 7. Imagem utilizada na questão 3G do teste e do pré-teste	83
Figura 8. Imagem utilizada na questão 3H do teste e do pré-teste	83
Figura 9. Imagem utilizada na questão 7.1 do teste e do pré-teste	83
Figura 10. Imagem utilizada na questão 7.2 do teste e do pré-teste	83
Figura 11. Imagem utilizada na questão 7.3 do teste e do pré-teste	84
Figura 12. Imagem utilizada na questão 7.4 do teste e do pré-teste	84
Figura 13. Imagem utilizada na questão 7.5 do teste e do pré-teste	84
Figura 14. Imagem utilizada na questão 1A do pós-teste	109
Figura 15. Imagem utilizada na questão 1B do pós-teste	109
Figura 16. Imagem utilizada na questão 1C do pós-teste	110
Figura 17. Imagem utilizada na questão 1D do pós-teste	110
Figura 18. Imagem utilizada na questão 1E do pós-teste	110
Figura 19. Imagem utilizada na questão 2A do pós-teste	110
Figura 20. Imagem utilizada na questão 2B do pós-teste	110
Figura 21. Imagem utilizada na questão 2C do pós-teste	110
Figura 22. Imagem utilizada na questão 2D do pós-teste	110
Figura 23. Imagem utilizada na questão 2E do pós-teste	111
Figura 24. Imagem utilizada na questão 3A do pós-teste	111
Figura 25. Imagem utilizada na questão 3B do pós-teste	111
Figura 26. Imagem utilizada na questão 3C do pós-teste	111
Figura 27. Imagem utilizada na questão 3D do pós-teste	111
Figura 28. Imagem utilizada na questão 3E	111
Figura 29. A estrutura do gelo	136
Figura 30. A estrutura da água no estado líquido: estrutura de um trímero, de um tetrâmero e de um pentâmero de água	136

## LISTA DE TABELAS

<i>TABELAS</i>	<i>pág.</i>
Tabela 1. Classificação das Imagens do pré-teste e do teste	82
Tabela 2. Resultados do teste da turma que já estudou geometria molecular	85
Tabela 3. Resultados do pré-teste da turma que não havia estudado geometria molecular	88
Tabela 4. Análises das imagens do pós-teste	109
Tabela 5. Percentagem de freqüência dos alunos da turma 2B às aulas de geometria molecular	112
Tabela 6. Resultado do pós-teste aplicado a turma 2B	113
Tabela 7. Relação das questões que obtiveram menos que 54% de acerto	114

## LISTA DE QUADROS

<i>QUADROS</i>		<i>pág.</i>
Quadro 1.	Subfunções da função explicativa elaborada pelo autor a partir dos conceitos de Duchastel e Waller apud Cassiano (2000)	48
Quadro 1.	Escala decrescente de iconicidade	50
Quadro 2.	Formas moleculares previstas pela Teoria de Sidwick e Powell	62
Quadro 3.	Os efeitos de pares ligantes e pares isolados nos ângulos da ligação	64
Quadro 4.	Aulas de Geometria Molecular ministradas na turma 2B	91
Quadro 5.	Planos das quatro aulas de Geometria Molecular ministradas na turma 2B	92

## LISTA DE APÊNDICES

<i>APÊNDICES</i>		<i>pág.</i>
Apêndice 1.	Questionário sociocultural aplicado na turma 2B	148
Apêndice 2.	Pré-teste aplicado na turma 2B e Teste aplicado na turma 2A	151
Apêndice 3.	Pós-teste aplicado na turma 2B	154
Apêndice 4.	Apresentação <i>Power Point</i> sobre teoria de repulsão de pares eletrônicos apresentado na aula 3	156
Apêndice 5.	Apostila sobre teoria de repulsão de pares eletrônicos distribuída para os alunos durante a aula 3	160

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>014</b>
1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	014
1.1 A ORIGEM DO PROBLEMA .....	014
1.2 AS IMAGENS NO ENSINO .....	019
2 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES .....	022
3 OBJETO DE PESQUISA, OBJETIVOS E QUESTÕES DE ESTUDO .....	025
<b>1 IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS</b> .....	<b>27</b>
1.1 O ESTUDO DE IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL .....	027
1.2 IMAGEM – CONCEITOS .....	040
1.3 O USO DE IMAGENS NO CONTEXTO PEDAGÓGICO .....	043
1.4 AS FUNÇÕES DAS IMAGENS .....	045
1.4.1 ASPECTOS FUNCIONAIS DAS IMAGENS .....	046
1.4.2 CLASSIFICAÇÃO DAS IMAGENS .....	049
1.5 MODELOS E MODELIZAÇÃO .....	052
1.6 GEOMETRIA MOLECULAR .....	058
<b>2 A PESQUISA DESENVOLVIDA</b> .....	<b>067</b>
2.1 CONTEXTO E PARTICIPANTES .....	067
2.1.1 A ESCOLA .....	068
2.1.2 A TURMA .....	072
2.1.3 AS AULAS DE QUÍMICA .....	074
2.2 A INVESTIGAÇÃO .....	076

<b>3 A PROPOSTA DE ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR .....</b>	<b>079</b>
3.1 FUNDAMENTOS DA PROPOSTA .....	079
3.2 A CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA DE ENSINO .....	081
3.3 A EXPERIÊNCIA DE ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR .....	090
3.3.1 AULA 01 .....	093
3.3.2 AULA 02 .....	096
3.3.3 AULA 03 .....	101
3.3.4 AULA 04 .....	105
3.3.5 AULA 05 .....	107
3.4 OS RESULTADOS OBTIDOS .....	109
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>118</b>
1 RESULTADOS OBTIDOS NO ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR .....	118
2 APRENDENDO A IMAGINAR MOLÉCULAS: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR.....	123
3 O CRESCIMENTO REFLEXIVO PROFISSIONAL E PESSOAL .....	139
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>143</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>148</b>

# **INTRODUÇÃO**

O tema desta dissertação foi construído a partir da minha experiência profissional, de reflexões sobre o papel da linguagem visual e das investigações exploratórias desenvolvidas durante o meu curso de mestrado, conforme é descrito a seguir.

## **1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA**

O problema investigado se configura em uma temática que se faz presente na pesquisa em ensino de Ciências e que teve origem em minha experiência profissional.

### **1.1 A Origem do Problema**

Sou professor da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, tendo lecionado o componente curricular Química, do Ensino Médio, desde 1999.

Além disso, lecionei em duas outras instituições escolares: Fundação Bradesco e Colégio Dom Bosco de Brasília.

O ponto de partida para esta pesquisa surgiu da necessidade de aprender a utilizar uma nova linguagem para melhorar a minha prática docente. Nos últimos anos de docência, observei que existe uma grande problemática no ensino: cada vez mais, os alunos diminuem o interesse em aprender conteúdos de todos os componentes curriculares, em especial, aqueles ensinados pelos componentes da área de Ciências da Natureza e de Matemática.

Esse fato pode ser atribuído por algumas características da sociedade atual como: facilidade de acesso às informações (talvez pela facilidade de acesso às informações, os alunos não se empenhem tanto em compreendê-las), falta de leitura dos alunos, a falta de uma visão pragmática dos conteúdos, e, principalmente, a falta da utilização de uma linguagem por parte dos professores que, além de “facilitar” a compreensão, desperte um maior interesse dos alunos.

Ao iniciar a minha reflexão profissional, tive que lembrar minhas experiências profissionais. Assumi, via concurso público, o cargo de professor para a disciplina Química do Ensino Médio na rede pública de ensino do Distrito Federal no ano de 1999, e também fui contratado como professor de Química, na escola particular da Fundação Bradesco. Pude observar que os alunos de ambas as instituições não manifestavam um maior interesse pela disciplina Química, estudando-a somente para obter nota passável nesse componente curricular obrigatório. Por isso, minha primeira dificuldade foi criar/estipular estratégias que motivassem os alunos a aprender Química.

Para isto, resolvi fazer alguns cursos ministrados pela Universidade de Brasília. O primeiro curso abordava experimentos de laboratório de forma investigativa, ministrado no Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química; o segundo sobre a criatividade do professor, ministrado pelo Instituto de Psicologia da Universidade de Brasília; o terceiro, e último, foi o curso de Pós-Graduação Lato-Senso “PRÓ-CIÊNCIA 2000”, ministrado pela Universidade de Brasília.

Após esses cursos, notei que a minha prática docente havia mudado. A cada início bimestral, conversava com as turmas para tentar compreender a visão de mundo que os alunos possuíam e desvendar seus traumas, frustrações e até mesmo os seus sonhos. A partir dessa análise, estruturava minhas aulas de forma que motivassem os alunos (ou grande parte deles) para aprender Química. Para isso, utilizava experimentos investigativos e discussões em sala, pesquisas de campo etc.

Apesar de utilizar tais estratégias em minha prática docente, ainda notei que muitos alunos não demonstravam interesse pelo conteúdo de Química. E, ao perguntar-lhes a(s) razão(ões) em conversas informais, muitos diziam que não compreendiam o conteúdo e que a linguagem utilizada estava muito complicada para eles. Alguns alunos afirmavam que apesar do material utilizado possuir ilustrações, as mesmas de nada adiantavam, ou melhor, grande parte das ilustrações complicava a compreensão do conteúdo. Esses fatores me fizeram refletir novamente sobre a minha prática docente.

À época, 1999, a escola particular em que eu lecionava, orientava os professores a utilizarem novas tecnologias em suas aulas, sendo uma delas o *data show*, da sala de informática e *internet*. Novamente tive dúvidas em utilizá-los de forma adequada, uma vez que possuía somente experiência em utilizar retro-

projetores, laboratório de ciência, quadro e giz. Por isso, decidi fazer dois cursos denominados: Informática em sala de aula e ABC da Linguagem Visual. Neles, aprendi a importância da utilização da informática e de como utilizar recursos visuais de forma mais adequada em sala de aula.

Observei que as aulas em que havia o uso de *data show* ou laboratório de informática chamavam muito mais a atenção dos alunos, o que pode ser explicado pela linguagem visual presentes nesses recursos. Pude notar que grande parte dos alunos se interessava pela aula, porém, não compreendia muito bem os seus conteúdos.

Para compreender melhor como a informática poderia influenciar no processo educacional, resolvi fazer o curso de especialização “Informática em Educação”, ministrado pela Universidade Federal de Lavras, o qual me deu suporte para outras reflexões de minha prática docente, com o objetivo de melhorá-la cada vez mais.

Uma das principais reflexões que realizei foi: deveria possuir uma maior cautela ao utilizar a linguagem visual em minhas aulas. Por exemplo, dependendo da imagem utilizada, os alunos podem desenvolver interpretações variadas.

Outro fator significativo foi existir um aluno surdo na escola pública que eu lecionava, o qual me motivou a fazer o curso de Linguagem Brasileira de Sinais (LIBRAS) para possibilitar a nossa comunicação. Nesse curso, me lembro que uma das professoras falou à turma: “...sessenta por cento das nossas sensações são obtidas pela visão, por isso tenham cuidado ao utilizar a linguagem visual em suas aulas ...” E esta mensagem fez com que eu mudasse de postura, ou seja, passasse a utilizar a linguagem visual em minhas aulas de forma mais cautelosa, mais crítica.

No ano de 2003, cursei como aluno especial, a disciplina “Ensino de Ciências e Tecnologia”, na Faculdade de Educação da Universidade de Brasília. Dentre os vários temas abordados, houve a discussão sobre uma pesquisa que analisava imagens, em livros didáticos do ensino fundamental no Distrito Federal, o que me despertou o interesse, de tal maneira, que o meu trabalho de conclusão dessa disciplina foi uma outra análise sobre imagens de DNA utilizadas em livros didáticos do ensino médio, na disciplina de Biologia. Foi a partir daí, que surgiu o meu interesse em investigar o uso de imagens no ensino de Química, em especial no ensino médio.

Então, em 2005, com o meu ingresso no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, resolvi investigar os principais problemas na utilização de imagens, no componente curricular Química. Nesse sentido, desenvolvi pesquisas de análise de imagens utilizadas sobre modelos atômicos, ácidos e temas sociais de um livro inovador desta disciplina.

Considerando a exigência deste Programa de desenvolver uma dissertação que apresente uma proposição de ação profissional docente, por meio de processos e/ou materiais, decidi selecionar um conteúdo de Química que eu estivesse trabalhando em sala de aula que requisitasse de forma sistemática o uso de imagens. Foi assim que foi selecionado o tema “geometria molecular”.

A imagem é fundamental no ensino de geometria molecular pelo fato de possibilitar a visualização de modelos de moléculas, incluindo suas formas geométricas. Nesse caso, a imagem é utilizada com o objetivo de facilitar a compreensão desse conteúdo. Imaginemos, por exemplo, a explicação da molécula de metano sem a utilização de imagens. Provavelmente o professor poderia explicar

a sua fórmula química que é  $\text{CH}_4$ , sua nomenclatura e classificação sem o uso de imagens, e ao tentar explicar a sua forma geométrica (tetraédrica), sem a utilização de imagens, poderiam surgir vários fatores que interfeririam significativamente na compreensão da mesma. Um deles seria como o professor explicaria a forma tetraédrica da substância? O outro seria como as ligações químicas influenciam nessa geometria? Ou seja, sem as imagens, no ensino de geometria molecular, o mesmo se tornaria extremamente complexo.

## **1.2 A Imagem no Ensino**

No processo de ensino-aprendizagem, faz-se uso das mais variadas linguagens sendo as principais: a linguagem verbal, linguagem corporal e a linguagem visual. E o professor as utiliza constantemente, uma vez que é um dos seus participantes. Nesse sentido, muitas pesquisas educacionais possuem como objetivo analisar o processo de ensino-aprendizagem tendo como foco a utilização da linguagem verbal e corporal que ocorrem entre a utilizada por professor e aluno. Entretanto, observa-se que a linguagem visual não tem sido objeto de muitas pesquisas educacionais (CARNEIRO, 1997), apesar de ela ser bastante utilizada pela humanidade no processo de comunicação e ter uma grande influência na sociedade atual.

A linguagem visual é a base dos diferentes meios de comunicação de nossa sociedade. A veiculação de informações impressas em jornais, revistas e

livros têm sido feitos com o uso cada vez maior da linguagem visual, a qual muitas vezes substitui o próprio texto escrito, por meio de fotos, ilustrações, gráficos etc. O crescimento do ambiente urbano levou à necessidade de sistemas de sinalização visual para localização espacial dentro de prédios públicos (hospitais, escolas, repartições públicas, rodoviárias etc.), de vias públicas e no próprio trânsito das cidades. Essa linguagem visual tornou-se ainda a principal estratégia de *marketing*, sendo utilizada em rótulos, marcas, *outdoors* etc. Ela tornou-se um potente recurso, principalmente, na mídia eletrônica, como a televisão, o cinema, a *internet*. O seu emprego tem revolucionado as estratégias de comunicação e mudado inclusive a forma como as pessoas buscam as informações. Por exemplo, hoje, os jovens utilizam cada vez mais a comunicação iconográfica em substituição ao texto escrito convencional. Enfim, a linguagem visual tornou-se tão presente no dia-a-dia das pessoas que elas incorporam às suas mensagens subliminarmente, modelando, muitas vezes, o seu comportamento em um processo quase que inconsciente.

E na sala de aula? Será que existe a utilização da linguagem visual na sala de aula? Será que realmente existe a interferência da linguagem visual no processo de ensino-aprendizagem?

A linguagem visual sempre foi utilizada no ensino. A primeira impressão que o aluno tem surge de suas percepções visuais, ou seja, a primeira impressão da arquitetura da escola, da fisionomia dos professores e de seus colegas, também alunos. Dependendo da visão que o aluno tiver, esta poderá ajudar ou dificultar o processo de ensino-aprendizagem. A linguagem visual que o professor utiliza em suas aulas (gestos, olhares e até mesmo as suas vestimentas podem inibir ou seu relacionamento com os alunos).

Freitas e Bruzzo (1999) realizaram uma pesquisa em quatro coleções de livros didáticos de Biologia diferentes. Eles constataram que as imagens ocupavam aproximadamente 80% (oitenta por cento) da área das páginas desses livros, havendo somente 20% (vinte por cento) para textos. A utilização da linguagem visual (neste caso, as imagens) se deve, provavelmente, como uma motivação para o aluno. Essa pesquisa aponta a crescente utilização da linguagem visual como um dos recursos mais utilizados no processo de ensino-aprendizagem, conseqüentemente, a utilização considerável da linguagem visual na sala de aula.

Além disso, pode-se construir a hipótese de que muitos professores possuem como um dos critérios para a escolha do livro didático a apresentação visual, ou seja, o *layout* e as imagens que o livro possui. Todavia, não existe um padrão nos parâmetros desse critério, pelo contrário, há uma diversidade enorme.

E observa-se que outros recursos educacionais que utilizam a linguagem visual seriam aqueles surgidos a partir das tecnologias modernas como a televisão, o vídeo-cassete, o DVD e, principalmente, a informática, sendo que este último usa a linguagem visual de forma marcante por ser a única linguagem existente em muitos computadores.

Enfim, a linguagem visual está presente também na escola. Muitas vezes parece que ela é utilizada como um recurso motivacional, outras, que ela possui um papel central no processo de comunicação e no processo de ensino-aprendizagem. Por isso, inicialmente, pergunta-se: quais seriam as conseqüências dessa linguagem no ensino? Quais as principais limitações da linguagem visual no processo de ensino-aprendizagem? Como podemos utilizar a linguagem visual em sala de aula?

## **2 JUSTIFICATIVAS E CONTRIBUIÇÕES**

O principal recurso didático utilizado no ensino é o livro didático, o qual vem sofrendo transformações significativas como sua diagramação, seu conteúdo e o crescente uso da linguagem visual. Antigamente, muitos pesquisadores verificaram que um dos critérios mais utilizados para a escolha do livro didático pelo professor em sala era a partir de seu conteúdo e pelos exercícios que continha. Ultimamente constatou-se que, além desses fatores, a apresentação visual tem sido um outro importante critério de seleção do livro. Um exemplo dessa mudança é a constatação do crescente uso de imagens “ilustrativas” e de alta definição nos livros didáticos. Essas imagens teriam, possivelmente, a função de chamar a atenção e, até mesmo, tornar o conteúdo mais agradável para o aluno, além de persuadir o professor na escolha do livro didático.

A partir do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), uma percentagem considerável do corpo docente do ensino médio brasileiro é quem seleciona o livro didático a ser utilizado no decorrer do ano letivo. E essa escolha se dá não somente pelo seu conteúdo ou pelos exercícios, mas também pelas imagens que possui. Não há uma pesquisa que aborde a seleção do livro didático, a partir de suas imagens, pelos professores, entretanto, parece que muitos deles associam diretamente a quantidade de imagens à qualidade do livro, ou seja, quanto maior a quantidade de imagens, melhor será a qualidade do livro. Todavia, verifica-se não há a uma análise crítica dessas imagens. Muitos professores, em tese, acreditam que a imagem, por si só, pode explicar um conteúdo.

Mas, podemos fazer a seguinte pergunta: será que as imagens ajudam realmente no processo ensino-aprendizagem? Considerando que existem na literatura algumas pesquisas com o objetivo de identificar as principais dificuldades de leitura de imagens dos alunos no processo ensino-aprendizagem, pergunta-se também: Quais são os principais problemas encontrados na utilização de imagens no ensino de geometria molecular do componente curricular Química no ensino médio?

Essa pergunta foi feita pelo fato de haver indícios que há limitações ao se utilizar imagens no ensino de Química. E, para se realizar essa pesquisa, talvez seja mais adequado realizar um estudo das imagens de cada um de seus conceitos.

Nesta investigação desenvolvemos um estudo sobre o uso de imagens no ensino de geometria molecular. Ao propormos procedimentos que auxiliem o aluno a visualizar e analisar imagens desse conteúdo haverá uma contribuição para o seu ensino. É evidente que não se trata de apresentar uma “receita” que seja aplicável em qualquer contexto. Mas ao apresentar resultados da aplicação da proposta desenvolvida em uma instituição de ensino público, dentro de suas limitações, esses poderão servir de referencial para que outros professores possam, a partir daí, “criar/estabelecer” novos procedimentos de ensino de acordo com a sua realidade.

Além disso, o presente trabalho, ao discutir sobre análise pedagógica do papel de imagens, uma análise de suas funções e uma análise de imagens utilizadas no ensino de geometria molecular, apresenta contribuições para que sejam desenvolvidas pesquisas, no mesmo sentido, em relação a outros conteúdos químicos que exijam maior atenção às imagens a eles associados. Sensibilizar professores, para que dêem maior atenção no uso de imagens no processo ensino-

aprendizagem, é essencial e os ajuda a ter um crescimento crítico na seleção do livro didático, adotando, por exemplo, a grelha de análise morfológica e semântica como um dos critérios de escolha.

### **3 OBJETO DE PESQUISA, OBJETIVOS E QUESTÕES DE ESTUDO**

A presente pesquisa consistiu na proposição, aplicação e avaliação pelo mestrando de um conjunto de atividades de ensino, visando possibilitar que o aluno construa um conhecimento de geometria molecular de forma que compreenda tanto o seu conteúdo específico quando as imagens utilizadas, bem como aspectos da linguagem visual, de forma a identificar limitações e contribuições na utilização de imagens.

Nesse sentido, o objetivo da presente dissertação foi o de desenvolver um conjunto de atividades pedagógicas para o ensino de geometria molecular na disciplina de Química (Ensino Médio), avaliando se os estudantes são capazes de reconhecer formas geométricas de diferentes estruturas moleculares.

Para isso, foram levantadas as seguintes questões de estudo:

- a) Os alunos compreendem as imagens utilizadas no ensino de geometria molecular?
- b) Quais os principais problemas/dificuldades que os alunos possuem para compreender as imagens utilizadas no ensino de geometria molecular?
- c) Será que existem outras limitações, em outros componentes curriculares, que influenciam no aprendizado de geometria molecular?
- d) Que procedimentos podemos utilizar para minimizar problemas/dificuldades que os alunos possuem para compreender as imagens utilizadas no ensino de geometria molecular?

- e) Quais os recursos necessários para ensinar geometria molecular e ensinar a visualizar as suas imagens?
- f) Será que as imagens utilizadas no ensino de geometria molecular, por si só, trazem um significado claro para o aluno? E qual o procedimento que o professor deverá realizar quando utilizar imagens?

# **1 AS IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS**

No presente capítulo é apresentada uma revisão da literatura sobre as pesquisas de imagens no ensino de Ciências no Brasil apresentadas nos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências e na revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, bem como estudos sobre imagens que vêm sendo desenvolvidos nessas pesquisas.

Após a revisão dessa fundamentação teórica que sustenta a investigação desenvolvida nesta dissertação são apresentadas considerações em torno de estudos sobre modelização no ensino de Ciências, que apesar de se constituírem no referencial adotado apresentam contribuições para o estudo de geometria molecular.

Finalmente, apresenta-se neste capítulo uma breve revisão conceitual do tema geometria molecular, que se constitui o tema químico central de nossa investigação.

## **1.1 O ESTUDO DE IMAGENS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL**

A revisão bibliográfica desenvolvida foi centrada na identificação de artigos nacionais que abordam a imagem no ensino de Ciências, como objeto de pesquisa. A primeira etapa da revisão foi feita nos cinco anais dos Encontros

Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (Enpec), entre 1997 e 2005. Ao todo, foram encontrados treze artigos que abordavam o tema imagem e ensino.

O primeiro Enpec, realizado no ano de 1997, possuía dois artigos sobre imagens e ensino de Ciências. O primeiro artigo intitulava-se: As imagens no livro didático (CARNEIRO, 1997). O objetivo dessa pesquisa consistia em analisar as imagens empregadas em quatro coleções de Ciências, contendo cada uma quatro livros usados no primeiro ciclo do ensino fundamental do Distrito Federal. A metodologia utilizada foi baseada nos critérios estabelecidos por Ginsburger-Vogel (1987) que buscou subsídios no trabalho de Moles (1968), ou seja, realizar as análises quantitativa e qualitativa das imagens.

As principais conclusões dessa pesquisa foram: a) há uma presença excessiva de imagens nos livros didáticos e a sua alta densidade, por página, parece encontrar suporte na falsa idéia de que as ilustrações traduzem, por si só, os conhecimentos; b) há a prevalência da função motivadora das imagens, que passaram a exercer um papel secundário em relação às informações presentes no texto; c) há a utilização de desenhos no lugar de fotografias, aumentando o nível de abstração das imagens e; d) há quase ou nenhuma presença de gráficos e esquemas pelo fato de, provavelmente, possuírem uma abstração e complexidade considerável. Segundo a autora,

...uma imagem pode ajudar a aprendizagem pela sua capacidade de mobilização, mas sozinha não pode ser considerada uma fonte de aprendizagem, perceber uma imagem não é perceber seu conceito, mas reconstruir através dela, das condições didáticas e cognitivas do aluno as informações por ela transmitida. Nesse sentido, faz-se necessário a presença de referências relativas às imagens. (CARNEIRO, 1997, p. 32).

O segundo artigo foi: O papel das representações visuais no ensino-aprendizagem de Ciências (MARTINS, 1997). Este artigo consistiu num relato de uma primeira exploração, que abordou funções das representações visuais em situações de sala de aula de ciências com o intuito de produzir um referencial teórico que explicasse o papel dessa linguagem na comunicação de idéias científicas de não-especialistas. A sua hipótese era de que as imagens possuem um papel mais centralizado na comunicação de idéias científicas do que aquelas intencionalmente a elas atribuídas (como meras ilustrações ou auxiliares na memorização, por exemplo). Para isso, a autora analisou tanto as aulas de ciências que utilizavam recursos visuais, quanto os seus livros de Ciências. Suas principais conclusões foram que:

a) as imagens dos livros didáticos parecem servir funções distintas; dentre elas:

- atrair atenção, provocar interesse, motivar;
- sinalizar e organização o conteúdo por vir;
- ilustrar uma idéia ou argumento, e
- mostrar como algo é feito;

b) as atividades em sala de aula que utilizavam recursos visuais (leitura, respostas a questões, experimentos) tiveram funções relacionadas como definição, exemplos, padrões, notações;

c) as imagens podem representar o próprio conteúdo.

A autora também verificou a perspectiva do estudante, tendo como conclusões: 1) de início, as imagens raramente são vistas isoladamente, ocorrendo uma relação entre as imagens e o texto (intratextual e intertextual); 2) as reações iniciais voltam-se para a estética da imagem (através de um canal afetivo),

posteriormente sendo utilizado seus elementos de composição; 3) há uma distinção entre imagem científica e não científica. Para a autora, existe uma relação entre a ciência e a semiótica, uma vez que as representações visuais podem restituir recursos para construção de significados.

No segundo Enpec, realizado em 1999, foi apresentada uma pesquisa intitulada: *As imagens nos livros didáticos de Biologia* (FREITAS e BRUZZO, 1999). Esse trabalho tinha como objetivo compreender a natureza da presença das imagens nos atuais livros didáticos de Biologia para o Ensino Médio. O primeiro desafio dessa pesquisa foi definir imagem. Imagem era considerada tudo que não fosse texto, ou seja, esquemas, tabelas, gráficos, gravuras, desenhos e fotos. Em seguida, foram selecionadas quatro coleções de Biologia, de diferentes autores e editoras, sendo suas imagens analisadas quantitativamente e qualitativamente. A partir da análise quantitativa, pôde-se concluir que oitenta por cento das páginas eram ocupadas com imagens e vinte por cento com texto (além do texto, foram considerados o índice, o glossário e a bibliografia). Já a análise qualitativa indicou que as relações entre texto e imagem eram pouco consistentes e que havia a presença de informações imprecisas nas legendas. Segundo as autoras, para que ocorra um aprendizado correto, há a necessidade de que as informações contidas nas legendas sejam claras e precisas, uma vez que a imagem visual permanece na memória visual com clareza, podendo o aluno resgatá-la quando houver necessidade.

No terceiro Enpec, realizado no ano de 2001, foi identificada apenas uma pesquisa sobre imagens no ensino de Ciências, intitulada: *Contribuições da análise de discurso para a compreensão do funcionamento de imagens em aulas de Física*

(SILVA e ALMEIDA, 2001). O seu objetivo consistiu em refletir sobre o funcionamento de imagens do espaço em aulas de Física para o ensino médio, no contexto de uma unidade de ensino sobre gravitação newtoniana no Planeta Terra no espaço. Essa pesquisa foi aplicada em duas escolas públicas e utilizou quinze aulas. Basicamente esse estudo tentou verificar se ocorre um elo entre o interior e o exterior de uma sala de aula, ou seja, se ocorre uma correlação dos alunos entre o conteúdo ministrado em sala de aula com o mundo exterior e como imagens podem influenciar nesse elo. Foram utilizadas transparências e exibições de filmes e documentários.

As principais conclusões que esses dois pesquisadores obtiveram foram:

- a) foi observado que quando foi utilizado um filme, houve uma maior participação dos alunos pelo fato, provavelmente, dos mesmos se envolverem não somente com as imagens existentes, mas também com todo o contexto do filme, adotando, inclusive, o papel de espectador;
- b) foi utilizado um documentário sobre o sistema solar, onde foi verificado que alguns alunos se mudaram de lugar, indo para o fundo da sala. Esse fato verificado se deu, provavelmente, pelo fato dos alunos considerarem esse vídeo uma atividade escolar,
- c) uma turma onde foi aplicado essa pesquisa apontaram espontaneamente o uso de transparências como um dos aspectos positivos do curso.

Após essas análises, os pesquisadores puderam concluir que:

Trazer imagens para a sala de aula significa trazer elementos da cotidianidade dos alunos, estabelecendo uma continuidade entre a cultura escolar e a cultura extra-escolar. Aproximar a escola de sua cultura oral. Momento em que a escola, a sala de aula, deixa um pouco de ser um ambiente totalmente estranho, exterior, distante para grande parte dos alunos. Neste ambiente ampliaram-se as possibilidades de participação dos alunos nas aulas, no entanto, não sem contradições. (SILVA e ALMEIDA, 2001).

No quarto Enpec que foi realizado em 2003, foram encontrados dois artigos que pesquisavam as imagens no ensino de Ciências. O primeiro deles com o seguinte título: Texto e imagens no ensino de ciências (DIB, MENDES e CARNEIRO, 2003). Seu foco foi “descobrir/compreender” as atribuições que os alunos da rede pública e particular, de Ensino Médio e da Educação de Jovens e Adultos, faziam de imagens que ilustram um texto didático. As autoras concluíram que, apesar de existir uma variedade muito grande de atribuições e significados às imagens apresentadas, os alunos, ao escolherem fotografias para ilustrar os textos aplicados na pesquisa, identificaram elementos comuns entre essas duas formas de linguagem (linguagem visual e textual).

O segundo artigo deste Enpec foi: Uma análise das imagens nos livros didáticos de ciências para o ensino fundamental (MARTINS et al, 2003) teve como objetivo:

- a) analisar seis coleções de ciências para o Ensino Fundamental identificando os tipos de recursos visuais utilizados e sua frequência de ocorrência e,
- b) discutir os diferentes papéis desempenhados pelas imagens nos textos dessas coleções para o primeiro, segundo, terceiro e quarto ciclos e suas relações com diferentes padrões de explicação.

Após o estudo, os pesquisadores concluíram que essa análise mostra como as imagens podem ser utilizadas para promover abordagens interdisciplinares e favorecer a contextualização de explicações científicas.

No último Enpec, realizado em 2005, foram encontrados cinco pesquisas sobre imagem no ensino de Ciências. A primeira intitulada: As imagens da embriologia animal: uma análise em livros didáticos de Biologia (JOTTA e

CARNEIRO, 2005) teve como objetivo analisar as características da linguagem visual referente à embriologia animal encontrada nos livros didáticos de Biologia na qualidade de limitadores ou promotores da aprendizagem e suas conclusões foram: a presença de 190 (cento e noventa) imagens, em 123 (cento e vinte e três) páginas, e a existência de parâmetros potencialmente eficazes para a análise de livros didáticos de Biologia.

A segunda pesquisa intitulada: Avaliação de impressos sobre doenças parasitárias por estudantes de diversos níveis de ensino (TRAJANO et al, 2005) cujo objetivo consistia em avaliar impressos sobre doenças parasitárias como malária, esquistossomose, escabiose, doença de Chagas, filaríase e toxoplasmose, todos disponíveis na Biblioteca da Fundação Oswaldo Cruz. A metodologia utilizada foi realizar uma entrevista semi-estruturada analisando o conteúdo de cada tema abordado, bem como sua apresentação gráfica, a linguagem, os termos técnicos e o ganho cognitivo. As principais conclusões apontadas pelos estudantes foram:

- a) dificuldades quanto à compreensão do conteúdo;
- b) a necessidade de inserção de imagens em impressos destinados à população.

E as conclusões dos pesquisadores foram duas. A primeira seria uma revisão no processo de produção desse tipo de impresso e a segunda seria dar uma atenção especial, por parte dos professores, à introdução da linguagem científica para os estudantes.

A terceira pesquisa tinha como título: A estético-expressiva da Biologia: “ensinando aprendendo” a olhar/ver a célula eucariótica (MONTEIRO et al, 2005) e teve como objetivo discutir o uso de imagens como recurso metodológico, nas

práticas de ensino, sobre a noção de célula eucariótica no cotidiano das escolas. O seu pressuposto era de que as imagens, em livros didáticos, podem também servir como uma estratégia para melhorar a capacidade estético-expressiva dos sujeitos, que comumente estão no cotidiano das salas de aulas. A principal conclusão, após esta pesquisa, foi a necessidade de analisar a importância de se pensar o espaço da sala de aula e os efeitos de uma proposta de ensino de Biologia voltado para questões onde estão presentes as possibilidades estéticas, incentivando outras formas de relação com a vida.

Havia, também, uma pesquisa cujo título era: *As imagens em textos didáticos de temas sociais em um livro didático de Química: Análise de seu papel pedagógico* (SEBATA, SANTOS e, CARNEIRO, 2005). Esta pesquisa abordava uma análise de imagens de um livro didático de Química que correspondem a uma seção que trata de um tema social vinculado à Química. Após a metodologia, pode-se concluir que algumas seções possuem imagens diretamente associadas aos textos, de forma que o seu conteúdo pode ser explorado pelo professor. Em outras seções, há imagens que não reproduzem todas as idéias centrais do texto não correspondendo à ênfase do texto escrito. Enfim, é fundamental que as imagens do livro didático sejam criteriosamente selecionadas pelos autores e que os professores dêem maior atenção ao seu potencial pedagógico.

Já a última pesquisa era intitulada: *Os Conhecimentos que os Alunos Utilizam para ler as Imagens de Mitose e de Meiose e as Dificuldades Apresentadas* (BARROS e CARNEIRO, 2005). A pesquisa tinha como objetivo analisar e apontar as principais dificuldades que os alunos demonstram na leitura de esquemas que representam a divisão celular. Para as autoras, os esquemas são extremamente

complexos por necessitarem de dois fatores para sua compreensão: do conhecimento prévio que o aluno possui na sua estrutura cognitiva e da orientação que professor dá para o aluno no processo de leitura das imagens. A pesquisa teve como processo: a) a construção de mapas conceituais a partir dos conhecimentos apresentados pelos alunos, onde as pesquisadoras procuraram identificar como os conceitos necessários para interpretar as imagens de divisão celular estariam organizados; b) a análise de como os alunos lêem essas imagens e que conhecimentos eles utilizam para interpretá-las. Essas duas etapas tinham como finalidade identificar as dificuldades apresentadas durante a interpretação. E seus principais resultados foram: “a forma como os alunos compreendem e aplicam os conceitos dos termos cromátide, cromossomos homólogos, célula haplóide e célula diplóide, e a própria imagem, podem ser consideradas causas da dificuldade na leitura das imagens e aprendizagem desse tema”.

Uma outra parte da revisão bibliográfica consistiu na busca de outros artigos de pesquisa que abordassem o estudo da imagem no ensino de Ciências, na revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (Abrapec). Foram pesquisados artigos publicados, nos períodos de 2001 até 2005, que estavam disponibilizados em seu *site* até 20 de março, deste ano. O critério de seleção baseou-se em títulos e palavras chaves que estavam associados ao tema imagem e ensino. Foram encontrados três artigos que se referiam às imagens, tendo como objetivos: a) a utilização de recursos didáticos que enfatizavam imagens no processo ensino-aprendizagem, b) questões epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de Física, e c) a representação imagética

do gene e cromossoma em materiais instrucionais para o ensino de Biologia no sistema educativo venezuelano.

O primeiro artigo intitulava-se: O uso de um vídeo no estudo do fenômeno de refração da luz (ALDRIGHI e BUCHWEITZ, 2001) e abordava recursos didáticos que enfatizavam imagens no processo de ensino-aprendizagem. Esse artigo descreveu a aplicação de uma metodologia diferenciada nas aulas de laboratório: havia a utilização de um vídeo sobre a refração da luz e aulas teóricas. Essa metodologia foi direcionada para alunos do ensino médio, da primeira série, em uma cidade da Região Sul do País. Houve aulas teóricas, aplicação de experimentos e da fita de vídeo. Para a coleta de dados, utilizou-se um questionário, um teste escrito e entrevistas com o objetivo de avaliar o efeito das atividades de ensino na aprendizagem do educando. O vídeo foi elaborado por uma filmadora de recursos usuais (comum) e as imagens feitas eram as que envolviam fenômenos do cotidiano e cenas de experimentos de laboratório que abordavam a refração da luz. Apesar de o filme ser "artesanal", observou-se aspectos técnicos para melhorar a qualidade das imagens. Inicialmente, os alunos assistiam a fita de vídeo, logo em seguida, havia uma discussão inicial sobre a mesma, abordando o interesse dos mesmos. Por fim, a fita de vídeo era mostrada novamente, havendo a interferência do professor em alguns de seus momentos para explicações breves. Os principais resultados dessa pesquisa foram: a) em relação à aprendizagem: os estudantes são da opinião que houve aprendizagem, contudo, uma grande parte dos mesmos (29%) não respondeu, de forma adequada, algumas questões do questionário, do teste escrito e da entrevista; b) em relação à receptividade: os alunos revelaram que gostaram muito do vídeo e das atividades de ensino que foram desenvolvidas a

partir dele, destacando-se os comentários dos estudantes em favor do uso do vídeo como alternativa de ensino. Além disso, esta pesquisa demonstrou a necessidade do professor estar preparado para utilizar o vídeo didático como recurso de ensino, fazendo-o como um instrumento de interação entre ele e os alunos. Haverá quase sempre a necessidade do mesmo ter que “explicar” algumas partes do vídeo para a compreensão dos alunos, ou seja, que o mesmo fizesse “leituras dessas imagens” para uma melhor compreensão. Enfim, “o vídeo não substitui o professor, porém impõe mudanças em sua função pedagógica e uma adequada utilização didática do vídeo, exigindo dos professores uma formação específica” (FERRÉS apud VERGARA, 1996, p. 89).

O segundo artigo intitulava-se: Questões Epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de física (MEDEIROS e MEDEIROS, 2001). Nesse artigo, os autores basearam seu estudo nas questões epistemológicas nas iconicidades de representações visuais, em livros didáticos de Física. Essa pesquisa abordava o estudo de três imagens existentes em três livros didáticos, de Física, muito utilizadas no ensino médio. Essas imagens, segundo os autores, possuíam problemas epistemológicos em suas representações icônicas. Em geral, as imagens analisadas eram as que representavam ambientes reais, por meio de desenhos ou fotografias. Os desenhos possuíam imagens desproporcionais em suas composições e/ou entravam em contradição com o conteúdo textual existente e as fotografias analisadas possuíam um grande problema ao representar o real da Física por meio de imagens reais concretas (há uma grande diferença entre as duas representações, pois o real da Física é capaz de representar individualmente cada fator/interferente do mundo real, enquanto que o real concreto representa todos os

fatores existentes). A principal conclusão dos autores era a necessidade de existir, além de critérios de qualidade visual das imagens, critérios para as suas qualidades didáticas, uma vez que pode existir um livro belamente ilustrado que está em desacordo com os processos de construção do conhecimento científico.

O último artigo tinha o seguinte título: *Imagens Externas do Gene e Cromossomos em Materiais Instrucionais para o Ensino de Biologia no Sistema Educativo Venezuelano\** (ESCRIBANO e SAHELICES, 2005). O artigo investiga as imagens utilizadas em materiais instrucionais de gene e cromossomos, no ensino de Biologia, no sistema educativo venezuelano e teve como objetivos: a) descrever as características das imagens externas relacionadas com gene e cromossomos que aparecem nos livros de Biologia e guias de atividades de laboratório no sistema educativo venezuelano; b) caracterizar o uso de imagens externas no processo de comunicação visual; c) determinar a maneira como se usa as cores nos materiais instrucionais e; d) descrever a seqüência do conteúdo dos materiais instrucionais selecionados.

Para essa pesquisa, foram selecionados 16 (dezesesseis) materiais, sendo cinco para o ensino básico, cinco para o ensino médio e seis para o ensino superior. A análise foi dividida em três etapas. A primeira consistiu em identificar as características gerais das imagens nos materiais. A segunda consistia em analisar as imagens desses materiais visando identificar a diversidade, funcionalidade, elementos de comunicação visual, sendo identificado seis casos. E, finalmente, realizou-se a análise seqüencial do conteúdo, possibilitando classificar as funcionalidades dessas imagens (funções: evocação, definição, aplicação,

---

\* traduzido do título original: *Ímagenes externas de gen y cromossoma em materiales instruccionales para la ensenanza de la biologia em el sistema educativo venezolano*

descrição, interpretação e problematização). As principais conclusões desse artigo foram as seguintes:

- a) nos materiais para o ensino básico e médio foram utilizadas imagens realistas do tipo fotografia e tinham, em sua maioria, as funções de: atrair a atenção; provocar interesse para motivar; selecionar e organizar o conteúdo apresentado; ilustrá-lo e apresentar procedimentos específicos, os quais se relacionam ao conteúdo verbal de um texto podendo introduzi-lo, orientar o leitor e até ser o conteúdo por si mesmo;
- b) os gráficos foram considerados, em investigações prévias, imagens com maior dificuldade de compreensão, sendo, portanto, pouco utilizados nesses materiais, sua presença ocorre somente em materiais para a educação superior;
- c) foram verificadas que algumas imagens eram utilizadas para introduzir o conteúdo, enquanto que outras eram utilizadas para complementar a informação verbal que continham em si mesmas;
- d) houve também, de forma pontual, imagens com função interativa (com maior frequência nos materiais para a educação superior).

Em relação à seqüência instrucional do conteúdo para os três níveis educativos, houve uma tendência predominante de definições e descrições, sendo pouco freqüente a problematização-evocação e a interpretação e aplicação.

Quanto ao uso de cores nas imagens, constatou-se que faziam presentes em todos os materiais instrucionais e a sua utilização objetivava:

- a) afirmar, com maior realismo, as estruturas;
- b) atrair a atenção dos leitores;

c) ressaltar o conteúdo (mensagem), sendo que a utilização de cores é um papel importante no processamento da informação.

Então, resolvemos pesquisar artigos publicados na revista Química Nova Na Escola desde o ano de 1995 até o ano 2006. A referida pesquisa se deu em seu site (<http://www.sbq.org.br/ensino>) no período de 01 a 20 de março de 2006. Os resultados que encontramos nenhum artigo que abordasse a temática imagem e ensino.

Também nessa revista resolvemos pesquisar a temática geometria molecular e ensino, não sendo encontrado nenhum artigo.

A partir desses artigos, além de obter informações sobre a pesquisa da imagem no ensino, pudemos buscar referências dos principais pesquisadores nessa área para o embasamento necessário para a formulação de um referencial teórico que fosse adequado à nossa pesquisa.

## **1.2 A IMAGEM – CONCEITOS**

Sabe-se que as primeiras imagens utilizadas pela humanidade surgiram na Pré-história e foram utilizadas para registrar fatos e acontecimentos considerados importantes naquela época. Somente com a instituição das cidades e das civilizações antigas, foi possível o nascimento da escrita, que foi desenvolvida conforme cada peculiaridade sociocultural. Houve a criação de inúmeras escritas: a escrita cuneiforme, a escrita egípcia, a hebraica etc. Cada uma possuía seus

símbolos, palavras, pronúncias e modos de propagação. Muitas vezes, povos não se entendiam por não conseguirem se comunicar.

Para chegarmos a escrita que atualmente conhecemos, houve a necessidade de ocorrer avanços tecnológicos que aumentassem a sua propagação, sendo o mais relevante o surgimento da imprensa (escrita industrializada) de Gutenberg, em Meados do Século XV.

Conseqüentemente, houve um avanço na formalidade da linguagem escrita, desenvolvendo áreas como morfologia, sintaxe, lingüística, interpretação de textos etc. A imagem passou a ser vista sem tanta formalidade. A informalidade está tão presente na sociedade, que não há teorias universais de análise sobre imagens. Os poucos teóricos sobre imagens afirmam não existir um consenso sobre a sua definição e a ausência de critérios para analisá-las. Entretanto, foi verificado que, ao mesmo tempo em que a linguagem escrita foi se tornando complexa, a linguagem visual também a acompanhou e, tornou-se, de certa forma, complexa.

A primeira problemática encontrada durante o desenvolvimento dessa pesquisa, foi definir imagem. Uma vez que é utilizada em praticamente todos os campos do conhecimento humano, há inúmeras definições, podendo ocasionar, inclusive, controvérsias entre autores. Por isso, a imagem possui uma polissemia de significados e inúmeras leituras policêmicas. A imagem pode ser estudada em diferentes áreas do conhecimento: Artes, Psicologia, Comunicação, Filosofia, Ciências etc. Por exemplo, nas Artes, a noção de imagem está essencialmente ligada à representação visual: afrescos e pinturas, ilustrações decorativas, desenho, gravura e, modernamente, filmes, vídeos etc. Já na Psicologia, “imagem” designa qualquer representação que possa ser percebida pelos sentidos humanos

(JAPIASSÚ e MARCONDES apud DIB(2004)). No domínio científico, as imagens são representações gráficas de fenômenos, produzidas a partir de observação – com ou sem instrumentos – de fenômenos, sendo essas imagens uma tentativa de representação do real.

Há inúmeros conceitos sobre imagem. Um deles, proposto por Santaella e Nörth apud Cassiano (2002), propõe que existam dois domínios. O primeiro refere-se às representações visuais reais como desenhos, pinturas gravuras, imagens cinematográficas, televisivas, infográficas e fotografias; o último refere-se a imagens “irreais” como visões, fantasias, imaginações, modelos e esquemas. E esses domínios estão co-relacionados entre si, de forma que as imagens reais são, primeiramente, idealizadas mentalmente e as imagens irreais são originadas de objetos do nosso meio real.

Ao analisar o uso do senso comum do termo imagem, Joly apud Carneiro, (1999) nos lembra que:

O uso contemporâneo da palavra “imagem” remete a maior parte das vezes para imagem mediática. A imagem invasora, a imagem onipresente, aquela que criticamos e que faz ao mesmo tempo para a vida cotidiana de cada um, é a imagem mediática. Anunciada, comentada, adulada ou vilipendiada pela própria mídia, a imagem torna-se sinônimo de televisão e de publicidade. (JOLY, 1994, p. 14).

Ainda segundo a autora, esta forma de utilização do termo “imagem”, enquanto sinônimo de televisão e publicidade, “fomenta certo número de confusões prejudiciais à própria imagem, à sua utilização e à sua compreensão” (Ibid., p. 15). A partir dessas considerações da autora, nos perguntamos se esta concepção do senso comum não é um obstáculo ao uso pedagógico das imagens.

Como se pode concluir, o conceito de imagem varia segundo a área de conhecimento e o contexto de uso das mesmas. Assim, no contexto pedagógico,

Carneiro define imagem como “uma representação visual, real ou analógica de um ser, fenômeno ou objeto que normalmente se apresenta em oposição a um texto escrito” (CARNEIRO, 1997).

Outro conceito de imagem, também relacionado ao contexto pedagógico, é o conceito proposto por Cassiano (2000):

Signos icônicos ou simbólicos (ou uma combinação) cujo significante (*representamen*) mantém uma relação analógica (para ícones) ou convencional (para símbolos) com o referente. O referente pode ser um conceito, um objeto (um ser, um material) ou um fenômeno. Tais signos se apresentam em oposição ao texto escrito e são compostos por figuras, fotografias, diagramas, gráficos, esquemas, desenhos e imagens de arte. (CASSIANO, 2000, p. 22).

Vale ressaltar que, no contexto do nosso trabalho, optamos pela utilização do conceito proposto por Cassiano (2000), pois se trata de um conceito que atende às especificidades da nossa pesquisa.

### **1.3 O USO DE IMAGENS NO CONTEXTO PEDAGÓGICO**

Segundo Calado (1994), a idéia de que a compreensão das imagens é imediata não passa de ilusão. Há a necessidade de ser “alfabetizado pela gramática visual”. A alfabetização consiste, neste caso, na capacidade dos indivíduos em compreender determinado sistema de representação, associada à capacidade de se expressarem por meio dele. Não se pode negar que, realmente, entre um texto escrito e uma imagem, a última chamará, na maioria dos casos, mais atenção.

A instituição escolar, sem dúvida, possui um papel essencial neste processo, pois se o aluno for “alfabetizado visualmente” desde o início de sua vida escolar, a imagem pode ser usada para facilitar a aprendizagem. No ensino de Química, as imagens podem desempenhar funções pedagógicas que variam segundo os objetivos de ensino estabelecidos pelos professores. Caso haja uma imagem mal utilizada ou destoante em relação ao contexto, a mesma pode se tornar uma fonte fértil de equívocos.

Nessa mesma direção, Vernon apud Richadeau (1981) afirma que: “... parece claro que o aluno não é capaz, por si mesmo e sem orientação, de deduzir de imagens um modelo de informação coerente e significativo” (tradução nossa<sup>1</sup>). Essa asserção confirma, mais uma vez, a necessidade de ensinar o aluno a “ler” as imagens.

Segundo estudos realizados no domínio da aprendizagem de língua estrangeira, mesmo os alunos adultos, em algumas situações pedagógicas, também apresentam dificuldades em interpretar imagens (RICHADÉAU, 1981). Assim, podemos dizer que as imagens podem aferir interpretações ambíguas, não só em crianças, mas também em adultos. Portanto, faz-se necessário compreender a utilização da linguagem visual no contexto escolar.

Calado apud Carneiro (1999) afirma que uma imagem é polivalente e multifacetada, pois pode ser abstrata, icônica e racionalizada, eficaz e mágica, estética e denotativa, funcional e incontrolável. A imagem pode possuir inúmeras análises analíticas, não sendo possível, em muitos casos, serem quantificadas. E,

---

<sup>1</sup> Parece claro que el niño no es capaz, por sí mismo y sin indicación, de deducir de ilustraciones un modelo (pattern) de información, coherente y significativo.

por esse motivo, deve haver a tentativa dessa quantificação no sentido de promover a sua evolução análoga a dos signos verbais.

## **1.4 AS FUNÇÕES DAS IMAGENS**

Segundo Duchastel apud Cassiano (2000), um dos principais problemas de pesquisas, que têm as imagens como objeto de estudo, é a falta de referencial teórico que possa ajudar a compreender as imagens e o seu efeito no processo de aprendizagem. O autor destaca que os estudos sobre as imagens seguem duas linhas: a primeira consiste na análise dos aspectos formais da imagem, isto é, analisar seus aspectos morfológicos, que são suas características físicas ou modos de representação. Já a segunda linha, os aspectos funcionais, centraliza-se na análise do papel que as imagens possuem em relação ao texto.

Os aspectos formais da imagem abordam características particulares de cada uma, ou seja, aborda a morfologia da imagem. Há inúmeros tipos de análises dos aspectos formais da imagem, dentre elas, podemos citar a de Fleming apud Carneiro (1997) e a de Koweton apud Carneiro (1997). A primeira utiliza como principais características: a cor, o tipo de desenho e outros atributos, como nitidez e foco, para categorizar a imagem, enquanto que a segunda agrupa as imagens em três: a realista (representativa), analógica (implica similaridade) e a lógica (diagramas).

### 1.4.1 Aspectos Funcionais das Imagens

Santaella e North apud Cassiano (2000) afirmam que o relacionamento entre a imagem e seu contexto verbal é íntimo e variado: o texto pode elucidar uma imagem e vice-versa. Poderá haver dois pólos de um contínuo que vai da redundância à informalidade.

Kalverkamper apud Santaella e North apud Cassiano (2000) distingue três casos:

- a) A imagem é inferior ao texto e simplesmente o complementa, sendo, portanto, redundante;
- b) A imagem é superior ao texto, portanto, o domina, já que ela é mais informativa do que ele; e
- c) Tanto a imagem quanto o texto são igualmente importantes, havendo uma integração entre eles.

Muitos teóricos consideram que as imagens possuem uma determinada funcionalidade, que se faz necessária para melhorar a compreensão do leitor. Daí a necessidade de serem inseridas em textos, artigos etc. Há uma área da Ciência que estuda a relação entre o significado, o signo e seu enunciado, que é denominada Semântica. E, no caso de imagens, a análise semântica das mesmas pressupõe analisar a relação entre o que o texto diz e a imagem utilizada, de tal forma, a compreender o grau de proximidade (ou não) que existe entre elas, ou melhor, tentar compreender a relação entre o texto e sua imagem.

No ensino de Ciências, podemos citar alguns teóricos que estudam a funcionalidade de imagens. Contudo, verificamos que não há uma única linha de classificação das funcionalidades imagéticas. Neste trabalho, optamos por citar as funcionalidades propostas por Amador e Carneiro (1999), Duchastel e Waller apud Cassiano (2000) e Martins (1997).

Amador e Carneiro (1999) atribuem às imagens quatro funções diferentes: explicativa, motivadora, metalingüística, catalisadora de experiências. A primeira função, a explicativa, determina que a imagem serve para explicitar o conteúdo do texto, ou seja, que essa imagem seja capaz de explicar o conteúdo do texto visualmente. A segunda função, a motivadora, tem como funcionalidade motivar o leitor, quer dizer, atrair a atenção do mesmo para que ele leia o texto. Já a função metalingüística tem como objetivo destacar o conteúdo verbal. E a última função, catalisadora de experiências, é aquela que faz com que o aluno desempenhe certa atividade.

Duchastel e Waller apud Cassiano (2000) propõem três funções para as imagens. A primeira delas seria a função motivadora, que atribui à imagem a função de motivar a leitura, ou melhor, proporciona fatores que contribuam para despertar a curiosidade do leitor perante o texto. Já a função explicativa consiste em atribuir à imagem a função de sintetizar a mensagem central do texto por meio da linguagem visual. Finalmente, a função retencional, que consiste em atribuir à imagem uma função de retenção do conhecimento pelo leitor, baseado na perspectiva teórica da psicologia da hipótese de *“double encodage”*, proposto por Paivio (1975) apud Duchastel apud Cassiano (2000). A imagem com a função retencional age no

momento em que há a necessidade de se resgatar alguma informação por meio de imagens.

A função explicativa possui sete subfunções, sendo elas: descritiva, expressiva, construtiva, funcional, lógico-matemática, algorítmica e *data-display*. As suas características estão descritas no quadro 1, a seguir.

**Quadro 1. Subfunções da função explicativa elaborada pelo autor a partir dos conceitos de Duchastel e Waller apud Cassiano (2000)**

Subfunção	Característica(s)	Exemplo
Descritiva	Imagens que mostram com o que o objeto parece.	Fotografia ou desenho de vidrarias de laboratório (tubo de ensaio, balão volumétrico, pipeta etc.).
Expressiva	Imagens que provocam um impacto no leitor além da simples descrição	Imagem utilizada no primeiro capítulo do módulo I do livro Química e Sociedade que apresenta o poema O Bicho, de Manuel Bandeira (página 21)
Funcional	Imagens que tem como objetivo eliminar a complexidade na apresentação, facilitando a leitura visual da imagem.	Reações de eletrólise
Lógico-matemática	Imagens geradas a partir de funções matemáticas	Gráficos de termoquímica
Algorítmica	Imagens que mostram possibilidade/probabilidade de ação.	Modelo atômico de Bohr Orbitais atômicos Orbitais moleculares
Data display	Imagens que permitem comparação visual rápida e de fácil acesso aos dados	Gráficos que abordam a mudança de estado de materiais (substâncias e misturas)
Construtiva	Imagens que procuram esclarecer a composição de sistemas/complexos	Imagem de uma pilha alcalina em funcionamento

Finalmente, Martins (1997) nos apresenta três categorias: a categoria classificação, a categoria análise e a categoria narrativa. A função classificação atribui à imagem uma organização (seja de acordo com a classe, estética ou até mesmo de estrutura hierárquica). Podemos citar como exemplos as imagens utilizadas para representar os processos de separação de misturas. Há inúmeros processos de separação de misturas (como a catação, centrifugação, imantação, flotação etc.) utilizando imagens para organizá-las. A função narrativa atribui à imagem a característica de relatar fatos, eventos. Temos como exemplo a utilização

de imagens para exemplificar a mudança de estado de algumas substâncias (líquido, gasoso e sólido). A função análise atribui à imagem a característica de relacionar a parte de um todo, mostrando seus componentes. Podemos citar como exemplo um átomo de Bohr, onde há a indicação do seu núcleo, eletrosfera (e suas camadas e subcamadas) e respectivos constituintes: prótons, nêutrons e elétrons. Por fim, Martins (1997) propõe quatro funções distintas para as imagens, sendo elas: a) chamar a atenção, curiosidade e motivação; b) indicar e organizar conteúdo a ser apresentado; c) ilustrar idéias ou argumentos e; d) descrever etapas que são distinguidas a partir do texto, atividade de sala ou conhecimento científico envolta às imagens.

#### **1.4.2 Classificação das Imagens**

As imagens possuem diversas classificações. Temos como exemplos de classificações de imagens àquelas propostas por Moles apud Carneiro (1997), Koweton apud Cassiano (2000) e Carneiro (1997).

A classificação proposta por Moles apud Carneiro (1997) baseia-se no grau de iconicidade. Para Moles, iconicidade é uma “magnitude” oposta à abstração, ou seja, o grau de realismo conservado na imagem.

Esta definição o conduziu à elaboração de uma escala de iconicidade que compreende 13 (treze) níveis/classes: começando pela representação mais real do objeto em questão (classe doze) – modelo em três dimensões e em tamanho natural, passando por esquemas bidimensionais ou tridimensionais (globo terrestre,

mapas geológicos). Há ainda as fotografias e projeções realistas sobre um plano, esquemas anatômicos, ou de construção, até chegar ao último nível, o mais abstrato, que corresponde à descrição do objeto somente com ajuda de palavras normatizadas ou fórmulas algébricas (classe zero). Para uma melhor compreensão, foi elaborado o quadro 2:

**Quadro 2. Escala decrescente de iconicidade<sup>2</sup>**

Classe	Definição	Critério	Exemplos
12	O próprio objeto.	Eventual parêntese no sentido de Husserl.	A vitrine de uma loja, a exposição.
11	Modelo bi ou tri dimensional.	Cores e materiais arbitrários.	Exibições factícias.
10	Esquema bi ou tridimensional reduzido ou aumentado.	Cores ou materiais escolhidos segundo critérios lógicos.	Mapas com três dimensões: globo terrestre, mapa geológico.
9	A fotografia ou projeção realista sobre um plano.	Projeção perspectiva rigorosa, semitons e sombras.	Catálogos ilustrados e afiches.
8	Desenho ou fotografia dito "sem contornos" (projeção visual do universal aristotélico). Perfis em desenhos.	Critérios de continuidade e fechamento de forma.	Afiches, catálogos, prospectos e fotografias técnicas.
7	Esquemas anatômicos ou de construção.	Abertura da carta ou do envelope. Respeito da topografia. Arbitrário dos valores. Quantificação dos elementos ou simplificação.	Corte anatômico, corte de um motor a explosão. Planejamento de cabos para um receptor de rádio.
6	Vista "estourada" ( <i>éclatéé</i> ).	Disposição perspectiva das peças conforme suas relações de vizinhança topológica.	Objetos técnicos de manuais de instrução.
5	Esquema de princípio: eletricidade e eletrônica.	Substituição dos elementos por símbolos normalizados, passagem da topografia à tipologia.	Plano esquematizado do metrô. Plano dos cabos de um receptor de TV ou uma parte do radar.
4	Organograma ou <i>block</i> esquema.	Os elementos são caixas pretas funcionais ligadas por conexões lógicas: análise das funções lógicas.	Organograma de um empreendimento. "flow chart" de um programa de computador. Série de operações químicas.
3	Esquema de formulação.	Relação lógica e não topológica num espaço não geométrico entre elementos abstratos. As ligações são simbólicas, todos os elementos são visíveis.	Fórmulas químicas desenvolvidas. Sociograma.
2	Esquema em espaços complexos.	Combinação num mesmo espaço de representação de elementos esquemáticos (flechas, plano, objeto) pertencendo a sistemas diferentes.	Forças e posições geométricas sobre uma estrutura metálica: esquemas de estática gráfica, polígono de crêmona, representações sonográficas.

<sup>2</sup> Tradução de Maria Helena da Silva Carneiro. Fonte: MOLES, A. A. **L'image: communication fonctionnelle**. Belgica: Castermau, 1981, p. 101.

Continuação do Quadro 2. Escala decrescente de iconicidade <sup>3</sup>			
Classe	Definição	Critério	Exemplos
1	Esquema em espaço abstrato e esquema vetorial.	Representação gráfica num espaço métrico abstrato, de relação entre grandezas vetoriais.	Gráfico vetorial em eletrotécnica. Triângulo de Kapp, polígono de Blondel para um motor de Max-weel. Triângulo de vogais.
0	Descrição em palavras normalizadas ou em fórmulas algébricas.	Signos puramente abstratos sem relação imaginável com o significante.	Equações e fórmulas. Textos.

Nota-se que nível 12 corresponde à representação mais realista do objeto em questão. No último grau de iconicidade, de classe zero, o objeto é escrito com a ajuda de palavras, signos abstratos, não guardando relação direta com sua forma visual.

A título de exemplificação, podemos citar as imagens e suas classificações a partir de um conteúdo qualquer, como a reação de oxidação do Ferro. Ao aplicarmos a escala de Moles, podemos dizer que, caso exista um material à base de ferro que esteja no processo de oxidação – um prego enferrujando – haverá uma imagem de classe 12, ou seja, uma imagem que é o próprio objeto em questão, havendo uma baixa abstração e uma alta iconicidade. E se existir uma fotografia do processo de oxidação do prego (todas as etapas), haverá imagens de classe 9, ou seja, uma fotografia ou projeção realista sobre um plano. Há, neste caso, um índice de iconicidade alto e uma abstração relativamente baixa. E se o mesmo tiver acesso à representação dessa reação química, por meio de fórmulas e de esquemas, como a reação química:  $\text{Fe(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{FeO}_2\text{(s)}$ , a imagem terá a classe 3, ou seja, fórmulas químicas desenvolvidas, onde se estabelece uma relação lógica, e não topológica, num espaço não geométrico, entre elementos abstratos,

<sup>3</sup> Tradução de Maria Helena da Silva Carneiro. Fonte: MOLES, A. A. **L'image: communication fonctionnelle**. Belgica: Castermau, 1981, p. 101.

nos quais as ligações são simbólicas e todos os elementos são visíveis. Trata-se de uma imagem altamente abstrata e com baixo índice de iconicidade.

## **1.5 MODELO E MODELIZAÇÃO**

Muitas vezes, o conhecimento científico emprega como recurso a utilização da linguagem visual para representar os seus modelos, na tentativa de facilitar a compreensão de alguns conceitos. A Química, por exemplo, lança mão de imagens para representar os modelos atômicos. Sabemos que o átomo consiste em uma entidade que utiliza modelos para sua visualização, compreensão e teorias. que foram pautadas pela realização de experimentos, de cálculos matemáticos e de imaginação, os quais possibilitaram a criação/visualização de sua forma. Enfim, o átomo, atualmente, é estudado por meio de uma representação visual de um modelo. E uma vez que o ensino de Ciências é diretamente associado ao conhecimento científico pelo fato de realizar o processo de transposição didática do conhecimento científico para o saber escolar, o conhecimento escolar também utiliza uma representação visual de modelos.

Considerando que propomos a elaboração, desenvolvimento e aplicação de um processo de ensino que aborde o assunto geometria molecular, que possui como uma de suas bases modelos atômicos e suas respectivas imagens há a necessidade de se estudar o tema modelo e modelização.

---

A ciência utiliza, para o desenvolvimento do seu saber, ferramentas importantes que são capazes de explicar o mundo real onde se encontra o ser humano. Para isso, a ciência tem utilizado teorias e modelos. Teoria, segundo Santos (2001), seria um conjunto de leis capazes de fornecer resultados e conclusões a partir de um número de variáveis conhecidas, de tal modo, que possa ser aplicada com precisão definida no mundo real. E os modelos, por sua vez, têm como objetivo descrever aspectos específicos de certas propriedades do sistema.

Segundo Gilbert e colaboradores (2000), modelo (construção de uma outra realidade), na Ciência, é uma representação do fenômeno inicialmente produzido para determinados propósitos. Como um fenômeno é uma via de segregação da parte do mundo para estudo de algo intelectualmente interessante, os modelos são únicos. O propósito específico de qualquer modelo é originalmente produzido, na Ciência, de forma simplificada, de tal maneira, que haja a compreensão de um fenômeno específico, pois na natureza podem ocorrer diversos fenômenos em um único acontecimento. A construção de modelos ocorre de uma forma diversificada. Muitos modelos são elaboradas a partir de entidades concretas/reais, e são vistos como se existissem separadamente ou como se fizessem partes de um sistema. O modelo de um objeto pode ser menor que o fenômeno representado (modelos de fósseis), do mesmo tamanho (modelos utilizados para representar partes do corpo humano) e, até mesmo, maior que ele (modelos que representam alguns vírus). Outros modelos são compostos de abstração, a qual é tratada como se fosse real, como modelos atômicos existentes. Um modelo também pode ser elaborado a partir de uma idéia, ser composto por uma

mistura de entidades concretas ou que são consideradas concretas. Finalmente, um modelo pode ser um sistema, série de entidades relacionadas entre si.

Há três grandes contribuições ao se utilizar modelos e modelização no ensino de Ciências. A primeira consiste em crer que a formação de modelos mentais e a sua explicação social são vitais para o desenvolvimento e a compreensão de qualquer fenômeno ou parte da informação. Modelização mental é uma importante etapa proposta por Hodson apud Gilbert et al (2000). A segunda consiste em considerar vital a produção e o teste experimental de modelos criados. Aprender sobre Ciência e aprender a fazer Ciência envolvem testes da modelização e de modelos. A terceira resume-se em considerar que os modelos históricos e científicos são muito importantes no ensino de ciências, pois a aprendizagem da Ciência envolve uma maior compreensão de tais modelos.

Alguns teóricos observaram a influência de modelos na construção de teorias. Thomas Kuhn é um teórico conhecido por mudar a forma de pensar na Ciência. Ele introduziu a noção de paradigma. Para Kuhn apud Ostermann (1996), paradigma seria um lugar onde as questões, teorias e modelos adotados, técnicas experimentais, critérios de seleção são delimitados. O paradigma existe para estipular o momento científico e o mesmo pode entrar em crise, caso não seja capaz de explicar fatos cientificamente. Surgindo uma crise paradigmática, dá-se origem a um novo paradigma que consiga explicar cientificamente os fatos. Kuhn apud Gilbert et al (2000), além do termo paradigma, utilizou modelos no desenvolvimento de sua teoria. Para ele, o não aproveitamento de modelos é usado no tratamento da matriz

disciplinada<sup>4</sup>. Além disso, classifica os modelos em dois: ontológicos e heurísticos. Os últimos são vistos como analogias enquanto que os primeiros são objetos da metafísica desenvolvidos pelos cientistas. Ele utiliza modelo para se referir aos modelos de solução de problemas de paradigma (GILBERT et al, 2000).

Outra teoria sobre modelos nos ensino de Ciências foi proposta por Nancy Nersessiam apud Gilbert et al (2000), na qual ela analisou os mecanismos específicos pelos quais teorias científicas são desenvolvidas. Para ela, o desenvolvimento de teorias científicas baseia-se no processo de se encontrar respostas para problemas, por meio de atividades de modelação, que envolvem a generalização de novas representações conceituais daquelas já existentes. A capacidade de modelação da mente pode ser desenvolvida por técnicas de abstração, que incluem raciocínio imaginário, raciocínio lógico, experimentação e delimitação dos aspectos a serem analisados (GILBERT et al, 2000).

Bunge apud Gilbert et al (2000), teórico realista, considera que há uma relação entre teoria e modelo no desenvolvimento de questões científicas, em qualquer momento, por meio de um processo analítico, independente da existência, ou não, de crises paradigmáticas. Para ele, há três componentes no esquema analítico:

a) teorias genéricas: são abstrações produzidas pela razão e intuição com capacidade potencialmente ampla para realizar qualquer análise de partes da realidade;

b) modelos-objetos: são representações de propriedades comuns de um grupo de objetos reais e;

---

<sup>4</sup> Disciplinada refere-se a práticas ordenadas e comuns de algo específico e matrix porque é

c) modelos teóricos (também denominados teorias específicas): são produzidos a partir da aplicação da teoria genérica em um objeto-modelo, incluindo a representação das propriedades e do comportamento do objeto-modelo e das entidades que o elaboraram.

Em resumo, para Kuhn apud Gilbert et al (2000), o modelo é um componente essencial em uma matriz disciplinada já consolidada. O modelo é elaborado a partir da natureza intransitiva de um fenômeno estudado, de acordo com o paradigma existente, podendo, desta forma, oferecer analogias, cujas bases estão de acordo com esse paradigma. Já Nersessian apud Gilbert et al (2000) retrata a importância dos modelos como um ponto de partida para o desenvolvimento de teorias. Ela considera que o processo de modelização é baseado nas técnicas de abstração dos cientistas. E a contribuição de Bunge apud Gilbert et al (2000) mostra que a utilização de modelos forma uma ponte entre a realidade percebida e a realidade idealizada.

Segundo Boulter e Buckley apud Gilbert et al (2000), os modelos, no ensino de Ciências, possuem uma tipologia que ajuda a estabelecer critérios para estipular suas representações. São elas:

- a) concreta (modelos materiais em três dimensões);
- b) verbal (modelos que são ouvidos ou lidos, descritos, explanados, narrados, argumentados, analogias);
- c) visual (modelos que são vistos, com diagramas, animações, simulações, vídeo);

---

composto por elementos variáveis, requerendo muitas especificações.

d) matemático (modelos que são fórmulas, equações e algumas simulações);

e) gestual (modelos que são movimentos do corpo ou suas partes);

f) mistura concreta (modelos concretos com componente visual, verbal e/ou numérico);

g) mistura verbal (modelos com texto, com componentes visual ou numérico adicionado);

h) mistura matemática (modelos matemáticos como equações e fórmulas, com explicações verbais) e;

i) mistura gestual (modelos com gestos misturados às explicações verbais).

Essas representações podem ser úteis tanto para classificar os modelos utilizados no ensino de ciências, quanto para facilitar a reflexão entre o relacionamento do modelo e do fenômeno representando por explicitar melhor os atributos dessa representação.

O ensino de Ciências, ao apresentar conceitos, utiliza como recursos modelos e teorias. E a Química, como Ciência, não foge a essa regra. A Química caracteriza-se como uma ciência de modelos, pois os utiliza para esclarecer seu conteúdo por meio de esquemas e desenhos. Podemos citar como um exemplo da utilização de teorias e modelos, no ensino de Química, o texto abaixo que aborda os conceitos básicos de geometria molecular, os quais são necessários nessa pesquisa.

## 1.6 GEOMETRIA MOLECULAR

O conteúdo de geometria molecular é ministrado no ensino médio com o objetivo de levar o aluno a compreender que as moléculas apresentam uma disposição espacial de seus átomos, a qual afeta as propriedades das substâncias.

Para esse estudo, há a necessidade de se compreender a constituição molecular, ou seja, conhecer também os modelos atômicos e suas teorias, muito utilizados para o desenvolvimento da teoria que estuda os aspectos da geometria molecular. Além da teoria dos modelos atômicos, deve-se conhecer as interações moleculares.

Sabemos que existem pesquisas sobre o modo que acontecem essas interações químicas, e que hoje, na escola, são estudadas as seguintes interações químicas: ligações iônica, covalente, metálica e interações de *Van der Waals*. A formação de ligações químicas envolve normalmente só os elétrons do nível mais externo do átomo e, através da formação de ligações, cada átomo adquire uma configuração eletrônica estável, que se assemelha à estrutura de um gás nobre (LEE, 1999). A ligação iônica envolve a transferência completa de um ou mais elétrons de um átomo para outro. A ligação covalente envolve o compartilhamento de um par de elétrons, sendo eles oriundos de cada um de seus átomos ligantes. A ligação metálica envolve os elétrons que se encontram na camada da eletrosfera mais distante do núcleo (camada de valência), por estarem mais maleáveis para se moverem livremente por todo o material (cristal).

Segundo Morrison e Boyd (1993), qualquer estudo sobre a estrutura da molécula tem como pesquisa inicial a análise de suas ligações químicas, que são as forças que mantêm os átomos unidos entre si, na molécula. Em 1916, admitia-se a existência de dois tipos de ligação química: a ligação iônica e a covalente. A primeira foi descrita por Walther Kossel e a segunda foi proposta por Lewis. Esses dois cientistas utilizaram a concepção de que o átomo possuía um núcleo carregado por cargas positivas e estava cercado de elétrons (com carga negativa), que estavam dispostos em camadas concêntricas ou níveis de energia. O número máximo de elétrons dispostos em cada camada era: dois na primeira, oito na segunda, oito ou dezoito na terceira etc. A estabilidade era alcançada quando o átomo possuía a camada mais externa completa de elétrons. Tanto as ligações iônicas, quanto as covalentes, resultam na tendência dos átomos em atingir essa estabilidade, ou seja, atingir essa configuração de elétrons na última camada.

A ligação iônica resulta de uma transferência de elétrons. Essa transferência ocorre por causa da atração eletrostática entre os íons de cargas opostas. As ligações iônicas geralmente ocorrem em sais, formados pela combinação dos elementos metálicos do lado esquerdo com os elementos não metálicos do lado direito da tabela periódica. Podemos citar, como exemplos, o cloreto de sódio, cuja fórmula química é  $\text{NaCl}$ . Já a ligação covalente ocorre com a utilização compartilhada de pares de elétrons até que se obtenha a configuração da estabilidade. Temos, como exemplo, a molécula de hidrogênio (fórmula química  $\text{H}_2$ ). Nessa molécula, cada átomo de hidrogênio possui somente um elétron na sua configuração eletrônica, contendo um único elétron na sua camada de valência. Para que ocorra a estabilidade, cada átomo compartilha um elétron, havendo, então,

dois elétrons em cada uma de suas camadas, possibilitando sua estabilidade (MORRISON e BOYD, 1993).

Sabemos que essas ligações são representações de modelos idealizados e que uma substância pode possuir vários tipos de ligações, havendo uma predominância de uma delas. É o caso do cloreto de sódio, cuja fórmula química é NaCl. Segundo a teoria de ligações químicas, essa substância só poderia realizar ligações iônicas, uma vez que há a transferência de um elétron do átomo de sódio (eletropositivo) para o átomo de cloro (eletronegativo). O átomo de sódio é eletropositivo pelo fato de doar um elétron, que se encontra na camada de valência, a um outro átomo, para obter a configuração dos átomos da família dos gases nobres, adquirindo, assim, uma configuração eletrônica estável. O átomo de cloro é eletronegativo, pois tende a receber um elétron para obter a configuração eletrônica que possibilita sua estabilidade, portanto, ocorre uma ligação iônica entre esses átomos. No entanto, experimentos comprovam que o cloreto de sódio é solúvel em álcool, que geralmente dissolve substâncias constituídas por ligações covalentes. Esse fato sugere que o cloreto de sódio possui um caráter de ligação covalente, tendo como predominância a ligação iônica.

Segundo Lee (1999), a teoria de Lewis foi a primeira teoria a explicar como ocorre a ligação covalente. Ela é baseada no compartilhamento de dois elétrons entre dois átomos (cada átomo cede um elétron para formar um par eletrônico) para que ocorra uma ligação química. Para isso, obedecem à regra de que a estabilidade do átomo ocorre quando há, na sua camada de valência, oito elétrons. Essa regra é denominada Regra do Octeto. Para se chegar à estabilidade, os átomos das substâncias podem realizar uma, duas e até três ligações covalentes

até que consiga obter oito elétrons na camada de valência. É evidente que existem átomos de elementos químicos que não obedecem à Regra do Octeto, como o Hidrogênio ( $H_2$ ), óxido de nitrogênio (NO), dióxido de cloro ( $ClO_2$ ). Contudo, apesar de existirem exceções, a Regra do Octeto explica satisfatoriamente o número de ligações formadas em moléculas simples.

Em 1926, o teórico Erwin Schrödinger apresentou uma teoria denominada Mecânica Quântica, que questionava alguns princípios da teoria clássica newtoniana. Essa teoria estudava, basicamente, o comportamento de partículas muito pequenas, havendo cálculos matemáticos que descreviam o movimento do elétron em função de sua energia, os quais foram denominados Equações de Onda. Para Schrödinger, o elétron possuía propriedades de partículas e de onda. A partir dessa teoria, pôde-se estudar melhor o comportamento do elétron, inclusive foi possível saber a sua velocidade e maior probabilidade da região do espaço que ele percorre, o que pode ser definido como orbital. Sob a mesma ótica, foi possível descrever as estruturas de átomos e de moléculas de forma mais precisa e eficaz.

Outros teóricos propuseram o estudo da estrutura de moléculas a partir da teoria de ligações químicas, proposta por Lewis. Em 1940, Sidwick e Powell realizaram uma revisão sobre as estruturas das moléculas conhecidas e sugeriram que a geometria de moléculas poderia ser prevista utilizando-se o número de pares de elétrons na camada de valência. O fator principal para a determinação da geometria de moléculas, seria a presença de pares de elétrons desemparelhados na camada de valência dos átomos ligantes. Após tais análises, esses dois cientistas deduziram as seguintes observações: a) se houver dois pares de elétrons no nível de valência do átomo central, os orbitais que os contêm serão orientados a  $180^\circ$  um

do outro. Conclui-se que, se esses orbitais interagirem com os orbitais de outros átomos para formarem ligações, a molécula formada será linear; b) se houver três pares de elétrons no átomo central, estes se situarão a  $120^\circ$  um dos outros, formando uma estrutura trigonal planar; c) no caso de quatro pares de elétrons, o ângulo será de  $109^\circ 28'$  e a molécula será tetraédrica; d) para cinco pares de elétrons, a estrutura da molécula será a de uma bipirâmide trigonal e; e) para seis pares de elétrons, os ângulos serão de  $90^\circ$  e a estrutura será octaédrica (Lee, 1999). As formas moleculares, previstas na teoria de Sidgwick e Powell, estão no quadro a seguir:

**Quadro 3. Formas moleculares previstas pela teoria de Sidgwick e Powell**

Número de pares eletrônicos no nível externo	Forma da molécula	Ângulos da ligação
2	Linear 	$180^\circ$
3	Trigonal plana 	$120^\circ$
4	Tetraédrica 	$109^\circ 28'$
5	Bipirâmide trigonal 	$120^\circ$ e $90^\circ$
6	Octaédrica 	$90^\circ$
7	Bipirâmide pentagonal 	$72^\circ$ e $90^\circ$

Fonte: Lee, J.D. Química Inorgânica não tão concisa. 1999

Em 1957, Gillespie e Nyholm, a partir da teoria de Sidgwick e Powell, propuseram uma teoria que possibilitava a previsão das estruturas moleculares e dos ângulos de ligação de forma mais exata. A teoria foi amplamente desenvolvida e

foi denominada *Teoria de repulsão dos pares de elétrons da camada de valência*, também conhecida como VSEPR (*Valence Shell Eetro Pair Repulsion Theory*), tendo como pressupostos: 1) A estrutura das moléculas é determinada pelas repulsões entre todos os pares de elétrons presentes na camada de valência; 2) Um par isolado de elétrons ocupa mais espaço, em torno do átomo central, que um par de elétrons ligantes, pela razão do par isolado ser atraído por apenas um núcleo e o par ligante por dois. Por isso, a repulsão entre dois pares isolados é maior que a repulsão entre um par isolado e um par de elétrons ligantes, que é maior que a repulsão entre dois pares de elétrons ligantes. Dessa forma, a presença de pares de elétrons isolados provoca pequenas distorções nos ângulos de ligação da molécula. Se o ângulo entre o par isolado no átomo central e um par ligante aumentar, os ângulos de ligação observados entre os átomos devem diminuir; 3) A magnitude das repulsões entre os pares de elétrons ligantes depende da diferença de eletronegatividade entre o átomo central e os demais átomos e; 4) Ligações duplas repelem-se mais intensamente que ligações simples, e ligações triplas provocam maior repulsão que ligações duplas (LEE, 1999).

Podemos citar, como exemplos da influência de pares de elétrons desemparelhados na estrutura de moléculas na camada mais externa, o caso do metano, da amônia e da água. O metano possui a fórmula química  $\text{CH}_4$ , e o seu átomo de carbono possui quatro pares eletrônicos ligantes na sua camada de valência, de modo que sua estrutura será tetraédrica, com ângulos de ligação H-C-H, de  $109^\circ 28'$ . Já a molécula de amônia possui a fórmula química  $\text{NH}_3$  e o átomo de nitrogênio possui quatro pares de elétrons na camada de valência: três pares ligantes e um par de elétrons isolado. Devido à presença deste último par, o ângulo

H-N-H diminui do valor teórico (que é de  $109^{\circ}28'$ ) para  $107^{\circ}48'$ . A molécula da água tem a fórmula química  $H_2O$  e o átomo de oxigênio possui quatro pares de elétrons na camada de valência. A estrutura inicial da molécula de água seria um tetraedro, com dois vértices ocupados por pares ligantes e os outros dois ocupados por pares isolados, que fazem reduzir o ângulo teórico de  $109^{\circ}28'$  para  $104^{\circ}27'$ , da ligação H-O-H. Podemos ver, no quadro abaixo, os efeitos de pares ligantes e pares isolados nos ângulos de ligação.

**Quadro 4. Os efeitos de pares ligantes e pares isolados nos ângulos da ligação**

Exemplos de substâncias	Orbitais no átomo central	Forma geométrica	Número de pares ligantes	Número de pares isolados	Ângulos de ligação
$BeCl_2$	2	Linear	2	zero	$180^{\circ}$
$BF_3$	3	Trigonal plana	3	Zero	$120^{\circ}$
$SO_2$	3	Angular	2	1	Entre $120^{\circ}$ e $180^{\circ}$
$SO$	3	Linear	1	2	$180^{\circ}$
$CH_4$	4	Tetraédrica	4	Zero	$109^{\circ}28'$
$NH_3$	4	Piramidal ou Trigonal	3	1	$107^{\circ}48'$
$NF_3$	4	Piramidal ou Trigonal	3	1	$102^{\circ}30'$
$H_2O$	4	Angular	2	2	$104^{\circ}27'$
$F_2O$	4	Angular	2	2	$102^{\circ}$
$PCl_5$	5	Bipirâmide trigonal	5	Zero	$120^{\circ}$ e $90^{\circ}$
$SF_4$	5	Gangorra	4	1	$86^{\circ}33'$ e $101^{\circ}36'$
$ClF_3$	5	Forma T	3	2	$87^{\circ}40'$
$I_3^-$	5	Linear	2	3	$180^{\circ}$
$SF_6$	6	Octaédrica	6	Zero	$90^{\circ}$
$BrF_5$	6	Pirâmide Quadrada	5	1	$84^{\circ}30'$
$XeF_4$	6	Quadrado	4	2	$90^{\circ}$

O estudo da geometria molecular envolve não só teorias, mas também modelos. Conhecer a forma geométrica de uma molécula pode definir características como a presença ou não de polaridade, a qual influi de maneira decisiva em algumas propriedades materiais como ponto de fusão, de ebulição, solubilidade e

dureza. Além disso, conhecer a geometria de moléculas ajuda a compreender mecanismos de reação, estudados em outras áreas como as da Química Orgânica.

Além disso, a partir da aplicação dessas teorias e de modelos teóricos que abordam a manipulação da estrutura de moléculas, as suas reações químicas, criando elos entre a estrutura molecular e as propriedades da matéria, foi desenvolvido um novo campo da Química denominado modelagem molecular.

Santos (2001), em seu artigo intitulado Modelagem Molecular, retrata a importância de se conhecer propriedades físico-químicas da matéria a partir do estudo da ciência Química, pois ela permite criar modelos que podem prever e desenvolver novos materiais. E, por causa disso, foi criada um novo campo de pesquisa denominado modelagem molecular cujos objetivos seriam:

- a) a aplicação de modelos teóricos para representar moléculas,
- b) estudar suas reações química e
- c) estabelecer a relação entre a estrutura molecular e propriedades físico químicas.

Para essa evolução tecnológica foi necessário, entre outras teorias científicas, o desenvolvimento do estudo da geometria molecular. Foi necessária a utilização não só de experimentos científicos, mas também a criação de representações de tais geometrias. Foram elaboradas, então, modelos que pudessem contribuir para esse desenvolvimento, sendo os mais utilizados: modelo de varetas, modelo de pau e bolas e modelo de espaço preenchido.

A elucidação de estruturas tridimensionais através de técnicas experimentais possibilitou a obtenção de parâmetros estruturais com os quais foi

possível construir modelos simples para representar a estrutura tridimensional de moléculas em escalas relativas reais.

Ainda em relação às interações intermoleculares, Rocha (2001) esclarece que uma interação química significa que as moléculas se atraem ou se repelem entre si, sem que ocorra a quebra ou a formação de novas ligações químicas. Essas interações são denominadas de interações não covalentes ou interações intermoleculares. Esse autor salienta a importância de se conhecer esse conceito, pois algumas das explicações sobre a forma geométrica de algumas moléculas orgânicas também utilizam este conhecimento. É o caso da molécula de DNA. A forma tridimensional da molécula de DNA pode ser explicada a partir das interações intermoleculares específicas em cada hélice do DNA.

Além disso, Rocha (2001) aborda historicamente o efeito das interações intermoleculares em sistemas químicos. Inicialmente Robert Boyle, Jacques Charles, Gay-Lyssac e Johannes van der Waals estudaram este fenômeno. Aborda, inclusive, aspectos físico-químicos neste assunto. Em seguida, explica os tipos de interações intermoleculares, sendo elas: interações iônicas, interações do tipo dipolo-dipolo, interações dipolo-permanente-dipolo, interações de dispersão, ligações de hidrogênio.

Enfim, este artigo mostra que a partir da compreensão das interações intermoleculares (ao nível microscópico) pode ocorrer a compreensão das propriedades termodinâmicas macroscópicas de sistemas químicos. Para isso, foi desenvolvido uma parte da físico-química denominada Termodinâmica Estatística, que estuda as relações entre as propriedades microscópicas e propriedades da termodinâmica observáveis (propriedades macroscópicas).

## **2 A PESQUISA DESENVOLVIDA**

Como já vimos, o objetivo desta dissertação é propor e avaliar um processo de ensino de Química para abordar o conteúdo geometria molecular, no ensino médio, trabalhando, analisando e discutindo suas imagens. Para isso, foi desenvolvida uma pesquisa exploratória para avaliar se a proposta elaborada apresenta indicadores que possam produzir efeitos positivos no sistema educacional.

Nesse sentido, a presente dissertação apresenta uma proposta metodológica de ensino de geometria ao mesmo tempo em que apresenta uma análise de dados sobre os resultados obtidos.

Neste capítulo, apresenta-se o contexto em que foi aplicada e avaliada a proposta desenvolvida, bem como uma descrição geral das investigações desenvolvidas. No capítulo seguinte, será apresentada a proposta de ensino de geometria molecular e a análise do processo vivenciado.

### **2.1 CONTEXTO E PARTICIPANTES**

Tanto o processo desenvolvido, como as pesquisas exploratórias foram realizadas em uma mesma escola, no ano de 2005. As aulas foram ministradas pelo

próprio mestrando e uma das pesquisas envolveu uma turma de outro professor, conforme se descreve a seguir. O mestrando já havia sido professor daquela escola, no período de junho de 2005 a agosto de 2006. Para caracterizar o contexto escolar, além das informações que já possuía, foi solicitado à diretora da escola que respondesse um questionário, complementado, ao final, por uma entrevista que objetivou esclarecer algumas questões. Foi utilizado ainda o projeto político pedagógico da escola, fornecido pela direção.

### **2.1.1 A Escola**

Trata-se de um estabelecimento de ensino público, localizado na cidade de Ceilândia-DF. É uma escola relativamente nova, foi inaugurada em 1998, possuindo uma arquitetura diferente das demais escolas públicas de cidades satélites do DF, construídas na década de 1990: possui cobertura de telha de barro, ao invés de telha de amianto. No andar térreo, estão localizadas salas, onde são realizadas atividades esportivas para a comunidade (capoeira, judô etc.), além de biblioteca, sala da direção, sala de coordenação, cantina e quatro salas de aula e dois banheiros (um masculino e um feminino). No primeiro andar, funcionam dezesseis salas de aula, sendo uma adaptada para a sala de vídeo, na qual há aparelho de DVD, *data show* e videocassete. Na sala de vídeo, ocorrem as aulas para a comunidade (Português e Matemática), podendo ser agendada para a utilização dos professores. Há, no primeiro andar, dois banheiros: um masculino e um feminino.

A razão da criação desta escola, segundo o seu projeto político pedagógico, foi suprir a demanda e a necessidade de alunos que moram na comunidade.

A Direção era composta pela diretora, um vice-diretor, um assistente pedagógico, um assistente administrativo, dois apoios. Os apoios estão presentes diariamente na escola e os demais membros estão presentes uma vez por semana. A diretora comparecia às terças-feiras, no período noturno, ocasião em que realizava a reunião pedagógica mensal, para conversar com os professores sobre questões como: relacionamento aluno/professor, aspectos sociopedagógicos e avisos gerais.

O turno noturno não possuía coordenador, havendo a orientação, nas reuniões mensais, proferidas pela diretora, às terças-feiras. A instituição possuía naquela época 22 (vinte e dois) professores, dos quais 15 (quinze) eram lecionavam sob o regime de contrato temporário. Como grande parte dos professores também lecionava nos turnos matutino e vespertino, trabalhando 60 (sessenta) horas semanais em sala de aula, um grande número de professores estava, bimestralmente, de licença médica, por problemas/doenças nas cordas vocais e/ou depressão.

A estrutura física da escola apresenta-se da seguinte forma: há uma Biblioteca, com funcionamento diário das 08h às 12h, das 14h às 18h e das 19h às 21h e o seu acervo consiste basicamente em livros do ensino fundamental, havendo poucos livros para o ensino médio (principalmente do conteúdo de Química). Há um laboratório de informática, com 25 (vinte e cinco) computadores ligados em rede, contudo não há a disponibilidade do uso da *internet*. Há uma sala de vídeo onde se encontra o *data show*, o DVD, o videocassete e 50 (cinquenta) cadeiras. Há também

uma sala de coordenação para os professores, onde existem mapas geográficos e históricos, desenhos de células e somente uma tabela periódica. Há também um computador, sem impressora, e uma televisão conectada à TV ESCOLA.

A estrutura administrativa da escola possui a Direção, a Secretaria, a Cantina e a sala de reprografia. A Direção possui duas ante-salas, onde há um computador com acesso à *internet*, na sala da Diretora. A Secretaria ocupa somente uma sala que funciona, no turno noturno, das 19h às 21h. Possui uma cantina que somente funciona de dia para o ensino fundamental e a sala de reprografia funciona no período noturno e diurno.

Além disso, a escola possui uma estrutura física na qual há 20 (vinte) salas de aulas (quatro no primeiro andar e 16 (dezesesseis) no segundo andar). Todas as salas possuem pouca iluminação, as janelas são gradeadas e as carteiras escolares têm o modelo cadeira e carteira separadas (adequados somente para os alunos do ensino fundamental). O quadro utiliza o giz para escrever. Há quatro banheiros para uso exclusivo dos alunos, sendo dois masculinos e dois femininos. Há dois banheiros em cada andar: um masculino e um feminino. Há uma lanchonete particular na área externa da escola, onde há também uma quadra, um pátio e um estacionamento. Dentro da escola há um pátio interno onde ocorrem os eventos e há uma biblioteca.

O Projeto Político Pedagógico foi elaborado pelos membros da Direção, a partir de um estudo sobre a comunidade. Esse estudo baseou-se nas necessidades vistas pela comunidade e o objetivo da escola. Segundo esse projeto, a missão da escola é:

Contribuir para o desenvolvimento e melhoria da sociedade local através da educação e formação dos indivíduos, levando-os a constituir seres criativos,

críticos, capazes de exercer plenamente sua cidadania, favorecendo um desenvolvimento global e harmonioso, considerando os aspectos psicológico, cognitivo e cultural, dentro de um processo de socialização e interação com meio e que o cerca e o mundo e possui como objetivo geral a Formação integral do cidadão, construindo e promovendo o exercício consciente da cidadania<sup>5</sup>.

Em decorrência do Projeto Político Pedagógico da Escola, há projetos que envolvem a comunidade como aulas de Judô, de capoeira, aulas de reforço de Matemática e Português e catequese, além disso, a quadra de esporte é disponibilizada para a comunidade jogar futebol em todos os turnos. A comunidade vê a escola como um ponto de referência e a considera importante em seu meio social.

O corpo discente, em 2005, era composto por 1.350 (um mil trezentos e cinqüenta) alunos, havendo 450 (quatrocentos e cinqüenta) alunos por turno. Havia um total de 900 (novecentos) alunos matriculados no ensino fundamental e 450 (quatrocentos e cinqüenta) alunos matriculados no ensino médio. O ensino fundamental funcionava nos turnos matutino e vespertino e o ensino médio no turno noturno. No ensino médio, existiam cinco turmas de 1º ano (180 alunos), 4 turmas de segundo ano (150 alunos) e 4 turmas de terceiro ano (120 alunos), sendo que a evasão escolar é de 30%, aproximadamente. A grade horária diária era de cinco aulas, tendo cada aula a duração de 45 (quarenta e cinco) minutos. Seu horário de funcionamento era das 19h às 23h (turno noturno).

A segurança dos alunos da escola se apóia em três porteiros e três vigias, da Secretaria de Estado de Educação e, principalmente, no programa do Batalhão Escolar da Polícia Militar do Distrito Federal, que conta com quatro policiais e uma

---

<sup>5</sup> Extraído do Projeto Pedagógico da Escola fornecido pela Direção da escola.

viatura. Dois policiais fazem uma ronda dentro da escola e outros dois (que estão motorizados) a fazem fora da escola.

Por fim, essa escola é o único estabelecimento de ensino que oferece o curso de ensino médio, público, para a comunidade no período noturno, havendo, por isso, uma procura muito grande por vagas. Por esse motivo, provavelmente, os alunos matriculados no ensino médio são, em sua maioria, calmos e tranquilos.

### **2.1.2 A Turma**

A proposta de ensino de geometria molecular apresentada neste trabalho foi aplicada em todas as turmas do segundo ano, do ensino médio, em que o mestrando ministrava suas aulas, entretanto, foi escolhida somente uma turma piloto para sistematizar o processo de acompanhamento e avaliação. A turma escolhida, aqui denominada **2B**, foi selecionada por dois motivos: o primeiro foi a maior assiduidade dos alunos às aulas em relação às demais turmas e o segundo foi uma baixa variação de faixa etária entre eles (dezessete a vinte e dois anos).

Para caracterizar o perfil da turma, foi aplicado um questionário e realizado registro de observações de campo pelo professor. O questionário aplicado que se encontra no apêndice 1 e inclui questões sobre idade, sexo, atividade profissional, tempo de estudo e lazer, dentre outras informações. De um total de trinta e dois alunos da turma, 24 (vinte e quatro) responderam ao questionário.

Segundo os dados obtidos, a turma é caracterizada pela faixa etária entre 17 (dezessete) e 22 (vinte e dois) anos, sendo a maioria do sexo feminino (58%).

Somente dois alunos não exerciam atividades laborais de 40 (quarenta) horas semanais e, dos alunos que trabalhavam, 76% exerciam atividades laborativas que exigiam esforços físicos como: empregada doméstica (conhecida como secretária do lar), mecânico, empacotador, diarista, servidor público (serviços gerais, merendeira, porteira). Os outros 20% exerciam atividades como estagiários em bancos. Cerca de 80% dos alunos, argumentaram não ter um horário fixo para estudo por trabalharem e terem filhos. Estudavam nos finais de semana ou após as aulas, de acordo com a necessidade. Suas principais atividades de lazer eram: a) assistir televisão; b) ir às baladas (festas *funk*); c) arrumar a casa, lavar roupa e cozinhar, d) visitar parentes (pais e mães) e, e) dormir. Todos os alunos residiam próximo à escola e escolheram a mesma para estudar por ser o único estabelecimento de ensino da redondeza que oferecia o ensino médio público, no turno noturno. Todos os alunos estudaram, até o momento, em instituições públicas no DF.

Pelas nossas observações em sala de aula em conversas informais, pudemos observar ainda que a maioria dos estudantes da escola pertencia à classe popular de baixa renda, daí a necessidade deles trabalharem. Grande parte dos alunos já possuía filhos, sendo casados. Segundo dados obtidos pelo questionário, mais da metade dos alunos exercia um trabalho que geralmente exige esforço físico. Grande parte dos alunos estudava não por gostar ou considerar interessante, mas por necessidade, ou melhor, por acreditarem que o estudo é um processo que pode possibilitar uma ascensão no trabalho e na sociedade. Esses fatores, provavelmente, influenciavam nas atitudes e comportamentos dos alunos, sendo a atitude da turma, em geral, calma e tranqüila, não sendo agitada e nem barulhenta.

### **2.1.3 As aulas de Química**

A turma em que foi desenvolvida a proposta de ensino era do segundo ano do ensino médio regular do turno noturno em uma escola pública na de Ceilândia/DF. Por isso possuía uma carga horária de 25 aulas semanais e cada aula tinha a duração de 45 minutos. Havia cinco aulas diárias, sendo ministradas três aulas, um intervalo de quinze minutos, e duas aulas. Nessa turma havia duas aulas de Química semanais ministradas todas as segundas e quartas-feiras.

Nas aulas de Química, pudemos observar que alguns alunos (cerca de dois alunos por aula) dormiam, alguns alunos conversavam entre si e, cerca de 40%, se interessava pela aula. Muitos alunos reclamavam não compreender o conteúdo por considerarem difícil e por não terem tempo para estudar, pois trabalham e têm filhos.

A razão pela qual o conteúdo geometria molecular ser ensinado no segundo ano, do ensino médio, nessa escola, se deve à reunião pedagógica, realizada no início do ano, organizada pelo Assistente Pedagógico. Nessa reunião, foi discutido o conteúdo a ser ensinado durante o ano, chegando-se à conclusão de que seria ministrado o foi sugerido pela Secretaria de Estado de Educação do DF, sendo o conteúdo de Química abordado no ano de 2005:

a) no primeiro bimestre: reconhecimento de fórmulas químicas, nomenclatura e reconhecimento de substâncias que possuem funções inorgânicas (óxidos, bases, ácidos e sais), estudo de reações químicas (equações químicas, reconhecimento da nomenclatura de algumas fórmulas moleculares e introdução ao processo de balanceamento de equações químicas);

b) no segundo bimestre: estudo da tabela periódica, reconhecimento de famílias, períodos, elementos químicos (nome, símbolo, quantidade de elétrons, prótons, nêutrons), reconhecimento de isótopos, isóbaros, isótonos (segundo bimestre), modelos atômicos (modelo de Dalton, Thomson, Rutherford e Rutherford-Bohr), noções de química quântica;

c) no terceiro bimestre: ligações químicas (ligações iônicas, covalentes, metálicas e interações intermoleculares); e

d) no quarto bimestre: geometria molecular, balanceamento de equações e noções de radiação.

Antes de introduzir o tópico de geometria molecular, na última quinzena de outubro, foi solicitado aos professores de Matemática e de Educação Artística que trabalhassem com os alunos conceitos que seriam básicos para o desenvolvimento da proposta de ensino de geometria molecular. Assim, o professor de Matemática fez uma revisão de conteúdo de geometria plana e espacial e o professor de Artes orientou o desenvolvimento de habilidades relacionadas a capacidade de desenhar objetos. Não foi possível tomar conhecimento de como exatamente esses professores desenvolveram os tópicos solicitados, apenas os professores disseram que exploraram em suas aulas o que havia sido solicitado.

## 2.2 A INVESTIGAÇÃO

A investigação desenvolvida foi exploratória e teve como objetivo: a) identificar as possíveis dificuldades dos alunos para compreender o conteúdo geometria molecular; b) identificar os conhecimentos prévios que os alunos possuem, para compreender o conteúdo geometria molecular; c) propor métodos de ensino que sejam capazes de sanar as dificuldades dos alunos e os auxiliem a entender o conteúdo de geometria molecular, considerando os seus conhecimentos prévios e ajudando-os a visualizar e compreender as imagens utilizadas no estudo da geometria molecular.

A primeira etapa da abordagem metodológica da investigação exploratória baseou-se na aplicação de teste. O teste foi aplicado em uma turma do segundo ano, do ensino médio, do turno noturno, que já havia estudado o assunto geometria molecular. O intuito foi verificar se os alunos de fato apresentam dificuldades com relação a esse conteúdo e identificar possíveis problemas na compreensão desse tópico. A turma que foi aplicado o teste é denominada **2A**. A professora de Química dessa turma se prontificou a aplicar o referido teste, em seu horário de aula. A mesma informou que os alunos haviam estudado o conteúdo há duas semanas e, após a análise do teste, a mesma ressaltou que seus alunos acertariam mais de 50% do teste.

Após a aplicação desse teste, foi feita uma análise dos resultados, os quais não foram os esperados, ao contrário, houve uma porcentagem significativa de erros cometidos, pelos alunos, na identificação da geometria de moléculas. Nessa

análise, buscou-se também identificar os possíveis problemas encontrados pelos alunos para reconhecer a forma geométrica das moléculas, visando levantar subsídios para, então, iniciar a construção de um processo que tentasse sanar esses problemas e, ao mesmo tempo, aplicasse o estudo de imagens no ensino de Química. Para isso, além de analisarmos o resultado de cada questão do teste, analisamos também as imagens utilizadas no mesmo, com o objetivo de um melhor embasamento para o diagnóstico.

A próxima etapa realizada foi a aplicação de um pré-teste (vide apêndice 02) em uma outra turma de 2ª série, do ensino médio, na qual seria desenvolvida a proposta de ensino de geometria molecular. Essa turma é aqui denominada **2B**. Nesse pré-teste, buscou-se averiguar se algum aluno já possuía conhecimento sobre geometria molecular, conhecimentos prévios sobre o assunto, (inclusive em outras áreas de conhecimento, como Artes e Matemática).

Após a análise de seus resultados, identificando os possíveis problemas/limitações no seu processo de ensino, foi elaborada uma proposta que abordasse o assunto geometria molecular, o qual foi aplicado em sala, acrescido de um diário de campo para registrar seus fatos/eventos. E, para que pudéssemos realizar uma análise mais consciente do processo aplicado, resolvemos que iríamos gravar em áudio as três primeiras aulas.

As imagens impressas utilizadas no teste, pré-teste e no pós-teste e na apostila eram todas em preto e branco. Essa escolha foi em decorrência de não existir equipamento que imprimisse imagens coloridas. Somente as imagens utilizadas na apresentação em *power point* e no *chenwin* foram coloridas pelo fato

da configuração do computador. Assim, podemos afirmar que o processo desenvolvido foi baseado nas condições oferecidas pela instituição de ensino.

A proposta de ensino de geometria molecular, visando à compreensão das imagens utilizadas, foi ministrada em cinco aulas. Foram elaborados previamente planos de aula, os quais foram reestruturados no decorrer do processo, ou seja, após a aplicação de uma aula, a mesma era analisada e, a partir daí, se reformulava o plano da aula seguinte.

Após a aplicação do processo, realizamos um pós-teste, que se encontra no apêndice 3, para averiguarmos a efetividade do aprendizado e, principalmente, para realizarmos uma reflexão sobre o processo, com o objetivo de identificar seus pontos positivos e suas limitações. Além de realizarmos a análise de suas imagens.

### **3 UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR**

Este capítulo trata da análise da aplicação de uma proposta de ensino de geometria molecular para o componente curricular de Química, do Ensino Médio, em uma escola pública do Distrito Federal.

Inicialmente, retoma-se conceitos discutidos no capítulo 1, que fundamentam a proposta de ensino de geometria molecular desenvolvida. Em seguida, apresenta-se uma análise dos resultados obtidos a partir da aplicação da proposta.

#### **3.1 FUNDAMENTOS DA PROPOSTA**

O conhecimento de linguagem visual pelo professor é importante para que ele desenvolva o processo de ensino de geometria molecular. Sem a utilização adequada da linguagem visual, o aluno pode ser induzido a interpretações equivocadas, podendo surgir dúvidas sobre as imagens apresentadas. Para isso, é importante que o professor selecione e explique as imagens de forma que os alunos a compreendam e percebam as suas limitações.

Faz-se necessário explicar e discutir com os alunos as limitações da representação de uma molécula – seja ela uma representação a partir de desenhos ou uma representação tridimensional. Por exemplo, no uso de modelos de esferas unidas por bastões, é importante que o aluno compreenda que os bastões são apenas representações dos pares eletrônicos compartilhados e não correspondem à representação física real da molécula. Deve-se esclarecer que o modelo utilizado não representa a realidade da natureza, mas somente uma parte dessa natureza, possuindo limitações.

Considerando que a presente pesquisa aborda o conteúdo geometria molecular, devemos estar atentos ao tipo de imagem utilizada. Segundo Moles (1968), cada imagem possui um determinado grau de abstração que é oposta ao índice de iconicidade. Nessa perspectiva, as imagens que representam fórmulas químicas possuem, geralmente, o índice de iconicidade de classe 3, que correspondem aos esquemas de formulação (citados, como exemplos, os sociogramas e as fórmulas químicas desenvolvidas). A classe 3 estabelece uma relação lógica e não topológica, num espaço não geométrico, entre elementos abstratos, cujas ligações são simbólicas e todos os elementos são visíveis. Trata-se de uma imagem altamente abstrata e com baixo índice de iconicidade, por isso, há a necessidade de ser explicada ao aluno.

Nesse sentido, para que um aluno possa ler corretamente as fórmulas químicas, ele necessita dominar alguns conhecimentos básicos e estabelecer algumas relações. Assim, quando um aluno lê a fórmula molecular do metano ( $\text{CH}_4$ ), ele precisa, por exemplo, identificar que a letra “C” representa o átomo de carbono, que o número 4 indica a quantidade de átomos de hidrogênio presentes na

molécula, além de compreender que esse conjunto de átomos está unido por interações químicas que o caracterizam como uma entidade isolada.

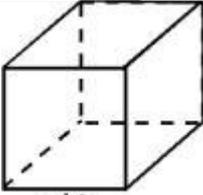
De acordo com o que foi abordado no capítulo 1, torna-se importante que o professor procure selecionar adequadamente as imagens que serão usadas durante o processo de ensino-aprendizagem. No ensino de geometria molecular, os livros recorrem ao uso de muitas imagens, no entanto, muitas delas são meras ilustrações e não contribuem para que o aluno compreenda as representações das configurações moleculares. Assim, é fundamental que sejam selecionadas imagens que tenham a função explicativa das configurações espaciais das moléculas. Vale ressaltar que selecionar imagem adequada não é suficiente, faz-se necessário um estudo analítico das imagens e suas limitações com os alunos.

### **3.2 A CONSTRUÇÃO DA PROPOSTA DE ENSINO**

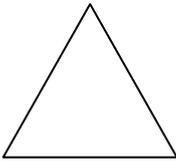
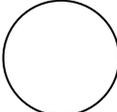
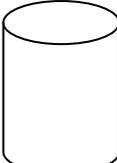
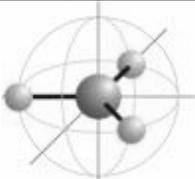
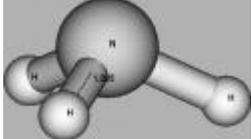
Para a elaboração da proposta, inicialmente foi feito um estudo exploratório para identificar como os alunos eram capazes de visualizar imagens tridimensionais e de reconhecer formas geométricas de configurações moleculares. Para isso, foram aplicados os seguintes processos: teste com os alunos da turma 2<sup>a</sup> e um pré-teste com os alunos da turma **2B**. Esclarecemos que o teste e o pré-teste eram iguais já que se tratava de um estudo exploratório, contudo, havia objetivos diferentes.

O objetivo desse procedimento foi identificar se os alunos reconheciam formas geométricas básicas, bem como algumas representações de configurações moleculares. O teste foi aplicado em duas turmas, uma delas já havia estudado o conteúdo de geometria molecular (turma **2A**) e a outra que não havia estudado o conteúdo (turma **2B**), sendo considerado, nesse caso, como pré-teste. Esse processo se encontra no apêndice 2 e apresenta várias imagens, as quais foram analisadas quanto à sua iconicidade, função e motivo, conforme a tabela 1.

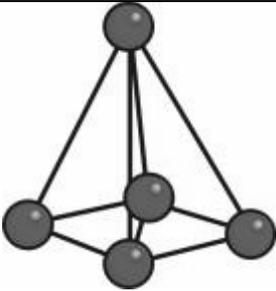
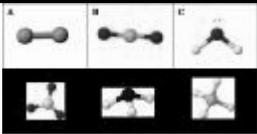
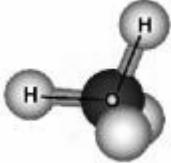
**Tabela 1. Classificação das Imagens do Pré-teste e Teste**

Imagem	Código da Imagem	Iconicidade	Função	Motivo
 Figura 1. Imagem utilizada na questão 3A do teste e do pré-teste	3A	Três	Explicativa	projeção realista sobre um plano
 Figura 2. Imagem utilizada na questão 3B do teste e do pré-teste	3B	Três	Explicativa	projeção realista sobre um plano
 Figura 3. Imagem utilizada na questão 3C do teste e do pré-teste	3C	Três	Explicativa	projeção realista sobre um plano
 Figura 4. Imagem utilizada na questão 3D do teste e do pré-teste	3D	Três	Explicativa	projeção realista sobre um plano

## Continuação da tabela 1. Classificação das imagens do teste e do pré-teste

Imagem	Código da Imagem	Iconicidade	Função	Motivo
 Figura 5. Imagem utilizada na questão 3E do teste e do pré-teste	3E	Três	Explicativa	projeção realista sobre um plano
 Figura 6. Imagem utilizada na questão 3F do teste e do pré-teste	3F	Três	Explicativa	projeção realista sobre um plano
 Figura 7. Imagem utilizada na questão 3G do teste e do pré-teste	3G	Três	Explicativa	projeção realista sobre um plano
 Figura 8. Imagem utilizada na questão 3H do teste e do pré-teste	3H	Três	Explicativa	projeção realista sobre um plano
 Figura 9. Imagem utilizada na questão 7.1 do teste e do pré-teste	71	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 Figura 10. Imagem utilizada na questão 7.2 do teste e do pré-teste	72	Nove	Explicativa	Modelo representacional

## Continuação da tabela 1. Classificação das imagens do teste e do pré-teste

Imagem	Código da Imagem	Iconicidade	Função	Motivo
 <p>Figura 11. Imagem utilizada na questão 7.3 do teste e do pré-teste</p>	73	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 12. Imagem utilizada na questão 7.4 do teste e do pré-teste</p>	74	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 13. Imagem utilizada na questão 7.4 do teste e do pré-teste</p>	75	Nove	Explicativa	Modelo representacional

As oito primeiras imagens foram categorizadas com o índice de iconicidade 3, ou seja, possuem uma baixa abstração, por representarem uma projeção realista sobre um plano. E as cinco últimas imagens foram categorizadas com o índice de iconicidade 9, ou seja, são muito abstratas, por serem representações de fórmulas químicas. Essas imagens possuem a função explicativa, ou seja, servem para explicitar o conteúdo no texto. Essa classificação demonstra que, dado o grau de abstração dessas imagens, o aluno necessita possuir habilidades desenvolvidas de abstração para visualização de objetos em dois e três planos. Além disso, para a compreensão das imagens 7.1 à 7.5 (do teste e do pré-teste), o aluno já deve possuir conhecimentos sobre alguns conceitos de geometria molecular

e estarem habituados a compreender os modelos utilizados na representação de estruturas moleculares.

O pré-teste tinha como objetivo verificar os conhecimentos sobre geometria (plana e espacial) e geometria molecular, nas questões 03 e 07, respectivamente. Ao aplicar o teste na turma que já havia estudado o conteúdo de geometria molecular, obtiveram-se respostas de trinta alunos, cujos resultados estão apresentados na tabela a seguir.

**Tabela 2. Resultados do teste da turma que já estudou geometria molecular**

Questão	Acerto		Erro		Em branco/não sabia	
	Quantidade	(%)	Quantidade	(%)	Quantidade	(%)
03A	08	26,7	17	56,7	05	16,6
03B	07	23,3	10	33,3	13	43,4
03C	0	0,0	10	33,3	20	66,7
03D	30	100,0	0	0,0	0	0,0
03E	27	90,0	03	10,0	0	0,0
03F	30	100,0	0	0,0	0	0,0
03G	21	70,0	08	26,7	01	3,3
03H	22	77,3	03	10,0	05	16,7
07A	0	0,0	08	26,7	22	77,3
07B	0	0,0	03	10,0	27	90,0
07C	0	0,0	07	23,3	23	76,7
07D	0	0,0	04	13,3	26	86,7
07E	0	0,0	15	50,0	15	50,0

A turma que respondeu ao questionário já havia estudado o conteúdo de geometria molecular há duas semanas. As imagens das questões 3 e 7 abordavam os conteúdos de geometria e de geometria molecular, respectivamente. De acordo com os resultados obtidos na tabela 2, constata-se que os alunos evidenciavam não dominar conceitos de geometria espacial.

Esses dados nos chamaram atenção, em virtude de o professor de Matemática já ter tido feito uma revisão desse conteúdo. Observamos que nas questões 3A, 3B que haviam formas geométricas consideradas básicas (cubo e esfera) vimos que 73,3%, 76,7% dos alunos responderam errado ou não responderam, respectivamente essas questões. Já na questão 3H, que também solicitava conceitos de geometria espacial (imagem que trazia a forma de um cilindro), verificamos que somente 26,7% dos alunos a responderam errada ou a deixaram em branco. Esses índices podem indicar, em tese, que as aulas de revisão do professor de matemática foram desenvolvidas ou que não houve a construção desses conceitos pelos alunos em anos anteriores. Provavelmente o mesmo não enfatizou as formas geométricas simples como o cubo e a esfera. Já nas questões que abordavam geometria plana, verifica-se que os alunos tiveram dificuldades em identificar somente o hexágono (questão 3C) – 100% de erro, tendo êxito para identificar o quadrado (questão 3D), o triângulo (questão 3E), o retângulo (questão 3F) e o círculo (questão 3G), questões essas que foram respondidas com, pelo menos, 70% de acerto.

Esses resultados nos permitem levantar a hipótese de que o conteúdo de geometria plana e espacial requer um tratamento mais adequado, considerando a complexidade que esse tema exige. Outra hipótese que podemos levantar é que a revisão realizada pelo professor de Matemática, provavelmente foi focalizada nas formas básicas da geometria plana (como quadrado, triângulo e círculo), pouco enfatizando figuras geométricas um pouco mais complexas como o hexágono.

Nas questões que abordavam a geometria molecular, os alunos não conseguiram identificar nenhum dos itens, havendo 100% de erro. Apesar de já

terem estudado o assunto geometria molecular, grande parte dos alunos (cerca de 75%) optou por escrever “Não Sei” ou deixaram a questão em branco, exceto na questão 7E.

Na questão (7E), 50% dos alunos acertaram a questão, sendo utilizados termos da química como: a) molécula de hidrogênio (05 respostas); b) molécula de água (07 respostas); c) molécula de nitrogênio (01 resposta), sendo que o restante (02 respostas) estavam ligadas ao conteúdo geometria. Já nas questões 7A, 7B, 7C e 7D, houve 22 erros ligados ao conteúdo geometria. Isso demonstra que os alunos possuíam algum conhecimento químico, pois conseguiram relacioná-lo à questão 7E, entretanto, não foram capazes de utilizar o conhecimento geometria molecular de forma adequada.

No pré-teste aplicado na turma **2B** pudemos obter outros resultados, que são apresentados na tabela adiante. O pré-teste foi constituído pelas mesmas questões do teste acima analisado. A turma não havia tido nenhuma aula de geometria molecular ministrada pelo professor de Química, havendo, somente uma revisão de geometria plana e espacial ministrada pelo professor de Matemática, na segunda quinzena do mês de outubro de 2005.

Os dados da tabela 3 demonstram que os alunos haviam identificados as formas geométricas do cubo e do cilindro (questões 3A, 3H), já que, pelo menos, 61% dos alunos acertaram essas questões. Entretanto, verificou-se que houve 92,2% de erro para o item 3B que tratava de uma imagem que representava uma esfera. Esse resultado parece indicar que os alunos realmente conheciam conceitos da geometria espacial e que na questão 3B, provavelmente, grande parte dos alunos não conseguiu visualizar a imagem talvez pela mesma possuir elementos que a

tornassem mais complexa visualmente como estar dentro de um plano e possuir os eixos x, y e z na sua representação. Já nas questões que abordavam o conteúdo geometria plana, os alunos tiveram dificuldades em identificar somente o hexágono (questão 3C) – obtendo 69,2% de erro, tendo êxito para identificar o quadrado (questão 3D), o triângulo (questão 3E), o retângulo (questão 3F) e o círculo (questão 3G), obtendo, pelo menos, 84,6% de acerto.

**Tabela 3. Resultados do pré-teste da turma que não havia estudado geometria molecular**

Questão	Acerto		Erro		Em branco/não sabia	
	Quantidade	(%)	Quantidade	(%)	Quantidade	(%)
03A	08	61,5	03	23,1	02	15,4
03B	01	7,7	07	53,8	05	38,4
03C	04	30,8	04	30,8	05	38,4
03D	13	100,0	00	0,0	00	0,0
03E	11	84,6	00	0,0	02	15,4
03F	13	100,0	00	0,0	00	0,0
03G	07	53,8	05	38,5	01	7,7
03H	11	84,6	01	7,7	01	7,7
07A	00	0,0	00	0,0	13	100,0
07B	00	0,0	00	0,0	13	100,0
07C	00	0,0	02	15,4	11	84,6
07D	00	0,0	00	0,0	13	100,0
07E	00	0,0	01	7,7	12	92,3

Esses resultados parecem reforçar a nossa hipótese de que o conteúdo que o professor de Matemática enfatizou em sua revisão deve ter sido nas figuras planas consideradas simples como o quadrado, triângulo e círculo e para a geometria espacial, as formas espaciais mais conhecidas como o cubo, esfera e cilindro.

Nas questões que abordavam a geometria molecular, os alunos não conseguiram identificar nenhum dos itens, sendo que a grande maioria (mais de 85%) optou por escrever “Não Sei” ou deixar a questão em branco. Esse resultado era esperado, uma vez que a turma não havia estudado o assunto. Somente no item 7C houve duas respostas “triângulo”, ou seja, foi utilizado o conhecimento sobre geometria plana para tentar respondê-la. No item 07E, houve a utilização do termo tetraedro, ou seja, um dos alunos demonstrava reconhecer a alguma forma geométrica de uma estrutura molecular, mesmo não tendo respondido corretamente a questão.

Ao compararmos as turmas **2A** e **2B** verificamos que obtivemos resultados semelhantes tanto nas questões que envolviam geometria plana, geometria espacial e geometria molecular. Nas questões de geometria plana observamos que houve um acerto considerável nas figuras geométricas consideradas simples como o quadrado, círculo e retângulo, havendo uma dificuldade na identificação da imagem que representava o hexágono. Esse fato se deve, provavelmente, na metodologia utilizada pelo professor de Matemática. Provavelmente esse professor deve ter orientado os alunos a compreenderem as formas geométricas mais utilizadas no dia-a-dia e as mais simples, não enfatizando aquelas que exigiam uma maior abstração em sua compreensão e que utilizavam uma terminologia mais específica como o hexágono. Já nas questões que envolviam a geometria espacial, pudemos verificar que houve um resultado diferenciado dessas turmas.

A turma **2A** obteve uma maior dificuldade dos alunos em identificar imagens das questões 1A e 1B. Somente na questão 1H observamos que os alunos

tiveram facilidade em identificar a representação de sua imagem. Já a turma 2B verificamos que os alunos tiveram dificuldade em identificar a imagem que representava uma figura geométrica na questão 1B e facilidade para compreender as imagens utilizadas nas questões 1A e 1H. Esses resultados podem indicar algumas hipóteses. A primeira seria que os alunos poderiam possuir diferentes limitações/dificuldades para a visualização de imagens que representavam formas geométricas tridimensionais. Outra hipótese seria que o professor de Matemática poderia ter enfatizado imagens diferentes nessas turmas, podendo, inclusive, ter utilizado metodologias diferentes.

### **3.3 A EXPERIÊNCIA DE ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR**

Neste tópico é apresentada uma descrição das aulas ministradas sobre o conteúdo de geometria molecular. O processo vivenciado foi desenvolvido em cinco aulas de 45 minutos, na segunda série do Ensino Médio, na turma **2B**.

O conteúdo de geometria molecular foi abordado em cinco aulas, pois de acordo com o planejamento bimestral, essa foi a quantidade possível de se destinar ao conteúdo. As demais aulas do bimestre foram utilizadas para o desenvolvimento dos conteúdos relacionados ao balanceamento de equações químicas e radiação (07 aulas), para aplicação de verificações de aprendizagem (duas aulas), para reunião do conselho de classe (duas aulas) e para aulas de recuperação (duas aulas).

No quadro 5, apresentam-se as aulas ministradas, especificando os temas abordados e os recursos utilizados.

**Quadro 4. Aulas de geometria molecular ministradas na turma 2B**

<b>Aula</b>	<b>Data</b>	<b>Conteúdos abordados</b>	<b>Recurso(s) utilizado(s)</b>
01	16/11/2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaços (planos) bidimensionais</li> <li>• Espaços (planos) tridimensionais</li> <li>• Geometria plana</li> <li>• Geometria espacial</li> </ul>	Pré-teste Quadro e giz Modelos de varetas Objetos reais (carteira, lâmpada, giz, quadro, etc.)
02	21/11/2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometria molecular</li> <li>• Estudo da forma geométrica:</li> <li>• Linear</li> <li>• Angular</li> <li>• Trigonal</li> <li>• Trigonal plana</li> <li>• Tetraédrica</li> </ul>	Quadro e giz Modelos de bastões e esferas Modelos de varetas
03	23/11/2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometria molecular</li> <li>• Geometria molecular do átomo de carbono e de alguns de seus compostos</li> <li>• Geometria tetraédrica</li> </ul>	Vídeo Quadro e giz
04	28/11/2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometria molecular</li> <li>• Teoria de repulsão dos pares eletrônicos</li> </ul>	Computador e <i>data show</i> Apostila
05	05/12/2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometria molecular</li> </ul>	Pós-teste

No quadro 6 (vide próxima página) são apresentados os planos das quatro primeiras aulas em que foi desenvolvido o conteúdo. A quinta, cujo plano não é apresentado no quadro 6, consistiu na aplicação do pós-teste e em uma avaliação sobre o processo desenvolvido. A seguir, nos próximos itens são descritas e analisadas cada uma dessas aulas.

**Quadro 5. Planos das aulas de geometria molecular ministradas na turma 2B**

Aula	Data	Conteúdo	Objetivo geral	Objetivos específicos	Metodologias	Duração	Recursos necessários	Avaliação
01	16/11	geometria molecular	- aprender/relembrar conceitos básicos da geometria plana e espacial.	- identificar espaços bidimensionais (2D); - identificar espaços tridimensionais (3D); - identificar algumas figuras geométricas bidimensionais (quadrado, círculo, retângulo, hexágono); - identificar figuras algumas figuras geométricas tridimensionais (cubo, paralelepípedo, esfera, cilindro).	- aplicação de um pré-teste que aborde o assunto geometria e geometria molecular; - explanação oral sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ conceito de geometria e seu histórico;</li> <li>▪ planos bidimensionais e tridimensionais</li> <li>▪ diferença entre geometria plana e espacial;</li> <li>▪ figuras geométricas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• quadrado e cubo;</li> <li>• círculo e esfera;</li> <li>• retângulo e paralelepípedo;</li> <li>• triângulo e pirâmide (base triangular e quadrada);</li> <li>• poliedros e polígonos (hexágono com base quadrada, pentágono com base quadrada).</li> </ul> </li> </ul>	45 minutos - sendo: - chamada em classe: 05 minutos; - pré-teste: 15 minutos; - aula expositiva: 15 minutos; - avaliação: 10 minutos.	- questionário rodado (pré-teste); - figuras geométricas feitas a partir de canudos e figuras reais (copo, caixa de sapato, dado, bola) que possuam a forma de: cilindro, cubo, paralelepípedo, quadrado, retângulo, triângulo, pirâmide); - quadro e giz.	- o aluno deverá ser capaz de identificar algumas figuras geométricas bidimensionais e tridimensionais presentes na sala de aula;
02	21/11	geometria molecular	- iniciar o estudo de geometria molecular.	- identificar planos bidimensionais (2D) em moléculas; - identificar planos tridimensionais (3D) em moléculas; - identificar as várias representação de moléculas; - identificar a limitação do uso de modelos de moléculas tridimensionais.	- aplicação de um problema com o uso do quadro-negro para desenhar algumas moléculas ( $\text{NH}_3$ , $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CO}_2$ , $\text{CH}_4$ ) solicitando que os alunos apontem diferenças entre elas (utilizando vários tipos de representação); - aula expositiva com o uso de modelos de moléculas tridimensional, explicando a convenção de cores, a representação de ligações sigma e pi e a montagem de algumas moléculas ( $\text{NH}_3$ , $\text{H}_2\text{O}$ , $\text{CO}_2$ , $\text{CH}_4$ ); - desenhar as respectivas figuras em uma folha avulsa.	45 minutos - sendo: - chamada em classe: 05 minutos; - apresentação do problema: 05 minutos; - aula expositiva: 20 minutos; - avaliação: 15 minutos.	- quadro e giz; - modelos tridimensionais de moléculas.	- o aluno deverá ser capaz de desenhar a geometria de algumas moléculas apresentadas na aula.
03	23/11	geometria molecular	- iniciar o estudo de geometria molecular.	- apresentar a molécula do carbono e a sua forma geométrica tetraédrica.	- utilização de uma fita de vídeo que aborde a forma geométrica do carbono; - discussão sobre o átomo de carbono (hidratação, forma geométrica, tipo de ligação feita); - utilização de modelo tridimensional da molécula de metano ( $\text{CH}_4$ ); - discussão sobre as representações utilizadas na fita de vídeo; - desenho das várias representações da molécula de metano ( $\text{CH}_4$ ) em uma folha avulsa. - OBS: Vale ressaltar que durante as discussões algumas imagens do filme foi “congelada” para facilitar a análise e discussão do processo.	45 minutos - sendo: - chamada em classe: 05 minutos; - apresentação do vídeo: 15 minutos; - aula expositiva: 15 minutos; - avaliação: 15 minutos.	- quadro e giz; - videocassete; - modelos tridimensionais de moléculas.	- o aluno deverá ser capaz de desenhar as várias representações da molécula de metano ( $\text{CH}_4$ ).
04	28/11	geometria molecular	- apresentar conceitos de geometria molecular.	- apresentar a teoria da repulsão de pares eletrônicos.	- utilização de um programa de computador que mostre a molécula em três dimensões; - apresentação da teoria da repulsão de pares eletrônicos. - discussão sobre os limites que existem no respectivo programa de computador.	45 minutos - sendo: - chamada em classe: 05 minutos; - utilização do programa: 15 min.; - aula expositiva: 15 min.	- quadro e giz; - data show;	- o aluno deverá ser capaz de visualizar tridimensionalmente algumas moléculas.

### 3.3.1 Aula 01

A primeira aula foi ministrada no dia 16 de novembro de 2005, numa quarta-feira. A aula começou com a aplicação do pré-teste, depois se passou para abordagem do conteúdo específico, ou seja, verificar o conhecimento prévio dos alunos e lembrar/ensinar formas geométricas, e a terceira seria para aplicar uma avaliação. Após a chamada, houve a aplicação do pré-teste durante quinze minutos. O pré-teste foi individual e sem consulta. Pude observar que os alunos não estranharam esse procedimento, nem mesmo o pouco tempo que tiveram para concluir o pré-teste. Tal fato se deve por ser comum eu sempre aplicar pré-testes antes de todos os conteúdos novos, que vou ministrar aos alunos, como uma maneira de facilitar a compreensão. Esse pré-teste solicitava que os alunos identificassem figuras geométricas bi e tridimensionais, desenhassem objetos e identificassem suas formas geométricas (os quais foram recolhidos) e, por fim, identificassem a geometria de algumas moléculas.

Observei que os alunos não tinham problema em identificar figuras geométricas bidimensionais como círculo, triângulo, quadrado, retângulo. Houve dificuldade na identificação de figuras geométricas tridimensionais como esfera, cubo etc.

Pude concluir que uma das limitações para se compreender o conteúdo geometria molecular seria a necessidade de o aluno possuir a capacidade de identificar e visualizar figuras geométricas tridimensionais como o cubo, a esfera, a pirâmide e algumas figuras geométricas bidimensionais mais complexas como o

hexágono, havendo, neste caso, a necessidade delas serem “compreendidas” pelos alunos com a ajuda do professor.

Já nas questões que solicitavam que o aluno desenhasse objetos reais como o quadro, o giz, a lâmpada, para então identificar suas figuras geométricas, observei que poucos alunos o fizeram. Aqueles que responderam, desenharam objetos reais de forma grotesca, ou seja, sem profundidade, proporção, luminosidade. Observei que grande parte dos alunos não demonstrou habilidades para desenhar objetos reais no papel, ou seja, não conseguiam reproduzir desenhos tridimensionais em um plano bidimensional, havendo a necessidade de trabalhar também esse aspecto. E, para o assunto geometria molecular, verifiquei que somente um aluno conseguiu identificar a geometria de uma molécula, o restante não sabia. Esse resultado foi o esperado, uma vez que os alunos ainda não haviam tido contato com esse assunto.

Após a aplicação do pré-teste, iniciou-se a aula, sendo abordado o conteúdo de geometria plana e espacial. A primeira etapa foi abordar o surgimento da geometria na humanidade. Abordei um pouco do histórico da geometria falando que a mesma foi desenvolvida na Grécia Antiga e utilizavam a linguagem matemática e que os egípcios também possuíam a geometria como ciência. Em seguida, trabalhei a diferença entre um plano bidimensional e um de três dimensões. Para isto, utilizei como exemplo o quadro como um plano bidimensional, apontando os seus eixos  $x$  e  $y$ . Como um plano tridimensional, nosso exemplo foi a quina da sala, com cada um de seus eixos ( $x$ ,  $y$  e  $z$ ). Notei que cerca de 50% dos alunos não foi capaz de visualizar o eixo do plano tridimensional. Utilizei o modelo de varetas e

montei um plano tridimensional para que os alunos visualizassem, observei que, a partir desse procedimento, os alunos conseguiram visualizar o plano tridimensional.

Em seguida, perguntei a diferença entre a geometria plana e a espacial? Somente um deles respondeu que a geometria plana estudava objetos em duas dimensões e a espacial em três dimensões.

Pedi, então, para que outro aluno exemplificasse um objeto bidimensional, e ele respondeu: “o quadrado”. Escolhi este aluno, ou outro que quisesse, e pedi que ele desenhasse esse objeto no quadro (o que foi feito). Perguntei, para a turma o que era o cubo e vários alunos responderam que se tratava de um “dado”. Perguntei se algum aluno gostaria de desenhar um dado no quadro, e desta vez ninguém se manifestou. Pude concluir que os alunos demonstravam, nessa aula, a falta de habilidades que possibilitassem desenhar objetos tridimensionais, em planos bidimensionais, e tive que montar um cubo utilizando modelo de varetas. Após a sua montagem e exibição, perguntei à turma: “Como eu desenho isso no quadro?” Houve um silêncio na sala e foi preciso que eu tomasse a iniciativa de mostrar o cubo em vários ângulos, tendo como fundo o quadro, para, a partir daí, desenhá-lo. Houve a necessidade de desenhar o cubo em várias etapas, para que grande parte da turma conseguisse visualizar e compreender o objeto tridimensional (tendo o cuidado de explicar a profundidade do desenho e sua dimensionalidade) em um plano bidimensional.

Após o desenho do cubo no quadro, como tarefa final da primeira aula, solicitei que os alunos citassem objetos reais na sala de aula e vários objetos foram falados como carteiras, lâmpadas fluorescentes, quadro, paredes, janelas, bolas. Em seguida solicitei que os alunos identificassem as formas geométricas que esses

objetos possuíam tendo como respostas: paralelepípedo para a carteira, parede e janela, cilindro para a lâmpada fluorescente e esfera para a bola.

### **3.3.2 Aula 02**

A segunda aula foi ministrada no dia 21 de novembro de 2005, em uma segunda-feira, e teve como assunto a introdução de conceitos de geometria molecular, mais precisamente, introduzi formas geométricas de algumas moléculas. Para isso, foram utilizados, como recursos didáticos, os modelos de varetas e os modelos de bastões e esferas. Tais modelos eram fabricados, respectivamente, pela Universidade de São Carlos e pela Funbec (Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências), sendo, portanto, modelos pedagógicos. Inicialmente, indaguei à turma se alguém já vira um átomo a olho nu, com a ajuda de equipamentos como lupa ou microscópio. Dois alunos disseram já ter visto um micróbio com a ajuda de um microscópio, sendo que um deles me perguntou se o átomo era do tamanho de um micróbio. Respondi que não, que o átomo era muito pequeno em relação ao micróbio. Também disse que o átomo era um modelo, ou seja, era uma representação de um objeto imaginário e que o ser humano não havia visto o átomo a olho nu. Alguns alunos perguntaram como se sabia a forma exata do átomo se não era possível vê-lo. Expliquei que foram realizados experimentos, cujos resultados podiam indicar a provável forma e a composição das partículas do átomo, mas que não era 100% (cem por cento) de certeza da existência dessas características. Havendo uma grande probabilidade de o átomo possuir um núcleo

grande, composto por prótons e nêutrons, uma eletrosfera ao redor, com camadas que possuíam níveis e subníveis que continham orbitais onde se localizavam seus elétrons. Salientei que orbital seria a região de maior probabilidade onde poderia estar o elétron, ou seja, que ele provavelmente estaria nesse orbital, mas não poderíamos afirmar que sempre o elétron estaria nele. Para finalizar, disse para os alunos que toda essa explicação se referia ao conteúdo modelos atômicos.

Meu próximo passo foi mostrar aos alunos a representação de geometrias moleculares utilizando modelo de varetas e modelos de bastões e esferas. Disse aos alunos que os modelos de varetas e o modelo de bastões e esferas eram representações da geometria de algumas moléculas e não as substâncias em si, e que estava utilizando esse recurso para facilitar a sua visualização e compreensão. Fiz uso primeiramente do modelo de varetas para exemplificar várias formas de geometria molecular como a linear, a angular, a trigonal, a trigonal plana e a tetraédrica.

Basicamente, o procedimento dessa aula consistiu em apresentar o modelo de varetas, de uma determinada geometria molecular, para o aluno, perguntando qual a sua forma, explicar seu nome correto (se era linear, angular, trigonal etc.), mostrar a mesma geometria molecular com o modelo de bastões e esferas, questionar a diferença entre eles, explicar a diferença entre eles e citar exemplos de moléculas que possuíam essa forma geométrica. A primeira forma geométrica apresentada foi a linear. Ao apresentar o modelo de varetas, falei novamente para a turma que se tratava de uma representação de moléculas que possuíam essa forma geométrica, e não a molécula. Ao questionar a turma sobre qual a forma que o modelo de varetas possuía, houve várias respostas, mas todas

eram semelhantes ao nome real da forma geométrica molecular, foram elas: reta, linha e traço, bastão, vareta. Disse aos alunos que, realmente, aquela representação era semelhante a um segmento, linha ou traço e, por isso, o seu nome era linear.

A próxima etapa foi mostrar a forma geométrica de algumas substâncias  $H_2$  (hidrogênio) e  $O_2$  (oxigênio), que possuíam essa forma geométrica utilizando o modelo de bastões e esferas. Salientei novamente que estava utilizando uma representação da molécula e que não se tratava da molécula. Ao mostrar a representação da substância  $H_2$  utilizando o modelo de bastões e esferas, perguntei a diferença entre os modelos de varetas e de bastões e de esferas, e os alunos responderam que o tamanho das varetas e a presença de bolinhas em um deles. Perguntei aos alunos o que as bolinhas representavam e alguns alunos responderam que poderiam representar os átomos de substâncias.

Ainda foi solicitado que os alunos apontassem as semelhanças desses modelos e alguns alunos responderam que eram as varetas, apesar de possuírem tamanhos diferentes. Disse aos alunos que havia utilizado duas representações de uma mesma molécula, sendo que, uma representava as suas ligações químicas (mostrando o modelo de varetas), enquanto que a outra representava as ligações químicas e seus átomos (mostrando o modelo de bastões e esferas) e que ambos os modelos representavam a molécula de hidrogênio que possuía a forma geométrica linear.

Expliquei também que havia uma convenção nas cores das esferas que representavam os átomos utilizados no modelo de bastões e esferas, sendo utilizadas as seguintes cores: azul representava os átomos de hidrogênio, preto o átomo de carbono, vermelho o átomo de nitrogênio e o amarelo o átomo de

oxigênio, sendo que essas cores tinham como objetivo facilitar a visualização das moléculas montadas. Esclareci, inclusive, que os átomos não eram coloridos como as esferas, não sabendo as cores reais dos átomos (se realmente são coloridos ou não) e que estava utilizando um kit elaborado pela Funbec. Em seguida, mostrei a representação da molécula de oxigênio pelo modelo de bastões e esferas. Ao apresentá-lo, perguntei aos alunos que forma possuía, tendo como resposta: a forma de uma linha. Perguntei, então, qual a diferença entre a representação do modelo da molécula de hidrogênio da representação atual e ouvi como resposta que um possuía uma linha enquanto que o outro possuía duas linhas e que as bolas eram de cores diferentes. Disse a eles que a representação que possuía duas linhas, na realidade, representava duas ligações químicas, enquanto que aquela que possuía somente uma linha representava somente uma ligação química. E que as cores das bolas eram para diferenciar os átomos, sendo branca para hidrogênio e a azul para o átomo de oxigênio. Perguntei aos alunos qual a forma dessas duas moléculas e muitos falaram que ambos se tratavam de uma linha, mas que um possuía uma ligação enquanto que o outro possuía duas ligações. Para finalizar, mostrei novamente os dois modelos das moléculas de oxigênio e hidrogênio, perguntando que direção as ligações químicas representadas pelos bastões possuíam, e os alunos disseram que eles possuíam a mesma direção e conseguiram concluir que ambos possuíam a mesma forma geométrica linear. Antes de ter utilizado esse kit, deveria ter averiguado se as cores utilizadas para representar os átomos eram iguais as utilizadas pela lupac. Após, verifiquei que o kit da Funbec não possuía a padronização/sugestão da lupac. Esse fato pode confundir o aluno nas suas aulas seguintes caso eu utilizasse modelos que adotassem as orientações da

lupac. Para que isso não ocorresse, decidi continuar utilizando o kit da Funbec, salientando para os alunos que as cores utilizadas eram somente para auxiliar na identificação dos átomos do composto de esclarecendo que havia a lupac a qual definia as padronizações internacionais utilizadas na ciência Química.

O próximo passo foi mostrar a representação de moléculas que possuíam a forma geométrica angular e utilizei a molécula da água, por meio do modelo de varetas e o modelo de bastões e esferas, notando que os alunos conseguiram visualizar e compreender a molécula de água. Além disso, também apliquei o mesmo processo na geometria trigonal plana nos dois modelos (varetas e bastões e esferas), pedindo que os alunos dissessem a forma que possuía. Muitos falaram que possuía a forma de um triângulo onde havia algo no seu centro. Disse que havia a representação de um átomo no centro, que se ligava a outros três, e que a ocorrência dessa ligação química era um dos fatores determinantes para a forma geométrica da substância, que realmente a substância possuía uma forma semelhante a um triângulo e que estava em dois planos, por isso, sua denominação era trigonal plana, ou seja, parecia com um triângulo e seus átomos estavam em dois planos cartesianos.

Foi explicado que estava apresentando a representação de uma molécula de trióxido de enxofre nos modelos de bastões e de bastões e esferas, obedecendo à regra de convenção de cores, em ambos. Foram apresentadas ainda as representações de moléculas que possuíam a forma geométrica trigonal e tetraédrica, nos modelos de varetas e de bastões e esferas. Observei que houve uma maior dificuldade do aluno para visualizá-los, talvez pelo fato de necessitarem de três planos dimensionais.

Como atividade final, foi solicitado que a turma se dividisse em grupos de seis alunos e distribuí para cada grupo um *kit* contendo as representações de moléculas de forma geométrica linear, angular, trigonal plana, trigonal e tetraédrica e que cada aluno as desenhassem em seu caderno. Pude observar que houve dificuldade dos alunos para a realização dessa atividade, havendo uma maior dificuldade quando os mesmos foram desenhar a forma geométrica trigonal e a tetraédrica.

### 3.3.3 Aula 03

Na terceira aula, ministrada numa quarta-feira – dia 23 de novembro de 2005, foi abordado somente a forma geométrica de moléculas de compostos de carbono. Para isso, foi utilizada, como recurso pedagógico, uma fita de vídeo. Essa fita de vídeo fazia parte de um material pedagógico composto por duas fitas de vídeo produzidas pela TV Ontário, de Toronto-Canadá. A versão está na língua portuguesa e é intitulada: Química Orgânica 1: A Conexão do Carbono – Comum a toda matéria viva – E a sua vasta gama de utilidades. Cada vídeo é constituído por seis programas com 10 minutos de duração cada um. O volume I (primeira fita) aborda os temas: a) carbono, o conciliador; b) a forma do carbono; c) as ligações químicas. Já o volume II (fita 2) apresenta os temas: d) preparação dos combustíveis; e) polietileno e, f) colheita de enzimas. Como a aula tinha como objetivo o estudo do átomo do carbono, foi utilizado apenas a fita I, que contém informações sobre o

histórico da Química Orgânica, o estudo do átomo de carbono, sua forma e como ocorrem as suas ligações com outros átomos.

A aula foi ministrada na sala de vídeo da instituição escolar, utilizando como recurso um videocassete e uma televisão de 29 polegadas. Após a acomodação de toda a turma, orientei os alunos que prestassem atenção no conteúdo da fita de vídeo, pois abordava o conteúdo que estavam estudando. A fita possuía aproximadamente 20 minutos de duração e abordava um pouco da história da química orgânica, o estudo do átomo de carbono, sua distribuição eletrônica, suas hibridações  $sp$ ,  $sp^2$  e  $sp^3$ , e a explicação de alguns compostos de carbono como o metano, etano, ciclo-benzeno. O vídeo continha muitas imagens relacionadas aos estados de hibridação do carbono e a forma das moléculas de metano, etano e do tolueno. Após o término do vídeo, perguntei à turma se eles tinham dúvidas e grande parte disse que não havia entendido o conteúdo. Perguntei aos alunos qual parte do conteúdo eles não haviam compreendido e muitos disseram que não haviam entendido a hibridação do carbono, o metano, o etano e o ciclo-hexeno.

Por causa disso, resolvi mostrar novamente a fita de vídeo, desde o início, e acionar a pausa para discutir as partes com as imagens desses conteúdos. Notei a dificuldade dos alunos em compreender o estado de hibridação do carbono, ou seja, como ocorre a “fusão” entre os subníveis  $s$  e  $p$ , e que não compreendiam a forma dos orbitais  $sp$ ,  $sp^2$  e  $sp^3$ . Foi necessário que explicasse cada uma dessas hibridações e suas imagens, quer dizer, explicar o conteúdo a partir das imagens da representação do orbital  $sp$ ,  $sp^2$  e  $sp^3$ . Além disso, foi necessário que fosse explicado que as formas desses orbitais eram consequência de cálculos

matemáticos oriundos de experimentos que apontavam a razão do átomo de carbono realizar quatro ligações químicas. Pude notar que, após essa intervenção, os alunos compreenderam o conteúdo e as imagens contidas na fita que representavam os orbitais hibridizados do carbono. Ao “congelar” as imagens que representavam os compostos metano, etano e ciclo-benzeno, orientei os alunos a compreendê-las, detalhando cada uma de suas partes, ou seja, que átomos estavam ligados e que forma possuíam, notei que havia uma maior dificuldade dos alunos em compreender a representação da molécula do ciclo-benzeno. Faz-se necessário mostrar o que deve ser visto na imagem, ou seja, deve-se saber dar importância à interpretação da imagem.

Essa dificuldade se deve também, provavelmente, ao fato de os alunos não entenderem o significado de nuvem eletrônica, havendo a necessidade em explicar tal termo e mostrar aos alunos onde ela era representada na imagem. Para isto, talvez, fosse necessário a abordagem de conceitos básicos sobre física quântica.

Ao final da aula, conforme planejamento, os alunos iriam fazer um resumo do conteúdo da fita, explicando suas imagens, mas, como a mesma foi vista duas vezes, não foi possível realizá-lo. Então, como atividade final, discuti com os alunos as principais dificuldades por eles encontradas na fita e grande parte considerou altamente complexas as imagens nela contidas, somente após a minha intervenção é que eles conseguiram visualizá-las. Notei que houve uma maior atenção dos alunos nessa aula pelo fato, provavelmente, de se utilizar um outro recurso que não fosse quadro e giz.

O fato de os alunos não compreenderem de imediato esse conteúdo, provavelmente se deu por dois fatores importantes: um deles seria a necessidade de resgatar o conteúdo relacionado a orbitais moleculares, o qual possui um grau de complexidade muito grande pelo fato de utilizar conceitos de probabilidade e de exigir que o aluno consiga fazer projeções mentais (modelização) para que consiga visualizar esses orbitais. Ao se trabalhar com o termo elétron, é fundamental que o aluno seja capaz de compreender que ele (elétron) corresponde a um modelo, entendendo, por exemplo, que ele não é uma partícula pontual estática. Esse processo de modelização não é fácil de ser desenvolvido com alunos do ensino médio. Outra problemática dessa aula estava ligada ao conteúdo de hibridização. Esse conteúdo foi abordado por mim, pois tradicionalmente eu o já vinha incluído no currículo por julgar ser importante para o estudo da Química Orgânica na terceira série.

A análise dessa aula evidenciou a complexidade do assunto e a dificuldade de sua abordagem. Parece que muitos alunos não são capazes de compreender a definição de orbital (local de maior probabilidade de se encontrar o elétron) e de compreender que seu formato é oriundo de cálculos matemáticos. E, ao abordarmos o processo de hibridização deles, pode ficar mais complicado para o aluno entender que regiões de maior probabilidade de se encontrar o elétron podem se fundir formando, inclusive, formas diferentes das iniciais. Nesse sentido, parece que a abordagem de hibridização, talvez não seja de fato um tópico adequado a ser trabalhado no ensino médio.

### 3.3.4 Aula 04

A quarta aula foi no dia 28 de novembro de 2005, numa segunda-feira, abordava a teoria que explicava as formas das moléculas, ou seja, o tema dessa aula foi teoria de repulsão dos pares eletrônicos, tendo como recursos didáticos a utilização de um computador, *data show* e dois programas: *power point* e *chenwin*. A aula foi planejada para ser ministrada no laboratório de informática, contudo, como o mesmo ainda estava em fase de montagem (faltavam os estabilizadores de todos os computadores), a aula foi transferida para a sala de vídeo. Houve, então, a necessidade que eu montasse um computador e o acoplasse ao *data show*.

Essa aula foi organizada em dois momentos, o primeiro foi a apresentação da teoria de repulsão dos pares eletrônicos utilizando o programa *power point* (apêndice 4). Antes de iniciar a aula, foi distribuído a cada aluno uma apostila (apêndice 5) que continha os *slides* da apresentação para que os mesmos não se distraíssem, ao copiar o conteúdo, exigindo somente que eles escrevessem seus comentários na apostila. Iniciei a aula com a apresentação de cada *slide*, onde comentava cada item e explicava minuciosamente cada uma das imagens da apresentação.

No decorrer da aula, pude perceber que os alunos estavam interessados (provavelmente pelo recurso utilizado), a primeira explicação imagética que tive que fazer foram aquelas imagens contidas nos *slides* três, quatro e cinco, pois abordavam as ligações covalentes sigma e pi. Tive que esclarecer que o desenho semelhante a gotas era, na realidade, a representação visual de orbitais e que as setas eram elétrons. Ainda notei que os alunos se assustavam com alguns termos

que apareciam na apresentação como hibridização, inclusive, o nome dado a cada uma das geometrias moleculares (piramidal trigonal, piramidal etc.), tendo que esclarecer esses termos. Observei que, apesar de existirem imagens de geometrias moleculares, necessitei montar algumas geometrias (como a bipiramidal, por exemplo), utilizando o modelo de varetas para que alguns alunos pudessem compreendê-las, além delas, tive que montar a representação de algumas geometrias moleculares constantes nos *slides* 10, 12 e 13.

A principal dúvida dos alunos foi que, apesar de existir a interferência dos pares de elétrons desemparelhados na forma geométrica de algumas moléculas, os mesmos pares eletrônicos não eram levados em consideração para dar o nome da forma geométrica do composto. Tive que esclarecer que a visualização da forma geométrica molecular dependia somente dos elétrons compartilhados, ou seja, da ligação química que existia entre os átomos da substância. Pelo fato de haver a necessidade de uma maior explicação da apresentação, aumentando este primeiro momento de 20 para 35 minutos, o segundo teve que ser reestruturado. O segundo momento seria a construção da geometria molecular, utilizando o programa *chenwin*. Para isso, apresentei o programa *chenwin* aos alunos, explicando que o mesmo possibilitava representar moléculas e visualizá-las em três dimensões. Então pedi aos alunos que mencionassem fórmulas químicas ou os nomes de substâncias enquanto digitava os mesmos no programa e solicitava a sua visualização, rotacionando (com o auxílio do mouse), quando possível. Entretanto, como o tempo foi muito curto (cerca de dez minutos), houve a visualização dos seguintes compostos: dióxido de carbono, água, metano e amônia. Foi observada uma maior participação dos alunos nessa segunda etapa e que, muitos alunos, queriam

participar, contudo os mesmos não conseguiam citar nomes de compostos e muito menos as suas fórmulas químicas (apesar de já terem estudado funções inorgânicas). Não houve, nesta aula, nenhuma atividade avaliativa, pois haveria um pós-teste na aula seguinte.

Pude observar que essa aula foi mais dinâmica que a aula anterior, provavelmente pelo fato de estar enfocando outro conteúdo. Verifiquei também que os alunos não apresentaram dúvidas na visualização e compreensão das imagens utilizadas na apresentação *power point*, inclusive as que se referiam a orbitais p e as ligações sigma e pi. Essa observação se deve, talvez, pelo conteúdo teoria da repulsão de pares eletrônicos ser mais facilmente compreendida pelos alunos por não abordar diretamente conceitos de hibridação, apesar de a mesma utilizar a hibridação para explicar algumas geometrias moleculares, a mesma centra-se na análise das ligações químicas que ocorrem entre os átomos de uma mesma molécula para explicar suas geometrias.

### 3.3.5 Aula 05

A última aula, no dia 05 de dezembro de 2005 – quarta-feira, constituiu-se de dois momentos: a aplicação de um pós-teste, com o objetivo de verificar a capacidade do aluno em identificar a forma geométrica de moléculas. Não houve preocupação com esse teste de verificar se os alunos eram capazes de dar nomes a

substâncias constituídas por essas moléculas. O segundo momento foi uma reflexão dos alunos sobre o processo de ensino vivenciado.

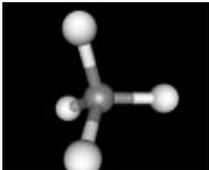
O pós-teste foi individual e sem consulta. O tempo destinado foi de aproximadamente 25 minutos. Após o recolhimento do pós-teste, resolvi finalizar o trabalho com uma discussão sobre o processo aplicado. Inicialmente, solicitei aos alunos que pegassem suas cadeiras e sentassem em círculo e perguntei: O que vocês acharam das aulas? Alguém gostaria de falar alguma coisa? Esta conversa ocorreu de forma informal, sendo que o aluno poderia falar quando quisesse. Cerca de 20 alunos disseram que gostaram das aulas, pois elas eram dinâmicas e diferentes. Outros pediam que todos os conteúdos fossem ministrados daquela forma. Um aluno reclamou do processo alegando a necessidade do mesmo ser desenvolvido em mais aulas, uma vez que ele faltou a duas aulas seguidas, ficando confuso com o conteúdo. Outro aluno pediu a palavra e disse que agora estava entendendo as imagens que haviam em seu livro de Química. Antes, ele as achava confusas, sem nexos e não as compreendia, agora começava a compreendê-las. O restante do grupo ficou calado. Para finalizar, pedi a palavra e agradei aos alunos por participarem da pesquisa e que iria tentar implantar esse processo nos demais conteúdos da Química.

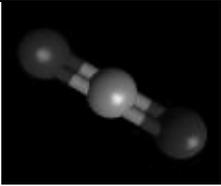
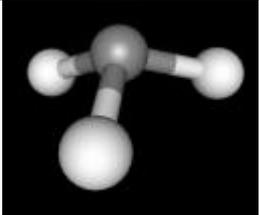
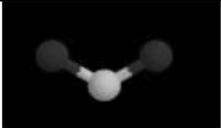
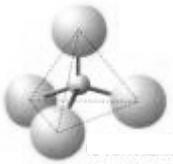
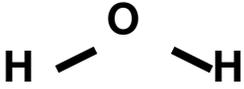
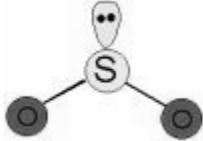
### 3.4 OS RESULTADOS OBTIDOS

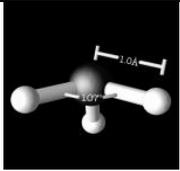
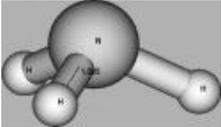
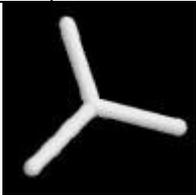
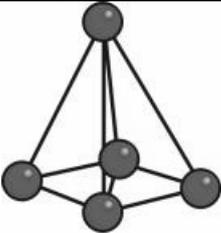
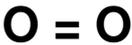
Além dos dados apresentados no item anterior, discutimos, no presente item, os resultados obtidos com a aplicação do pós-teste. Organizamos esse tópico de acordo com os nossos procedimentos de análise. Inicialmente realizamos uma análise das imagens utilizadas no pós-teste. Em seguida a frequência da turma 2B no processo aplicado e por fim analisamos os resultados desse pós-teste dando uma maior ênfase nas questões que obtiveram as menores porcentagens de acertos. Para isso enfocamos os aspectos formais das imagens e a sua relação com o conteúdo.

Inicialmente, realizamos a análise das imagens contidas no pós-teste aplicado na turma 2B, do Ensino Médio, os quais são apresentados na tabela 4.

**Tabela 4. Análises das Imagens do Pós-teste**

<b>Imagem</b>	<b>Código da Imagem</b>	<b>Iconicidade</b>	<b>Função</b>	<b>Motivo</b>
 Figura 14. Imagem utilizada na questão 1A do pós-teste	1A	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 Figura 15. Imagem utilizada na questão 1B do pós-teste	1B	Nove	Explicativa	Modelo representacional

Continuação da Tabela 4. Análises das Imagens do Pós-teste				
Imagem	Código da Imagem	Iconicidade	Função	Motivo
 <p>Figura 16. Imagem utilizada na questão 1C do pós-teste</p>	1C	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 17. Imagem utilizada na questão 1D do pós-teste</p>	1D	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 18. Imagem utilizada na questão 1E do pós-teste</p>	1E	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 19. Imagem utilizada na questão 2A do pós-teste</p>	2A	Nove	Explicativa	Modelo representacional
$\text{O} = \text{C} = \text{O}$ <p>Figura 20. Imagem utilizada na questão 2B do pós-teste</p>	2B	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 21. Imagem utilizada na questão 2C do pós-teste</p>	2C	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 22. Imagem utilizada na questão 2D do pós-teste</p>	2D	Nove	Explicativa	Modelo representacional

Continuação da Tabela 4. Análises das Imagens do Pós-teste				
Imagem	Código da Imagem	Iconicidade	Função	Motivo
 <p>Figura 23. Imagem utilizada na questão 2E do pós-teste</p>	2E	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 24. Imagem utilizada na questão 3A do pós-teste</p>	3A	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 25. Imagem utilizada na questão 3B do pós-teste</p>	3B	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 26. Imagem utilizada na questão 3C do pós-teste</p>	3C	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 27. Imagem utilizada na questão 3D do pós-teste</p>	3D	Nove	Explicativa	Modelo representacional
 <p>Figura 28. Imagem utilizada na questão 3E do pós-teste</p>	3E	Nove	Explicativa I	Modelo representacional

Podemos observar que todas as imagens são funcionais explicativas por atribuir a imagem a característica de representar um conteúdo por ser um modelo representacional. Além disso, todas as quinze imagens são classificadas com o índice de iconicidade 9, ou seja, possuem um grau de abstração relativamente alto. Essa abstração se deve pelo fato de estar representado imagens que são tridimensionais e que representem formas geométricas de fórmulas químicas.

Também realizamos uma pesquisa referente à frequência dos alunos do 2B às aulas no período em que houve a aplicação do processo. Havia na turma 50 alunos matriculados, sendo que 17 eram desistentes. A assiduidade dos alunos as aulas de geometria molecular é apresentada na tabela 5.

**Tabela 5. Percentagem de frequência dos alunos da turma 2B às aulas de geometria molecular**

Número de aulas frequentadas	Número de alunos	(%)
5	03	9,09
4	15	45,45
3	10	30,30
2	4	12,12
1	1	3,04
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>100</b>

Na tabela acima, observa-se que a maioria dos alunos (54,54%) só faltou a uma aula. O fato de 45,46% dos alunos ter faltado a mais de uma aula, pode ser justificado em decorrência de que grande parte dos alunos trabalha de dia e estuda à noite, estando, provavelmente cansados fisicamente. Neste caso, o professor deve motivar os alunos para que não ocorra uma frequência dos mesmos no decorrer das aulas. E, sempre que possível retomar os temas que foram trabalhados nas aulas anteriores.

Os dados dos resultados obtidos no pós-teste aplicado à turma, estão na tabela 5 a seguir. Somente 23 alunos fizeram o pós-teste. Essa quantidade de alunos se deu pelo fato que no dia em que essa aula (aula1) foi aplicada, houve uma paralisação dos professores em decorrência de uma assembléia do Sindicato dos Professores. Em conseqüência, houve um alto índice de ausência dos alunos por considerarem que os professores não iriam trabalhar nesse dia (o que de fato foi verdade, pois somente trinta por cento do corpo docente compareceu à escola).

**Tabela 6. Resultado do pós-teste aplicado na turma 2B**

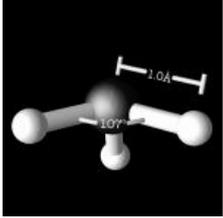
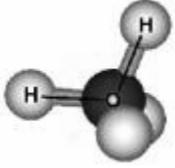
Questão	Acerto		Erro		Em branco/não sabia	
	Quantidade	Porcentagem (%)	Quantidade	Porcentagem (%)	Quantidade	Porcentagem (%)
1A	21	91,2	01	4,4	01	4,4
1B	14	60,8	08	34,8	01	4,4
1C	22	95,6	00	0,0	01	4,4
1D	19	82,6	03	13,0	01	4,4
1E	22	95,6	00	0,0	01	4,4
2A	16	69,6	06	26,0	01	4,4
2B	21	91,2	01	4,4	01	4,4
2C	22	95,6	00	0,0	01	4,4
2D	15	65,2	08	34,8	00	0,0
2E	09	39,1	13	56,5	01	4,4
3A	21	91,2	01	4,4	01	4,4
3B	10	43,5	12	52,1	01	4,4
3C	00	0,0	22	95,6	01	4,4
3D	02	8,7	20	86,9	01	4,4
3E	21	91,2	01	4,4	01	4,4

Esclarecemos que optamos por considerar uma boa freqüência aquela onde ocorreu uma falta, ou seja, a porcentagem de 54,54%. E observamos que 45,46% obtiveram, pelo menos, duas faltas nas aulas de geometria molecular. Consideramos esse fator significativo no processo de ensino-aprendizagem, pois é

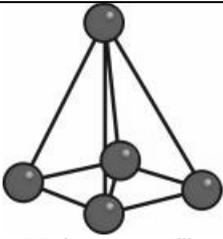
comum ocorrer essa porcentagem (uma e duas faltas) para as turmas que estudam no turno noturno por diversos fatores. O principal o fato é que grande parte dos alunos realiza trabalho braçal durante o dia, fazendo que o(a) aluno(a) esteja muito cansado para assistir às aulas no período noturno. Caso ocorram paralisações de professores, grande parte dos alunos aproveita essa situação para se ausentarem para repouso.

Consideramos uma boa porcentagem de acerto, no item das questões do pós-teste, àquela igual ou superior a 54%, por ser maior que 50%. Para as questões que obtiveram um índice de acerto inferior a 54%, foi feita uma nova análise das imagens para que se tentasse concluir a baixa compreensão da questão. Para isto, foi elaborada a tabela 7.

**Tabela 7. Relação das questões que obtiveram menos que 54% de acerto**

Questão	Porcentagem de acerto (%)	Imagem
2E	39,1	 <p>Figura 23. Imagem utilizada na questão 2E do pós-teste</p>
3B	43,5	 <p>Figura 25. Imagem utilizada na questão 3B do pós-teste</p>
3C	0,0	 <p>Figura 26. Imagem utilizada na questão 3C do pós-teste</p>

Continuação da Tabela 7. Relação das questões que obtiveram menos que 54% de acerto

Questão	Porcentagem de acerto (%)	Imagem
3D	08,7	 Figura 27. Imagem utilizada na questão 3D do pós-teste

A imagem da questão 2E (figura 23) possui, além da representação da geometria trigonal, escrito o tamanho das ligações químicas somente em uma das ligações e escrito o ângulo interno entre elas, essas informações adicionais podem ter influenciado o aluno no momento de sua visualização. O(a) leitor(a) poderia considerar a indicação do tamanho da ligação e o ângulo entre os átomos como outras ligações, alterando a geometria da molécula. Além disso, as questões 1D (figura 17) e 3A (figura 24), também abordavam a mesma forma geométrica e os resultados obtidos foram 82,3% e 91,2% de acerto, respectivamente. Esse fato se deve, talvez, por essas imagens apenas mostrarem a forma geométrica molecular, suas ligações químicas e seus átomos, não possuindo nenhuma outra informação ou complementação.

A imagem da questão 3B (figura 25) possui a representação somente das ligações químicas da forma geométrica trigonal plana, não representando seus átomos, sendo, inclusive, a única com esta característica no pós-teste. Essa imagem parece ter uma maior simplicidade e por isso pode influenciar na visualização da mesma, podendo ter causado dificuldades em sua visualização. Essa hipótese pode ser plausível se verificarmos que foi utilizada a mesma forma geométrica (trigonal plana) na questão 1B (figura 15), e foi obtido 60,8% de acerto. Essa porcentagem de

acerto pelos alunos se deve, provavelmente, à representação da forma geométrica com as ligações químicas e seus átomos.

A imagem da questão 3C (figura 26) possuía a geometria angular. Havia a representação da forma geométrica juntamente com as ligações, os átomos e os orbitais vazios do átomo central. E grande parte dos alunos (90%) respondeu que se tratava de uma geometria tetraédrica, por considerarem, provavelmente, os orbitais vazios como ligações químicas também. Isso se deve, provavelmente, pelo fato da representação imagética dos orbitais vazios serem idênticos às dos átomos de hidrogênio. Tanto que a mesma forma geométrica das moléculas ocorreu nas questões 1E (figura 18) e 2D (figura 22), ocorrendo 95,6% e 65,2% de acerto, respectivamente. Contudo, havia uma diferença na representação da forma geométrica angular. Na questão 1E (figura 18), somente foram representados os átomos e as ligações químicas, e na questão 2D (figura 22) houve a representação dos átomos, da ligação química e do orbital vazio, de forma diferenciada, possibilitando o aluno a diferenciar os orbitais preenchidos dos vazios, podendo visualizar sua forma geométrica molecular.

A imagem da questão 3D (figura 27) representava a forma tetraédrica e possuía como destaque os átomos e linhas que ligavam os átomos entre si. Estas linhas davam a impressão de que a molécula parecesse com uma pirâmide, podendo, dessa forma, influenciar o aluno em sua leitura. Observa-se que a mesma forma geométrica foi aplicada na questão 1A (figura 14), contudo, possuía somente a representação das ligações químicas e seus átomos e sua porcentagem de acerto foi de 91,2%.

Podemos concluir que essas imagens foram importantes, pois nos possibilitou analisar alguns parâmetros/detalhes que podem indicar fatores que podem tornar a compreensão das imagens mais complicadas para os alunos.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Chegando ao final da pesquisa, podemos levantar uma série de reflexões sobre o processo desenvolvido e apresentar considerações em torno do que poderia ser uma proposta de ensino de geometria molecular e suas implicações. Nesta última etapa, apresentam-se considerações em torno do mestrado desenvolvido.

### **1. OS RESULTADOS OBTIDOS NO ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR**

Inicialmente, apresentamos uma reflexão dos resultados obtidos a partir do processo vivenciado, destacando pontos essenciais observados na prática de ensino realizada com o objetivo de elucidar o leitor dos pontos positivos e negativos do processo aplicado. Essa reflexão tem como objetivo fornecer uma base de dados, teorias e fatores que subsidiem a elaboração de uma proposta de ensino de geometria molecular para o ensino médio. É evidente que não estamos propondo uma receita de bolo, e muito menos estamos abordando toda a problemática do ensino de geometria molecular no ensino médio. Na realidade, a partir de nossa pesquisa, estamos enfocando alguns pontos que consideramos relevantes na elaboração dessa proposta de ensino de geometria molecular.

O primeiro ponto a destacar seria a falta (ou a não utilização) de algumas habilidades dos alunos em relação a outros componentes curriculares e que são primordiais na aprendizagem do conteúdo geometria molecular. Esses conhecimentos e habilidades referem-se à: a) noções de geometria plana, b) noções de geometria espacial, ambos pertencentes ao componente curricular de Matemática, c) noções de profundidade e de espaço, d) capacidade de desenhar figuras tridimensionais em planos bidimensionais, ambos pertencentes ao componente curricular de Artes.

Essas constatações foram verificadas nos resultados do pré-teste e nas duas primeiras aulas aplicadas no processo. Verificamos que as respostas dos alunos, na questão dois do pré-teste, e os desenhos que eles faziam não possuíam indicativos da utilização de tais habilidades, sendo necessária a elaboração de procedimentos que visassem desenvolvê-las.

Outra constatação foi o grau de abstração das imagens utilizadas no conteúdo geometria molecular. Observamos que grande parte das imagens utilizadas nesse processo de ensino é classificada com índice de iconicidade 9 e a função explicativa. Isso demonstra que as imagens utilizadas tinham um grau de abstração significativo, e que representavam fórmulas químicas. Além disso, elas possuem um grau de complexidade alto, já que representam modelos imaginários, ou melhor dizendo, essas imagens representavam fórmulas químicas elaboradas a partir da teoria de modelos atômicos. Por esse fato, constatamos a necessidade de conceituar o termo modelo utilizado na ciência, apontando seus usos e limitações. Além disso, é necessário que o aluno conheça alguns conceitos químicos para que

possa compreender o conteúdo de geometria molecular, sendo eles: modelos atômicos, elemento químico e ligações químicas.

Um ponto observado corrobora com algumas pesquisas em imagens no ensino, ou seja, que o aluno não consegue, por si só, ler as imagens utilizadas no ensino sem a ajuda do professor. Esse fato foi constatado no decorrer do processo, sendo mais visível quando utilizamos o vídeo na aula 3 (estudo do átomo de carbono e sua geometria), foi necessário que ele (vídeo) fosse repetido e, à medida que as imagens iam surgindo, ocorresse uma intervenção didática do professor, para a sua compreensão. Esse fato se deve, provavelmente, às imagens utilizadas no ensino de geometria molecular e que representam fórmulas químicas não utilizando letras e números, mas utilizando átomos e suas ligações químicas, tornando-se para o aluno, complexas. Faz-se necessário, então, que o professor faça uma leitura dessas imagens, juntamente com os alunos, indicando as suas características e peculiaridades, ou melhor, dizendo, no ensino de ciências também se faz necessário orientar o aluno o que ele deve observar em cada uma das imagens utilizadas.

Outro ponto a ser destacado foi o tipo da imagem utilizada nesse processo. Por meio do pós-teste, pudemos averiguar que os alunos tiveram uma maior dificuldade para identificar a forma geométrica nos itens que apresentavam muitas informações. Tanto que houve uma maior dificuldade de visualização nas imagens do pós-teste dos itens: 2E, 3C e 3D (figuras 23, 26 e 27, respectivamente) . Todas essas imagens possuíam não somente a indicação da ligação química, mas também a representação de orbitais vazios do mesmo tamanho da ligação química (imagens utilizadas no pós-teste dos itens 2E e 3C – figuras 23 e 26,

respectivamente). Caso o professor venha utilizar tais imagens, o mesmo tem que explicá-las de forma minuciosa.

Verificou-se ainda a dificuldade de os alunos para identificar a forma geométrica nas imagens que possuíam “floreios”, ou seja, que as imagens eram muito “enfeitadas”. A figura 27 – imagem utilizada na questão 3D do pós-teste – possui linhas que ligavam átomos de hidrogênio, de sua estrutura tetraédrica. Esse detalhe foi utilizado, provavelmente, com o intuito de ajudar a visualizar a forma geométrica tetraédrica das moléculas, contudo, foi verificado que esse procedimento dificultou mais ainda a sua compreensão, que propriamente facilitou a sua elucidação. Podemos supor que grande parte dos alunos considerou que havia ligações entre os átomos de hidrogênio dando a impressão de que a molécula possuía a forma geométrica piramidal, pois os traços induziam o aluno a ver uma pirâmide de base quadrada. Por isso, o professor deve ficar atento ao tipo de imagem a ser utilizada, pois dependendo da mesma, o conteúdo pode se tornar mais complexo.

Outro ponto observado foi o excesso de simplicidade em algumas imagens. Há a necessidade de um mínimo de informação para que o aluno seja capaz de compreendê-la. A imagem utilizada no item 3B do pós-teste (figura 25), por exemplo, continha a representação de uma geometria trigonal plana, entretanto apresentava somente as ligações químicas, e não os átomos ligantes, e era muito semelhante à representação do modelo de varetas. Constatou-se que o índice de acertos da mesma foi muito baixo devido, talvez, a essa simplicidade.

Um outro ponto a ser abordado seria a quantidade de aulas ministradas. Observamos que a quantidade de aulas do processo vivenciado foi insuficiente para

que pudéssemos abordar, de forma tranqüila, o assunto delimitado, pois foi necessário trabalharmos com os alunos conceitos de geometria plana e espacial e de desenhos (como sombra e profundidade). Achávamos que os alunos já tinham esses conceitos, e não precisaríamos abordá-los tão profundamente, entretanto, no pré-teste e no decorrer das aulas 01 e 02, observamos que os mesmos não possuíam domínio desses conceitos, por isso foi necessário aplicar atividades trabalhando tais conceitos.

Observou-se ainda a dificuldade dos alunos em compreender as imagens utilizadas na representação da geometria molecular. Em todas as aulas, foi necessária a intervenção do professor na apresentação de cada uma delas, havendo uma maior ênfase na geometria espacial, pois foi necessário que o professor a explicasse.

A quantidade de cinco aulas utilizadas nesse processo, após a sua aplicação, foi considerada insuficiente. Esse fato se constatou, pois a aula quatro possuiu dois momentos: a apresentação da teoria de repulsão de pares eletrônicos e a utilização de um programa que permitisse visualizar moléculas tridimensionalmente. Esse dois momentos deveriam ser aplicados separadamente para que fossem mais bem explorados. Pudemos notar que os alunos ficaram interessados em utilizar o computador, mas que houve pouca exploração no programa de visualização tridimensional de moléculas por falta de tempo. Esse problema no planejamento ocorreu em virtude da ausência das habilidades necessárias para se trabalhar geometria plana e espacial e noções de desenho, nos quesitos sombra e profundidade, que exigiram um tempo maior das aulas. Seria

interessante, inclusive, neste caso, a elaboração de uma aula na qual o aluno construísse seus próprios modelos.

Enfim, após esses pontos abordados, refletimos que há uma maior necessidade de se explorar a linguagem visual, inclusive, desenvolver habilidades que levem o aluno a familiarizar-se com tal linguagem, bem como aprender a visualizar e reproduzir objetos reais à mão livre. Esse procedimento pode ser utilizado em todas as instituições de ensino, pois aproveita recursos que sempre estão disponíveis em qualquer escola. E o ensino de geometria molecular conduz o aluno a conhecer tais habilidades, pois muito as utiliza na conceituação e exemplificação.

## **2. APRENDENDO A IMAGINAR MOLÉCULAS: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR**

Após termos refletido sobre a proposta de ensino aplicada em um ambiente escolar, apresentamos uma proposta de ensino de geometria molecular.

O título aprendendo a imaginar moléculas se deve, principalmente ao fato de estarmos apresentando uma proposta que aborda uma sistematização no processo de compreensão das imagens utilizadas no conteúdo geometria molecular. Além disso, também propomos etapas em que o conteúdo de geometria molecular é abordado de forma a possibilitar que o aluno construa o seu conhecimento, pois sugerimos que esse conteúdo seja abordado de forma histórica, social e científica.

Também propomos abordar a ciência, não como um dogma, mas sim como algo que está em construção já que versamos a teoria sobre a utilização de modelos, discutindo suas contribuições e limitações. Lembramos que a elaboração dessa proposta tem como objetivo ensinar o aluno a ser capaz de identificar formas geométricas básicas de estruturas moleculares e, ao mesmo tempo, iniciá-lo nos aspectos básicos da linguagem visual voltada para a compreensão de imagens.

Inicialmente, muitas pessoas podem considerar essa proposta inviável e, até mesmo, utópica já que, à primeira vista, podem considerar que tanto o conteúdo de geometria molecular quanto a compreensão de imagens são bem distintos e não possuem correlação nenhuma. É evidente que esses conteúdos a serem trabalhados são bem distintos, contudo, em uma análise mais profunda, podemos considerar que ambos podem se tornar complementares, uma vez que a geometria molecular utiliza a linguagem visual para a sua compreensão, e a linguagem visual pode utilizar alguns conteúdos da geometria molecular como exemplos/modelos. Por exemplo, ao explicarmos as formas geométricas, devemos estar atentos às imagens utilizadas, pois são explicativas (explicitam o que está contido no texto, explicando-o visualmente) e pertencentes à classe 03 de iconicidade (relativamente abstratas, logo se tratam de imagens cuja projeção realista é desenvolvida em um plano). Por isso, essas imagens precisam ser analisadas/discutidas, durante o processo de ensino-aprendizagem, o que facilita a compreensão das mensagens por elas veiculadas (que o professor as trabalhe/explique em sala), auxiliando os alunos em sua compreensão.

Também devemos considerar outros fatores importantes na elaboração do processo como: a) o contexto educacional em que será desenvolvido (quantidade

de aulas semanais, número de alunos por sala; b) conteúdo a ser aplicado; c) projeto político pedagógico da instituição escolar; d) recursos disponíveis e; e) disponibilidade dos alunos para realizar atividades extraclases.

No caso da proposta vivenciada, por exemplo, todas as imagens utilizadas no pré-teste, teste, pós-teste e na apresentação *power point* da aula 3 foram em preto e branco. Esse procedimento se deu pelo fato de não existir, na instituição escolar onde a proposta foi ministrada, recursos de impressão colorido para grande escala, havendo somente o recurso para impressão em preto e branco. Foi necessário realizarmos esse ajuste na proposta.

Por isso, consideramos importante a proposta possuir alguns, além das orientações acima, tópicos que serão, na realidade, eixos norteadores para a sua elaboração. São eles: a) delimitação do conteúdo a ser trabalhado; b) explorando a geometria espacial; c) representando formas geométricas em dois planos; d) representando moléculas por modelos; e) relacionando as configurações moleculares com as propriedades das substâncias; f) relacionando formas geométricas com as configurações moleculares; g) estudando configurações moleculares; e h) estudando a Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos, os quais serão comentados a seguir.

### ***Delimitando o conteúdo a ser trabalhado***

O primeiro passo a ser observado nessa proposta seria a seleção do conteúdo de geometria molecular a ser abordado para o ensino médio. Podemos, inclusive, realizar a seguinte pergunta para o professor de Química: “O que ensinar sobre geometria molecular aos meus alunos do ensino médio?”

Os Parâmetros Curriculares Nacionais tecem a seguinte análise sobre o conteúdo do ensino médio:

A educação geral do nível médio nada tem a ver com o ensino enciclopedista e acadêmico dos currículos de ensino médio tradicionais, reféns do exame vestibular”, ou seja, o ensino deve ser não conteudista, nem tampouco fragmentado. Parece que muitos professores associam a quantidade de conteúdo a qualidade de ensino, ou seja, quanto maior o conteúdo a ser ministrado, melhor será a qualidade/nível de ensino do aluno. (Brasil, 2006, pág. 105).

Podemos concluir que o currículo do ensino médio tradicional pode acarretar alguns problemas na compreensão do ensino, como se caracterizar um ensino conteudista e desfragmentado, pois o professor é obrigado a “correr com a matéria”, não sendo capaz de articular todo esse conhecimento, de modo a utilizá-lo de forma holística.

Consideramos que o ensino deve ser aquele que proporcione uma maior compreensão do mundo em seus aspectos naturais, culturais, históricos e sociais. O conhecimento químico deve ser dinâmico, multidimensional e histórico, levando o indivíduo a construir uma visão de mundo mais articulada e menos fragmentada, fazendo-o, inclusive, a ser um participante de um mundo em construção (BRASIL, 1999, p. 124).

Além disso, os PCN sugerem que “o aprendizado de Química no ensino médio deve possibilitar ao aluno a compreensão tanto dos processos químicos em si quanto da construção de um conhecimento científico em estreita relação com as aplicações tecnológicas e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas” (BRASIL, 2002, p. 87).

A partir desses pressupostos, consideramos que o conteúdo de geometria molecular deve ser aquele que consiga ser articulado aos demais conteúdos da

Química e a outros componentes curriculares. Nesse caso, o conteúdo de geometria molecular deve proporcionar:

- a) a compreensão da natureza elétrica e particular da matéria;
- b) a compreensão do modelo atômico de Bohr;
- c) compreensão das propriedades das substâncias e dos materiais em função das interações entre átomos, moléculas ou íons;
- d) a compreensão de que as ligações químicas como resultantes das interações eletrostáticas que associam átomos e moléculas para dar às moléculas resultantes uma maior estabilidade e;
- e) a aplicação de idéias sobre arranjos atômicos e moleculares para compreender a formação das substâncias inorgânicas e orgânicas.

Por isso, podemos estipular que seu conteúdo pode possuir os seguintes assuntos: formas geométricas, teoria de repulsão dos pares eletrônicos, interações intermoleculares, ligação química (incluindo a distribuição eletrônica, estabilidade – regra do octeto, tipos de ligação – iônica, covalente e metálica) já que esses tópicos poderão ser abordados em vários conteúdos da Química, como a química orgânica, química inorgânica e os processos de transformação da matéria, por exemplo. A experiência vivenciada parece nos indicar que o ensino de hibridação talvez não seja tão relevante para o ensino médio.

A partir da delimitação do conteúdo de geometria molecular, podemos estipular também o conteúdo da linguagem visual a ser abordado, ou seja, definir a “gramaticalidade imagética” necessária para que ocorra a compreensão das formas geométricas das moléculas. Nesse caso, o principal ponto a ser abordado na linguagem visual seria preparar o aluno para compreender, visualizar e desenhar

formas da geometria de moléculas em planos bidimensionais. Tais formas geométricas são, geralmente, em três dimensões. Além disso, podemos propor também que o aluno seja capaz de realizar projeções visuais dos mesmos, uma vez que as imagens contidas no conteúdo geometria molecular são “processos imaginários da ciência”. Para isso, devemos ficar atentos ao aluno, verificando se ele já tem conhecimento químico sobre ligações químicas e interações de van der Waals, a fim de que consiga fazer projeções dessas imagens ao ponto de rotacioná-las em vários planos para que possa compreendê-las.

### ***Explorando geometria espacial***

O próximo passo seria verificar se o aluno possui alguns conhecimentos oriundos da geometria plana e espacial. Para isso, poderíamos realizar um pré-teste para essa verificação. O pré-teste poderia possuir imagens de figuras geométricas solicitando ao aluno que escrevesse o nome de cada uma delas. Outra questão, que poderia ser inserida, seria aquela que solicitasse ao aluno desenhar uma paisagem e, a partir dela, perguntar quais as figuras geométricas existentes. Essa última questão também verificaria outro aspecto importante: a capacidade do de desenhar imagens tridimensionais e de realizar representações mentais. Para isso, o aluno deverá ser dotado de habilidades indicando que o mesmo possui técnicas de expressão de profundidade e sombra, ambas pertencentes ao componente curricular Artes.

Caso seja constatado que o corpo discente possui pouca destreza/conhecimento desses conteúdos, o professor deverá propor estratégias em

sua aula onde há a apresentação, discussão desses conteúdos, com o intuito de promover a aprendizagem. Nesse momento, inclusive, o professor pode utilizar objetos reais, pois possuem um grau de abstração baixo e alta iconicidade. Esta seria uma introdução tanto ao conteúdo geometria molecular, quanto à linguagem visual. O professor, ao mesmo tempo em que inicia as formas geométricas básicas como quadrado, cubo, retângulo, etc., ao utilizar objetos reais, recorre a imagens com baixa abstração.

### ***Representando formas geométricas em dois planos***

Em seguida, consideramos importante que os alunos exercitem a mente e a habilidade mecânica a ponto de serem capazes de transferir/desenhar objetos reais em um plano bidimensional, uma vez que grande parte das imagens utilizadas na geometria molecular encontra-se em planos bidimensionais, como os existentes em livros didáticos de Química. Grande parte das imagens de formas geométricas moleculares é tridimensional e está descrita/desenhada em livros didáticos de Química, ou seja, são descritas em planos bidimensionais. Além desse fato, muitos professores utilizam o quadro-negro para desenhar o modelo de imagens de formas da formas geométricas de moléculas (o quadro-negro também é um plano bidimensional). Consideramos que pode haver uma dificuldade dos alunos em realizar essa etapa, pois muitos deles não possuem habilidades gráficas (representar profundidade, sombra em desenhos). O professor poderia, então, elaborar atividades que visem tanto o desenvolvimento dessas habilidades quanto o

conhecimento químico, ou seja, poderia criar atividades vinculadas às formas moleculares, utilizando modelos representados na realidade.

Uma das atividades que o professor pode desenvolver seria a habilidade de desenhar. Para isso, o professor pode utilizar inicialmente uma paisagem e solicitar que o aluno a desenhe. Na próxima aula, o professor pode devolver esse desenho solicitando ao educando que o refaça, observando melhor os detalhes da paisagem (como técnicas de utilização de sombra, por exemplo). Após tal atividade, o professor pode mostrar a imagem de uma molécula e solicitar que o mesmo a desenhe.

### ***Representando moléculas por modelos***

As moléculas são modelos imaginários que foram elaborados pela ciência desenvolvida pela Humanidade, a partir de sua imaginação e por experimentos científicos. Por isso, as moléculas nunca foram vistas, mas foram previstas e “desenhadas” a partir da mente humana. Por esse fato, o ser humano também teve que desenvolver modelos reais que se aproximam do modelo da molécula, na tentativa de facilitar sua visualização.

Para a representação de moléculas há, basicamente, dois tipos de representação que utilize modelos que possam ser manipulados: o modelo de varetas e os modelos de bastões e esferas. O modelo de varetas representa somente as ligações químicas existentes entre os átomos. Possui como fatores positivos a sua simplicidade, pois representam somente a ligação ocorrida. Esse fato

também é um fator limitante desse modelo por não representar os átomos envolvidos, não permitindo estudar a molécula com maiores detalhes.

Outro modelo utilizado é o de bastões e esferas. Como o nome já diz, o mesmo é composto por bastões e esferas e tem por finalidade auxiliar a visualização de moléculas, uma de suas características seria a utilização de cores como diferenciação entre os átomos. A utilização dessas cores deve obedecer, a priori, as orientações dadas pela IUPAC, ou seja, devem estar de padronizadas internacionalmente para que o aluno se familiarize não somente com este tipo de modelo, mas também com padronizações internacionais, sendo elas: branco, que representa os átomos de hidrogênio; preto, que representa o átomo de carbono; azul, que representa o átomo de nitrogênio; e vermelho, que representa o átomo de oxigênio. Sua limitação seria não salientar o tamanho de cada um dos átomos utilizados (que poderia enriquecer o estudo molecular) e sua contribuição seria a possibilidade de se estudar as interações intermoleculares a partir dos átomos da substância (como o estudo das interações de van der Waals). O professor poderia esclarecer, ao utilizar esse modelo de representação molecular, que os átomos não são coloridos e que a utilização dessas cores consiste em uma padronização internacional proposta pela IUPAC, além de salientar que os átomos possuem tamanhos diferentes.

Ambos os modelos utilizados para representar moléculas em planos reais (modelo de varetas e de bastões e esferas) possuem como limitação a utilização de objetos rígidos para representar a ligação química entre os átomos da substância podendo fazer que o aluno associe a ligação química como uma ligação estática (e não dinâmica – se tratam de interações entre os elétrons). Sugerimos, portanto, que

o professor fique atento à utilização desse modelo e esclarecer ao aluno, as suas limitações. Os modelos possuem limites e não podem ser tomados como realidade, ao contrário, cada modelo é idealizado/utilizado para se estudar um fenômeno específico ocorrido na natureza, portanto, possuindo somente uma funcionalidade na compreensão desse fenômeno e não a compreensão do todo.

### ***Relacionando as configurações moleculares com as propriedades das substâncias***

Outro aspecto que o professor deve estar atendo seria a possibilidade de prever algumas propriedades físicas da substância a partir do conhecimento de sua configuração molecular. Adquirindo o conhecimento da geometria molecular podemos prever algumas propriedades da substância como ponto de fusão, ebulição e a sua forma cristalina.

Um exemplo seria o estudo da água. Sabemos que ela possui um ponto de ebulição elevado, em virtude das interações de van der Waals que suas moléculas realizam. E essa averiguação pode ser constatada a partir do conhecimento de sua forma geométrica e de suas interações intermoleculares. A forma da molécula da água é angular e seus átomos possuem cargas diferentes, pois um deles é eletropositivo e outro é eletronegativo. Para isso, devemos conhecer a característica de cada átomo ligante na substância, ou seja, se algum átomo é suscetível a doar ou a receber elétrons. Nesse caso, o átomo de oxigênio é eletronegativo e o hidrogênio é eletropositivo, isso faz com que ocorram interações intermoleculares entre o átomo de oxigênio e o átomo de hidrogênio, surgindo as interações de van

der Walls entre as moléculas de água. A partir desse conhecimento, podemos explicar o motivo do ponto de ebulição da água ser 100°C. Outro exemplo, seria a explicação da baixa produção de compostos orgânicos. Esse fato se dá, principalmente, por explicações baseadas na forma geométrica das substâncias envolvidas nas reações e seu efeito espacial.

### ***Relacionando formas geométricas com as configurações moleculares***

O próximo passo seria a introdução das formas geométricas das substâncias. Haveria, então, a apresentação das formas moleculares mais básicas e conhecidas, ou seja, a geometria de moléculas lineares, angulares, trigonais, trigonais planas e tetraédricas. Esse passo também requer a utilização de modelos reais, e, neste caso, a utilização de modelos de bastões e esferas ou de varetas. Ao utilizar a representação de modelos que são mostrados em um plano real, o professor deve esclarecer ao aluno que o mesmo poderá ter uma visão mais simplificada dessas geometrias (por não haver a representação de orbitais vazios, por exemplo). Lembrando que os modelos utilizados, mesmo no plano real, são modelos de moléculas que são, na verdade, modelos idealizados pela mente humana.

### ***Estudando configurações moleculares***

Além disso, o professor deve introduzir conceitos de geometria molecular que poderão ser utilizados em alguns conteúdos do próximo ano. Um exemplo seria a introdução ao estudo do átomo de carbono, sua configuração eletrônica, o tipo de

ligação química que realiza e, principalmente a sua forma geométrica (tetraédrica). O professor pode, nesta etapa do processo, utilizar recursos didáticos que chamem a atenção do aluno como imagens, textos, livros didáticos, vídeos e até mesmo a informática. O professor deve estar atento ao fato de que o aluno já deve ser capaz de visualizar objetos em três dimensões, em planos bidimensionais. Ao utilizar recursos como vídeo e slides, o professor deve orientar o aluno e levá-lo a compreender as imagens utilizadas.

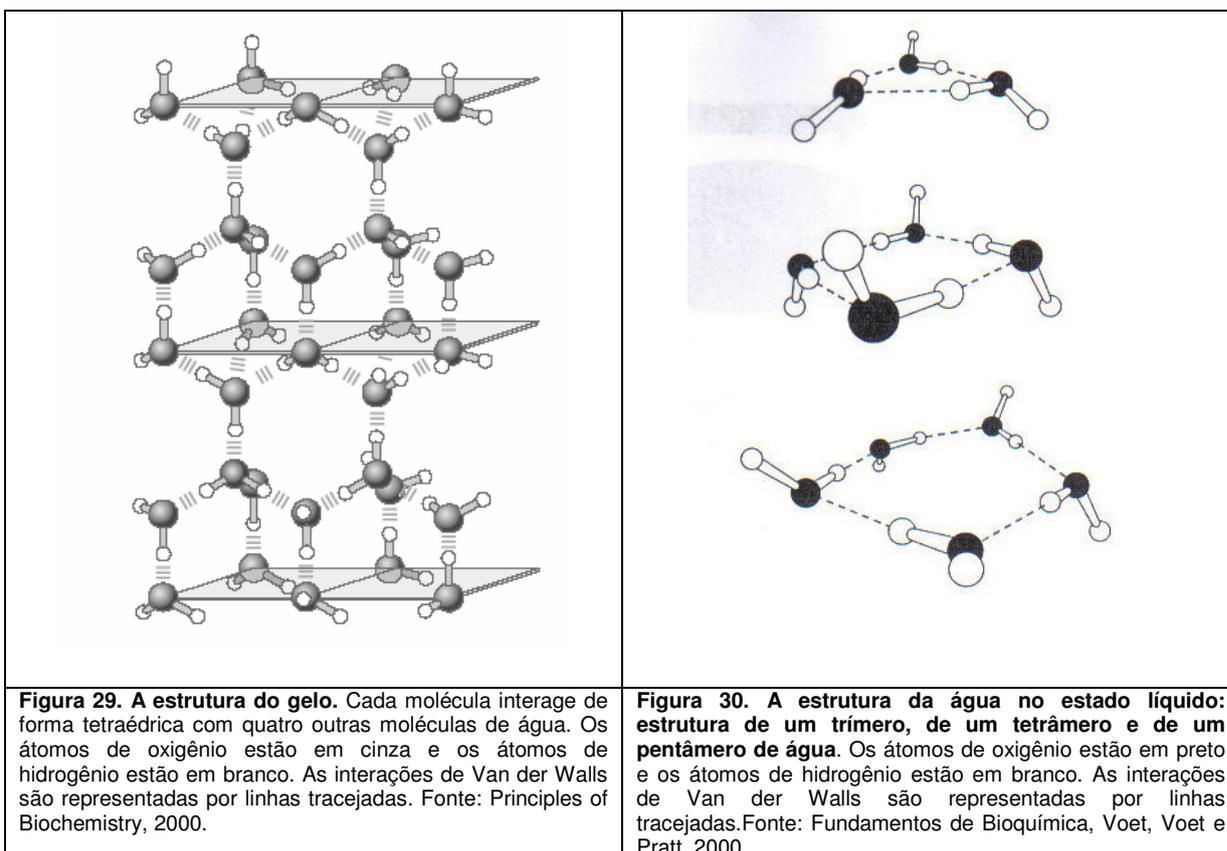
### ***Estudando a Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos***

Já para a explicação do conteúdo *Teoria de Repulsão dos Pares Eletrônicos*, sugerimos que seja abordada também de forma histórica. Esse procedimento se faz necessário para que se situe essa descoberta científica em seu contexto social. Devemos situar o aluno historicamente, para então, explicar essa teoria. Tal ação é imprescindível para que o aluno consiga refletir que o conhecimento científico é formado a partir de processos de pensamento, imaginação e elaboração de modelos, os quais estão implicitamente ligados ao contexto social e tecnológico.

Além disso, o professor deve saber inserir cada imagem trabalhada no tópico abordado, devendo realizar uma análise imagética inicial, já que essa análise pode ajudar o professor a descobrir a complexidade da imagem para a elaboração de linhas de procedimentos que facilitem a compreensão das mesmas pelo aluno. As imagens utilizadas devem sempre ter um vínculo com o texto e o professor deve orientar o corpo discente a compreendê-las.

O professor poderá abordar o assunto interações intermoleculares no conteúdo geometria molecular. Para isso, o mesmo deverá retomar o conceito de ligação química, que consiste em uma interação de átomos por meio de seus elétrons. Também sugerimos que se aborde o conceito de modelo atômico, elétrons, distribuição eletrônica e orbital. O professor poderá, neste momento, esclarecer ao aluno que a geometria molecular baseia-se nos modelos atômicos, ou seja, que ocorre a utilização de modelos. Para introduzir o conceito de interações intermoleculares, sugerimos que ocorra uma abordagem de forma histórica, ou seja, uma descrição da sociedade (principalmente seus aspectos sociais e científicos) para que o aluno também tenha uma visão de como surgiu esse conhecimento científico. Em seguida, o professor pode utilizar propriedades de algumas substâncias com o objetivo de despertar a atenção dos alunos. Por exemplo, o professor pode perguntar ao aluno por que o gelo flutua na água líquida. Sabemos que o gelo e a água possuem a fórmula química  $H_2O$ , ocorrendo somente como diferença o estado físico de cada um. Enquanto um está no estado sólido (gelo), o outro está no estado líquido (água). Entretanto, pela teoria, as substâncias no estado sólido são mais densas que as do estado líquido, afundando. Mas no caso da água, ocorre uma dilatação no estado sólido, ou seja, o gelo é menos denso que a água líquida, fazendo-o flutuar na água. Esse fato se deve, entre outros fatores, à forma cristalina que o sólido (gelo) possui em decorrência das interações de van der Waals que possui e da forma que o líquido (água) possui em decorrência das interações de Van der Waals. O gelo é um cristal de moléculas de água ligadas pelas interações de Van der Waals e sua estrutura fornece um exemplo da força cumulativa de muitas dessas interações. Segundo Voet, Voet e Pratt (2000), estudos de difração de raios

X e de nêutrons mostram que as moléculas de água no gelo estão arranjadas em uma estrutura excepcionalmente aberta na qual cada molécula de água está no centro de um tetraedro circundado por quatro moléculas vizinhas, com as quais interage por interações de Van der Walls (figura 29).



Já a água no estado líquido possui uma estrutura irregular, pois cada molécula reorienta-se aproximadamente a cada  $10^{-12}$  segundos. Por esse fato, faz que as interações de Van der Walls atuem nas moléculas de água de forma que ocorrem a formação de geometrias irregulares e variadas (formando anéis de três a sete membros) que estão continuamente se quebrando e reconstituindo-se em tempos na ordem de  $2 \times 10^{-11}$  s. A água no estado líquido consiste, portanto, de uma rede instável e tridimensionalmente de moléculas de água ligadas por interações de Van der Walls (figura 30). Esse arranjo cristalino da água no estado sólido permite

que haja mais espaços vazios em relação ao estado líquido. E uma das conseqüência desse arranjo cristalino seria que a água seja uma das poucas substâncias que expande sob congelamento em uma determinada temperatura (em zero graus Celsius, a água no estado líquido possui uma densidade de 1,00g/ml e a água no estado sólido (gelo) possui uma densidade de 0,92 g/ml), ou seja, que a água no estado sólido seja menos densa que em seu estado líquido, fazendo que o gelo flutue na água líquida.

A partir desse exemplo, o professor pode desenhar essas estruturas no quadro, estando atentando para o fato de que se tratam de imagens relativamente abstratas (classe 3 de iconicidade) havendo, portanto, a necessidade de serem explicadas ao aluno. Em seguida, o professor pode citar os tipos de interações moleculares (interações de van de Waals, por exemplo) e juntamente com a turma, analisar estruturas moleculares que possuem tais interações. Para isso, o professor pode utilizar recursos como o *data show* e programas de química específicos (como o *chenwin*). Entretanto, ao utilizar tais imagens, o docente deve estar atento à complexidade das mesmas (nesta etapa do processo, o conteúdo de geometria molecular geralmente utiliza imagens altamente abstratas e funcionais). Podemos citar, como exemplo, a estrutura do DNA. O formato que ela possui (dupla hélice) ocorre principalmente pelas interações intermoleculares e intramoleculares de seus átomos. Ao analisar essa estrutura, o professor deve realizá-la em etapas, identificando cada uma de suas interações (tipos).

Enfim, esta proposta de ensino de geometria molecular *Aprendendo a Imaginar moléculas* possibilita um aprendizado de química, busca promover a construção de conhecimento histórico, social e científico, e introduzir o processo

científico relacionado à utilização de modelos. Não podemos esquecer que esta proposta também aborda conceitos da linguagem visual relacionados à compreensão de imagens que possuem um alto grau de abstração (imagens de formas geométricas de moléculas), tridimensionais e que estão, geralmente, em planos bidimensionais. Além disso, essa proposta possibilita ao professor utilizar quaisquer recursos didáticos que achar conveniente em suas aulas, e que estejam disponíveis em seu contexto escolar, tendo como uma das questões-chave o seu domínio sobre elas e o tipo de imagem a ser utilizada. Salientamos que, para cada recurso tecnológico didático utilizado, o professor poderá analisar as suas possibilidades e limitações de uso. A cada imagem utilizada, sugerimos também que o professor fique atento ao seu significado, esclarecendo-a ao aluno. As imagens podem exercer diversas atribuições, possuindo, conseqüentemente, diversas classificações, por isso o professor deve ser capaz de adequar a finalidade da imagem ao texto.

### **3 O CRESCIMENTO REFLEXIVO PROFISSIONAL E PESSOAL**

Ao término dessa jornada em busca de um crescimento pessoal, profissional e acadêmico, posso relatar que minhas atitudes mudaram. Ao aplicar essa proposta em sala de aula, pude perceber como o cuidado ao utilizar imagens altera a compreensão da mesma, podendo, dessa forma, contribuir para uma

melhora no ensino. Percebi também que houve um crescimento de minha pessoa, de forma que a minha visão crítica se tornou mais aguçada a ponto de realmente me perguntar, inúmeras vezes, se o desenvolvimento das minhas aulas estavam compatíveis com o meu objetivo de ensino, ou melhor dizendo: Será que realmente esse procedimento é o mais adequado neste momento? Também pude perceber que, após a aplicação dessa proposta, houve a formação de uma relação pessoal mais amistosa. Muitos dos alunos que assistiam às aulas de Química por obrigação mudaram sua postura, talvez por terem aprendido a gostar desse componente curricular. Percebi que os alunos mudaram de postura também em relação à instituição de ensino, questionando algumas atitudes da Direção e de alguns professores. Ouvia, inclusive, comentários dos professores, de Matemática e de Artes, de que alguns alunos dessa turma solicitavam a eles o desenvolvimento do conteúdo de geometria e de desenho, respectivamente. E quando o professor os abordava, os mesmos solicitavam que eles utilizassem outros recursos didáticos além do quadro e giz. Também pude verificar que esses alunos, no ano de 2006, se tornaram mais críticos. Eu ouvia comentários da professora de Química, dizendo que alguns alunos dessa turma sempre questionavam alguns modelos científicos presentes no conteúdo de Química orgânica, podendo citar, como exemplo, a representação do modelo do átomo de carbono, que a mesma utilizava (tetraavalente), era diferente da sua forma geométrica (tetraédrica).

A partir dessa reflexão, posso afirmar que devemos também nos preocupar com a utilização de imagens no ensino de Ciências. Após o estudo de seus conceitos teóricos, pude perceber que uma imagem não é somente um desenho, foto ou esquema, mas uma linguagem que pode ser utilizada para

promover a construção do conhecimento. Para isso, é necessário que saibamos o conceito de imagem, seus aspectos semânticos, suas classificações, para que possamos adequá-las ao nosso objetivo de ensino. Também devemos possuir um olhar crítico para as imagens presentes em livros didáticos. Esse olhar pode ser utilizado, inclusive, no processo de seleção do livro didático. Ao selecionarmos um livro didático, podemos utilizar como critério as suas imagens. Além de analisarmos a qualidade visual delas, podemos analisá-las de acordo com a complexidade. Para isso, podemos, por exemplo, utilizar a classificação de iconicidade proposta por Moles (1968) e a classificação proposta por Carneiro (1999).

Podemos considerar que a pesquisa desenvolvida nesse trabalho possui um caráter inovador para o ensino de Química, pelo fato de propor um conjunto de atividades de ensino que, além de envolver o conteúdo de geometria molecular, também propôs um processo de ensino-aprendizagem na leitura e compreensão de imagens.

Sabemos que, apesar de se tratar de uma pesquisa com limitações, seus resultados apontam a fatores muito significativos em relação à utilização de imagens no Ensino de Geometria Molecular como a indicação de fatores que expliquem a dificuldade dos alunos em compreendê-las.

Outro ponto essencial que salientamos seria a necessidade do professor orientar o aluno para ler e analisar as imagens utilizadas no processo, o que requer atividades que façam o aluno a construir seu conhecimento de modo ativo. Muitas vezes, não somos capazes de nos colocarmos na posição do aluno, pelo contrário, consideramos que o aluno deve ver o conhecimento com os nossos olhos. E, ao apresentarmos imagens de geometria molecular, consideramos que os alunos já

estejam familiarizados com esse tipo de imagem, sendo que, na realidade, muitos deles estão tendo o seu primeiro contato com elas. Por isso, faz-se necessário que o professor fique atento ao seu contexto escolar para então elaborar essa proposta de ensino. Além disso, concluímos que o professor deve ficar atento aos detalhes que cada imagem possui e que a explique detalhadamente com o intuito de orientar os alunos a realizar uma interpretação correta de seus significados.

Finalmente, gostaríamos de dizer que esse trabalho não possui a pretensão de pesquisar todos os aspectos sobre o uso de imagens no ensino de geometria molecular, pelo contrário, abordamos somente um deles, que foi o enfoque de imagens no ensino de Ciências, em um processo de ensino-aprendizagem. A partir dele, podem surgir outras possibilidades de pesquisa sobre esse assunto.

Também gostaríamos de esclarecer que não estamos propondo a solução para todos os problemas sobre o ensino de geometria molecular, pelo contrário, realizamos um primeiro diagnóstico sobre o estudo de imagens utilizadas no ensino de geometria molecular. Também não estamos propondo uma “receita” para o desenvolvimento desse conteúdo. A proposta que elaboramos teve como pontos básicos os conceitos teóricos e a aplicação de uma proposta, em um determinado contexto escolar. Esses fatores direcionaram a elaboração desta proposta. Cabe ao professor, caso queira utilizá-la, selecionar aspectos que possam ajudar na elaboração de sua proposta, de acordo com o seu contexto escolar.

Para finalizar, gostaríamos de partilhar uma reflexão que resume toda essa pesquisa: dizem que uma imagem equivale a mil palavras. Se isso for verdade, então perguntamos: será que somos capazes de saber que palavras são essas?

Reformulando essa reflexão, propomos: Será que somos capazes de saber quais as palavras são as utilizadas nas imagens utilizadas no ensino de química?

## REFERÊNCIAS

AMADOR F; CARNEIRO, M. H. S. **O Papel das Imagens nos Manuais Escolares de Ciências Naturais no Ensino Básico: Uma Análise do Conceito de Evolução.** *Revista de Educação*, São Paulo, v. viii, Nº. 02, p. 119-129, 1999.

BARROS, M. M. V. **O Papel da Imagem no Ensino e Aprendizagem do Processo de Divisão Celular.** 2005. 182 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2005.

BARROS, M.M.V; Carneiro, M. H. S. Os Conhecimentos que os Alunos Utilizam para ler as Imagens de Mitose e de Meiose e as Dificuldades Apresentadas. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, V, 2005, Bauru. **CD-ROM.** SP, São Paulo: ABRAPEC, 2005.

BRASIL. Secretaria de Educação, Fundação Educacional do Distrito Federal, Departamento de Pedagogia. **Currículo da Educação Básica das Escolas Públicas do Distrito Federal – Ensino Médio: Versão Experimental**, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília – MEC; SEMTEC.

**Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio – Ciências da Natureza,**

**Matemática e suas Tecnologias: Orientações Educacionais Complementares aos**

Parâmetros Curriculares Nacionais, Brasília, DF, 2002.

BOULTER, C. J; BUCKLEY, B. C. Constructing a Typology of Models for Science Education. In: GILBERT, J.K; BOULTER, C. **Developing Models in Science Education.** First Edition. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. P. 41-57.

CALADO, I. **A Utilização Educativa das Imagens.** 1ª Edição. Porto Alegre, RS: Porto Editora, 1994.

CARNEIRO, M. H. S. As Imagens no Livro Didático. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, I, 27-29 de Novembro de 1997, Águas de Lindóia, SP. **Atas...** São Paulo: ABRAPEC, 1997. p. 366-373.

CASSIANO, W. S. **Análise de Imagens em Livros Didáticos de Física**. 2000. 126 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2002.

COTTON, F. A; WILKINSON, G. **Química Inorgânica**. Tradução: Horácio Macedo. 1ª Edição. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1978. 601p.

DIB, S.M.F. **Análise de Imagens em Livros Didáticos de Química: Um Caminho para a comunicação de Conceitos Científicos**. 2004. 149 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação - Universidade Católica de Brasília, DF, 2004.

DIB, S.M.F; MENDES, J.R.S; CARNEIRO, M.H.S. **Texto e Imagens no Ensino de Biologia**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, IV, 25-29 de Novembro de 2003, Bauru, SP. **CD-ROM**, São Paulo: ABRAPEC, 1997.

ESCRIBANO D. D; SAHELICES, C. C. **Imágenes Externas de Gen y Cromossama em Materiales Instruccionales para La Ensenanza de La Biologia en El Sistema Educativo Venezolano**. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, São Paulo, v. 01, nº 01, p. 74-86, 2004.

FREITAS, D.S; BRUZZO, C. **As Imagens nos Livros Didáticos de Biologia**. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, II, 01 a 04 de Setembro de 1999, Valinhos, SP. **CD-ROM**, São Paulo: ABRAPEC, 1999.

GILBERT, J. K; BOULTER, C; RUTHERFORD, M. Explanations with Models in Science Education. In: GILBERT, J.K; BOULTER, C. **Developing Models in Science Education**. First Edition. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. P. 193-208.

GILBERT, J.K; BOULTER, C; ELMER, R. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In: GILBERT, J.K; BOULTER, C. **Developing Models in Science Education**. First Edition. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. P. 03-17.

GILBERT, J.K, et al. Science and Education: Notions of Reality, Theory and Model. In: GILBERT, J.K; BOULTER, C. **Developing Models in Science Education**. First Edition. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. P. 19-40.

JIMÉNEZ, J. D; PERALES, F. J. Las Ilustraciones en La Enseñanza-Aprendizaje de Las Ciencias. Análisis de Libros de Texto. **Enseñanza de Las Ciencias**. Granada, 20, v. 3, p. 369-384. 2002.

JIMÉNEZ, J.D; PRIETO, R.H.; PERALES, F. J. Análises de Los Modelos Y Los Grafismos Utilizados En Los Livros de Texto. **Didáctica de Las Ciencias Experimentares**, Alambique, N. 11, p. 75-85, Enero, 1997.

JOLY, M. **Introdução à Análise da Imagem**. Campinas: Papirus, 2003.

JOTTA, L. A. C. V; CARNEIRO, M. H. S. As imagens de Embriologia Animal: uma Análise em Livros Didáticos de Biologia. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências,V, 2005, Bauru. **CD-ROM**. SP, São Paulo: ABRAPEC, 2005.

KRESS, G; VAN LEEUWENT, T. **Reading Imagens: The Grammar of Visual Design**. London: Routledge, 1996. 288 p.

LEE, J. D. **Química Inorgânica não tão Concisa**. Tradução: Henrique E. Toma, Koiti Araki e Reginaldo C. Rocha. São Paulo: Editora Edgard Bucker Ltda.,1999. 527 p.

MARTINS, I. O Papel das Representações e o Ensino de Ciências na Escola Secundária Brasileira no Século XIX. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, I, 27-29 de Novembro de 1997, Águas de Lindóia, SP. **Atas...** São Paulo: ABRAPEC, 1997. p. 294-299.

MARTINS, I. et al. Uma análise das Imagens nos Livros Didáticos de Ciências para o Ensino Fundamental. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, IV, 25-29 de Novembro de 2003, Bauru, SP. **CD-ROM**, São Paulo: ABRAPEC, 1997.

MEDEIROS A; MEDEIROS C. Questões Epistemológicas nas Iconicidades de Representações Visuais em Livros Didáticos de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências** Editora USP, 2001.

MONTEIRO, J. A, et al. A Estética-Expressiva da Biologia: “Ensinando Aprendendo” a Olhar/Ver a Célula Eucariótica. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, V, 2005, Bauru. **CD-ROM**. SP, São Paulo: ABRAPEC, 2005.

MORRISON R; BOYD, R. **Química Orgânica**. Tradução: M. Alves da Silva. 10ª ed. Lisboa, Portugal: Fundação Calouste Gulberkian. 1993. 1639 p.

OSTERMANN, F. A Epistemologia de Khun. **Caderno Cat. Ensino de Física**, RS, v. 3, nº 03. Páginas 184-196, dezembro. 1993.

PERALES, F. J; JIMÉNEZ, J. D. Las Ilustraciones em La Enseñanza-Aprendizaje de Las Ciências. Análisis de libros de texto. Enseñanza de Las Ciências, v. 20, nº 03, p. 369-386, 2002.

RICHAUDEAU, F. **Concepción Y Producción de Manuales Escolares**: Guia Práctica. Mexico, Editorial De La Unesco, Secretaria Ejecutiva Del Convenio “Andrés Bello” (Secab)/ Centro Regional Para El Formento Del Livro Em América Latina Y El Caribe (Cerlal)/ Organización De Las Naciones Unidas Para La Evolucion, La Ciência Y La Cultura (Unesco – Orealc), 1981.

ROCHA, W.R. Interações Intermoleculares. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, nº 4. Páginas 31-36, Maio, 2001.

SANTOS, H. F. O Conceito de Modelagem Molecular. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, São Paulo, nº 4. Páginas 04-05, Maio, 2001.

SEBATA, C.E; SANTOS, W. L. P; CARNEIRO, M.H.S. As imagens em Textos Didáticos de Temas Sociais em um Livro Didático de Química: Análise de seu Papel Pedagógico. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, V, 2005, Bauru. **CD-ROM**. SP, São Paulo: ABRAPEC, 2005.

SILVA, H.C; ALMEIDA, M. J. Contribuições da Análise de Discurso para a Compreensão do Funcionamento de Imagens em Aulas de Física. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, III, 2001, Atibaia, SP. **CD-ROM**. SP, São Paulo: ABRAPEC, 2001.

TRAJANO, V. et al. Avaliação de Impressos sobre Doenças Parasitárias por Estudantes de Diversos Níveis de Ensino. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, V, 2005, Bauru. **CD-ROM**. SP, São Paulo: ABRAPEC, 2005.

VERGARIA, D. A; BUCHWEITZ, B. O uso de um vídeo no Estudo do Fenômeno de Refração da Luz. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Editora USP – SP, 2001.

VOET, D; VOET, J.G; PRATT, C. W. Fundamentos de Bioquímica. Tradução: Arthur Germano Fett Neto et al. Porto Alegre, RS, Editora Artes Médicas Sul Ltda, 2000. p. 22-38.

## **APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO SOCIOECONÔMICO**

Série: \_\_\_\_\_ Turno: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/2005

**Questionário socioeconômico**

Série/Turno

Idade/Sexo: M ( ) F ( )

Trabalha: ( ) sim (Atividade exercida) ( ) não

Quantidade de horas de trabalho diário: ( ) 4 h ( ) 6 h ( ) 8 h  
( ) mais de 8 h

Quantidade de horas de estudo regular fora da escola:

( ) 1 h ( ) 2 h ( ) 3 h ( ) mais de 3 h ( ) não estuda

Atividade(s) de lazer:

( ) TV ( ) Games ( ) Internet ( ) Leitura ( ) Esporte ( ) Música ( )

Outros

Mora perto da escola? ( ) sim ( ) não

Se não, por que razão escolheu estudar nessa escola?

**Vida escolar**

Cursou o ensino fundamental em escola: ( ) pública ( ) particular

Tempo que levou para cursar o Fundamental:

( ) 8 anos ( ) mais de 8 anos ( ) outro \_\_\_\_\_

Ano que ingressou no nível médio: \_\_\_\_\_

O que pretende fazer quando terminar o ensino médio:

( ) concurso ( ) curso superior ( ) trabalhar ( ) curso técnico profissionalizante

( ) outro

Faz algum curso além do ensino médio:

( ) língua estrangeira ( ) informática ( ) outro(s) \_\_\_\_\_

**Situação familiar**

Dados sobre o pai

Nível de instrução:

( ) fundamental incompleto

( ) fundamental completo

privada

( ) médio incompleto

( ) médio completo

( ) superior incompleto

( ) superior completo

( ) pós-graduação

Dados sobre a mãe

Nível de instrução:

( ) fundamental incompleto

( ) fundamental completo

( ) médio incompleto

( ) médio completo

( ) superior incompleto

Ocupação:

( ) funcionário público

( ) funcionário de empresa

( ) comerciante

( ) autônomo

( ) aposentado

( ) desempregado

( ) outros

Ocupação:

( ) funcionária público

( ) funcionária de empresa privada

( ) comerciante

( ) autônomo

( ) aposentada

- superior completo  desempregada  
 pós-graduação  outros  
Reside com:  
 os pais  o pai  a mãe  irmão(s)  tios   
esposo(a)  
 outros

- Renda familiar:  
 inferior a 400 reais  
 400 a 800 reais  
 800 a 1200 reais  
 1200 a 2000 reais  
 2000 a 3000 reais  
 acima de 3000 reais

Possui computador em casa?  sim  não

Tem acesso a Internet?  sim  não

Lê regularmente

- jornal  revista de informação (Isto é, Veja, Época...)  
 Revista de informação científica (Super Interessante, Galileu, Ciência Hoje...)  
 Livros de Literatura  outros. Especifique \_\_\_\_\_  
 não leio

Freqüência com que vai à Biblioteca

- semanalmente  quinzenalmente  mensalmente  semestralmente  
 não vou à biblioteca

Livro didático para estudar Química

- tenho em casa  utilizo o da Biblioteca  não tenho acesso a livro  
 meu professor elabora uma apostila

Apoio para estudar Química

- pessoas da família que já estudaram me ajudam  
 tenho amigos que me ajudam  
 tem professor na escola para aula de apoio  
 não tenho nenhuma ajuda.

Que atividade da disciplina Química você vivenciou que mais o/a agradou?

## **APÊNDICE 2 – PRÉ-TESTE E TESTE**

Série: \_\_\_\_\_ Turno: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / 2005

Responda as questões:

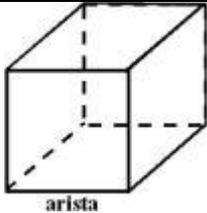
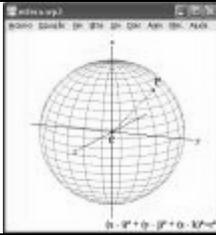
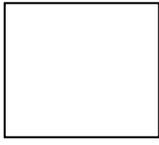
01) Em que ano você estudou Geometria?

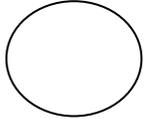
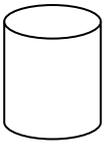
--

02) Se você se lembra, em que série escolar você estudou Geometria?

- (a) 5ª série do ensino fundamental
- (b) 6ª série do ensino fundamental
- (c) 7ª série do ensino fundamental
- (d) 8ª série do ensino fundamental
- (e) 1º ano do ensino médio
- (f) 2º ano do ensino médio
- (g) não sei

03) Qual o nome das figuras abaixo:

 arista			

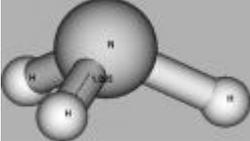
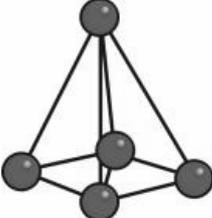
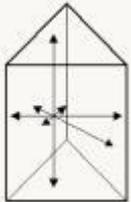
			

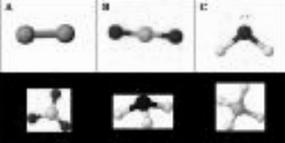
04) Desenhe um copo e depois identifique as figuras geométricas que ele possui:

05) Desenhe um poste de luz e depois identifique as figuras geométricas que ela possui:

06) Desenhe uma sala de aula e identifique as figuras geométricas que ela possui

07) Identifique a geometria molecular dos seguintes compostos

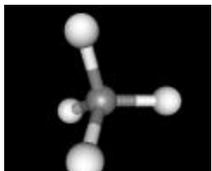
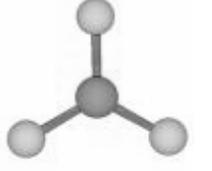
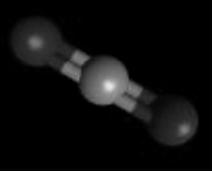
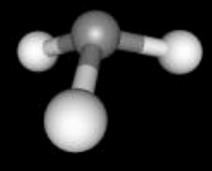
		

## **APÊNDICE 3 – PÓS-TESTE**

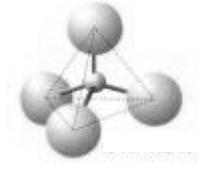
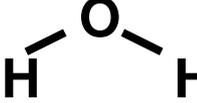
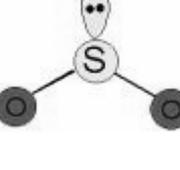
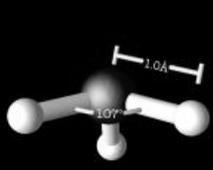
Série: \_\_\_\_\_ Turno: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / 2005

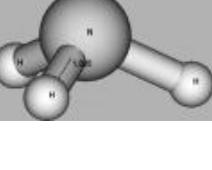
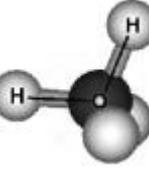
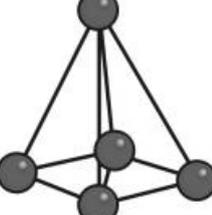
01) Dê o nome da geometria molecular de cada composto abaixo:

02) Dê o nome da geometria molecular de cada composto abaixo:

	$O = C = O$			

03) Dê o nome da geometria molecular de cada substância abaixo:

				$O = O$

**APÊNDICE 4 – APRESENTAÇÃO POWER POINT  
DA AULA 3**

Microsoft PowerPoint [apresentação aula 3]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Apresentação Janela Ajuda

Times New Roman 24 N Z S

70%

INSTITUIÇÃO DE ENSINO

2º Ano do Ensino Médio  
Noturno

GEOMETRIA MOLECULAR

Prof. Claudio

Desenhar Autofornas

Slide 1 de 15 Diagonal em azul Português (Brasil)

Microsoft PowerPoint [apresentação aula 3]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Apresentação Janela Ajuda

Times New Roman 24 N Z S

70%

Imprimir (Microsoft Office Document Image Writer)

Tópicos

- Ligação Covalente
  - Ligação Sigma
  - Ligação pi
- Teoria da Repulsão de Pares Eletrônicos
- Geometria molecular
- Interações moleculares e Interações de van der Waals

Desenhar Autofornas

Slide 2 de 15 Diagonal em azul Português (Brasil)

Microsoft PowerPoint [apresentação aula 3]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Apresentação Janela Ajuda

Times New Roman 24 N Z S

70%

Ligações sigma e pi  
São Ligações Covalentes

- Ligação sigma: ligação de elétrons de forma frontal;
- Ligação pi: ligação de elétrons de forma perpendicular;

Ligação sigma

Ligação pi

Desenhar Autofornas

Slide 3 de 15 Diagonal em azul Português (Brasil)

Microsoft PowerPoint [apresentação aula 3]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Apresentação Janela Ajuda

Times New Roman 24 N Z S

70%

NO<sub>2</sub>

Desenhar Autofornas

Slide 4 de 15 Diagonal em azul Português (Brasil)

Microsoft PowerPoint [apresentação aula 3]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Apresentação Janela Ajuda

Times New Roman 24 N Z S

70%

CO<sub>2</sub>

J.C. Kotz and K.F. Purcell, Chemistry and Chemical Reactivity, 2nd Edition, Saunders, Chicago, 1987

Desenhar Autofornas

Slide 5 de 15 Diagonal em azul Português (Brasil)

Microsoft PowerPoint [apresentação aula 3]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Ferramentas Apresentação Janela Ajuda

Times New Roman 24 N Z S

70%

Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência

- Os conceitos originais consideram como pontos fundamentais:
  - Compartilhamento de elétrons desemparelhados
  - Ligação covalente essencialmente localizada
  - Superposição de orbitais atômicos de um mesmo átomo
- Duas condições são necessárias para a formação de uma ligação e explicação da geometria:
  - 1) Formação de um estado de valência
  - 2) Hibridização de orbitais

Desenhar Autofornas

Slide 6 de 15 Diagonal em azul Português (Brasil)

### Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência

- Regras de Gillespie (1960);
- Moléculas formadas por **dois átomos**:
  - geometria linear;
- Moléculas formadas por **três átomos**:
  - geometria linear** - o átomo central **NÃO POSSUIR** par de elétrons emparelhados livres;
  - geometria angular** - o átomo central **POSSUIR** par de elétrons emparelhados livres;

### GEOMETRIAS MOLECULARES DE ESPÉCIES COM HIBRIDIZAÇÃO sp NO ÁTOMO CENTRAL.

Pares isolados	Geometria	Molecular	Exemplos
0		Linear	CO <sub>2</sub> , HCN
1		Linear	CO

### GEOMETRIAS MOLECULARES DE ESPÉCIES COM HIBRIDIZAÇÃO sp<sup>2</sup> NO ÁTOMO CENTRAL.

Pares isolados	Geometria	Molecular	Exemplos
0		Trigonal plana	NO <sub>2</sub> <sup>+</sup> , SO <sub>2</sub>
1		Angular	SO <sub>2</sub> , BF <sub>2</sub>
2		Linear	SO, NO

### Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência

- Moléculas formadas por **quatro átomos**:
  - a geometria será **trigonal plana** se o átomo **NÃO POSSUIR** par de elétrons emparelhados livres;
  - a geometria será **pirâmide trigonal** se o átomo **POSSUIR** par de elétrons emparelhados livres;
- Moléculas formadas por **cinco átomos**:
  - a geometria será tetraédrica e seu ângulo será de 109° 28'.

J.C. Kotz and R.F. Purcell, Chemistry and Chemical Reactivity, 3rd Edition, Saunders, Chicago, 1997

### GEOMETRIAS MOLECULARES DE ESPÉCIES COM HIBRIDIZAÇÃO sp<sup>3</sup> NO ÁTOMO CENTRAL.

Pares isolados	Geometria	Molecular	Exemplos
0		Tetraedro	CH <sub>4</sub> , CCl <sub>4</sub> , O <sub>4</sub>
1		Pirâmide Trigonal	NH <sub>3</sub> , SOCl <sub>2</sub>
2		Angular	H <sub>2</sub> O, SOCl <sup>-</sup>
3		Linear	HCl, HCl <sup>-</sup>

**Figure 3-5** The formation of four equivalent sp<sup>3</sup> hybrid orbitals. A tetrahedron is defined by the four alternate corners of a cube to which the four hybrid orbitals are directed.

### GEOMETRIAS MOLECULARES DE ESPÉCIES COM HIBRIDIZAÇÃO sp<sup>3d</sup> NO ÁTOMO CENTRAL.

Pares isolados	Geometria	Molecular	Exemplos
0		Bipirâmide trigonal	PCl <sub>5</sub> , SF <sub>6</sub>
1		Garçorra	SF <sub>4</sub>
2		Forma T	SF <sub>2</sub>
3		Linear	IBr <sub>2</sub> <sup>+</sup> , XeF <sub>2</sub>

Microsoft PowerPoint [apresentação aula 3]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Apresentação Janela Ajuda

70% Times New Roman 24

Diálogo uma apresentação

GEOMETRIAS MOLECULARES DE ESPÉCIES COM HIBRIDIZAÇÃO  $sp^3d^2$  NO ÁTOMO CENTRAL.

Paras isolados	Geometria	Molecular	Exemplos
0		Octaedro	$SF_6$
1		Pirâmide quadrada	$SF_5$
2		Quadrado	$SF_4^{2-}$

13

Desenvolver AutoFormas Diagonal em azul Português (Brasil)

Microsoft PowerPoint [apresentação aula 3]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Apresentação Janela Ajuda

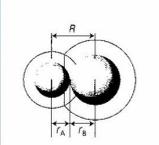
70% Times New Roman 24

Diálogo uma apresentação

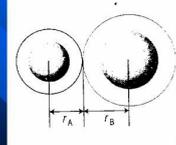
**INTERAÇÕES COVALENTES E DE VAN DER WAALS**

**Raio covalente:** proximidade entre átomos ligados

**Raio de van der Waals:** proximidade de átomos não ligados em moléculas vizinhas



10 Raio covalente



11 Raio de van der Waals

14

Desenvolver AutoFormas Diagonal em azul Português (Brasil)

Microsoft PowerPoint [apresentação aula 3]

Arquivo Editar Exibir Inserir Formatar Apresentação Janela Ajuda

70% Times New Roman 24

Diálogo uma apresentação

**Referências Bibliográficas**

- REIS, M. Química Integral. Volume Único. São Paulo: FTD, 1993.
- PERUZZO, T & CANTO E. Química. Volume Único. Coleção Base. 1ª Edição. São Paulo: Moderna, 1999.

J. C. Kotz and E. F. Purcell, Chemistry and Chemical Physics, 3rd Edition, Saunders, Chicago, 1987.

15

Desenvolver AutoFormas Diagonal em azul Português (Brasil)

**APÊNDICE 5 – APOSTILA DISTRIBUÍDA PARA OS ALUNOS  
NA AULA 3**

Instituição de Ensino  
2º Ano do Ensino Médio  
Noturno

## GEOMETRIA MOLECULAR

Prof. Claudio

1

---

---

---

---

---

---

---

---

### Tópicos

- Ligação Covalente
  - Ligação Sigma
  - Ligação pi
- Teoria da Repulsão de Pares Eletrônicos
- Geometria molecular
- Interações moleculares e Interações de van der Waals

2

---

---

---

---

---

---

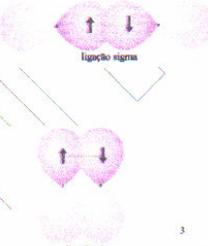
---

---

### Ligações sigma e pi

São Ligações Covalentes

- Ligação sigma: ligação de elétrons de forma frontal;
- Ligação pi: ligação de elétrons de forma perpendicular;



3

---

---

---

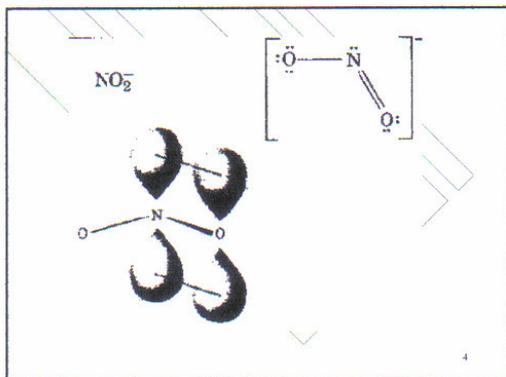
---

---

---

---

---




---

---

---

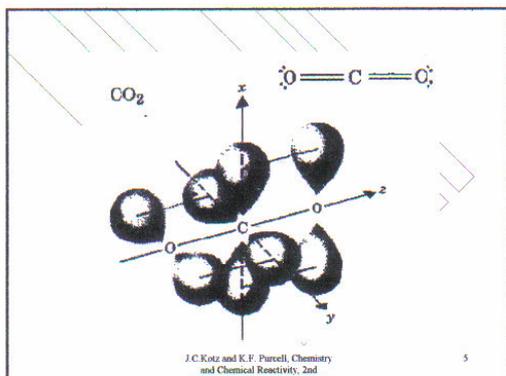
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

**Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência**

- Os conceitos originais consideram como pontos fundamentais:
  - **Compartilhamento** de elétrons desemparelhados
  - **Ligação covalente** essencialmente localizada
  - Superposição de orbitais atômicos de um mesmo átomo
- Duas condições são necessárias para a formação de uma ligação e explicação da geometria:
  - 1) Formação de um **estado de valência**
  - 2) **Hibridização** de orbitais

6

---

---

---

---

---

---

---

---

### Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência

- Regras de Gillespie (1960);
- Moléculas formadas por **dois átomos**:
  - geometria linear;
- Moléculas formadas por **três átomos**:
  - **geometria linear** - o átomo central **NÃO POSSUIR** par de elétrons emparelhados livres;
  - geometria angular - o átomo central **POSSUIR** par de elétrons emparelhados livres;

---

---

---

---

---

---

---

---

GEOMETRIAS MOLECULARES DE ESPÉCIES COM HIBRIDIZAÇÃO  $sp$  NO ÁTOMO CENTRAL.

Pares Isolados	Geometria	Molecular	Exemplos
0		Linear	$CO_2$ , HCN
1		Linear	CO

GEOMETRIAS MOLECULARES DE ESPÉCIES COM HIBRIDIZAÇÃO  $sp^2$  NO ÁTOMO CENTRAL.

Pares Isolados	Geometria	Molecular	Exemplos
0		Trigonal planar	$NO_2$ , $SO_2$
1		Angular	$SO_2$ , $BF_2$
2		Linear	SO, NO

---

---

---

---

---

---

---

---

### Teoria da Repulsão dos Pares Eletrônicos da Camada de Valência

- Moléculas formadas por **quatro átomos**:
  - a geometria será **trigonal plana** se o átomo **NÃO POSSUIR** par de elétrons emparelhados livres;
  - a geometria será **pirâmide trigonal** se o átomo **POSSUIR** par de elétrons emparelhados livres;
- Moléculas formadas por **cinco átomos**:
  - a geometria será tetraédrica e seu ângulo será de  $109^\circ 28'$ ;

---

---

---

---

---

---

---

---

**GEOMETRIAS MOLECULARES DE ESPÉCIES COM HIBRIDIZAÇÃO  $sp^3$  NO ÁTOMO CENTRAL**

Pares isolados	Geometria	Molecular	Exemplos
0		Tetraedro	$CH_4$ $CCl_4$ $O_3$
1		Pirâmide Trigonal	$NH_3$ $SOCl_2$
2		Angular	$H_2O$ $SOCl_2^-$
3		Linear	$HCN$ $PCl_2$

10

---

---

---

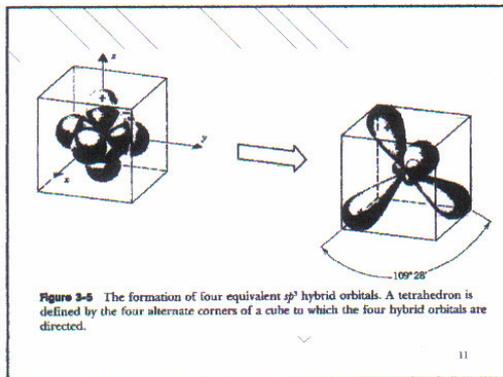
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

**GEOMETRIAS MOLECULARES DE ESPÉCIES COM HIBRIDIZAÇÃO  $sp^d$  NO ÁTOMO CENTRAL**

Pares isolados	Geometria	Molecular	Exemplos
0		Bipirâmide trigonal	$PCl_5$ $SF_6$
1		Quadrangular	$SF_6$
2		Forma T	$SF_5^-$
3		Linear	$IBr_2^-$ $XeF_2$

12

---

---

---

---

---

---

---

---

**GEOMETRIAS MOLECULARES DE ESPÉCIES  
COM HIBRIDIZAÇÃO  $sp^3d$  NO ÁTOMO CENTRAL.**

Pares isolados	Geometria	Molecular	Exemplos
0		Octaedro	$SF_6$
1		Pirâmide quadrada	$SF_5$
2		Quadrado	$SF_4^{2-}$

13

---

---

---

---

---

---

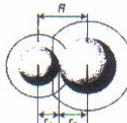
---

---

**INTERAÇÕES COVALENTES E DE  
VAN DER WAALS**

**Raio covalente:** proximidade entre átomos ligados

**Raio de van der Waals:** proximidade de átomos não ligados em moléculas vizinhas



10 Raio covalente



11 Raio de van der Waals

14

---

---

---

---

---

---

---

---

**Referências Bibliográficas**

- REIS, M. Química Integral. Volume Único. São Paulo: FTD, 1993.
- PERUZZO, T & CANTO E. Química. Volume Único. Coleção Base. 1ª Edição. São Paulo: Moderna, 1999.

J.C.Katz and K.F. Purcell, Chemistry and Chemical Reactivity, 2nd Edition, Prentice-Hall, 1993

15

---

---

---

---

---

---

---

---



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)