



ABORDAGEM DA ANÁLISE DO COMPLEXO DE HEMOGLOBINA E DO EFEITO COOPERATIVO NO ENSINO DE QUÍMICA

APPROACH OF THE ANALYSIS OF HEMOGLOBIN COMPLEX AND THE COOPERATIVE EFFECT IN THE CHEMISTRY TEACHING

Ana Paula Sodré da Silva Estevão
Professora Dr.^a. Jussara Lopes de Miranda

1 Universidade Federal do Rio de Janeiro/ DQI/ IQ, paulasodre@iq.ufrj.br

2 Universidade Federal do Rio de Janeiro/ DQI/ IQ, jussara@iq.ufrj.br

Resumo

O avanço tecnológico e o contínuo movimento do processo civilizatório justificam a necessidade do cidadão ser informado sobre química. O tratamento do conhecimento químico social desempenha papel fundamental na forma o do cidadão. Porém, o ensino de química atual de nossas escolas está muito distante do que o indivíduo necessita conhecer para exercer a sua cidadania. A Química tem sido tratada como uma disciplina isolada, dissociada das outras e distanciada da realidade do aluno. Assim, o presente trabalho tem como objetivo a proposi o de uma metodologia que aborde o complexo de hemoglobina e o efeito cooperativo no ensino de química, que será realizada através da proposi o de aulas contextualizadas e do desenvolvimento e utiliza o de um modelo químico tridimensional. O tema proposto é importante para a compreensão do funcionamento do próprio organismo humano, sendo possível fazer a correla o entre ele e os assuntos de química e de biologia do ensino médio.

Palavras-chave: modelo químico tridimensional, hemoglobina e efeito cooperativo no ensino da química

Abstract

The technological advancement and the continuous movement of the civilization process justify the citizen's need to access information and knowledge on chemistry. The treatment of the chemical social knowledge plays an important role in the formation of the citizen. However, Chemistry teaching in our schools is nowadays very distant from the individual demands for practicing his citizenship. Chemistry has been treated like an isolated, separated discipline, dissociated from the others and from the student's life. The present work has the objective of a proposal of a methodology that involves the complex of hemoglobin and the cooperative effect in the context of Chemistry teaching. This will be done by proposing "contextualized" classes and by the development and use of a tridimensional chemical model that can be made by the students. The proposed subject is important for the understanding of the functioning of the human organism, making possible the correlation between it and the subjects of chemistry and of biology of the high school education.

Key words: tridimensional chemical model, hemoglobin and cooperative effect in Chemistry teaching

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico e social, o avanço tecnológico do País exige o cenário de uma escola criativa, inclusiva, plural, participativa, capaz de garantir a igualdade de oportunidades para todos, ou seja, o direito a cidadania.

É indiscutível a intervenção da Química na sociedade e, por isso, o ensino dessa ciência deve ser não apenas para que homens e mulheres entendam esse papel, mas especialmente, para que interfiram nessa ação e ajudem a modificar, com (cons)ciência, a sociedade. (CHASSOT, 2004, p. 126)

Desta forma, o presente trabalho propõe a contextualização do complexo hemoglobina no ensino de química, visando uma ação contextualizada capaz de romper com a rigidez dos programas escolares, através do desenvolvimento de uma metodologia que engloba a discussão do tema e o uso de modelos didáticos para compreensão de química tridimensional em um processo biológico comum a todos os seres humanos.

Nas escolas, normalmente abordam-se apenas os aspectos biológicos da molécula de hemoglobina, que é uma proteína, e possui uma importância vital no corpo humano, pois é responsável pelo transporte da molécula de oxigênio (O_2) no organismo. A hemoglobina tem como função carrear oxigênio (O_2) no sangue, e exerce também um papel vital no transporte de dióxido de carbono (CO_2) e íons hidrogênio (H^+). (STRYER, 1996, p. 139)

A capacidade da hemoglobina de fixar oxigênio depende da presença de uma unidade não-peptídica, que é o grupo heme. Este grupo é responsável pela cor característica da hemoglobina. O grupo heme é constituído por uma complexa estrutura orgânica em um anel, a protoporfirina, à qual está ligado um único íon, o Fe(II). A protoporfirina é constituída de quatro anéis pirrólicos. (STRYER, 1996, p. 140)

As hemoglobinas de vertebrados consistem em quatro cadeias peptídicas. Essas cadeias são mantidas por ligações não-covalentes, cada uma contém um grupo heme e só um centro de ligação à molécula de oxigênio. (HUHEEY; KEITER, E; KEITER, R., 1993, p. 902)

O íon Fe(II) possui dois sítios de ligações axiais livres, onde um é ocupado pelo anel de imidazol da histidina proximal (que está ligada a uma cadeia protéica) e a outra posição é essencialmente para a coordenação com o O_2 livre. Antes do ferro se coordenar com o O_2 (na forma desoxigenada) ele possui carga +2. Quando ocorre a ligação do oxigênio pela hemoglobina, ocorre uma mudança no estado do ferro. No estado desoxigenado, o ferro possui 5 ligantes, os 4 átomos de nitrogênio do anel porfirínico e a histidina proximal, e está num estado Fe^{2+} . No estado oxigenado, o ferro possui 6 ligantes, os 5 citados anteriormente mais o oxigênio, e apresenta menor raio iônico e está num estado Fe^{3+} . (FADEL, 2000, p. 13)

Uma das propriedades mais significantes da hemoglobina é a cooperatividade, ou seja, quando há a sua ligação com a molécula de oxigênio, a sua afinidade aumenta com o aumento da saturação do oxigênio. As quatro subunidades da hemoglobina não agem independentemente e comunicam-se umas com as outras. Quando uma unidade heme interage com uma molécula de oxigênio as outras três mostram habilidade para interagir com o oxigênio. Desta forma, a ligação de oxigênio à hemoglobina estimula a ligação de mais oxigênio à mesma molécula. (STRYER, 1996, p. 149; VOET, D.; VOET, J.; PRATT, 2000, p. 168)

Assim, será utilizada uma linguagem química para a explicação da ligação que a hemoglobina realiza com a molécula de oxigênio, podendo ser abordado a natureza das ligações químicas, a mudança na geometria da hemoglobina ocasionada pela coordenação com a molécula de oxigênio, devido ao efeito cooperativo, a ligação do monóxido de carbono (CO) à

hemoglobina e o efeito tóxico causado por esta ligação, além de ter a possibilidade de introduzir o conceito de complexos.

A discussão do efeito cooperativo é muito importante, pois os alunos podem fazer a correlação entre a geometria das moléculas e suas funções biológicas. Desta forma, foi realizada uma (re)organização do conhecimento acadêmico superior, sobre este tema, ao ensino médio, para que os alunos possam se conscientizar e aprender um processo que acontece no seu corpo a todo o momento, como é o transporte de oxigênio realizado pela hemoglobina e o efeito cooperativo ocasionado por essa ligação.

O USO DE MODELOS

O uso de modelos pode contribuir muito para a aprendizagem em sala de aula, pois possibilita maior facilidade de visualização, de idéias, objetos, eventos, processos ou sistemas que são complexos. Assim, um modelo pode ser considerado um intermediário entre as abstrações da teoria e as ações concretas da experimentação. (COLINVAUX, 1998, p.17)

No ensino da química, a forma como alguns assuntos são abordados: ligações químicas, estruturas moleculares e estereoquímica, conduz o estudante a imaginar a química como uma ciência abstrata, pois muitas vezes este não consegue conceber estas idéias no espaço tridimensional, dificultando consideravelmente o aprendizado, além de transmitir o conceito errôneo de que o estudo da química é meramente decorativo. (LIMA, 1999, p. 903).

A visualização de um processo utilizando um modelo é importante, pois simplifica, ilustra e permite a exploração da estrutura e do processo químico associado. Desta forma, o presente trabalho propõe um modelo material com o objetivo de explicar o efeito cooperativo, mostrando como ocorre a ligação do oxigênio ao grupo heme da hemoglobina e como esta altera a sua estrutura. É possível ressaltar a alteração que ocorre na carga e no tamanho do íon Fe(II), quando ocorre a ligação da molécula de oxigênio à hemoglobina.

Além do aspecto didático e do desenvolvimento de novos conteúdos, o uso de modelos também tem a função de promover a interação entre os alunos, permitindo a construção do conhecimento a partir das suas próprias observações. Assim, ele desenvolve o seu raciocínio, aprende a conviver em grupo e vivência o conteúdo.

Segundo Vygotsky (2005), o homem produz na e pela linguagem, isto é, na interação com outros sujeitos que formas de pensar são construídas por meio da apropriação do saber da comunidade em que está inserido o sujeito.

No processo de ensino e de aprendizagem, o professor possui grande importância. Este aspecto é reforçado nos PCNEM's, que afirma que o professor deixa de ser o detentor do saber, para ser o elemento mediador e possibilitador das interações entre os alunos com os objetos de conhecimento. O professor não pode ser visto como um ser superior que detém todo o saber. "Não há docência sem discência" (FREIRE, 2000, p. 23).

Além disso, é fundamental respeitar o conhecimento que o aluno traz para escola, visto ser ele um sujeito social e histórico, assim: "[...] ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção" (FREIRE, 2000, p. 25)

A construção de modelos com materiais alternativos, de forma lúdica, deve proporcionar ao aluno oportunidades de conhecimento, através de desafios, reflexões, interações e ações, além de propiciar conteúdos com mais significado.

Os modelos podem ser confeccionados, utilizando material do cotidiano de baixo custo, pelos alunos, mediado pelo professor, objetivando desenvolver neles habilidade manual,

criatividade e associação com as ligações químicas e a tridimensionalidade das moléculas, contribuindo para a formação de novos paradigmas sobre a Química e a sua interação com a vida.

PROPOSTA METODOLÓGICA

Como proposta metodológica o tema pode ser utilizado mostrando onde diversos conceitos de Química podem ser desenvolvidos de modo contextualizado, associando a realidade dos alunos ao que é ensinado, suscitando a interdisciplinaridade Química-Biologia de forma natural e espontânea.

A proposta metodológica inclui a proposição de três momentos, que podem ser desenvolvidos de acordo com a disponibilidade de tempo. O momento 1 trata da ambientação do tema, podendo ser realizado como aula expositiva (como proposto abaixo) ou como pesquisa. Independente da forma, este momento deve suscitar a discussão sobre o tema.

O momento 2 dá importância à fala dos alunos, incentivando-os a apresentar de forma livre e com as suas próprias palavras o que conseguiram pesquisar sobre o tema. É neste momento no qual começa a construção/reconstrução do saber do aluno apoiado na miscigenação do saber popular com o saber científico, sendo este processo mediado pelo professor.

O momento 3 constitui-se no desenvolvimento, confecção e uso do modelo químico tridimensional dos grupos heme da hemoglobina e do efeito cooperativo. Neste momento, os alunos aplicarão os conceitos de ligação química, raio iônico, orientação espacial e geometria das moléculas.

Os três momentos serão detalhados a seguir.

1ª aula - Aulas Expositivas:

1. Iniciar a aula propondo o tema aos alunos, levantando questões, tais como, o que acontece com o oxigênio que é respirado? Como ocorre a sua distribuição nos tecidos? O que é responsável por esta distribuição? Por que o sangue é vermelho? Desta forma, objetiva-se provocar o debate entre eles para a resolução destes questionamentos.
2. Analisar o que os alunos conhecem sobre o tema e utilizar estes conhecimentos para início da explicação.
3. No decorrer da apresentação do tema, mostrar onde os conceitos de química podem ser aplicados e qual a importância do aprendizado destes conceitos.
4. Dividir a turma em grupos, propondo temas para cada um deles, orientar como fazer a pesquisa. Os temas serão apresentados sob forma de seminários, na aula seguinte, com duração de 10 minutos. Os seguintes temas podem ser propostos:

- ✓ Níveis de CO nos túneis das cidades, construções e refinarias.
 - Causas
- ✓ Riscos de CO para a saúde (opcional)

O complexo de hemoglobina pode ser contextualizado no ensino de química no 1º e no 2º ano do Ensino Médio. Assim, a partir deste tema os seguintes assuntos podem ser desenvolvidos:

Tabela Periódica: Propriedades dos metais de transição

A cor da hemoglobina (vermelha) será explicada pelo fato do ferro (II) ser um íon de metal de transição que apresenta determinadas transições eletrônicas no complexo, que explica a cor característica do grupo heme e que fornece a cor característica da hemoglobina. Também será citado o exemplo da hemocianina que é a proteína de muitos artrópodes e moluscos, uma das diferenças da hemoglobina dos vertebrados para a hemocianina é o fato de esta ter um pigmento azulado, pois em vez de ferro, possui cobre (I) em seu centro metálico.

Cor e as Transições eletrônicas

Pode-se abordar o fato de diversos compostos de metais de transição apresentarem coloração típica em razão das transições eletrônicas envolvendo os orbitais d. Deste modo, pode-se fazer a distinção destes compostos em comparação aos dos metais alcalinos e alcalinos terrosos que em sua maioria são brancos ou incolores.

Reação ácido base de Lewis

Com o exemplo do ferro(II) ligado ao nitrogênio do anel porfirínico, os alunos podem visualizar uma aplicação da reação ácido base de Lewis, onde o ferro(II) atua como o ácido de Lewis e o nitrogênio do anel porfirínico como base de Lewis, o oxigênio que se liga ao ferro da hemoglobina também é uma base de Lewis.

A ligação da hemoglobina com: O₂ e CO

Pode-se apresentar a diferença entre as ligações do O₂ e do CO e explicar porque o CO liga-se mais fortemente a hemoglobina do que o O₂, explorando o conceito de ligação química. Além de explicar o motivo de tantos envenenamentos causados pelo mau uso do gás encanado.

2ª aula - Aulas Participativas

Apresentação dos seminários, obedecendo ao tempo estipulado. No intervalo de cada apresentação, será possível fazer comentários, sugestões que contribuam para a melhoria do trabalho e para o crescimento do aluno.

3ª aula - Desenvolvimento e confecção de Modelos da Hemoglobina em sala de Aula

Na última aula os alunos, juntamente com o professor confeccionaram um modelo para explicar a ligação do oxigênio à hemoglobina e de que forma esta ligação altera a estrutura da proteína.

Material Empregado:

- Bolas de isopor de diferentes tamanhos
- Cola
- Tinta guache: amarela, azul, vermelha
- Arame
- Fio
- Espiral utilizado em encadernação

Esquema

1) Representação dos quatro anéis pirrólicos.

As bolas azuis representam os átomos de nitrogênio, ligados através de fios, que representam os quatro anéis pirrólicos.



Figura 1. Confeção do anel porfirínico

2) Representação do grupo heme na forma desoxigenada.

A bola amarela representa o íon Fe(II) e o espiral usado em encadernação representa a ligação da histidina proximal na 5ª coordenação do ferro.

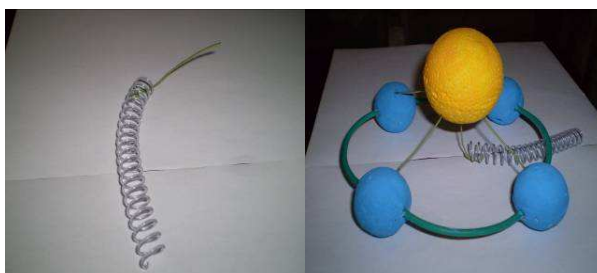


Figura 2. Ligação da histidina ligada a uma cadeia protéica na 5ª coordenação do ferro

Na forma desoxigenada o íon Fe(II) está acima do plano do anel porfirínico.

3) Representação da ligação da molécula de oxigênio a um dos grupo heme.

Quando ocorre a ligação do grupo heme com a molécula de oxigênio, representada pelas bolas vermelhas, o íon Fe(II) é deslocado para o plano do anel porfirínico, diminui o raio iônico e passa para íon Fe(III) .

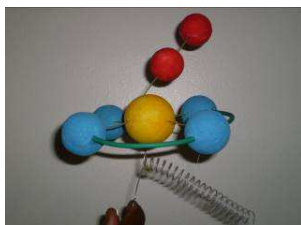


Figura 3. Ligação da molécula de oxigênio a um grupo heme.

Nesta etapa, observa-se o deslocamento da cadeia protéica e através do deslocamento de toda a cadeia peptídica explica-se o efeito cooperativo.

Montagem

A montagem será realizada pelos alunos, com o auxílio do professor que deverão identificar os elementos de acordo com o tamanho das bolas de isopor, terão então de usar o conceito de raio atômico e raio iônico.

Avaliação:

A avaliação poderá ser feita de diversas formas:

- No decorrer da aula através da solicitação da participação dos alunos
- Na resolução de exercícios ao final das explicações e exemplificações
- Através dos trabalhos de pesquisas e do seminário realizado em grupo

Aplicação da Metodologia proposta no Ensino Médio

O trabalho proposto foi aplicado em uma escola estadual no Rio de Janeiro, no ensino médio, porém, devido ao tempo disponibilizado pela escola não se pode aplicar todas as etapas da metodologia proposta.

Então, esta parte do trabalho contém os resultados desta aplicação.

Perfil dos alunos participantes da pesquisa	Quantidade de Alunos Participantes
Alunos do Ensino Médio	21

No ensino médio foi ministrada uma aula de aproximadamente 40 minutos, obedecendo às seguintes etapas:

I) Contextualização do tema:

Promoveu-se uma discussão entre os alunos, para avaliar o que eles conheciam sobre o tema. Assim, as seguintes perguntas foram realizadas:

- O que transporta o oxigênio que respiramos no nosso sangue?
- Por que o sangue é vermelho?

II) Explicação sobre o tema:

Nesta etapa houve a explicação do tema, utilizando os conceitos já vistos em sala de aula. Desta forma, foram abordados os seguintes assuntos:

- O que é hemoglobina?
- Grupo heme
- Qual o nox do ferro? E onde ele está presente na Tabela Periódica?
- Qual é a característica dos metais de transição?
- Distribuição eletrônica do ferro
- Efeito Cooperativo
- Como os grupos heme estão ligados?
- Estrutura da hemoglobina
- O que acontece quando respiramos?
- Como o oxigênio se liga à hemoglobina e por onde?
- Por que o sangue é vermelho?

III) Uso de Modelos

Foi utilizado o modelo para demonstrar a posição do íon Fe(II) e o seu tamanho no grupo heme, antes dele se ligar ao oxigênio e após a ligação, explicando a alteração do raio iônico do ferro, da sua carga e conseqüentemente a mudança de posição.

O modelo foi utilizado também para demonstrar como ocorre o efeito cooperativo e como a molécula de oxigênio se liga ao grupo heme.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao final das atividades, os alunos responderam um pequeno questionário, oralmente, com o objetivo de avaliar o que eles haviam entendido. As perguntas realizadas foram:

- 1) Como se chama o grupo que se liga à molécula de oxigênio na Hemoglobina?
- 2) Que alteração ocorre com o íon ferro após ele se ligar à molécula de oxigênio?
- 3) Explique o efeito cooperativo

Os alunos interagiram no momento das perguntas e se esforçaram para respondê-las. Duas alunas responderam corretamente as três perguntas. Apesar das respostas estarem corretas observou-se que os alunos não conseguiram usar a linguagem química para responder os questionamentos que foram submetidos.

A maioria dos alunos respondeu apenas uma ou duas perguntas do questionário. Os alunos tiveram dificuldades em responder, como se chama o grupo que se liga à molécula de oxigênio na Hemoglobina. Porém, a maior parte respondeu corretamente, que alteração ocorre com o íon ferro após ele se ligar à molécula de oxigênio e explicaram corretamente o efeito cooperativo, pois fizeram a associação com o modelo.

Ao final da aula, distribuiu-se um questionário, para que os alunos fizessem uma avaliação sobre a aula.

1 – Você considerou a abordagem do tema no ensino de química:

Muito bom Bom Regular Ruim

2 – Qual era o seu grau de conhecimento sobre o tema:

Muito bom Bom Regular Ruim

3 – O tempo utilizado para a contextualização do tema foi:

Muito bom Bom Regular Ruim

4 – A motivação inicial para despertar interesse sobre o tema foi:

Muito bom Bom Regular Ruim

5 – O uso de recursos didáticos foi:

Muito bom Bom Regular Ruim

6 - A proposição e o uso do modelo de coordenação do O₂ com o grupo heme foi:

Muito bom Bom Regular Ruim

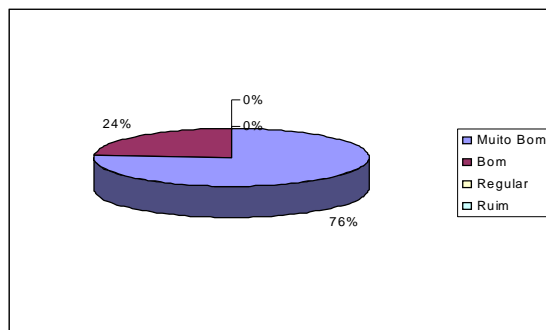
7 - Você considera a importância do tema no ensino médio de química:

Muito bom Bom Regular Ruim

Após aplicação do questionário foi possível a demonstração dos seus resultados pela construção dos gráficos apresentados a seguir:

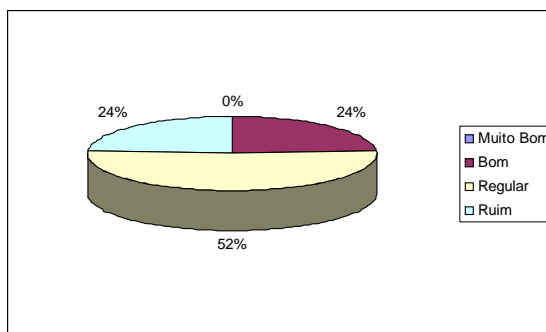
Você considerou a abordagem do tema no ensino de química:

Gráfico 1



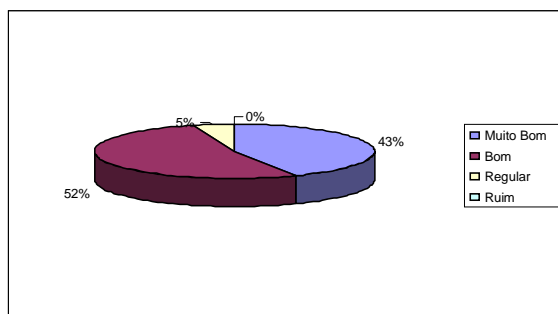
Qual era o seu grau de conhecimento sobre o tema:

Gráfico 2



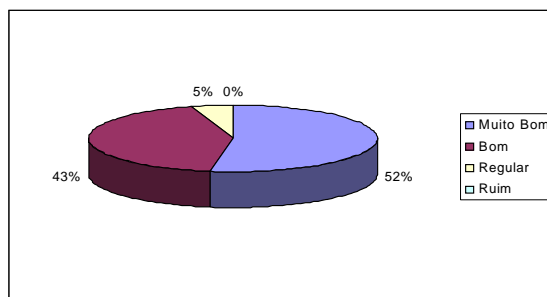
O tempo utilizado para a contextualização do tema foi:

Gráfico 3



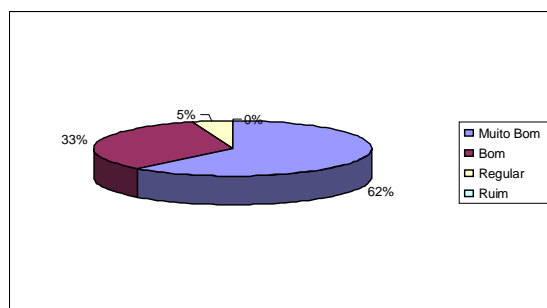
A motivação inicial para despertar interesse sobre o tema foi:

Gráfico 4



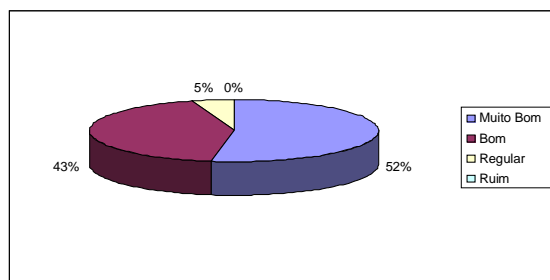
O uso de recursos didáticos foi:

Gráfico 5



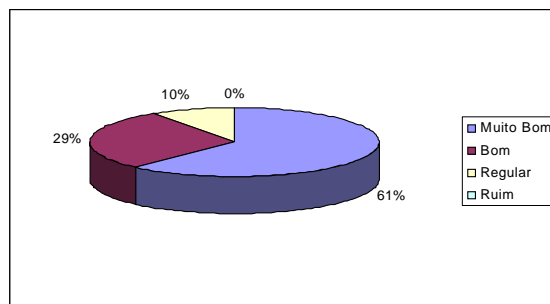
A proposição e o uso do modelo de coordenação do O₂ com o grupo heme foi:

Gráfico 6



Você considera a importância do tema no ensino médio de química:

Gráfico 7



Analisando-se os gráficos, percebe-se que os alunos consideraram muito boa a contextualização do tema, porém não possuíam muito conhecimento sobre o assunto.

Consideraram bom o tempo para a contextualização do tema, já que o tema foi abordado em apenas 40 minutos e o ideal seria que fosse utilizada pelo menos três aulas, como é sugerida na proposta metodológica.

A motivação inicial para despertar interesse sobre o tema e o uso dos recursos didáticos, também foram considerados muito bons pela maioria dos alunos.

A maioria também considerou a proposição e o uso do modelo de coordenação do O₂ com o grupo heme, muito boa. Durante a aula, os alunos interagiram bastante no decorrer da explicação e gostaram muito do modelo proposto, todos quiseram analisá-lo de perto e entenderam com mais facilidade o que estava sendo exposto.

A maior parte dos alunos também considerou muito importante a contextualização do tema no ensino médio de química.

CONCLUSÃO

Com o uso de modelos, de forma lúdica, o aluno passa a incorporar e ampliar seus conhecimentos sobre o que está sendo estudado, além disso, a utilização de modelos facilita a compreensão dos alunos sobre o assunto que está sendo exposto, já que muitos possuem dificuldade de enxergar as moléculas de forma tridimensional, o que dificulta o aprendizado.

A utilização de modelos nas aulas de química, também pode ser considerada uma alternativa para mudança de pensamento que as aulas de químicas são baseadas na decoração de nomes e fórmulas, além de mostrar que utilizando materiais de baixo custo e facilmente encontrados no cotidiano, pode-se fazer uma aula, onde há a participação dos alunos e interação entre eles, tornando a aula mais prazerosa.

A abordagem do tema proposto utilizando modelos permite que os alunos possam aplicar os vários conceitos de química vistos em sala de aula, além de tratar o ensino de química de forma contextualizada, pois há a possibilidade do aluno verificar na sua vida a aplicação da química.

Além disso, este tema proporciona perceber a química não como uma disciplina isolada com suas barreiras epistemológicas, mas sim como uma disciplina que pode ser discutida sob diversos aspectos e por várias outras disciplinas, que de maneira integrada permitem que o aluno tenha possibilidades de conhecimento ilimitadas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CHASSOT, A. **Para que(m) é útil o ensino?** 2ª edição. Canoas: ULBRA, 2004.

COLINVAUX, D. **Modelo e Educação em Ciências.** Rio de Janeiro: Ravil, 1998.

FADEL, V. **Estrutura Cristalográfica da Hemoglobina Isolada do Lobo Guará.** 2000. 91 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"- UNESP, São Paulo

FREIRE, P. **Educação como Prática da Liberdade.** 30ª edição. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 14ª edição. São Paulo: Paz e Terra, 2000.

GIORDAN, M.; GÓIS, J. **Telemática Educacional e Ensino de Química: Considerações em Torno do Desenvolvimento de um Construtor de Objetos Moleculares**. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa v.3, n.2, p. 41-59, 2005.

HUHEEY, J. E, KEITER, E. A., KEITER, R. L. **Inorganic Chemistry - Principles of Structure and Reactivity**. 3ª edição. New York: Harper Collins College Rublishers, 1993.

LIMA, M.B.; LIMA NETO, P. De. **Construção de Modelos para Ilustração de Estruturas Moleculares em Aula de Química**. Química Nova, v.22, n. 6, p. 903-906, 1999.

LÜCK, H. **Pedagogia Interdisciplinar – Fundamentos teórico-metodológicos**. 2ª edição. Petrópolis: Vozes, 1995.

Parâmetros Curriculares Nacionais (Ensino Médio). Brasília.MEC.2000. Disponível em: <www.mec.gov.br> – Acesso em 11/05/2009.

SCHNETZLER, R. P.; SANTOS, W.L. P. **Educação em Química – Compromisso com a cidadania**. 3ª edição. Rio Grande do Sul: Unijuí, 2003.

STRYER, L. **Bioquímica**. 4ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.

VIGOTSKY, L. S. A. **Pensamento e Linguagem**. 3ª edição. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

VOET, D.; VOET, J. G.; PRATT, C.W. **Bioquímica**. Porto Alegre: Artmed, 2000.