



**Serviço Público Federal**

**Ministério da Educação**

**Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul**

Centro de Ciências Exatas e Tecnologia

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências

Mestrado em Ensino de Ciências



**ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR, PARA ALUNOS COM E SEM  
DEFICIÊNCIA VISUAL, POR MEIO DE MODELO ATÔMICO ALTERNATIVO**

**JUCILENE GORDIN BERTALLI**

CAMPO GRANDE – MS

2010

ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR, PARA ALUNOS COM E SEM  
DEFICIÊNCIA VISUAL, POR MEIO DE MODELO ATÔMICO ALTERNATIVO  
JUCILENE GORDIN BERTALLI

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como requisito final para a conclusão do curso de Mestrado em Ensino de Ciências, sob a orientação do Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira.

Campo Grande – MS

2010

“Sonhar não é construir um mundo para os diferentes, e sim construir um mundo em que cada um possa viver suas diferenças.”

Moacir Alves Carneiro

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me dar forças para seguir a caminhada.

A minha família e ao meu esposo por me apoiarem em todas as decisões.

## RESUMO

A inclusão de alunos com necessidades especiais em salas de aulas comuns está acontecendo, em geral, com pouco aprendizado para esses alunos. No caso de alunos cegos, além da ausência de professores capacitados, a falta de materiais adaptados é um dos grandes responsáveis por esse problema, particularmente quando se trata de Ensino de Química. Considerando que os conhecimentos adquiridos pelos alunos cegos ou de baixa visão devem ser idênticos e com o mesmo grau de exigência dos alunos normovisuais e tendo como referencial a teoria de Vigotsky, desenvolvemos materiais instrucionais e sequências didáticas que possam contribuir para a aprendizagem de conceitos relacionados ao conteúdo de geometria molecular e isomeria geométrica, no atual contexto de inclusão. A pesquisa foi do tipo qualitativa, envolveu alunos normovisuais do terceiro ano do ensino médio e alunos com deficiência visual (baixa visão, cegos com e sem memória visual). Os materiais e sequências didáticas mostraram-se eficientes na aprendizagem dos conceitos em questão.

## **ABSTRACT**

The inclusion of students with special needs in ordinary classrooms is happening, in general, with little learning for these students. For blind students, besides the lack of trained teachers, lack of suitable materials is greatly responsible for this problem, particularly in teaching Chemistry. Considering that the knowledge acquired by blind students should be identical and the same level of the sighted students, and Vigotsky theory as support, instructional materials and didactic sequences that could contribute to learning concepts related to molecular structure, in the current context of inclusion, was developed. The research was qualitative and involved sighted students of the thirtieth year of the high school and students with visual impairments. The materials and the didactic sequences proposed have shown efficient to promote learning of these concepts.

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO-----	11
2 – DEFICIÊNCIA VISUAL E ENSINO-----	13
3 – ENSINO DE QUÍMICA E DEFICIÊNCIA VISUAL-----	20
4 – A IMPORTÂNCIA DOS CONCEITOS DE GEOMETRIA MOLECULAR NO ENSINO DE QUÍMICA-----	27
5 – REFERENCIAL TEÓRICO-----	28
6 – METODOLOGIA-----	30
7 – RESULTADOS E DISCUSSÕES-----	32
8 – CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS-----	52
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	53
10 – ANEXOS-----	55
11 – APÊNDICES-----	57

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Cella Braille e numeração dos pontos-----	16
FIGURA 2: Reglete de metal-----	17
FIGURA 3: Punção em madeira-----	17
FIGURA 4: Prancha-----	18
FIGURA 5: Máquina de escrever Braille-----	18
FIGURA 6: Sorobã-----	19
FIGURA 7: Tabela Periódica-----	22
FIGURA 8: Modelo atômico I-----	23
FIGURA 9: Modelo atômico II-----	23
FIGURA 10: Modelo atômico III-----	24
FIGURA 11: Diagrama de Pauling-----	24
FIGURA 12: Matriz da tabela periódica-----	25
FIGURA 13: Matriz Diagrama de Pauling-----	25
FIGURA 14: Fórmula estrutural do metano em Braille alternativo-----	33
FIGURA 15: Fórmula estrutural da amônia em Braille alternativo-----	33
FIGURA 16: Representação das posições de alguns furos necessários à obtenção de formas tetraédricas, triangular e linear-----	34
FIGURA 17: Palitos de chocolate cortados nos tamanhos relativos às simples, duplas e triplas ligações-----	35
FIGURA 18: Modelos representando ligações simples, duplas e triplas-----	35
FIGURA 19: Modelo da molécula de pentano-----	35
FIGURA 20: Modelo da molécula de 2-metilbutano-----	36
FIGURA 21: Modelo da molécula de 2,2-dimetilpropano-----	36
FIGURA 22: Modelo da molécula de ciclopropano-----	36
FIGURA 23: Modelo da molécula de ciclo butano-----	



FIGURA 24: Modelo da molécula de ciclopentano-----	37
FIGURA 25: Modelo da molécula de ciclohexano-----	37
FIGURA 26: Molécula do pentano feita por alunos normovisuais-----	39
FIGURA 27: Molécula do 2-metilbutano feita por alunos normovisuais-----	39
FIGURA 28: Molécula do 2,2-dimetilpropano feita por alunos normovisuais----	40
FIGURA 29: Fórmulas estruturais do metano, amônia e água feitas pelo aluno com baixa visão-----	43
FIGURA 30: Fórmulas estruturais do metano, amônia e água feitas pelo aluno cego com memória visual A-----	46
FIGURA 31: Fórmulas estruturais do metano, amônia e água feitas pelo aluno cego com memória visual B-----	49
FIGURA 32: Fórmulas estruturais do metano, amônia e água feitas pela aluna cega de nascimento-----	51
FIGURA 33: Fórmula do metano escrita em máquina de escrever em Braille--	62
FIGURA 34: Fórmula estrutural do etanol-----	65
FIGURA 35: Fórmula estrutural do éter dimetílico-----	65

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

ADVs – ALUNOS DEFICIENTES VISUAIS

CAP/DV-MS – CENTRO DE APOIO PEDAGÓGICO AO DEFICIENTE VISUAL DE MATO GROSSO DO SUL.

ENEQ – ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA.

IBC – INSTITUTO BENJAMIM CONSTANT.

ISMAL – INSTITUTO SUL MATOGROSSENSE PARA CEGOS “FLORIVALDO VARGAS”.

RASBQ – REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA.

SED/MS – SECRETARIA DO ESTADO DE EDUCAÇÃO DE MATO GROSSO DO SUL.

MEC – MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO ESPORTO.

LDB – LEI DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO NACIONAL

## 1 – INTRODUÇÃO

Neste capítulo faremos uma breve apresentação da estrutura desta dissertação e apresentaremos a questão de pesquisa que guiou o presente trabalho.

No capítulo 2, definiremos deficiência visual desde a baixa visão até a cegueira. Serão apresentadas algumas instituições importantes, no Brasil e no Mato Grosso do Sul, para o ensino de alunos deficientes visuais (ADVs) assim como os recursos existentes para auxiliar a aprendizagem desses alunos.

No capítulo 3 será discutido o ensino de química para deficientes visuais e apresentado alguns materiais didáticos adaptados como tabela periódica e diagrama de Pauling. Apresentam-se, também, as produções bibliográficas dos últimos 10 anos dos pesquisadores que investigam questões pertinentes ao ensino de química a deficientes visuais publicadas no Brasil.

No capítulo 4 destaca-se a importância do ensino de geometria molecular e as particularidades desse ensino tanto para normovisuais como para deficientes visuais. Particularmente, salienta-se a necessidade de adaptação de modelos, tipo “pau e bola”, que contribuam com a mediação aluno-professor a fim de facilitar o entendimento do conteúdo pelos alunos.

Em vista dessas discussões, tivemos como objetivo deste trabalho, desenvolver e avaliar seqüências didáticas e materiais alternativos de baixo custo, relacionados com o modelo tipo “pau e bola”, que permitam a aprendizagem do conteúdo de geometria molecular tanto para alunos normovisuais como para alunos deficientes visuais.

Assim, a nossa questão de pesquisa foi: ***qual a contribuição que os materiais didáticos alternativos e as estratégias didáticas propostas tiveram na aprendizagem de conceitos relacionados com estrutura molecular por alunos com e sem deficiência visual?***

No capítulo 5 será apresentada a teoria de Vigotski, referencial escolhido para essa pesquisa por ser um modelo que valoriza a inclusão de deficientes visuais no ensino regular e na sociedade. Neste momento cabe destacar a concepção do autor sobre a cegueira, que, nos seres humanos, deixa de ser considerado um fenômeno exclusivamente biológico e passa a ser considerado um fenômeno social (“*el ojo y el oído del animal son órganos físicos y el ojo y el oído del hombre son órganos sociales*”)

No capítulo 6 apresenta-se a metodologia qualitativa utilizada na busca da resposta à questão de investigação e, no capítulo 7, apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos.

No capítulo 8 apresentam-se as conclusões deste trabalho e as perspectivas de trabalhos futuros.

No apêndice descreve, detalhadamente, o desenvolvimento do modelo atômico tipo pau e bola alternativo, construído com biscuit, didático.

## 2 – DEFICIÊNCIA VISUAL E ENSINO

O DECRETO no. 3.298, de 20 de dezembro de 1999 publicado no Diário Oficial da União em 21 de dezembro de 1999, é o instrumento legal, no Brasil, que dispõe sobre a Política Nacional para a Integração da Pessoa com Deficiência, além de outras providências. Esse decreto define deficiência visual em seu artigo 4º, inciso III, como:

**“acuidade visual igual ou menor que 20/200 no melhor olho, após a melhor correção, ou campo visual inferior a 20º (tabela de Snellen), ou ocorrência simultânea de ambas as situações”;** (BRASIL, 1999)

Em outros termos, considera-se deficiente visual, a pessoa que enxerga a menos de 20 metros alguma coisa que uma pessoa de visão comum (denominada de normovisual ou vidente) enxerga a 200 metros. Assim, a deficiência visual abrange desde a baixa visão até a cegueira.

A perda total da visão (cegueira) pode ser congênita ou adquirida.

A cegueira é classificada como **congênita** quando a perda de visão ocorre entre o nascimento e aproximadamente cinco anos de idade, fase onde a criança está formando suas estruturas mentais e construindo sua memória visual. Assim, a pessoa que perde a visão nessa fase não conhece cores, imagens, luzes, etc., isto é, não possui memória visual.

A cegueira é classificada como **adquirida** quando a criança nasce com o sentido da visão e o perde após a construção da memória visual. Assim, a pessoa conhece cores, imagens, luzes, etc., pois suas memórias visuais obtidas antes da perda da visão são preservadas ao longo de sua vida.

Desse modo, os processos de ensino-aprendizagem dos alunos com deficiência visual devem levar em conta as características particulares de cada estudante. Para um estudante que apresente de baixa visão, deve-se explorar os resquícios de visão existentes, ou seja, devem-se utilizar recursos de ampliação de letras/imagens para que o aluno possa fazer leituras/análises sem a necessidade de utilizar o Braille. Nos processos de ensino-aprendizagem de alunos cegos devem-se utilizar os outros sentidos, sendo importante o uso da didática multisensorial, isto é, uma didática baseada em materiais que permitam aos alunos tocar, ver, ouvir e cheirar, isto é, que utilize os diversos “sensores” do corpo humano.

Existem diversas instituições que apóiam o ensino de deficientes visuais cuja referência de ensino, no Brasil, é o Instituto Benjamin Constant (IBC). Até 1926, o IBC foi a única instituição especializada em ensino para cegos no Brasil e, até hoje, é referência nacional em termos de escola, capacitação de profissionais cegos e produção de materiais didáticos.

Atualmente, não é só o IBC que oferece apoio ao ensino de deficientes visuais. Em Campo Grande, capital do Estado de Mato Grosso do Sul, existem duas instituições para apoio esses alunos: o Instituto Sul Matogrossense para Cegos “Florivaldo Vargas” (ISMAC) e o Centro de Apoio Pedagógico ao Deficiente Visual do Mato Grosso do Sul (CAP/DV – MS).

O ISMAC é uma sociedade civil sem fins lucrativos, fundado em 04/02/57, com número ilimitado de associados, destinado à Educação, reabilitação e assistência social às pessoas portadoras de deficiências visuais. Surgiu pela iniciativa de Florivaldo Vargas, cego, viajante e cobrador da Associação Linense para Cegos.

O ISMAC tem como finalidade oferecer atendimento especializado nas áreas da Educação e Reabilitação, visando facilitar a integração e emancipação social contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e ampliar serviços de atendimento como campanhas de prevenção à cegueira, cursos, simpósios entre outros eventos.

No ISMAC são desenvolvidos alguns atendimentos como alfabetização em Braille, Orientação e Mobilidade, Informática, Sorobã (operações matemáticas), Educação Física, Música, Serviço Social, Psicologia entre outros.

O CAP/ DV – MS foi criado através da Resolução nº 1386 de 24/08/99, em parceria com a Secretaria do Estado de Educação/MS (SED/MS) e o Ministério da Educação, Cultura e Desporto (MEC).

O objetivo da criação desse centro de apoio foi atender a atual Lei nº 9.394 de 20/12/96 (LDB), art. 59, inciso I, que determina currículo, método, técnicas e recursos educativos para alunos especiais, regulamentando assim condições para a inclusão de portadores de necessidades especiais.

Constitui-se em uma unidade de serviços de apoio pedagógico e suplementação didática ao sistema de ensino, com envolvimento de órgãos governamentais, não-governamentais e com a participação da comunidade do Estado do Mato Grosso do Sul.

A estruturação do CAP/DV – MS compõe-se de quatro núcleos: convivência, tecnologia, apoio pedagógico e produção do livro em Braille, livro falado (gravados em fita K7) e livros do tipo ampliado (letras ampliadas de acordo com a capacidade visual).

O CAP/DV-MS tem como finalidade oferecer aos estudantes deficientes visuais recursos apropriados para o desenvolvimento de suas atividades escolares (com prioridade para os alunos do Ensino Fundamental), produzir materiais didáticos, promover a capacitação de profissionais e demais recursos humanos da comunidade, visando à melhoria e ampliação dos atendimentos entre outras.

A produção dos livros e de materiais adaptados é feita por meio de solicitação do professor que tem aluno deficiente visual. Já foram produzidos, para o ensino de Química, apostilas, diagrama de Pauling e tabela periódica.

De acordo com o do Decreto nº 9.404 de 11/03/99, foram criadas setenta e sete Unidades de Apoio à Inclusão do Portador de Necessidades Especiais – Unidades de Inclusão no MS.

Essas unidades têm como objetivo desenvolver a política de inclusão dos portadores de necessidades especiais no sistema regular de ensino, ficando vinculadas administrativamente às escolas da rede estadual de ensino e, pedagogicamente à Superintendência de Educação, exceto a sediada no Município de Campo Grande. Os trabalhos são realizados em horário compatível com o de funcionamento das unidades escolares da rede estadual de ensino.

## **2.1 – Recursos Existentes para o Auxílio da Aprendizagem de Alunos com Deficiência Visual.**

Para que os alunos com baixa visão sejam incluídos no ensino regular o professor tem que aproveitar ao máximo os seus recursos visuais. Para que isso aconteça, eles necessitam de auxílio de lupas, caderno com linhas aumentadas, textos com letras maiores, etc. Todas essas adaptações vão depender da acuidade visual do aluno. O caderno e os textos ampliados podem ser solicitados ao CAP/DV – MS.

Quanto aos alunos cegos, o desenvolvimento da capacidade de ler e escrever em alfabeto próprio constitui-se, sem dúvida, no fator mais importante para o aprendizado em geral.

O sistema Braille é um alfabeto convencional para a leitura de cegos. Inventado pelo Francês Louis Braille, seus caracteres são representados por pontos em relevo em uma cela Braille numerados de um a seis (figura 1). A partir desses pontos em relevo é possível fazer 63 combinações que podem representar letras simples e acentuadas, pontuações, algarismos, sinais algébricos e notas musicais.

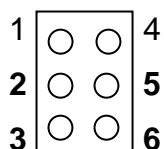


Figura 1: Cela Braille e numeração dos pontos

A escrita Braille é realizada manualmente por meio de uma reglete e um punção. É feita da esquerda para a direita, para que a escrita não fique espelhada, e a leitura da direita para a esquerda.

A reglete (figura 2) é uma régua que pode ser de plástico, metal ou madeira, com linhas horizontais onde são dispostas as celas Braille.

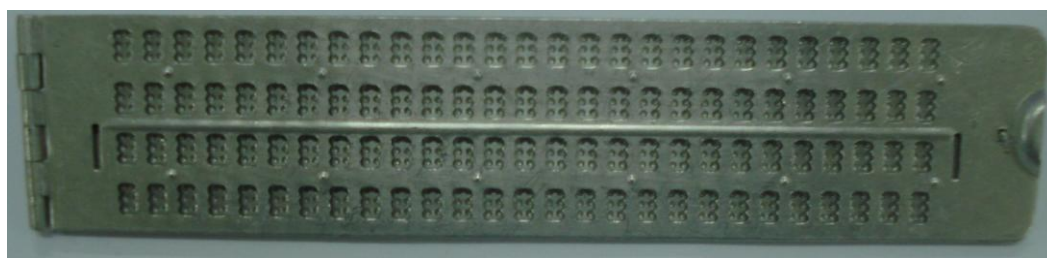


Figura 2: Reglete de metal

O punção (figura 3) é a ferramenta de escrita. Tem o formato de uma pêssego com uma ponta metálica para fazer as perfurações e pode ser de plástico ou madeira.



Figura 3: Punção em madeira

Para a fixação do papel é utilizada uma prancha (figura 4) com base de madeira e uma presilha metálica. Ao lado da presilha tem dois pinos que são para



fazer o alinhamento do papel. Os furos laterais são para a fixação da reglete e os furos centrais são para guardar a reglete.



Figura 4: Prancha

A escrita Braille pode ser realizada, também, por meio de máquina de escrever Braille (figura 5) a qual tem seis teclas que são correspondentes à numeração dos pontos ou produzida por meio de impressoras elétricas e computadorizada.



Figura 5: Máquina de escrever Braille

Para fazer cálculos é utilizado um instrumento chamado sorobã (figura 5). É uma espécie de ábaco que contém borracha compressora, cinco contas inferiores, e uma conta superior.

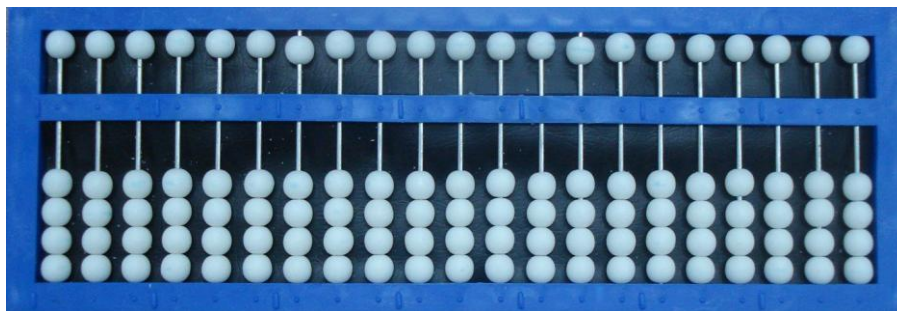


Figura 6: Sorobã

Um dos recursos motivadores para a aprendizagem, que vem ganhando importância com a disseminação dos computadores, são os sintetizadores de voz, como o Dos - Vox.

O Dos - Vox é um software para microcomputadores que se comunica com o usuário através da síntese de voz, viabilizando o uso do computador por deficientes visuais. O sistema interage com o deficiente visual através da conversa em português, favorecendo o seu entendimento com a máquina, permitindo o acesso à leitura e à escrita, impressão em Braille ou tinta, jogos educativos, agendas e acesso à rede Internet.

Outro software voltado para facilitar a interação do deficiente visual com o programa Windows é o leitor de tela "Virtual Vision", que permite acessar alguns aplicativos importantes como, Word, Excel e Internet Explorer.

Há, também, materiais específicos para o Ensino de Química para cegos que serão apresentados no próximo capítulo, juntamente com as discussões sobre o Ensino de Química para DVs.

### 3 – ENSINO DE QUÍMICA E DEFICIÊNCIA VISUAL

Segundo o Artigo 59 do Capítulo V da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB),

Os sistemas de ensino assegurarão aos educandos com necessidades especiais, currículos, métodos, técnicas, recursos educativos e organização específicos, para atender às suas necessidades além de professores do ensino regular capacitados para a integração desses educandos nas classes comuns (BRASIL, 1996).

Com base no censo escolar do Estado de Mato Grosso do Sul ([www.sed.ms.gov.br](http://www.sed.ms.gov.br)), é cada vez maior o número de matrículas de alunos com deficiência na rede pública de ensino, na qual, muitas escolas ainda não dispõem de condições favoráveis para atendê-los. Faltam desde materiais específicos até professores capacitados, já que “não discute, ou discute superficialmente nos cursos de licenciatura, problemas ligados à relação entre educação e alunos com deficiência” (CAMARGO E NARDI, 2007, p. 115).

Geralmente os professores não levam em consideração que o aluno com deficiência deve ter o mesmo nível de exigência e de aprendizagem de qualquer outro aluno e “que deveriam estar preparados para planejar e conduzir atividades de ensino que atendam as especificidades educacionais dos alunos com e sem deficiência” (CAMARGO E NARDI, 2007, p. 379).

O que geralmente ocorre é que alguns professores, por falta de preparo, acabam por ignorar a presença do aluno com deficiência e dar a ele notas simbólicas para que este vá à série seguinte. Acostumados com isso desde a pré-escola, os alunos especiais se acomodam e poucos se preocupam em aprender. A grande maioria se contenta em “seguir em frente” com baixo aprendizado.

Em regra os professores do ensino regular reagem com muita ansiedade, e apreensão diante da presença ou possibilidade de atenderem alunos com deficiência visual. No entender destes professores existe um total despreparo para a realização das adequações metodológicas, recursos materiais, elencando uma série de dificuldades pelas quais passam a maioria das escolas públicas. (SOUZA,)

Segundo Dorneles (2006,)

*Faz-se necessário entender o conceito de Inclusão Escolar, no qual se apóia um modelo de escola para todos. É a que opta pela educação especial inclusiva, isto é, uma modalidade da educação como um todo. A escola deve estar aberta a diferença em que todos os alunos com necessidades especiais encontrem uma educação significativa com sucesso, sem prejudicar os outros, mas muito ao contrário, beneficiando todos os alunos em geral, por tudo o que ela traz de mudança e renovação e pelos novos recursos e serviços com que pode contar.*

A situação se torna ainda mais difícil quando nos referimos às disciplinas como Química (e outras Ciências), pois têm um estímulo visual muito grande, já que a interpretação de gráficos, desenhos, modelos e estruturas são fundamentais.

Segundo Gonçalves (1995,)

As maiores dificuldades no ensino da Química residem nos seguintes fatores:

- Encontrar maneiras e meios de criar e estimular interesse na disciplina.
- Conseguir eficiente comunicação de informação de outra forma, sem ser através da comunicação visual.

Os livros de texto são a solução parcial mais comum. Contudo, nem todos os livros editados se encontram feitos em Braille. Os livros, próprios para estes alunos, parecem ser menos atrativos que os outros que têm fotografias estimulantes, cores diagramas e, além disso, um livro para um estudante normovisual pode corresponder a vários volumes de Braille para um estudante cego.

Com relação aos trabalhos experimentais, Gonçalves (1995,) faz as seguintes perguntas:

Poderá um aluno com handicap visual ser capaz de descobrir e compreender princípios científicos como resultado de um trabalho experimental?

Como poderão ver as mudanças de cor ocorridas nas reações?

Poderão os alunos cegos fazer, com segurança, uso de aparelhos e técnicas potencialmente perigosos nos trabalhos experimentais?

Haverá necessidade de adquirir aparelhos especiais para os alunos participarem ativamente nas experiências?

Além dessas questões relacionadas com o caráter experimental da Química, questões envolvendo conceitos abstratos, como estrutura de moléculas são relevantes e também necessitam ser trabalhadas de um modo diferenciado com esses alunos.

Contudo, algumas soluções para esses problemas, ainda que parciais, já estão disponíveis para os professores.

Assim, para a representação de fórmulas, equações e símbolos químicos, há uma Grafia Química Braille para uso no Brasil (MEC, 2002).

Para o ensino de química, em geral é necessário à adaptação de materiais pedagógicos. Os materiais adaptados têm que ter cores fortes ou o melhor contraste, para atender aos alunos com baixa visão e/ou permitir percepções táteis, por apresentar diferentes texturas para atender aos cegos.

A textura não pode causar sensações ruins ao ser tocada, por exemplo, uma lixa muito grossa. O aluno pode sentir rejeição pelo material e não querer usá-lo novamente. O material tem que ser resistente para não estragar facilmente com a manipulação constante.

A seguir, estão ilustrados alguns materiais desenvolvidos para o ensino de química pelo Instituto Benjamin Constant, destinados tanto para alunos cegos como para alunos com baixa visão.



Figura 7: Tabela Periódica

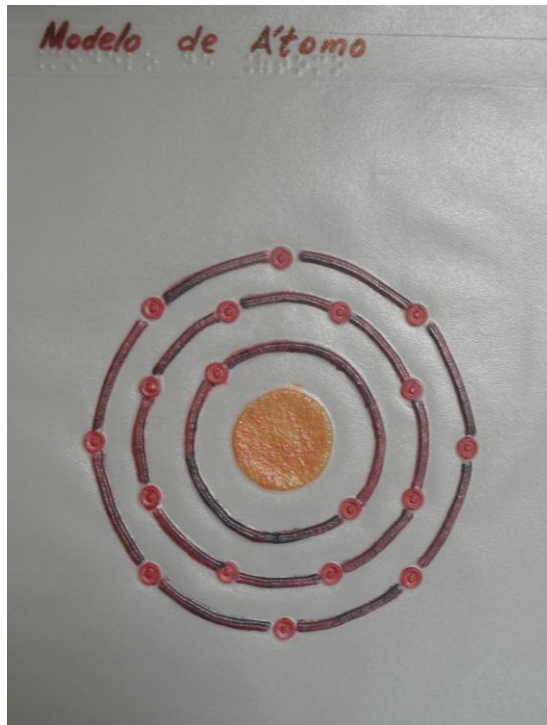


Figura 8: Modelo atômico I

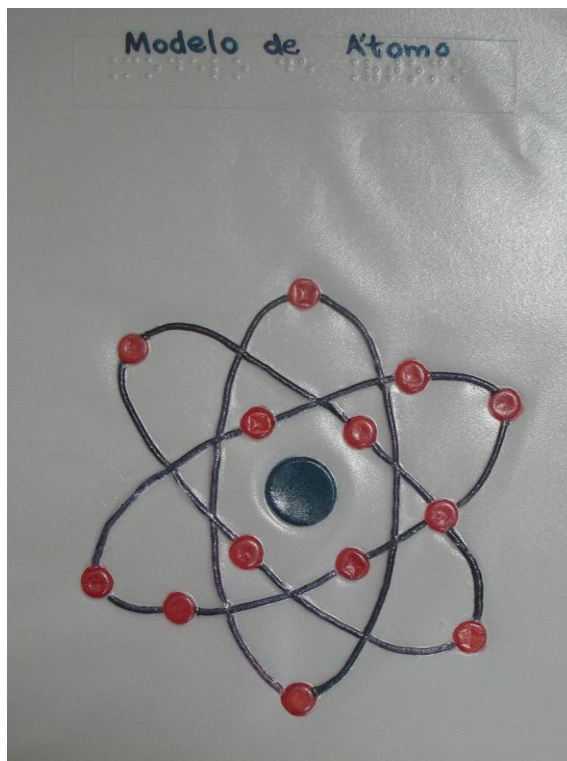


Figura 9: Modelo atômico II

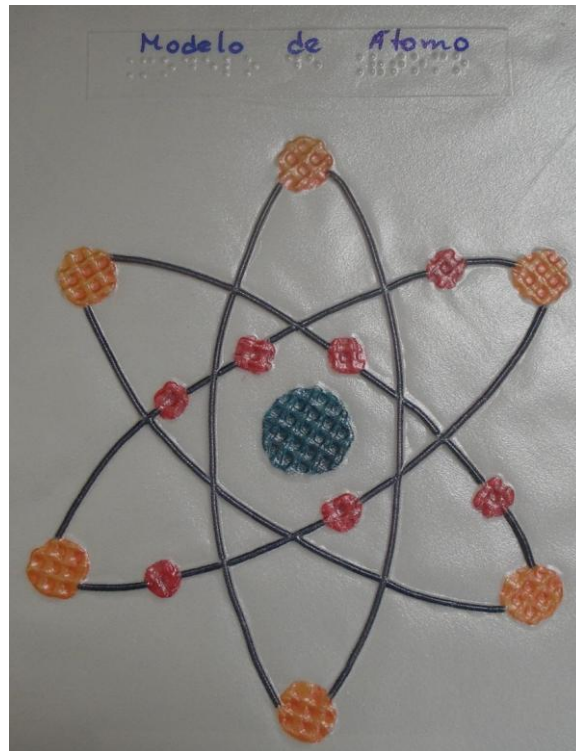


Figura 10: Modelo atômico III



Figura 11: Diagrama de Pauling

A seguir, a matriz de dois materiais adaptados pelo CAP/DV por meio de solicitação de professores de química para o ensino de alunos cegos.

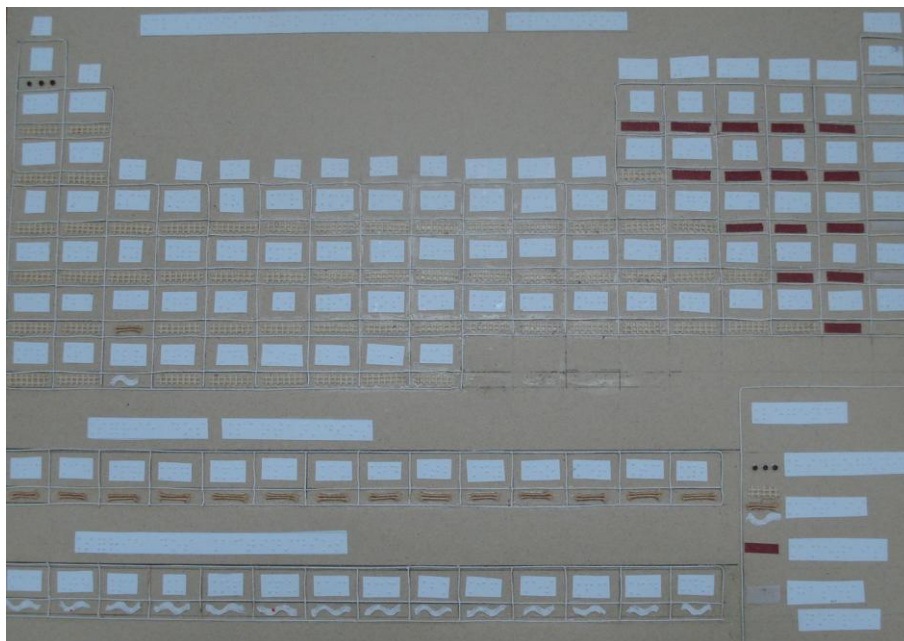


Figura 12: Matriz da Tabela Periódica



Figura 13: Matriz Diagrama de Pauling

A matriz é prensada a quente, em papel especial, para produzir a versão final dos materiais.

No momento, são poucos grupos que trabalham o ensino de química para deficientes visuais no Brasil. Nos últimos dez anos há apenas cinco resumos



apresentados na Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química (RASBQ) e quatro no Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ)

Na 27ª RASBQ foi apresentado um trabalho de pesquisa de Neves *et al.* (2004) que apresenta informações sobre a grafia Química em Braille. Na 28ª, Mól *et al.* (2005) relataram a adaptação de módulos do livro Química & Sociedade e a realização de experimentos. Na 30ª Oliveira *et al.* (2007) fez uma reflexão sobre o ensino de química para ADVs em uma escola do Rio de Janeiro. Na 32ª Creppe *et al.* (2009) trabalhou química orgânica com modelos comerciais e Aragão e Silva (2009) relataram a dificuldade dos professores em relação à inclusão de ADVs.

Em relação ao ENEQ, Mól e colaboradores (2004) apresentaram um trabalho de pesquisa que propõe a adaptação de textos e atividades. No último ENEQ 2008, foram apresentados três resumos sendo um de nossa autoria (Bertalli, 2008). Um dos outros trabalhos, trata da elaboração de tabelas periódicas adaptadas (Oliveira *et al.*, 2008) e o outro apresenta perspectivas para o ensino de química para o nível superior (Regiani *et al.*, 2008).

Na Química Nova na Escola tem apenas um artigo publicado, mas é sobre inclusão em geral; Retondo e Silva (2008) objetivaram complementar a formação dos licenciandos em Química para a educação inclusiva.

#### **4 – ENSINO DE GEOMETRIA MOLECULAR: importância, características e dificuldades**

O conceito de substância na abordagem macroscópica e o conceito de molécula na abordagem microscópica são fundamentais para a compreensão dos fenômenos químicos. E não há como se pensar em moléculas sem se pensar em suas estruturas.

Assim, por exemplo, TOSTES (1998) afirma que:

A ciência química, ao menos nos cem últimos anos, desenvolveu-se em torno de um grande e fundamental conceito unificador: a estrutura molecular. O químico vem, nesse mesmo período, identificando química com estrutura molecular. O químico é como que um profissional das moléculas, e quando ‘pensa’ nelas ele tem como objeto um arranjo tridimensional muito bem definido dos átomos que constituem cada molécula em particular no espaço. (TOSTES, 1998, p 17)

Na maioria das escolas do ensino médio, pelo menos de Campo Grande, as aulas de Química são ministradas na sequência apresentada pelo livro didático adotado que, em geral, introduz o conceito de geometria molecular no primeiro ano e, somente no terceiro ano, esse conceito é utilizado no estudo das estruturas das moléculas orgânicas. Em geral, não se fazem relações entre as propriedades macroscópicas das substâncias (pontos de fusão e ebulição, reatividade química, etc.) com a representação das estruturas tridimensionais das moléculas dessas substâncias.

Foi constatado que, grande parte das imagens utilizadas para o ensino de geometria molecular tem alto grau de abstração e complexidade, já que representam modelos imaginários. (SEBATA, 2006, p. 119 )

Apesar dos conceitos de geometria serem estudados pelos alunos desde o ensino fundamental no conteúdo de matemática, o que geralmente ocorre é que os professores apresentam as figuras geométricas para os alunos de forma bidimensional e eles têm dificuldades em visualizar imagens que representam formas geométricas tridimensionais (SEBATA, 2006, p. 112).

Este erro continua acontecendo quando o aluno vai para o ensino médio e começa a estudar química. A geometria das moléculas continua sendo vista de modo bidimensional e, muitas vezes, o aluno ainda não consegue imaginar como seriam as estruturas tridimensionais.

Esse fato indica a necessidade da utilização de modelos capazes de representar moléculas no nível macroscópico, como os do tipo pau e bola, para intermediar o aprendizado do arranjo espacial das ligações químicas existentes entre os núcleos atômicos que compõem uma molécula (MORAIS, 2007).

MORAIS (2007) diz ainda:

Os modelos espaciais texturizados poderão ser imprescindíveis para o ensino de conceitos ligados a idéias do espaço tridimensional. É fundamental o desenvolvimento de novos materiais e metodologias, para o ensino de vários tópicos de química, para portadores de deficiência visual (MORAIS, 2007, p. 65)

Para RESENDE FILHO (2009) isso é válido tanto para alunos normovisuais como, principalmente, para alunos deficientes visuais, onde o uso da linguagem visual não se apresenta como instrumento facilitador da aprendizagem.

Assim, a necessidade da inclusão efetiva dos deficientes visuais nas salas de aula, a importância do estudo de geometria molecular e, conseqüentemente, a necessidade de materiais didáticos que contribuam para a aprendizagem desse conteúdo, justificam o desenvolvimento desta pesquisa.

## 5 – REFERENCIAL TEÓRICO

Optamos pela teoria sócio-histórica de Lev Vigotski como referencial teórico porque o autor, no início do século passado, já defendia a inclusão dos deficientes de modo bastante semelhante ao que somente há poucos anos ganhou importância na nossa sociedade.

Assim, BRASLAVSKY ao discorrer sobre essa posição de Vigotsky diz:

*Es cierto que el defecto en si mismo, - ya sea en la vista, en la audición, en la motricidad, en el intelecto, se aparta de “la norma”. Pero esse defecto, si bien puede generar variantes individuales como ocurre con cualquier persona, no tiene porqué afectar a la personalidad total. Que la visión o la audición no sea “normal” que la persona que padece el defecto es “anormal” siempre que pueda vivir em condiciones sociales que favorezca normalmente el desarrollo de su personalidad.* (BRASLAVSKY, [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/dvh\\_07/dvh\\_07\\_17.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/dvh_07/dvh_07_17.pdf), p.20)

Além disso, para Vigotsky toda aprendizagem está baseada na interação entre o sujeito e o objeto de modo indireto, isto é, esta relação é sempre mediada pelos signos (principalmente a linguagem) que são elaborados pela sociedade.

Com respeito a essa mediação BRASLAVSKY aponta que:

*Em lo que se refiere al tema de la remediación, Vigotsky destaca la posibilidad que tiene el cego de utilizar la vista de otra persona, la experiencia ajena como instrumento para ver. Reflexiona, a ese respecto, que la mediación del outro puede actuar como instrumento del mismo modo como que um microscópio o telescópio...* (BRASLAVSKY, [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/dvh\\_07/dvh\\_07\\_17.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/dvh_07/dvh_07_17.pdf), p.18)

E ainda, com relação ao signo e ao significado: “*se refiere a la posibilidad que tiene el cego de leer com los dedos em vez de hacerlo com los ojos: lo importante es que el cego puede leer y lee de um modo exactamente igual como lo hacemos nosotros, ya que es importante lo significado y non el signo. Cambiaremos el signo y mantendremos el significado.*” (BRASLAVSKY, [http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/dvh\\_07/dvh\\_07\\_17.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/averroes/caidv/interedvisual/dvh_07/dvh_07_17.pdf), p.19).

Assim, ao valorizar o fator social da cegueira, Vigotski (1983, p. 79) diz: “*el ciego siente su defecto solo de um modo indirecto, reflejado únicamente em las consecuencias sociales*”.

Como o sentido da visão é bastante sintético, o nosso dia-a-dia está muito relacionado às questões visuais o que, geralmente, impõe limitações às atuações das pessoas cegas em situações comuns.

Pode-se exemplificar a importância do sentido da visão por algumas exclamações de uso comum onde a visão substitui outros sentidos: “vê como isto soa”, “vê como cheira”, “vê como sabe bem”, “vê como é duro”. (CAMARGO, 2008, p. 18)

O impacto cultural da visão encontra-se presente também no uso cotidiano da palavra ver e de seus derivados. Um exemplo pode ser verificado nos significados das expressões “lúcido” e “alucinado” (ausência e presença de luz), utilizadas na diferenciação entre as idéias de loucura e sanidade. (CAMARGO, 2008, p. 18)

As pessoas com deficiência visual desenvolvem mais outros sentidos como o tato, olfato, audição e memória, a fim de compensar a falta de visão. Essa compensação não é orgânica e sim social, ou seja, o tato do cego, por exemplo, não é melhor do que de um vidente, mas recebe mais atenção para compensar a falta da visão e fazer com que o cego tenha uma melhor integração social. *“La ceguera es no solo la falta de la vista (el defecto de um órgano particular), sino que además provoca una gran reorganización de todas las fuerzas del organismo y de la personalidad.”* (VIGOTSKI, 1983, p. 74)

Para Vigotski a aprendizagem ocorre por meio da mediação, isto é, o relacionamento do aprendiz com pessoas mais experientes como pai, irmão mais velho, professor ou um colega. Essa mediação não é direta; ela ocorre por meio de signos, principalmente pela linguagem, assim, “com o auxílio de outra pessoa, toda criança pode fazer mais do que faria sozinha – ainda que se restringindo aos limites estabelecidos pelo grau de seu desenvolvimento”. (VIGOTSKI, 1991, p. 89)

O que o aluno consegue fazer sozinho, já têm domínio, Vigotski denomina de “Zona de Desenvolvimento Real”, e aquilo que ele será capaz de fazer, após aprendizagem, de “Zona de Desenvolvimento Potencial”.

Entre a zona de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento potencial Vigotski postula a “Zona de Desenvolvimento Proximal” que é a zona onde, com a intervenção dos outros, permitirá que o sujeito aprenda. A zona de desenvolvimento proximal compreende uma etapa de “fora para dentro” que é conhecida como internalização.

A internalização envolve uma série de transformações: por um lado, toda atividade externa deve ser modificada para tornar-se uma atividade interna por outro, é uma atividade interpessoal que se converte em intrapessoal. (CASTORINA, 1996, p. 29)

## 6 – METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida segundo as abordagens da pesquisa qualitativa.

Segundo Bogdan (1994) a pesquisa qualitativa apresenta cinco características:

1. a fonte de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal;
2. é descritiva;
3. os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos;
4. os investigadores qualitativos tendem a analisar seus dados de forma indutiva;
5. o significado é de importância vital.

Considerando-se as características do referencial teórico adotado, apresentado no capítulo anterior, particularmente quanto à necessidade de mediação qualificada para que a aprendizagem possa ocorrer, pode-se perceber que a pesquisa qualitativa é a mais adequada, pois:

- as fontes dos dados foram alunos normovisuais em suas salas de aulas e alunos deficientes visuais que buscaram apoio do ISMAC;
- a própria pesquisadora foi a professora dos alunos sujeitos da pesquisa, constituindo-se, assim, como o principal instrumento da coleta dos dados;
- além da avaliação da aprendizagem, todos os processos de intervenção foram considerados.

Desse modo, os dados foram registrados por meio de gravações em vídeo, apontamentos em diário de bordo e pelas folhas de respostas dos exercícios respondidos pelos alunos.

### 6.1 – Desenvolvimento dos Materiais Didáticos

O desenvolvimento dos materiais didáticos foi feito com a colaboração do professor Eivaldo da Silva Ramos. O professor Eivaldo ficou cego aos três anos de idade, possui duas graduações, uma em Disciplinas Técnicas de Cursos

Profissionalizantes (1994) e outra em licenciatura em Matemática (2000), ambas obtidas pela Universidade Católica Dom Bosco de Campo Grande - MS.

Como o professor Edivaldo é cego congênito, tem um excelente domínio do Braille e de conteúdos de geometria, sua participação foi fundamental para a elaboração dos modelos não comerciais

Os materiais desenvolvidos foram:

- modelo atômico alternativo (não comercial), confeccionado com biscoito, adaptado para deficientes visuais no sentido de propiciar referenciais geométricos tácteis;

- modo alternativo (diferente do uso de punção e reglete e da máquina de escrever em Braille), para possibilitar que professores escrevam textos e/ou estruturas químicas para os alunos deficientes visuais, sem necessidade de impressora própria.

Uma descrição detalhada das etapas desse desenvolvimento encontra-se no Apêndice 1.

## **6.2 – Aplicação e Avaliação dos modelos alternativos**

Como não conseguimos uma sala de aula do terceiro ano do ensino médio que tivesse deficientes visuais como alunos, houve necessidade de aplicarmos os modelos em duas situações distintas: uma com os alunos normovisuais, em salas de aula onde a pesquisadora era a professora e outra com alunos deficientes visuais frequentadores do ISMAC. Solicitou-se a anuência dos alunos por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com o parecer nº 1473 do Comitê de Ética em Pesquisa/CEP/UFMS.

A pesquisa com alunos normovisuais foi realizada em três salas de terceiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual de Campo Grande – MS, onde a pesquisadora era a professora das turmas; participaram da pesquisa aproximadamente 60 alunos, os quais aprenderam geometria molecular no primeiro ano do Ensino Médio.

As atividades desenvolvidas foram:

- 1 – confecção dos modelos, os alunos compraram o material necessário para a fabricação dos modelos (massa de biscoito, palitos de chocolate e garrafa PET) e produziram seus materiais;

2 – desenvolvimento da sequência didática aplicada nas salas de aula, que seguiu duas etapas:

1ª - escrita da fórmula molecular na lousa e

2ª - construção do modelo molecular com o material alternativo.

A avaliação dessa etapa foi feita durante a aplicação da sequência didática, por meio de observação e registro em “diário de bordo”.

A sequência didática para os ADVs visou explorar a percepção tátil do modelo e a leitura do Braille alternativo para verificar se os materiais contribuiriam para o ensino das geometrias moleculares tetraédricas e/ou derivadas desta, ensinadas no Ensino Médio.

Os alunos deficientes visuais, num total de quatro, foram escolhidos conforme a disponibilidade de horários, já que a maioria tem o tempo preenchido com atividades que desenvolvem no ISMAC, como informática, futebol e judô. Dos quatro, um aluno é baixa visão, dois têm cegueira adquirida e um é cego congênito. Eles aceitaram participar da pesquisa espontaneamente.

Um texto contendo os pontos que representam as ligações químicas em Braille foi transcrito pelo CAP/DV – MS, segundo a proposta da Grafia Química Braille para uso no Brasil (BRASIL, 2002).

A sequência didática consistiu nas seguintes etapas:

1ª - leitura dos pontos representativos das ligações, no texto preparado pelo CAP/DV;

2ª - leitura das representações geométricas das moléculas de metano ( $\text{CH}_4$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ), escritas em Braille alternativo;

3ª – construção dos modelos dessas moléculas com o material de biscuit;

4ª – construção do modelo da molécula de água; e

5ª – representação das estruturas das três moléculas, em papel, escritas em Braille, com reglete e punção, pelos alunos.

As atividades foram filmadas e os materiais escritos recolhidos para posterior análise.



## 7 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 7.1 – Produção de Textos em Braille por Professores Normovisuais

Considerando que a produção de textos em Braille pelo CAP-DV pode ser demorada devido à demanda, julgou-se interessante fornecer meios alternativos para que um professor pudesse preparar seus próprios textos nesse alfabeto.

Uma das formas alternativas de se escrever Braille é instalar o programa “Braille Fácil” em um computador (<http://intervox.nce.ufrj.br/brfacil/>). O programa é composto de: editor de texto integrador, editor gráfico para gráficos táteis, pré-visualizador da impressão Braille, impressor Braille automatizado, simulador de teclado Braille, utilitários para retoque em Braille e utilitários para facilitar a digitação.

Com este programa, é possível escrever em Braille negro (somente os pontos correspondentes de cada letra ou símbolo, sem relevo) no Word. Basta abrir a tela do programa e selecionar a opção “Braille no Word” no menu “Arquivo”. Abrirá a tela do Word com uma nova fonte chamada “Braillekiama”.

Basta digitar o texto normal, **tamanho de letra 24**, que o programa já traduz para Braille negro. Após a impressão, sugere-se cobrir os pontos com cola, de preferência colorida para facilitar a integração com alunos videntes, que o texto estará pronto para a leitura tátil.

Caso não seja possível o professor utilizar um computador conforme acima descrito, produzimos uma folha inteira com a letra “é” em Braille negro (Apêndice 3), representada pelos pontos 123456 (isto é, todos os pontos da célula Braille) e, assim, de posse de um alfabeto Braille o professor também pode produzir seus textos.

Além dos textos, há necessidade de se representar as fórmulas estruturais de moléculas usando a grafia química Braille. Nesse caso, a utilização de folhas com todas as células impressas com a letra é como descrito acima, é muito mais fácil que outro tipo de impressão.

As figuras 14 e 15 apresentam, respectivamente, as fórmulas estruturais das moléculas do metano e da amônia em Braille alternativo segundo a grafia química Braille (MEC, 2002); essas fórmulas foram escritas pela pesquisadora apenas com a finalidade de ilustrar a utilização do Braille alternativo.

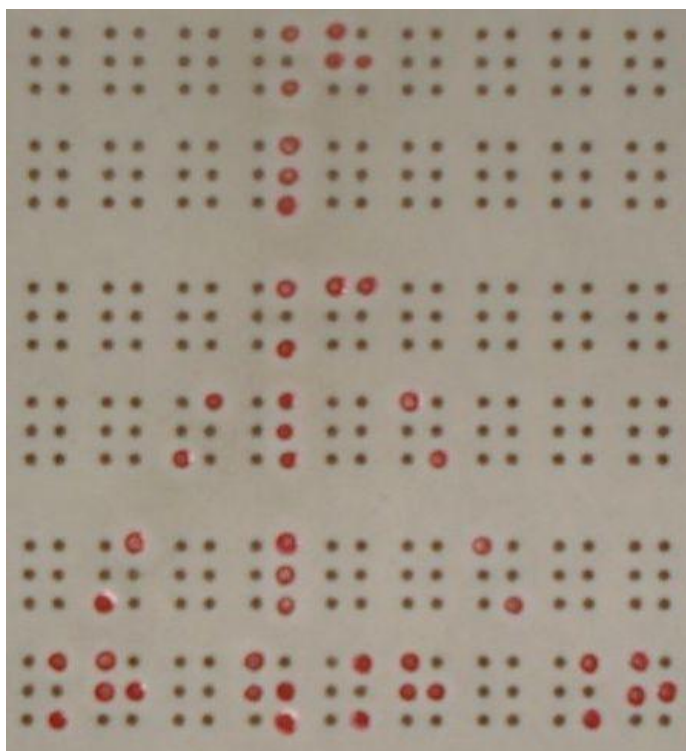


Figura 14: Fórmula estrutural do metano em Braille alternativo

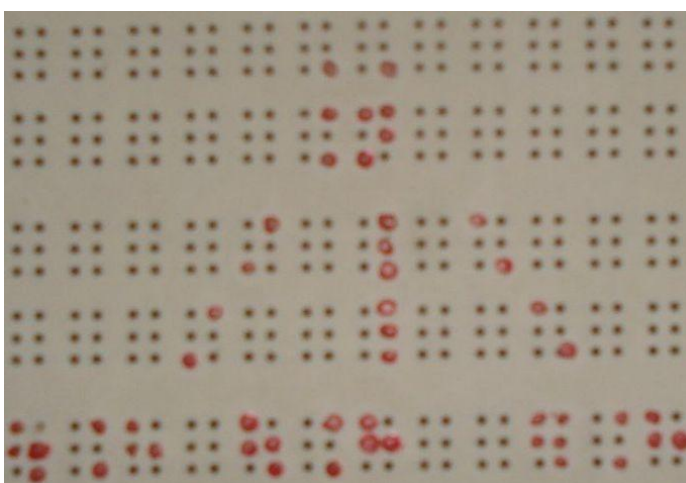


Figura 15: Fórmula estrutural da amônia em Braille alternativo

## 7.2 – Modelos Atômicos Não-Comerciais construídos com biscoit

O desenvolvimento dos modelos atômicos não comerciais encontra-se descrito, com detalhes, no Apêndice 1.

A melhor opção foram os construídos com massa de biscoit, na forma de um cubo de tamanho 2 cm x 2 cm, com furos para encaixes de palitos de plástico utilizado na confecção de chocolate e pirulitos caseiros, que permitem montar

modelos de moléculas saturadas e insaturadas, lineares e cíclicas (3 a 6 átomos de carbono) e, também, trabalhar questões relativas à livre rotação.

A opção pela forma cúbica deveu-se à necessidade de se fornecer um referencial táctil para a localização das ligações no espaço. Assim, a forma tetraédrica, necessária para a representação das moléculas orgânicas saturadas, por exemplo, é obtida por furos em dois vértices na face superior, localizados diagonalmente entre si, e por outros dois furos em vértices da face inferior, também posicionados diagonalmente entre si, mas na diagonal contrária à da face superior – Figura 16a.

No centro de uma face fizeram-se dois furos vizinhos entre si e, em outras duas faces laterais a esta fez um furo em cada uma, também central, de modo a formarem ângulos de aproximadamente  $120^\circ$ , forma necessária para a representação de duplas ligações – Figura 16b.

Finalmente, em outra face, fizeram-se três furos centrais e vizinhos entre si e, na face oposta, outro furo central, construindo-se a forma necessária à representação de triplas ligações.

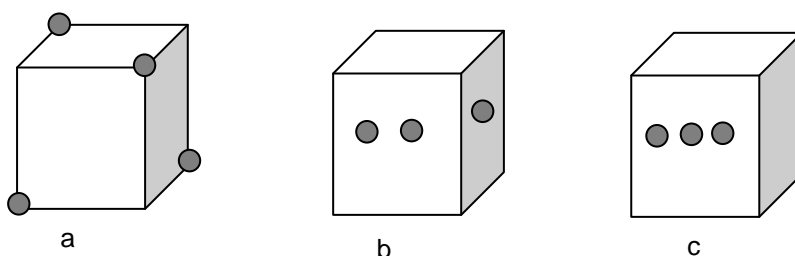


Figura 16 – Representação das posições de alguns furos necessários à obtenção de formas tetraédricas, triangular e linear.

Os palitos de plástico foram cortados em tamanhos diferentes buscando representar os diversos tamanhos das ligações simples, duplas e triplas. Esses palitos podem ser visualizados na Figura 17.

As Figuras 18 a 25 apresentam fotografias de modelos de várias moléculas orgânicas com até seis átomos de carbono, com cadeias lineares, ramificadas e cíclicas, com a finalidade de ilustrar a versatilidade do modelo atômico alternativo desenvolvido.

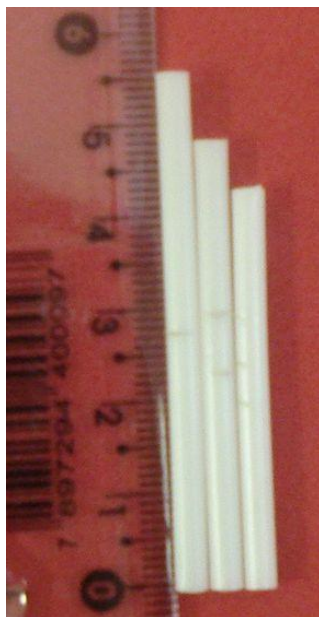
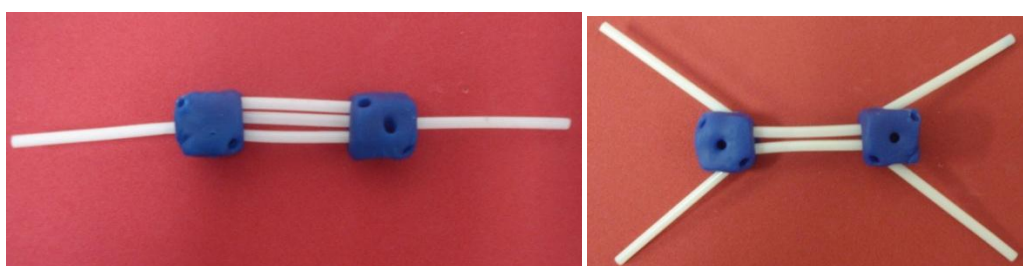


Figura 17 – Palitos de plástico cortados nos tamanhos relativos às simples (5,5 cm), duplas (4,7 cm) e triplas (4,3 cm) ligações.



a

b

Figura 18 – Modelos representando ligações duplas e triplas (estruturas de etino - **a** e do eteno – **b**, sem representação dos átomos de hidrogênio)

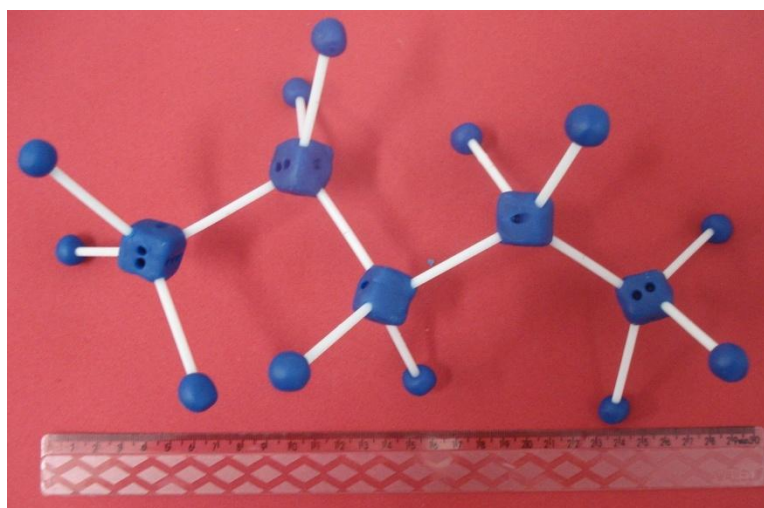


Figura 19 – Modelo da molécula de pentano (régua com aproximadamente 30 cm).

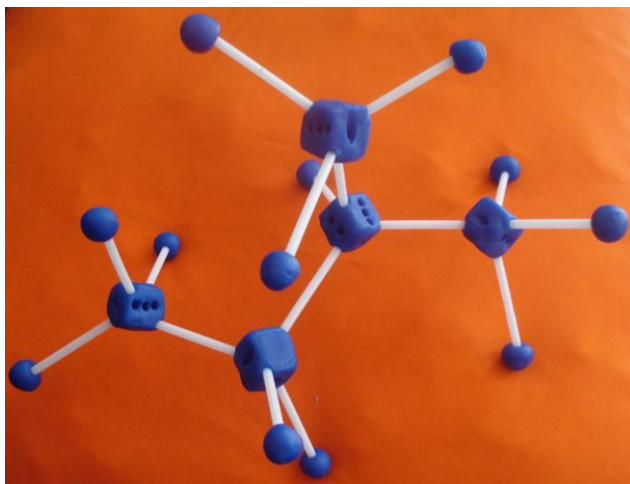


Figura 20 – Modelo da molécula de 2-metilbutano

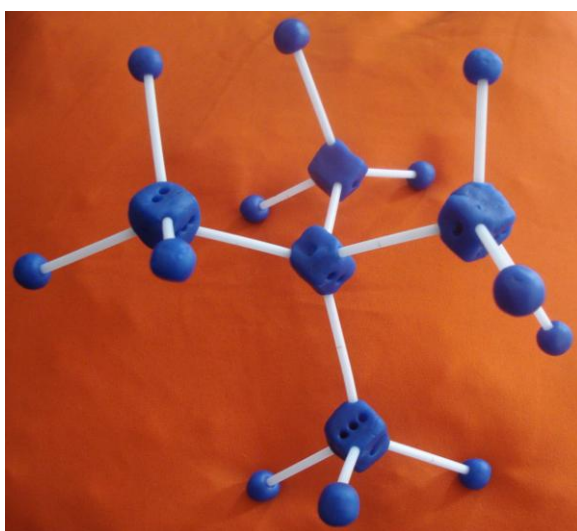


Figura 21 – Modelo da molécula de 2,2-dimetilpropano

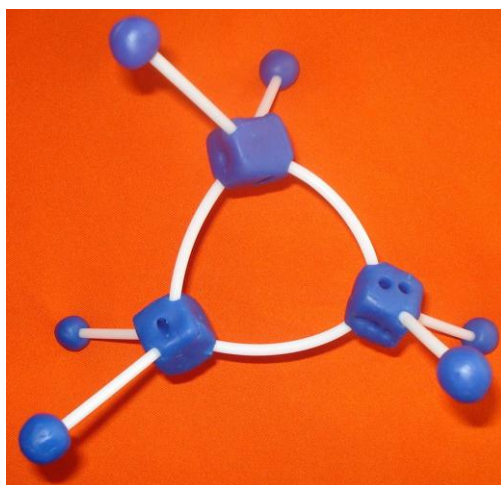


Figura 22 – Modelo da molécula de ciclopropano

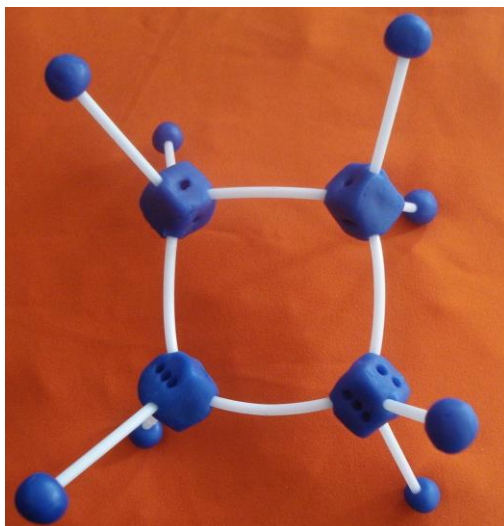


Figura 23 – Modelo da molécula de ciclobutano

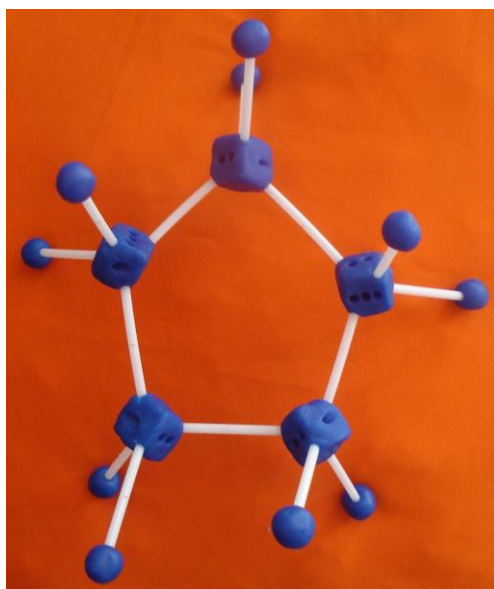
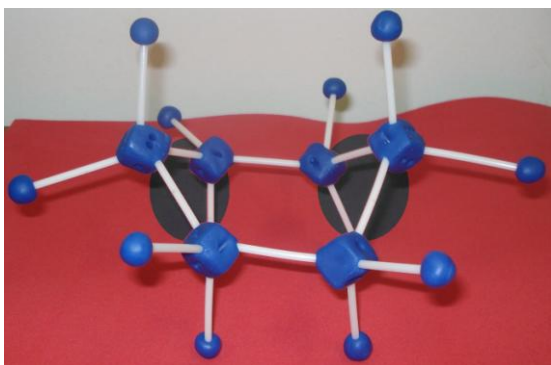
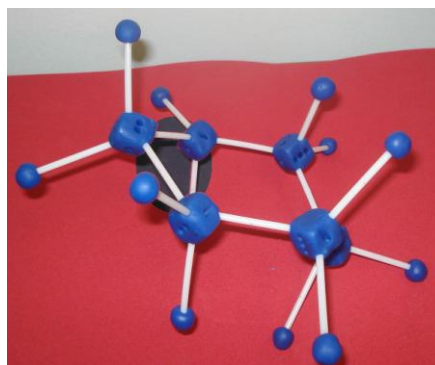


Figura 24 – Modelo da molécula de ciclopentano



a



b

Figura 25 – Modelo da molécula de ciclohexano, configurações barco (a) e cadeira (b)

### 7.3 – Aplicação e avaliação da sequência didática para alunos normovisuais

Como já citado anteriormente, o modelo foi aplicado em três classes do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola estadual de Campo Grande – MS, abrangendo aproximadamente 60 alunos. Eles já tinham certo domínio em escrever fórmulas estruturais a partir do nome e vice-versa (em duas dimensões), das principais funções orgânicas, habilidades adquiridas nos três bimestres anteriores.

A primeira etapa foi a construção dos modelos atômicos alternativos pelos alunos; esta etapa foi desenvolvida em duas aulas de 50 minutos.

A segunda etapa consistiu no desenvolvimento da sequência didática com a utilização do modelo atômico alternativo; a sequência foi elaborada tendo por objetivo o ensino dos conceitos de isomeria e baseou-se na construção dos modelos dos compostos pentano, 2-metilbutano e 2,2-dimetilpropano. A escolha dessas moléculas deveu-se ao fato da estrutura molecular variar de “linear” (pentano) até aproximadamente esférica (2,2-dimetilpropano).

A sequência consistiu em escrever os nomes dos três compostos na lousa (na ordem citada acima) e pediu-se para que os alunos:

1º - construíssem o modelo das moléculas e

2º - em seguida, escrevessem as fórmulas estruturais e moleculares no caderno.

Observou-se que os alunos sentiram dificuldades em construir o modelo e, por conta própria, mudaram a estratégia proposta: escreveram as fórmulas no caderno antes de montar as estruturas.

Mesmo assim, apesar de terem escrito a fórmula estrutural correta no caderno não conseguiram construir o modelo da molécula do pentano; construíram cinco moléculas de metano.

Houve necessidade de intervenção da professora e foi trabalhada toda diferença entre o modelo pedido e o modelo apresentado. Contudo, mesmo após a construção do modelo correto os alunos só se “convenceram” desta correção após colocarem o modelo sobre a representação do caderno e verificarem o desenho de “vai e vem” da cadeia carbônica ( $\wedge$ ).

A figura 26 mostra o modelo construído por um dos alunos.

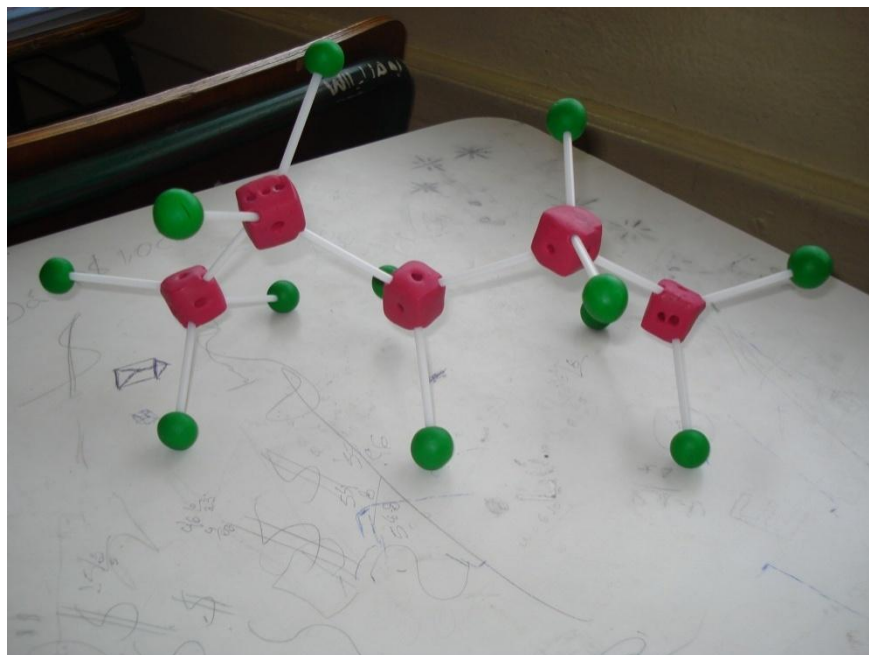


Figura 26: Molécula do pentano feita por alunos normovisuais

Após clara compreensão do pentano foi pedido para que fizessem a estrutura do 2-metilbutano. Eles montaram o modelo do butano (novamente montaram 5 metanos, mas evoluíram no sentido de irrem retirando palitos e ligando os carbonos para formar o butano) e ficaram sem saber onde colocar o radical metil. Houve necessidade de nova intervenção (na lousa, foi mostrada a estrutura do butano, com a cadeia principal numerada e mostrada à posição do radical) para explicar a diferença entre o modelo do composto butano e a construção de uma cadeia principal com quatro átomos de carbono. Após, conseguiram representar o modelo corretamente.

A Figura 27 apresenta um modelo 2-metilbutano construída por um dos alunos.



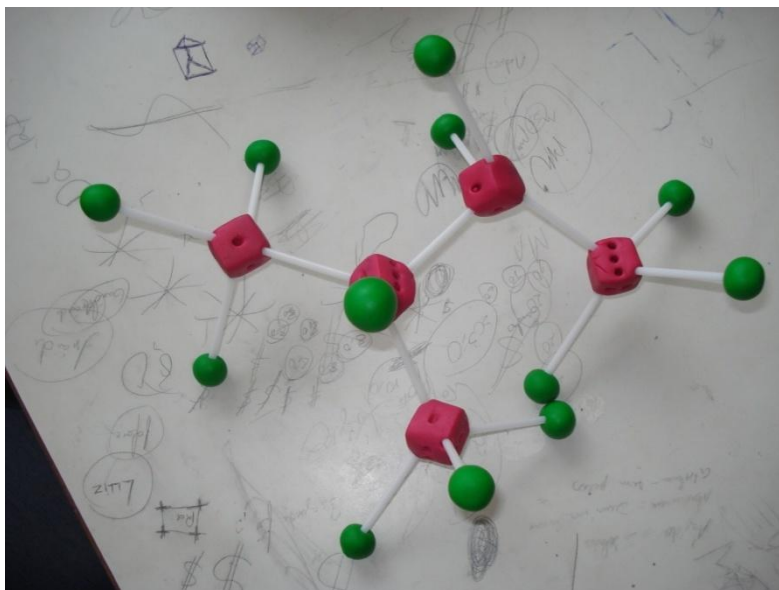


Figura 27: Molécula do 2-metilbutano feita por alunos normovisuais

Em seguida, foi solicitada a montagem do modelo de 2,2 – dimetilpropano; apenas com uma discussão, entre os próprios alunos, foi suficiente para que construíssem o modelo correto (Figura 28).

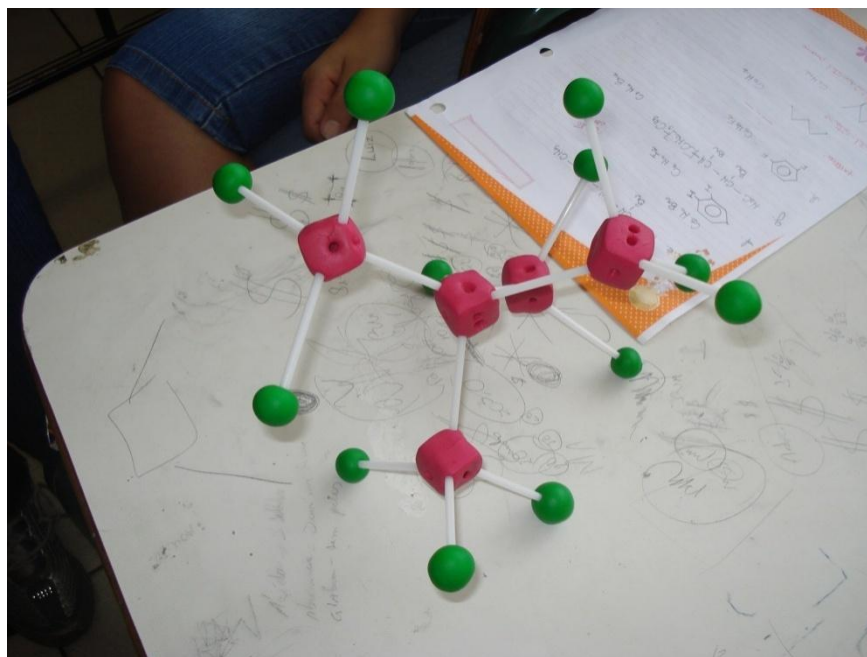


Figura 28: Molécula do 2,2-dimetilpropano feita por alunos normovisuais

Todas as estruturas propostas foram desenhadas no caderno antes da montagem do modelo e, ao final das atividades, escreveram as fórmulas moleculares de todas as estruturas propostas confirmando a isomeria entre elas.

Todo o processo – construção dos modelos e montagem de todas as estruturas citadas – e resolução dos exercícios complementares (um deles encontra-se no apêndice 2) tiveram a duração de cinco aulas de cinquenta minutos.

Avalia-se que os materiais propostos e as intervenções da professora permitiram a construção do conceito de isomeria, devendo-se ressaltar que, caso não houvesse os trabalhos com os modelos, os alunos provavelmente continuariam a escrever as fórmulas no caderno, sem adquirirem o modelo mental tridimensional das moléculas. Deve-se ressaltar também que muitos alunos manifestaram-se espontaneamente ter gostado dessas aulas.

Também merece destaque a dificuldade inicial dos alunos em construir as ligações carbono-carbono para formar o modelo da molécula do pentano, dificuldade que não foi prevista dada a habilidade dos alunos em escrever fórmulas estruturais em duas dimensões (caderno, lousa).

Vale lembrar que, quando o Prof. Edivaldo estava construindo o modelo do pentano, ele também preferiu construir o metano e retirar um “átomo de hidrogênio” para depois fazer a ligação carbono-carbono.

Uma possível explicação para essas observações é encontrada em modelos de aprendizagem baseados na teoria do processamento de informação. Nesses modelos, considera-se que as informações provenientes do exterior são processadas na memória de trabalho e essa memória é limitada quanto ao número de informações que podem ser processadas conjuntamente (JOHNSTONE, 2010).

Essa capacidade foi definida por Miller (1956) como sendo sete mais ou menos duas informações, mas Johnstone (2010) argumenta que trabalhar no limite de nossa capacidade é normalmente desconfortável e, assim, considera que os valores mais comuns variam entre cinco mais ou menos duas informações.

Desse modo, parece que ao construir modelos moleculares, inicialmente os alunos não conseguem pensar a cadeia de cinco átomos de carbono como um conjunto, isto é, “olham” para cada carbono ligado com os átomos de hidrogênio como entidades individuais. Assim, o número de informações que precisam ser organizadas ultrapassaria a capacidade da memória de trabalho.

Esses dados indicam, fortemente, a importância de já se iniciar o ensino de cadeias carbônicas, utilizando modelos moleculares, caso contrário, dificilmente os alunos desenvolverão a visão tridimensional das moléculas a partir da representação bidimensional.

#### 7.4 – Aplicação e avaliação da sequência didática para deficientes visuais

A sequência didática proposta foi descrita no capítulo anterior, contudo, como as deficiências visuais e formações escolares foram diferentes para cada um dos sujeitos, optamos por descrever o desenvolvimento das atividades de cada um separadamente. Devemos ressaltar que os nomes abaixo são fictícios.

André tem 28 anos, é baixa visão de nascimento (já enxergou 12% e, hoje, enxerga 6,8%) e cursa EJA acelerado em uma escola estadual em Campo Grande – MS. Esse tipo de EJA não é dividido em fases, tem 12 provas de cada disciplina no ano. Na escola, não estudou geometria molecular; o professor apenas citou partes do conteúdo e solicitou que fizesse alguns cálculos matemáticos como área de quadrados e triângulos.

Inicialmente procurou-se familiarizar o sujeito com o modelo.

Assim, solicitou-se que identificasse se havia alguma diferença entre os palitos que representam as ligações. Mesmo enxergando um pouco percebeu as marcações e a diferença entre os tamanhos dos palitos pelo tato.

Também identificou os orifícios de todas as ligações com a visão, mas ficou em dúvida sobre as ligações na diagonal, mas comentou que o buraco era “tortinho”.

Foi dado a ele, um sólido que representa um tetraedro. Num primeiro momento ele disse que o sólido era um triângulo. Foi explicado que a base era triangular, mas que o sólido não era um triângulo. Pediu-se para que ele colocasse o sólido em cima da mesa para verificar se ele conseguiria identificar o sólido, e ele disse que parecia uma “barraquinha”.

O aluno não tem domínio do Braille e lê na fonte 36, portanto, foram desenhadas, no computador, as fórmulas estruturais do metano e da amônia.

Ele leu a fórmula do metano, montou a estrutura no modelo e escreveu – manuscrito – sem nenhum problema aparente. Fez, também, a relação entre o modelo e o sólido.

Posteriormente, leu a fórmula da amônia e montou, no modelo, a fórmula do metano, mesmo tendo recebido as informações necessárias sobre pares de elétrons livres. Foi perguntado se ele tinha certeza que a estrutura estava correta. Ele conferiu no computador e verificou que tinha um hidrogênio a mais e tirou a ligação deste. Novamente, a professora explicou sobre os pares de elétrons livres então, ele

conectou o palito e não colocou a bolinha que representa o hidrogênio. Escreveu com facilidade.

Foi perguntada qual é a fórmula da água. Após a resposta foi pedido para que ele a representasse no modelo e, depois, na escrita. Baseado no que ele já tinha feito, montou o modelo tranquilamente. Na escrita, teve um pouco de dúvidas em relação ao posicionamento dos átomos. Foi explicado que a geometria seria parecida com a da amônia, mas que a molécula de água tinha, como átomo central o oxigênio, tinha um hidrogênios a menos e que teria um par de elétrons livres a mais.

Foi explicado sobre a fórmula molecular do etano e solicitado que ele fizesse a fórmula estrutural no modelo. Conforme foi desenvolvendo a atividade, ia falando o que estava fazendo, esperando a concordância da professora. A atividade foi feita sem dificuldade aparente.

O aluno fez os exercícios propostos, sem nenhum problema aparente, em torno de duas horas, e achou importante que os alunos manipulem o material no início do ensino médio e que o ISMAC também tenha o material para que os alunos da instituição possam ter acesso ao material fora da escola.

A Figura 28 apresenta as representações das moléculas de metano, amônia e água desenhadas pelo André.

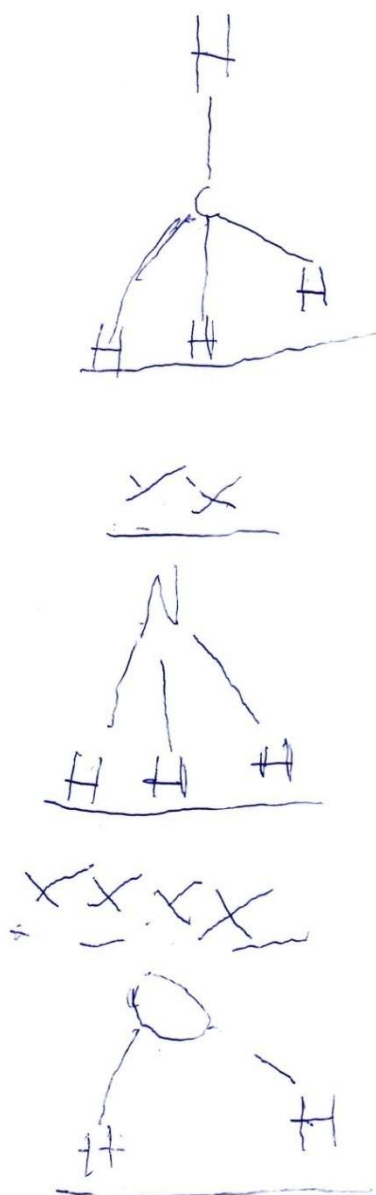


Figura 29: Fórmulas estruturais do metano, amônia e água feitas pelo André (nome fictício) que tem baixa visão.

Ronaldo tem 25 anos e concluiu o Ensino Médio em 2002 em uma escola estadual da periferia de Campo Grande – MS. Ficou cego aos 20 anos e em novembro/09, fez um ano que estuda Braille.

Primeiramente o aluno foi solicitado a ler o texto “Ligações Químicas”, o qual não conseguiu ler – provavelmente porque ainda tem dificuldade em ler o Braille e a impressão era frente e verso, o que dificulta ainda mais a leitura. Como ele disse escrever melhor que ler, o texto foi ditado para ele conhecer os pontos das ligações.

Considerando o problema de leitura acima descrito, o aluno teve muita dificuldade para ler as estruturas moleculares no Braille alternativo. A professora o ajudou na leitura e ele memorizou alguns pontos como os pontos que representam as posições anterior (pontos 1256) e posterior (pontos 12456).

Foi apresentado o sólido que representa o tetraedro. Num primeiro momento ele disse que o sólido tinha base quadrada. A professora perguntou quantos lados tinha a figura, ele respondeu que tinha três lados, então, perguntou-se qual figura geométrica tinha essa quantidade de lados e ele respondeu que era o triângulo. Foi explicado que o sólido é uma pirâmide com base triangular, ou seja, um tetraedro.

Solicitou-se que ele lesse, no Braille alternativo, a estrutura molecular do metano. Ele leu com muita dificuldade e, a todo o momento, perguntava o que significavam os pontos. O aluno conseguiu identificar bem todos os orifícios do modelo de biscuit, porém demorou bastante para colocar as ligações. Não conseguiu, de imediato, identificar a pirâmide trigonal no modelo de biscuit. Depois de manipular mais um pouco o material disse reconhecer a pirâmide. Após conectar todas as ligações, foi pedido para conectar os hidrogênios representados por bolinhas de biscuit.

Após representar a estrutura do metano no modelo, pediu-se para que ele escrevesse a fórmula molecular em Braille; ele conseguiu representar todos os átomos e todas as ligações, embora às vezes se perdesse na escrita e pedisse ajuda à professora. Ele demorou cerca de quinze minutos para escrever a fórmula molecular do metano, sem nenhum alinhamento.

Após duas horas e meia de trabalho a professora percebeu que o aluno estava cansado, o que foi confirmado por ele, assim marcamos outro horário para a conclusão dos trabalhos.

No segundo encontro relembramos todo o procedimento do primeiro dia, inclusive alguns pontos de ligações e começamos pela leitura da fórmula estrutural da amônia no Braille alternativo.

Demorou muito para fazer a leitura e começou a ficar nervoso, tremer e confundir os pontos – confundiu sinal de maiúsculo com sinal de número, por exemplo.

Depois de mais calmo, foi explicado sobre os pares de elétrons livres e, quando fez a fórmula no modelo, quase colocou quatro hidrogênios. Antes de colocar o quarto hidrogênio, pediu-se que ele lesse, novamente, a fórmula para conferir se realmente eram quatro hidrogênios; ele verificou que eram apenas três e não mexeu mais no modelo.

A escrita da fórmula molecular na reglete foi auxiliada pela professora e, mesmo assim, demorou a completar o exercício, porém a fórmula ficou um pouco mais alinhada.

Perguntou-se qual é a fórmula da água. Ele respondeu que é  $H_2O$ . Foi explicado que o oxigênio é o átomo central, ou seja, que ele está ligado aos dois hidrogênios e que o oxigênio tem dois pares de elétrons livres. Depois da explicação solicitou-se que ele fizesse a fórmula estrutural tanto no modelo quanto no Braille sendo que, os dois, foram feitos com a ajuda da professora, no modelo porque ele queria colocar quatro hidrogênios, no Braille para ele saber o alinhamento das ligações.

Por fim, foi explicado como seria a fórmula molecular do etano e solicitado que ele montasse a fórmula estrutural do mesmo. Ficou cerca de dois minutos pensando no que iria fazer. Após, conectou três hidrogênios a um cubo e, no quarto palito, conectou outro cubo e, por fim, finalizou conectando os outros três hidrogênios.

O trabalho com esse aluno demonstrou, como já era previsto, que o conhecimento do Braille é fundamental para a conclusão dessa estratégia levando em conta que o aluno demorou mais duas horas e meia para a conclusão das atividades, totalizando cinco horas de trabalho.

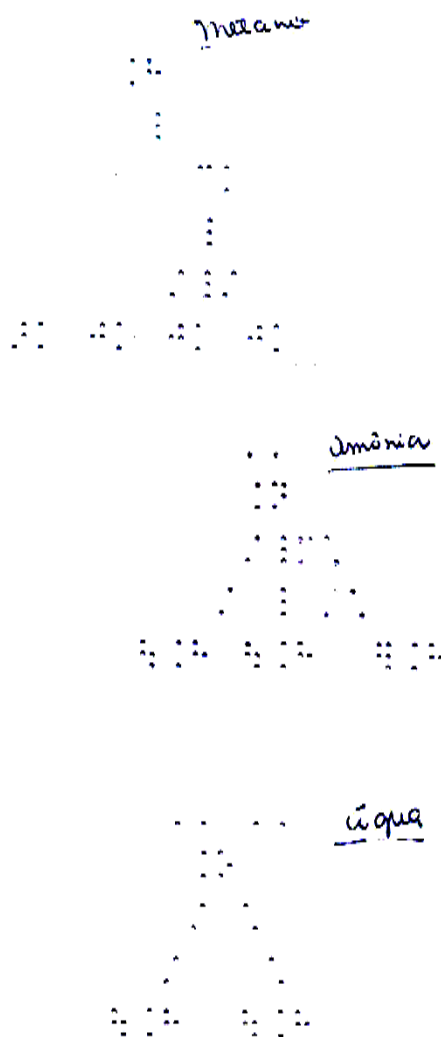


Figura 30: Fórmulas estruturais do metano, amônia e água feitas pelo Ronaldo (nome fictício) que é cego com memória visual.

Eduardo tem 27 anos e concluiu Educação de Jovens e Adultos (EJA) em 2007 em uma escola da rede privada em Campo Grande – MS. Aos sete anos perdeu a visão do olho esquerdo (aos poucos) e aos 16 anos perdeu a visão do olho direito tornando-se, assim, cego.



O aluno leu o texto “Ligações Químicas” para conhecer os pontos utilizados na escrita das fórmulas estruturais das moléculas. Em seguida, foi dado a ele um sólido de pirâmide com base triangular, tetraedro. O aluno reconheceu com facilidade o sólido, então foi apresentado o modelo de biscoito e explicado como as ligações seriam feitas neste modelo e, depois das ligações feitas, a semelhança com o sólido.

Posteriormente foi dado a ele o Braille alternativo contendo a estrutura molecular do metano o qual ele conseguiu ler com pouca dificuldade e com algumas dicas, em relação a alguns pontos de ligações.

Ele não conseguiu relacionar a estrutura do modelo com a estrutura em Braille de imediato; após a sugestão da professora ele passou a manipular o modelo e ler a fórmula em Braille simultaneamente, com atenção. Ele comentou que, dessa maneira o aprendizado é facilitado.

Solicitou-se que o aluno escrevesse a estrutura molecular com reglete e punção. Ele analisou bem a estrutura no Braille alternativo antes de começar a escrever. Quando começou a escrever pediu ajuda para não se perder na escrita (nas linhas e celas), pois, quando ele lia a estrutura no Braille alternativo ele não conseguia identificar onde havia parado de escrever na reglete. A professora o ajudou, indicando as celas onde ele precisava escrever. Depois de pronta, a fórmula estrutural ficou um pouco torta devido à dificuldade de ler a estrutura enquanto se escreve.

Foi explicado o conceito de pares de elétrons livres e, em seguida, solicitou-se que ele fizesse a fórmula estrutural da amônia, tanto com o modelo como com a reglete e o punção. Quando ele começou a montar a estrutura no modelo ele teve dúvidas em relação ao formato, achou que iria ficar igual à estrutura do metano.

Ele, por distração, iria fazer a ligação com os quatro hidrogênios, ao invés de três, e disse que estudando com o modelo daria para aprender o conteúdo com mais facilidade. Quando foi escrever a fórmula molecular solicitou, novamente, ajuda, mas agora a professora deu as coordenadas de como e onde ele deveria escrever e assim, ele conseguiu “copiar” a estrutura com perfeição.

Pediu-se para que ele fizesse a mesma coisa com a molécula de água, mas, desta vez, não tinha a fórmula estrutural em Braille alternativo. Fez a fórmula estrutural no modelo e com ajuda, escreveu em Braille.

Finalmente pediu-se para que ele fizesse a fórmula estrutural do etano somente no modelo de biscuit. Ele teve um pouco de dificuldade em relação às ligações entre os carbonos. Ele sabia que o carbono é tetravalente, mas quando ligou os dois carbonos ele os deixou, no total, com quatro ligações, ou seja, os carbonos se ligavam entre si e, um deles se ligava a um hidrogênio e o outro a dois hidrogênios.

Explicamos que cada carbono faz quatro ligações. Ele analisou o que ele já tinha feito e arrumou as ligações, mas confundiu ao colocar os hidrogênios: ele deixou um carbono com três hidrogênios e o outro sem nenhum.

Novamente falamos que cada um dos carbonos é tetravalente. Ele refez a análise do que tinha feito e completou as ligações dos carbonos deixando cada um com três hidrogênios.

Novamente ficou evidenciado que a leitura e a escrita em Braille são importantes para o aprendizado dos conceitos com o material proposto, pois o aluno terminou as atividades propostas em aproximadamente duas horas e meia.

A Figura 31 apresenta as fórmulas estruturais do metano, amônia e água feitas pelo Eduardo.

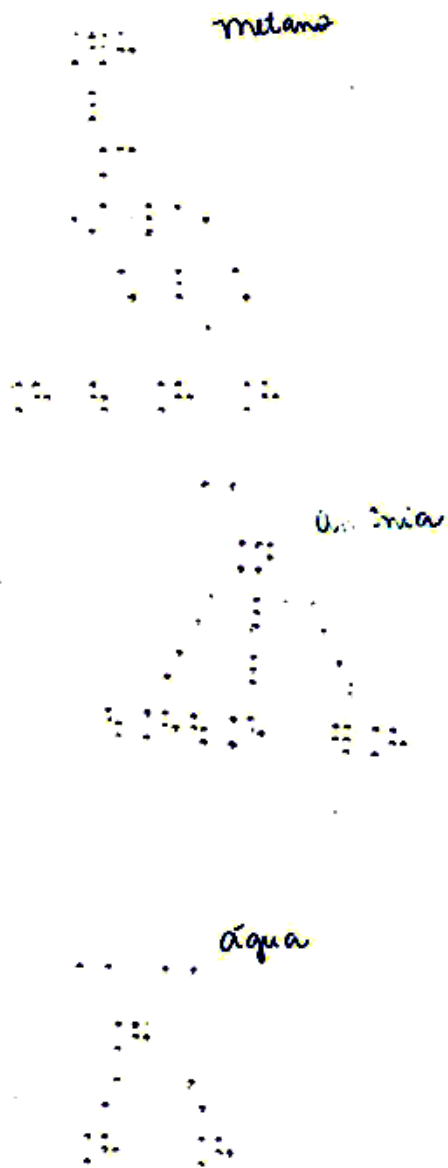


Figura 31: Fórmulas estruturais do metano, amônia e água feitas pelo Eduardo (nome fictício) que é cego com memória visual

Elaine tem 21 anos e é cega de nascimento – enxerga claridade, vulto e cor (cores mais claras – depende da posição da claridade). Concluiu o Ensino Médio em 2007 fazendo o último provão (ENCEJA) em uma escola estadual de Campo Grande – MS.

O ENCEJA consiste em três provas que são realizadas em um final de semana. A primeira prova foi em um sábado à tarde e contemplou as disciplinas de História, Geografia, Sociologia, Física e Química. A segunda, domingo de manhã, contemplou as disciplinas de Português, Literatura, Inglês e Educação Física e Educação Artística. A terceira e última, domingo à tarde, a prova foi de matemática. Se o aluno alcançar pontuação mínima (6,0) nas três provas, se torna portador do modelo 19.

Primeiramente a aluna leu um texto contendo todos os símbolos das ligações químicas.

Foi dado à aluna o sólido, que representa a pirâmide. Ela disse não conhecer aquele desenho como uma pirâmide, mas disse que conhece a figura através de brinquedos. Reconheceu a base triangular.

Percebeu os orifícios no cubo, os diferenciando, e analisou os palitos percebendo as diferenças entre os tamanhos e entre as marcações dos mesmos; foi explicado que os palitos representavam as ligações simples duplas e triplas.

Pediu-se para que ela lesse a fórmula molecular do metano no Braille alternativo. Conseguiu ler com facilidade e disse que a professora de matemática da cidade de Guia Lopes – onde ela estudou até o nono ano – usou um material parecido, mas era feito com cola quente, e por isso os pontos eram maiores, para o ensino de geometria e de ângulos.

Posteriormente, a aluna fez com facilidade a estrutura do metano no modelo e escreveu a fórmula estrutural em Braille, com reglete e punção, o qual ficou um pouco desalinhado.

Em seguida, solicitou-se para que ela lesse e fizesse, no modelo, a estrutura da amônia. Teve um pouco de dúvidas sobre os pares de elétrons livres, os quais ela queria colocar, no modelo, a bolinha de biscuit que representa o átomo de hidrogênio, mas após algumas explicações ela representou a molécula no modelo, e no Braille, sem nenhuma dificuldade.

Foi perguntado qual é a fórmula da água e, após a resposta, solicitou-se que ela representasse a água no modelo e escrevesse em Braille, mas agora a fórmula molecular não estava escrita em Braille alternativo. Fez facilmente o exercício.

Para finalizar pediu-se para que ela fizesse somente no modelo a fórmula estrutural do etano. Foram explicados alguns detalhes da estrutura e rapidamente ela montou o modelo.

Além do domínio do Braille essa aluna demonstrou ter aprendido conceitos fundamentais de geometria anteriormente, o que facilitou bastante o desenvolvimento das atividades propostas sem, em nenhum momento, pedir auxílio da professora.

Ela concluiu as atividades em aproximadamente uma hora e meia, mais ou menos uma hora a menos que os outros participantes, devendo-se salientar que ocorreu uma interrupção para amamentação.

A Figura 32 apresenta as fórmulas desenhadas pela Elaine.

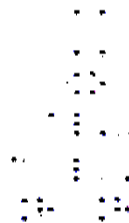
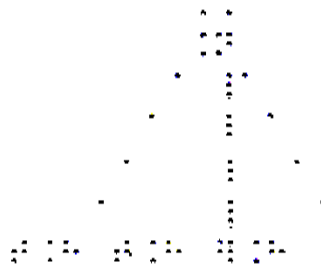
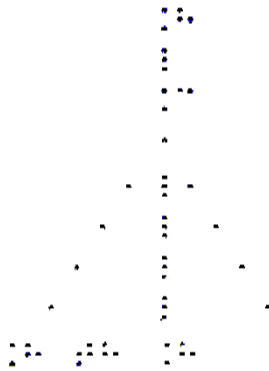


Figura 32: Fórmulas estruturais do metano, amônia e água feitas pela Elaine (nome fictício) que é cega desde o nascimento

## **8 – CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS DE TRABALHOS FUTUROS**

Os materiais desenvolvidos (Braille alternativo e modelos atômicos em biscuit) bem como as sequências didáticas propostas conduziram à aprendizagem dos conceitos relacionados à estrutura molecular pelos alunos.

Deve-se salientar a importância da mediação da professora, imprescindível para a condução do processo de ensino, de acordo com as habilidades dos alunos, tanto os videntes quanto os deficientes visuais.

Considerando-se que os produtos necessários à confecção dos materiais propostos são de baixo custo e facilmente encontrados, esses instrumentos têm reais possibilidades de serem utilizadas por outros docentes, inclusive os da rede pública de ensino.

Embora não tenhamos testado os materiais em salas regulares da rede estadual de ensino, que tenha alunos com deficiência visual incluídos, os resultados conseguidos com os alunos que participaram desta pesquisa sugerem que podemos ter um bom resultado nas salas inclusivas. A aplicação e avaliação dos materiais nessas salas constituem a principal perspectiva de trabalhos futuros.

## 9 – REFERÊNCIAS

ARAGÃO, Amanda S. *et al.* A inclusão escolar de alunos com deficiência visual: o que dizem os professores de Ciências e de Química. 32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, **local**, 2009.

BERTALLI, Jucilene G. Ensino de Química para Deficientes Visuais. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química. Curitiba-PR, 2008.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Portugal: Porto Editora, 1994-2006. 336 p. (Ciência da educação ; 12)

BRASIL. **Decreto nº 3.298 de 20/12/99.** Disponível em: <http://www.cedipod.org.br>. Acesso em: 05/12/09.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação.** Capítulo V – Da Educação Especial. Lei nº 9.394 de 20/12/96.

CREPPE, Carlos H. *et al.* Ensino de Química Orgânica para deficientes visuais empregando modelo molecular: Contribuição na auto-estima/Um estudo de caso. 32ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Fortaleza 2009.

CAMARGO, Éder Pires de. **Ensino de Física e Deficiência Visual: Dez anos de investigações no Brasil.** São Paulo: Plêiade / FAPESP, 2008.

CAMARGO, Éder Pires de; NARDI, Roberto. **Dificuldades e alternativas encontradas por licenciados para o planejamento de atividades de ensino de óptica para alunos com deficiência visual.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v.29, nº1, p. 115 – 126. São Paulo, 2007.

CAMARGO, Éder Pires de; NARDI, Roberto. **Planejamento de atividades de ensino de física para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v.6, p. 378 – 401, 2007.

CASTORINA, José Antônio. **O debate Piaget-Vygotsky: a busca de um critério para sua avaliação** in: Piaget/Vigotski: Novas contribuições para o debate. Castorina, José Antônio et. al. 3ª Edição. São Paulo, Ática, 1996.



DORNELES, Claunice Maria. **Refletindo sobre as necessidades especiais em sala de aula: Deficiência visual**. Disponível em: [www.sed.ms.gov.br](http://www.sed.ms.gov.br). Acesso em: 17/07/2006.

GONÇALVES, Clara. **O ensino da Física e Química a alunos com Deficiência Visual**. Disponível em: <http://deficienciavisual.com.sapo.pt/txt-ensinofisicaquimica.htm>. Acesso em: 17/09/2006

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL. **Centro de Apoio Pedagógico ao Deficiente Visual – CAP/DV**. Disponível em: [www.sed.ms.gov.br](http://www.sed.ms.gov.br). Acesso em: 19/07/2006.

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL. **Decreto nº 9.404 de 11/03/99**. Disponível em [www.sed.ms.gov.br](http://www.sed.ms.gov.br). Acesso em: 01/08/06.

INSTITUTO BENJAMIM CONSTANT. Disponível em: [www.ibc.gov.br](http://www.ibc.gov.br). Acesso em: 25/11/2009

JOHNSTONE A. H. **You Can't Get There From Here**. Journal of Chemical Education, vol 87, January 2010, 22-29.

MILLER, G. A. **Psychol. Rev.** 1956, 63, 81-97, *apud* Johnstone A. H. You Can't Get Ther From Here. Journal of Chemical Education, vol 87, January 2010, 22-29.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Grafia Química Braille – Para uso no Brasil**. Versão preliminar / Secretaria de Educação Especial – Brasília: MEC; SEESP, 2002.

MÓL, Gerson S. *et al.* Elaboração de REcursos Didaticos para o Ensino de Química para cegos. XII Encontro Nacional de Ensino de Química, 2004, p. 109.

MÓL, Gerson S. *et al.* Ensinando e experimentando Química com alunos deficientes visuais. 28ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Poços de Caldas, 2005.

MORAIS, C. M. V. **Recurso Multimédia “Moleculito”: Exemplo de construção e avaliação no Ensino Básico**. Dissertação de mestrado, Porto, Maio/2007. Disponível em: [http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t\\_050370176.pdf](http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_050370176.pdf). Acesso em: 20/02/2010.

NEVES, Patrícia R. *et al.* Grafia Química Braille: uma proposta de Inclusão para alunos portadores de deficiência visual. 27ª Reunião Anual da Sociedade

Brasileira de Química e XXVI Congresso Latinoamericano de Química, Salvador – BA, 2004.

OLIVEIRA, Carlos A. F. de *et al.* Elaboração de tabelas periódicas para a facilitação da aprendizagem de Química para alunos deficientes visuais. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, Curitiba – PR, 2008.

OLIVEIRA, Rafael L. *et al.* Ensino de Química para Deficientes Visuais. 30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Águas de Lindóia, 2007.

REGIANI, Anelise M. *et al.* Perspectivas para o ensino de química a deficientes visuais em nível superior. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, Curitiba – PR, 2008.

RESENDE FILHO, J. B. M. (IFPB); BARRETO, I. S. (IFPB) NASCIMENTO, Y. I. F. (IFPB). **Ensino de Geometria Molecular sob a Perspectiva da Educação Inclusiva.** 7º Simpósio Brasileiro de Educação Química. Disponível em: <http://www.abq.org.br/simpequi/2009/trabalhos/101-5677.htm>. Acesso em 21/02/2010.

SEBATA, C. E. **Aprendendo a imaginar moléculas: uma proposta de ensino de geometria molecular.** Dissertação de mestrado, UnB, Brasília – DF, 2006.

SECRETARIA DO ESTADO DE EDUCAÇÃO DE MATO GROSSO DO SUL. **Censo Escolar.** Disponível em: <http://www.sed.ms.gov.br/index.php?inside=1&tp=3&comp=1381&show=2121>. Acesso em 01/02/2010.

SOUZA, O. S. H. **Acessibilidade: Problematizando a integração do DV no contexto escolar.** Disponível em: [intervox.nce.ufrj.br/~abedev/Texto-Olga.doc](http://intervox.nce.ufrj.br/~abedev/Texto-Olga.doc). Acesso em: 22/02/2010.

TOSTES, J. G. Estrutura molecular – o conceito fundamental da Química. *Quim. Nova na Escola*, nº 7, pag. 17 1998.

VIGOTSKI, L. S. **Fundamentos de defectologia.** Editorial Pueblo y Educación. Moscou, 1983.

VIGOTSKI, L. S. Pensamento e Linguagem. Tradução de Jéferson Luiz Camargo. São Paulo – SP: Editora Martins Fontes, 3ª edição, 1991.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

Pontos para as ligações químicas – Grafia Química Braille – Para uso no Brasil.

### 1- Ligações horizontais

- a) Simples – 5,2
- b) Dupla – 56, 23
- c) Tripla – 456, 123

### 2- Ligações verticais

- a) Simples – 456
- b) Dupla – 456, 123
- c) Tripla – 456, 123456

### 3- Ligações na posição oblíqua

- a) Superior direita e inferior esquerda – 34
- b) Superior esquerda e inferior direita – 16

### 4- Posições anterior e posterior das estruturas tridimensionais

- a) Anterior – 1256
- b) Posterior – 12456

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE 1

### Encontros com o professor Edivaldo

Edivaldo é um professor da área de matemática que perdeu a visão aos três anos de idade. Ele foi consultado para que pudéssemos saber se os modelos geométricos, existentes no mercado, são eficientes no aprendizado de geometria molecular ou se precisaria de algumas adaptações, em relação a tamanho, para a construção do nosso modelo.

### Primeiro Encontro

Num primeiro momento, solicitou-se que ele manipulasse o modelo, tipo pau e bola para reconhecimento. Explicamos que os modelos representam núcleos de átomos e que estes, estariam ligados a outros núcleos, através de ligações – apresentamos, a ele, os modelos de ligações.

Perguntamos se era possível perceber os orifícios contidos no modelo e ele respondeu que sim, mas que precisava ser um pouco maior, pois, o grau de desenvolvimento do tato do cego depende do estágio que ele começou a ser desenvolvido, ou seja, se a pessoa é cega desde criança ela terá uma melhor percepção de coisas pequenas que uma pessoa que adquiriu a cegueira em uma idade maior. Ele sugeriu, também, que fossem aplicadas texturas nas bordas dos orifícios.

Demos ao professor um cubo de madeira de 2cm x 2cm de tamanho e pedimos que fosse comparado com o sólido do modelo. Ele disse que o tamanho do cubo era ideal e que talvez os orifícios ficassem de um tamanho bom já que, a superfície do cubo, tem uma área maior que a do modelo.

Pediu-se que as quatro ligações fossem colocadas no modelo e que fosse verificado se havia diferença angular. Ele teve um pouco de dificuldade para colocar as ligações, pois os orifícios são pequenos, mas conseguiu perceber que o desenho formado não estava no plano e que os ângulos formados pelas ligações eram iguais.

Perguntamos se ele conseguia perceber que a figura formada era um tetraedro, ou seja, uma pirâmide com base triangular. Ele disse que sim, mas que foi perceptível em função da pergunta, pois, ele procurou colocar o modelo na base de uma pirâmide. A figura solta ficaria sem posição definida e não daria para reconhecer um tetraedro.

Falamos sobre a relação existente entre o tetraedro e os dois “v” invertidos e ele achou que foi uma boa referência e que ficou mais fácil perceber a figura, segundo ele, ajuda na abstração.

Apresentamos os modelos de ligações duplas e solicitamos que ele as encaixasse nos sólidos. Ele teve dúvidas em relação à representação das ligações duplas. No modelo a ligação dupla é representada por duas curvas (semicírculos) e na escola ela é representada por dois traços paralelos.

Solicitou-se que ele percebesse a diferença de tamanho das barrinhas que representam as ligações. Ele disse que a diferença de tamanho é boa, pensando em alunos de nono ano, se os alunos forem crianças a diferença de tamanho deveria ser maior.

Demos a ele outro sólido, que possibilita outros tipos de geometria. Esse sólido tem duas bases, uma quadrada e uma triangular. Em um primeiro momento ele percebeu que as bases tinham tamanhos diferentes, mas não conseguiu diferenciá-las por geometria. Com a ajuda do orientador, ele conseguiu distinguir as bases.

Solicitou-se que ele “conectasse” as ligações a  $180^\circ$ , ou seja, que colocasse uma ligação em cada base quadrada. Com facilidade ele conseguiu realizar a tarefa.

Entregamos ao professor, o modelo de encaixe para ele realiza as mesmas tarefas executadas com o modelo varetas e bola. O orientador deu pequenas instruções de como encaixar o modelo e, o professor, já conhecedor da teoria dos “v” invertidos, facilmente fez o tetraedro.

Ao manipular o modelo, ele percebeu que as extremidades tinham diferentes diâmetros. Explicamos que para a representação de átomos, diferentes do carbono, são usadas esferas e que estas, tem diâmetros diferentes de orifícios para encaixe da peça. Ele manipulou as esferas e percebeu a diferença.

Além disso, explicamos que os pinos do modelo se encaixam um no outro, depois de formado o tetraedro, para formar cadeias. Facilmente ele montou cadeias carbônicas e percebeu que não era possível fazer as cadeias lineares, como na representação em papel. Foi explicado que, no espaço, as cadeias não são retas e ele ressaltou a importância de chamar a atenção dos alunos em relação a isso.

Perguntamos qual o modelo que ele achou mais fácil trabalhar. Ele disse que, para ele, a dificuldade foi basicamente a mesma, mas para pessoas que tem o tato menos desenvolvido o primeiro modelo é mais difícil, exige mais desenvolvimento

tátil do aluno para identificar os orifícios e a diferença das bases (quadrado e triangular) porque a superfície é pequena. Mas ressaltou que, depois das devidas orientações provavelmente o aluno trabalharia tranquilamente com o modelo.

Para encerrar o primeiro encontro, apresentamos a dupla ligação do modelo de encaixe. Ao contrário do modelo tipo pau e bola, as duplas ligações são retas paralelas e ele conseguiu mais facilmente montar a estrutura.

O objetivo do próximo encontro era a representação de geometrias em duas dimensões, em Braille, para que o professor as representasse em três dimensões com os modelos. Foi exposta a dificuldade de concretizar, alternativamente, a escrita em Braille e o professor deu a sugestão de baixar o programa Braille Fácil para escrever em Braille, no Word.

## **Segundo Encontro**

Foi escrito um texto contendo as instruções para a representação tridimensional de moléculas, segundo a proposta da Grafia Química Braille para uso no Brasil (Brasil, 2002).

Em primeiro lugar avaliou-se o tamanho das fontes; o professor conseguiu ler bem na fonte 24 e teve problemas na fonte 20 e gostou da textura da cola. Outros tamanhos de fontes serão avaliados posteriormente.

Foram escritas fórmulas tridimensionais das moléculas de metano ( $\text{CH}_4$ ) e amônia ( $\text{NH}_3$ ), segundo as indicações da Grafia Química Braille para uso no Brasil (BRASIL 2002), para que ele lesse, representasse as geometrias nos modelos tradicionais e reproduzisse a fórmula tridimensional em Braille convencional.

O professor leu as instruções do texto “Ligações Químicas” e, em seguida, leu as fórmulas tridimensionais citadas acima. Após, ele representou as geometrias tridimensionais no modelo de varetas e bolas e, na seqüência, no modelo de encaixar.

A primeira representação foi da molécula de metano, geometria tetraédrica. No modelo de varetas e bolas ele teve um pouco de dificuldade em relação à abstração da fórmula tridimensional impressa; ele não conseguia identificar os “v” invertidos na geometria do papel e, novamente teve dificuldade em localizar os orifícios. Já no modelo de encaixar ele representou com mais facilidade por conseguir identificar os “v” invertidos.



Na seqüência, ele representou a geometria da molécula de amônia (piramidal). Como ele já havia estudado o modelo enquanto fazia a geometria do metano, ele conseguiu fazer um pouco mais rápido a representação tridimensional da amônia. Falamos que a amônia tem um par de elétrons livres e, ele deixou de representá-los. No modelo de encaixar os pares de elétrons livres foram representados inconscientemente por causa da estrutura do próprio modelo; se o par de elétrons livres não fosse representado, não teria possibilidade de fazer a ligação com o terceiro Hidrogênio da fórmula. Ele percebeu também que, na geometria tridimensional em Braille havia pontos diferentes para representar a ligação entre o Nitrogênio e o Hidrogênio, esses pontos eram as indicações que as ligações estavam à frente do plano (pontos 1256) ou atrás do plano (pontos 12456).

Por último foi feita a representação da molécula de água (angular). Novamente os pares de elétrons livres não foram representados, dessa vez, em nenhum dos modelos. A correção foi feita após o término da representação.

Segundo o Edvaldo, se ele não tivesse manipulado os modelos ele não conseguiria entender as geometrias tridimensionais em Braille e não conseguiria abstrair as noções de ligações à frente e atrás do plano e ainda fez o seguinte resumo:

“Em geral, é necessário trazer a informação para o concreto. Para o cego, a visão bidimensional já é difícil, imagine a tridimensional.”

Por último, o professor reproduziu a geometria tridimensional do metano em máquina de escrever em Braille. Segundo ele, é muito mais fácil alinhar as fórmulas na máquina do que na reglete porque, na máquina, os pontos já saem prontos para a leitura enquanto que, na reglete, o aluno tem que inverter o papel para realizar a leitura.

Nesta etapa, ele teve um pouco de dificuldade para escrever a fórmula exatamente igual ao do modelo proposto – devido ao alinhamento das ligações – mas depois de algumas tentativas e com ajuda da professora, a reprodução foi perfeita.

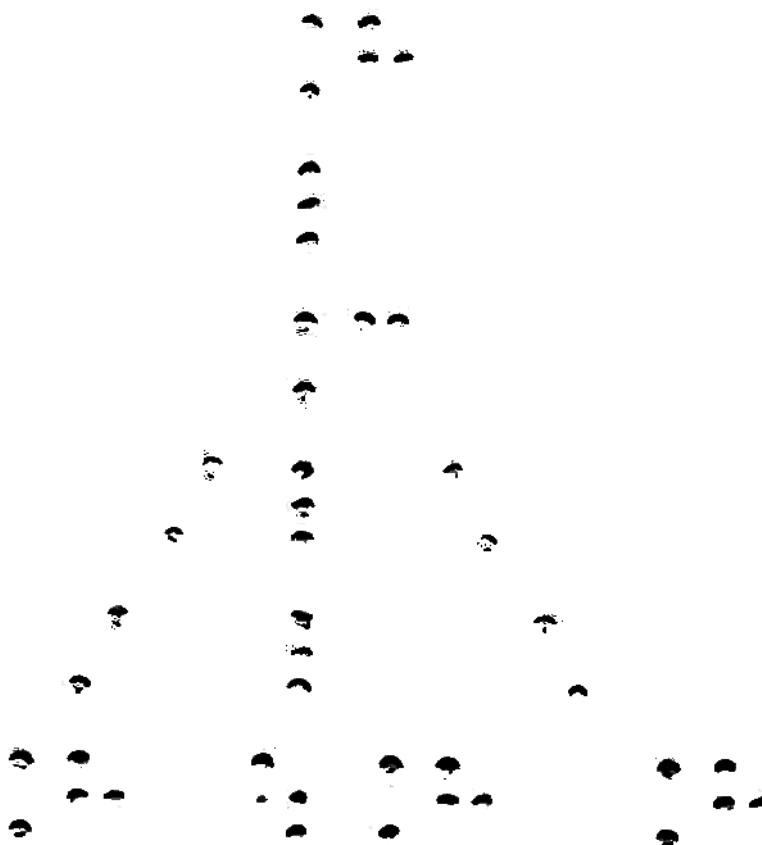


Figura 33: Fórmula do metano escrita em máquina de escrever em Braille

### Construção do Modelo

Verificamos com o professor Edvaldo se um cubo de madeira de (2cm X 2cm X 2cm) estava com um tamanho bom. Então, começamos a construir nosso modelo a partir dele.

Com uma furadeira foram feitos quatro furos nos vértices do cubo, tipo “v” invertido – para representar a ligação simples. Em uma das faces foram feitos três furos e na face oposta apenas um furo – para representar a ligação tripla – e, em outra face foram feitos dois furos e nas duas faces laterais foram feitos um furo na diagonal (em cada face) – para representar a ligação dupla.

Para a representação das ligações, optamos inicialmente por palitos plásticos de pirulito, mas nas ligações simples estes não possibilitavam a livre rotação das moléculas, pois os palitos se soltavam. A outra opção para esta representação foi de fios de cobre, mas os mesmos se torciam ao girar o modelo de molécula.

Pensamos que um cubo de outro material resolveria o problema das ligações então optamos em fazer cubos de papel – origami. Fizemos os cubos de origami e,

as ligações simples, embora tenham ficado fáceis de serem representadas, pois os vértices do cubo são encaixados e possibilitam a colocação do palito de pirulito, não permitia a livre rotação da forma desejada; os palitos ficaram muito soltos caindo do modelo.

Para a representação de ligações duplas e triplas colocamos ilhós nas faces do cubo. Em uma face foram colocados três ilhós e na face oposta um – para representação da ligação tripla. Em outra face foram colocados dois ilhós e nas duas faces laterais um ilhós em cada uma – para a representação da ligação dupla. Montamos o cubo e testamos as diversas possibilidades de representação de ligações.

Novamente, não foi possível representar as ligações. O menor ilhós encontrado no mercado ainda é grande em relação ao diâmetro do palito de pirulito e de outros materiais que testamos como o fio de cobre. Tentamos também, fazer a ligação com “rolinhos” de papel, mas estes não ficaram firmes o suficiente para manter as ligações.

Por fim, fizemos um cubo de biscuit. Compramos um molde cortante de metal, próprio para biscuit. Cortamos os cubos, mas obtivemos dificuldade para tirá-los do molde para fazer os furos. Então, fizemos um molde com garrafa PET. Com esse molde era possível tirar o cubo sem deformá-lo. Esperamos secar um pouco e fizemos todos os furos necessários (como descrito nos modelos anteriores).

Testamos a ligação com o palito de pirulito. Foi possível a livre rotação o que nos permitiu levar este modelo para teste.

### **Teste com o professor Edvaldo**

O professor Edvaldo analisou o modelo e concluiu que o tamanho do cubo era bom e conseguiu identificar os orifícios. Identificou, também, a diferença de tamanho entre os palitos e percebeu as marcações feitas com cola relevo, mas conforme foi passando os dedos, as marcações foram caindo e ele sugeriu que fizesse um corte com canivete/estilete.

Quando fez a estrutura do metano, os palitos – que representam as ligações – ficaram caindo e ele sugeriu que os orifícios fossem um pouco mais fundos para que os palitos pudessem se encaixar melhor.

Depois de montar o metano pediu-se para que ele fizesse o pentano. Ele teve dúvidas em relação à montagem e preferiu montar todos os cubos com 3 ligações

para, posteriormente, conectá-los. Conforme ele foi conectando os cubos, com o peso, os palitos caíam desfazendo o modelo.

Portanto tivemos que fazer reformulações no modelo. Fizemos cubos com orifícios mais fundos e riscos com estilete nos palitos – um risco para ligações simples, dois riscos para ligações duplas e três riscos para ligações simples.

Novamente pediu-se para que ele fizesse o metano. Os palitos encaixaram com perfeição. Para fazer a estrutura do pentano, primeiramente, montou quatro estruturas do metano e, posteriormente, tirou um palito de cada cubo conectando-os um ao outro com facilidade. Foi obtida a livre rotação sem cair nenhum palito. Ele fez também, com facilidade, as estruturas do: 2 – metilbutano e do 2,2 – dimetilpropano percebendo que, à medida que aumentava a quantidade de radicais a estrutura tendia a ficar esférica.

Pediu-se para que fizesse, também, a estrutura do ciclopentano. Num primeiro momento ele não entendeu como faria para que todos os carbonos se ligassem entre si, ou seja, cadeia fechada. Com poucas explicações ele conseguiu montar a estrutura e identificou, no desenho formado, um pentágono.

A partir do momento que ficou claro para ele como se fazia as conexões dos carbonos numa cadeia fechada, com muita facilidade montou as estruturas do:

- ciclobutano – onde identificou um quadrado;
- ciclopropano – num primeiro momento ficou com receio de forçar e quebrar os palitos, mas com cuidado conseguiu encaixar e identificar um triângulo e;
- Ciclohexano – onde, depois de explicações, conseguiu identificar as posições barco e cadeira.

Por fim, solicitou-se para que fizesse a fórmula estrutural do eteno para que ele pudesse perceber o ângulo formado na ligação dupla. Ele achou um pouco difícil conectar os palitos na diagonal, mas conseguiu montar o modelo e confirmou ser melhor a representação das duplas ligações com palitos “retos” do que em semicírculos, como no modelo tradicional que conheceu.

## APÊNDICE 2

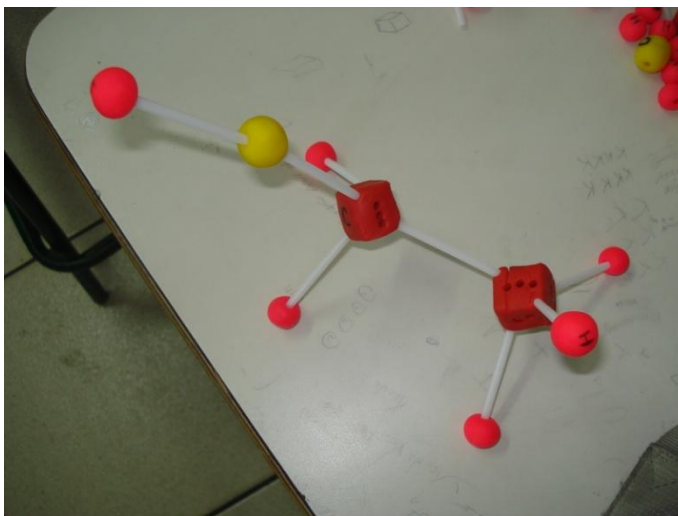


Figura 34: Fórmula estrutural do etanol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) feita por alunos normovisuais

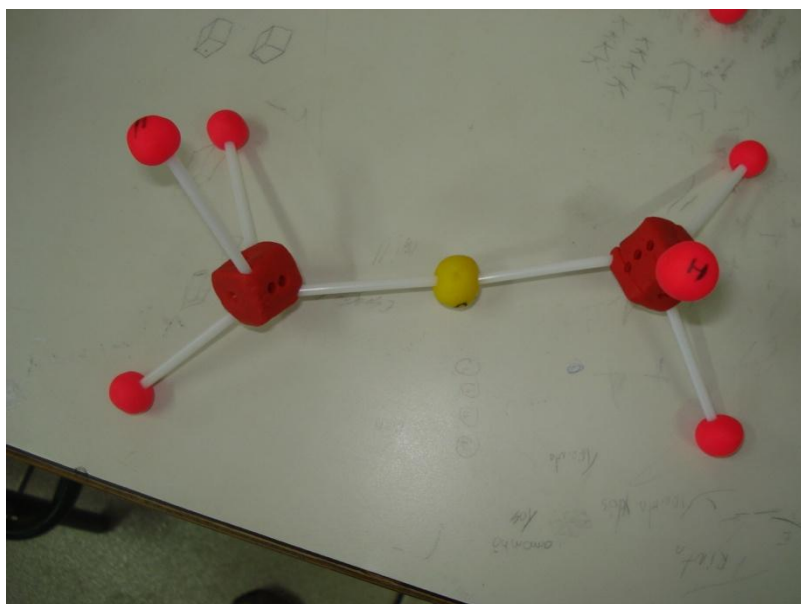


Figura 35: Fórmula estrutural do éter dimetílico (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) feita por alunos normovisuais

### APÊNDICE 3

