



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

**MODELO CIENTÍFICO EXPLICATIVO DA MOLÉCULA DO BENZENO
MATERIAL DIDÁTICO ESTRUTURADO
NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

Maria Ester Centurião Benites Garcia

**CAMPO GRANDE - MS
ABRIL - 2012**

MARIA ESTER CENTURIÃO BENITES GARCIA

**MODELO CIENTÍFICO EXPLICATIVO DA MOLÉCULA DO BENZENO
MATERIAL DIDÁTICO ESTRUTURADO
NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul como requisito final para a conclusão do curso de Mestrado em Ensino de Ciências.

Orientador (a): Profa. Dra. Maria Celina Piazza Recena.

**CAMPO GRANDE - MS
ABRIL - 2012**

DEDICATÓRIA

Aos amigos que estiveram presentes nesta jornada, com palavras sábias, que confortaram meu coração nos momentos críticos.

Aos professores que proporcionaram os momentos críticos devido a novos desafios.

Ao coração que conseguiu superar os desafios e bombear um sangue apaixonado por este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial:

À Deus, a mamãe “*Tila*” e ao papai Cornélio (in memoriam), que relembro com saudades seus ensinamentos que contribuíram na minha formação pessoal, correta, íntegra e persistente.

Aos irmãos Nelson, Alexandre (in memoriam), Paulo César, Henrique, Rodrigo e Natália, uma família com diversas personalidades, mas que tem como fortaleza a dona “*Tila*”, mulher, forte, guerreira e que foi mãe e pai durante nossa formação.

Aos queridos sobrinhos, Anna Karolina, Jone Lenons, Kelly Cristina, Beatriz e Luiz Gustavo.

Ao Silvío, meu grande amor, que buscou compreender a minha ausência com humor e brincadeiras “*monte uma barraca na UFMS*”.

Ao netinho Kãua e a netinha Izadora, lindos, amorosos e que fizeram com que eu desviasse um pouco o foco deste trabalho.

À filha Lillian e ao filho Jefersson dois amores cultivados com muito afeto e carinho.

Ao futuro genro Fábio e a nora Franciele que chegaram para enriquecer os laços familiares.

À Prof. Dra. Maria Celina, pela orientação, amizade, carinho, incentivo e confiança desde o primeiro passo desta caminhada.

Aos membros da banca, Prof. Dr. João José Caluzi (UNESP, BAURU), Prof. Dr. Dario Xavier Pires (UFMS) e Prof. Dr. Onofre Salgado Siqueira (UFMS), por aceitarem o convite para avaliação deste trabalho e pelas valiosas sugestões.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Dra Maria Celina, Dra. Shirley Takeco Gobara, Dra. Lenice Heloísa de Arruda Silva, Dr. Paulo Ricardo da Silva Rosa, Dr. Dario Xavier Pires, Dr. Onofre Salgado Siqueira, Dr. João José Caluzi e Dr. Marcelo Carbone Carneiro, que contribuíram com este trabalho que foi construído passo a passo sempre na busca da aplicação dos conhecimentos discutidos nas aulas.

Ao Leonardo, pela paciência e disposição em nos auxiliar na elaboração dos quadros.

À Lúcia Simão, amiga que acompanhou esta caminhada desde a Licenciatura em Química e estendeu sua mão nos momentos difíceis.

Aos amigos mestrandos e mestres do grupo 2009, Juliana, Marcia, Sabrina, Ilzo, Glaucia, Kamila, Rodrigo, Ana Cristina, Eduardo e Leila, um grupo maravilhoso, unido e atento às aulas que transcorriam com calorosas discussões e que entre um café e outro o ambiente era de incentivo.

RESUMO

Foram analisados os Livros Didáticos de Química do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio de 2008 (PNLEM/2008) e de 2012 (PNLD/2012), com a metodologia análise de conteúdo, identificando problemas nas abordagens sobre o benzeno para subsidiar a elaboração de um material didático complementar. Elaborou-se, aplicou-se e avaliou-se o Material Didático, baseado na História da Ciência, que apresenta um conteúdo histórico sobre os “*Modelos Explicativos para a Molécula do Benzeno (MEMB)*” com a finalidade de subsidiar professores e alunos, nas discussões sobre a Natureza da Ciência (NdC) referente ao fazer científico na construção desses modelos, motivar e atrair, demonstrar que os modelos são mutáveis e instáveis, promover a compreensão das representações e dos conceitos referentes a essa molécula. Os resultados indicaram que é o Material Didático contribuiu para os objetivos delineados e que é possível discutir a NdC com mais aprofundamento do que o verificado nos Livros Didáticos com alunos do ensino médio.

Palavras-chave: Benzeno; Material Didático; Livro Didático; História da Ciência.

ABSTRACT

We analyzed the Textbook Chemistry Program National Textbook for High School of 2008 (PNLEM/2008) and 2012 (PNLD/2012), with content analysis methodology, identifying problems in the approaches on benzene to subsidize developing a complementary teaching material. Prepared, applied and evaluated a Courseware, to supplement the textbooks based on the History of Science that presents a historical content on the “Explanatory Models for Benzene Molecule (EMBM)” in the order to support teachers and students in discussions about the Nature of Science (NdC) for the scientific work in the construction of these models, motivate and attract, show that the models are shifting and unstable, promoting understanding of representations and concepts related this molecule. The results indicated that the teaching material is contributed to the objectives outlined and it is possible to discuss the NdC with more depth than found in textbooks to high school students.

Keywords: Benzene; Courseware; Textbook; History of Science.

SUMÁRIO

LISTA DE QUADROS	X
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XII
APRESENTAÇÃO	XIII
INTRODUÇÃO	01
CAPÍTULO I - HISTÓRIA DA CIÊNCIA DO ENSINO	09
CAPÍTULO II - ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA APROVADOS NO PNLD	21
2.1 PROCESSO DE ESCOLHA DO LIVRO DIDÁTICO EM UMA ESCOLA PÚBLICA DE CAMPO GRANDE-MS.....	22
2.2 ANÁLISE DOS LIVROS: QUÍMICA E SOCIEDADE; QUÍMICA PARA A NOVA GERAÇÃO – QUÍMICA CIDADÃ.....	26
2.3 ANÁLISE DO LIVRO: QUÍMICA NA ABORDAGEM DO COTIDIANO.....	27
2.4 ANÁLISE DO LIVRO: QUÍMICA – MEIO AMBIENTE – CIDADANIA – TECNOLOGIA.....	31
2.5 ANÁLISE DO LIVRO: QUÍMICA.....	32
2.6 ANÁLISE DO LIVRO: SER PROTAGONISTA QUÍMICA.....	33
2.7 MODELOS NO ENSINO DE QUÍMICA.....	34
CAPÍTULO III - A HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO DOS MODELOS EXPLICATIVOS PARA A MOLÉCULA DO BENZENO	37
3.1 A DESCOBERTA DO BENZENO POR MICHAEL FARADAY (1791-1867)...	38
3.2 A HISTÓRIA DO BENZENO A PARTIR DE UM SONHO.....	40
3.3 OS MODELOS EXPLICATIVOS PARA A MOLÉCULA DO BENZENO.....	44
CAPÍTULO IV - METODOLOGIA	49
4.1 ELABORAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO.....	49
4.1.1 Estágio das explicações sobre o benzeno.....	50
4.2 O MATERIAL DIDÁTICO E SUA APLICAÇÃO.....	55
CAPÍTULO V - RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
5.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES REFERENTE À APLICAÇÃO DO TEXTO 1 - “ <i>Descobrimo uma nova substância</i> ”.....	57
5.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES REFERENTE À APLICAÇÃO DO TEXTO 2 - “ <i>Conhecendo melhor o “bicarbureto de hidrogênio”, posteriormente chamado de Benzeno</i> ”.....	62

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES REFERENTE À APLICAÇÃO DO TEXTO 3 - “Como se arranjariam 6 átomos de carbono e 6 átomos de hidrogênio no benzeno?”.....	70
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÕES REFERENTE À APLICAÇÃO DO TEXTO 4 - “Os cientistas se surpreendem estudando o Benzeno - as previsões não são confirmadas !!”.....	83
CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS	92
APÊNDICES	100
ANEXOS	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Respostas dos alunos às perguntas do texto 1.....	58
Quadro 2 - Respostas dos alunos às perguntas do texto 2.....	63
Quadro 3 - Respostas dos alunos às perguntas do texto 3.....	71
Quadro 4 - Respostas dos alunos às perguntas do texto 4.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Modelos representados pelos Alunos.....	02
Figura 2	– Representação do benzeno com círculo tracejado.....	04
Figura 3	– Representação do benzeno por estruturas de ressonância.....	04
Figura 4	– Representação do benzeno com círculo contínuo.....	04
Figura 5	– Representações do benzeno com ligações duplas e simples alternadas e círculo no meio.....	06
Figura 6	– Características da cadeia carbônica.....	26
Figura 7	– Representações cíclicas de outros pesquisadores.....	29
Figura 8	– Imagens de Kekulé.....	30
Figura 9	– Uroboros e fórmula estrutural do benzeno.....	31
Figura 10	– Esquema para obtenção do benzeno.....	39
Figura 11	– Modelos para o Benzeno.....	45
Figura 12	– Representação da reação de substituição do benzeno.....	51
Figura 13	– Representações Estruturais dos produtos obtidos na reação de Substituição: (A) e (B) dois 1,2 dibromobenzeno, (C) 1,3 dibromoBenzeno e (D) 1,4 dibromobenzeno.....	51
Figura 14	– Representações estruturais dos produtos obtidos na reação de substituição: (A) 1,2 dibromobenzeno, (B) 1,3 dibromobenzeno (C) 1,4 dibromobenzeno.....	52
Figura 15	– Representações estruturais dos (A) e (B) dois 1,2 dibromobenzeno.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A –	Alunos da turma A da E1
B –	Alunos da turma B da E1
C –	Alunos da turma C da E1
D –	Alunos da turma C da E2
AP –	Assessoria Pedagógica
E1 –	Escola 1
E2 –	Escola 2
HC –	História da Ciência
HFC –	História e Filosofia da Ciência
HK-1 –	Hipótese 1
HK-2 –	Hipótese 2
HK-Osc –	Revisão da Hipótese 2
LD –	Livro Didático
LDs –	Livros Didáticos
MD –	Material Didático
MDs –	Materiais Didáticos
MEMB	Modelos Explicativos para a Molécula do Benzeno
MP –	Manual do Professor
MS –	Mato Grosso do Sul
NdC –	Natureza da Ciência
PCNs –	Parâmetros Curriculares Nacionais
PNLEM/2008 –	Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio/2008
PNLD/2012 –	Programa Nacional do Livro Didático/2012
TCC –	Trabalho de Conclusão de Curso
UFMS –	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
UnB –	Universidade de Brasília

APRESENTAÇÃO

Durante minha graduação em Química Licenciatura na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), desenvolvi no Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) uma pesquisa para identificar possíveis obstáculos epistemológicos provenientes dos assuntos sobre a molécula do benzeno. Identifiquei os obstáculos verbal e de conhecimento geral nos Livros Didáticos (LDs) do PNLEM/2008 devido a explicações inadequadas relacionadas a História da Ciência (HC), referente aos modelos do benzeno representados por fórmulas estruturais.

Após concluir a graduação, surgiu a oportunidade de ingressar no mestrado e desenvolver um MD de apoio aos professores para discutir os Modelos Explicativos para a Molécula do Benzeno (MEMB) com base na História da Ciência (HC) para favorecer a compreensão da Natureza da Ciência (NdC) e dos conceitos e interpretação das estruturas simbólicas desta importante molécula.

Assim, nesta pesquisa elaborei, apliquei e avaliei um Material Didático (MD), para complementar os LDs da terceira série do no ensino médio. Esse MD foi baseado na HC que apresenta um conteúdo histórico sobre os MEMB.

GARCIA, Maria Ester Centurião Benites. Modelo Científico Explicativo da Molécula do Benzeno - Material Didático estruturado na História da Ciência. 2012, 116 p . (Mestrado em Ensino de Ciências) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), Campo Grande-MS, 2012.

INTRODUÇÃO

No século XIX, em 1861, Friedrich August Kekulé Von Stradonitz (1829-1896) publicou um livro didático, no qual *“deu a ciência da química orgânica sua definição moderna, ou seja, um estudo de compostos de carbono”* (SOLOMONS e FRYHLE, 2001, p. 4). Desde então, a maioria das publicações didáticas usam essa definição e também informações históricas referente aos trabalhos desse cientista.

O estudo da Química Orgânica contribui para que o aluno compreenda no mundo macroscópico as transformações da matéria, reações químicas, como por exemplo, a combustão do gás de cozinha, do combustível dos carros e da queima das matas. Entretanto, para interpretar o macroscópico, há necessidade de compreender e descrever o mundo em nível microscópico, conforme afirmam Roque e Silva (2008, p. 921) :

Uma grande dificuldade para o entendimento dos fenômenos químicos está em se conhecer a constituição das substâncias que formam os organismos vivos e os objetos. O mundo material em que vivemos é percebido pelos animais através dos seus sentidos. Essa percepção é, no entanto, limitada, e foi superada com a descrição das substâncias em termos atômicos. O átomo veio fundamentar teoricamente a experiência dos sentidos, possibilitando uma descrição mais ampla e profunda do mundo material, justificando sua enorme diversidade. Hoje, aceitamos a matéria como constituída por substâncias que por sua vez são compostas por átomos, que se ligam formando moléculas ou íons. [...] Por serem partículas muito pequenas, as porções de matéria que percebemos correspondem a aglomerados de quintilhões, ou mais, de átomos. (ROQUE e SILVA, 2008, p. 921).

Ainda, segundo os autores (p. 921) a interpretação e a descrição desse mundo microscópico necessitam de uma linguagem específica, por exemplo, *“[...] modelos, representados por fórmulas estruturais, equações, gráficos e figuras, as coisas do mundo como compreendidas pelo químico”*.

Considerando que essa linguagem específica faz parte das aulas de Química no ensino médio, investigou-se a concepção de alunos em relação as ligações entre os carbonos na molécula do benzeno. Constatou-se que concluem o ensino médio com dificuldades a esse respeito devido as peculiaridades da estrutura da molécula do benzeno, que são de difícil compreensão, pois requerem uma mudança em relação aos modelos que são utilizados para descrever as demais

moléculas orgânicas, estudadas anteriormente na sequência didática tradicional do currículo escolar. Nessa sequência tradicional ensina-se que o carbono é tetravalente e pode ser expresso conforme apresentado na figura 1. Nessa figura evidencia-se a dificuldade do aluno porque não conseguiu apresentar o modelo representado por fórmula estrutural e molecular do benzeno. (ALCANTARA e RECENA, 2003; GARCIA E RECENA, 2008a, 2008b).

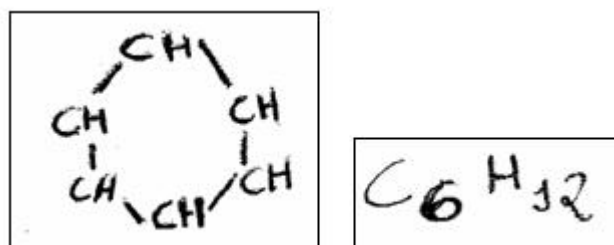


Figura 1 – Modelos Representados por aluno
Fonte: Garcia e Recena, 2008a

Assim, para subsidiar os professores, no entendimento dos motivos das dificuldades dos alunos, em 2008 no TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) analisei a abordagem do benzeno nos Livros Didáticos do PNLEM/2008 (Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio/2008a), para identificar possíveis obstáculos epistemológicos, segundo a perspectiva de Gaston Bachelard (1884-1962) que nasceu na França, era professor, filósofo e epistemólogo.

Foi possível identificar que na elaboração dos modelos correspondentes a molécula do benzeno, a abordagem dos livros levava ao que Bachelard indicou como obstáculo de “*conhecimento geral*”, que é um conhecimento sem precisão, vago e não científico. Portanto, por ser apresentado como uma visão geral restringe-se a superficialidades.

Bachelard ao analisar o progresso do conhecimento científico constatou que as leis gerais bloqueiam as idéias porque “[...] mesmo seguindo um ciclo de idéias exatas, percebe-se que a generalidade imobiliza o pensamento” (BACHELARD,

1996, p.72). Considerou-se na análise dos livros como generalidade a história do benzeno: “[...]. Kekulé foi também o primeiro a sugerir a estrutura aceita atualmente para o benzeno, a de uma molécula cíclica” (PERUZZO e CANTO, 2003, p. 7). Segundo Wotiz e Rudofsky (1993) essa informação está errada porque outros pesquisadores também propuseram estruturas cíclicas para representar o benzeno.

Nessa linha de investigação, em novembro de 2010 aplicou-se um questionário (Apêndice A) a 16 alunos do ensino médio, de uma Escola Pública de Campo Grande-MS, baseado no livro Santos et al. (2007), visto que o livro fora adotado pela escola. Os objetivos foram de investigar e analisar a concepção dos alunos e possíveis influências do LD adotado, no processo de ensino e aprendizagem sobre a molécula do benzeno.

Os alunos usaram o LD e não tiveram dificuldades em responder as perguntas sobre a definição de Química Orgânica, suas características, análise elementar. Relacionaram a determinação da fórmula molecular do benzeno com a análise elementar e outras. Porém, apresentaram dificuldades em responder sobre a existência de apenas uma substância com fórmula molecular C_6H_5Br e três com fórmula molecular $C_6H_4Br_2$, ou seja, não demonstraram entendimento da relação explicitada no LD sobre o comportamento destas substâncias frente as reações químicas de adição e substituição. Identificaram que os aromáticos incluem o benzeno e seus derivados, mas não indicaram o anel benzênico como sendo a característica desses compostos. Demonstraram compreender as implicações do comprimento das ligações entre os carbonos ser o mesmo, para a conformação da molécula, ou seja, que esse fator evidencia que o benzeno não poderia ter uma conformação de hexágono regular.

Na interpretação das representações da molécula, explicaram a representação hexagonal com um círculo tracejado no centro, conforme figura 2, como sendo elétrons movimentando-se, circulando ao redor, entre os átomos de carbono. Assim, percebeu-se que para os alunos tal representação é associada a movimento dos elétrons mas sem uma interpretação do fenômeno.

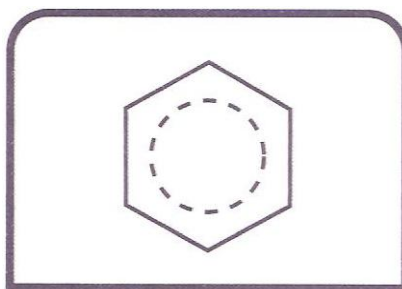


Figura 2 – Representação do benzeno com círculo tracejado
Fonte: Santos et al., 2007

Também interpretaram a representação dos “*híbridos de ressonância*”, conforme figura 3, como sendo uma única estrutura que é um misto de ambas as representações.

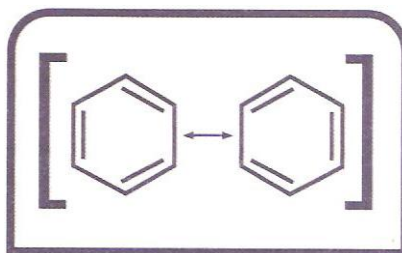


Figura 3 – Representação do benzeno por estruturas de ressonância
Fonte : Santos et al., 2007

E, por fim consideram que o hexágono com o círculo de linha contínua no centro, conforme figura 4, indica o movimento dos elétrons e como sendo a representação da estrutura de ressonância do benzeno.

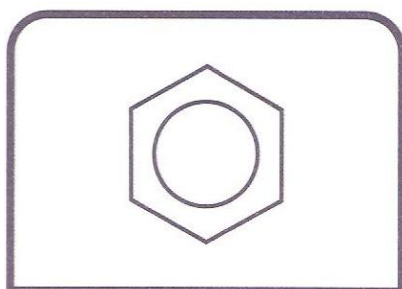


Figura 4 – Representação do benzeno com círculo contínuo
Fonte: Santos et al., 2007

No início de 2011, na primeira semana de aulas, investigamos 24 alunos, do curso de Licenciatura em Química da UFMS, oriundos de escolas públicas e privadas de Campo Grande e de outras cidades do estado, em que foi aplicado um questionário escrito e aberto (APÊNDICE B), com objetivo de buscar a concepção dos mesmos sobre os modelos representados por fórmulas estruturais e moleculares.

Apresenta-se a seguir as discussões do questionário aplicado referente ao benzeno. A pesquisa indicou que os alunos conhecem sua representação, mas não entendem o significado dos modelos científicos que geraram cada representação do benzeno.

Referente a questão da fórmula estrutural, dois alunos indicaram motivos relacionados a representação: *“Essa fórmula foi proposta para reduzir o tamanho dela, tanto na fórmula molecular como estrutural, pois a muitas ligações de carbono”*. Enquanto que quatro mencionaram motivos relacionados as ligações entre os átomos de carbono e os demais não responderam.

Referente a questão da fórmula molecular do benzeno C_6H_6 , a maioria dos alunos indicou que é o número de carbonos e hidrogênios existentes na molécula. No entanto alguns alunos representaram a fórmula estrutural no lugar da molecular, sete alunos representaram o hexágono com um círculo no meio, dois indicaram alternância das duplas ligações, um descreveu a ressonância e doze alunos representaram a fórmula estrutural com ligações duplas e simples alternadas com ou sem a representação dos átomos e forneceram explicações tais como: *“A molécula do benzeno consiste em um ciclo formado por seis carbonos ligados entre si, com duplas ligações conjugadas. Além disso, os átomos de carbono estão ligados a um átomo de hidrogênio cada”*.

Referente a questão do híbrido de ressonância doze alunos representaram duas estruturas com ligações duplas e simples alternadas em posições diferentes, quatro representaram o hexágono com o círculo no meio e explicações tais como: *“elétrons saltam”, “alternam”, “movimentam” e “apresentam ressonância”*.

Referente a questão sobre o sonho de Kekulé, somente três responderam e citaram a cobra agarrando a própria cauda.

Referente a questão para investigar a diferença das ligações entre carbonos, sete alunos responderam que são compostos diferentes. A segunda estrutura

representada na figura 5, foi reconhecida como anel aromático, quatro alunos indicaram como fenol e outras explicações referiam-se a ressonância.

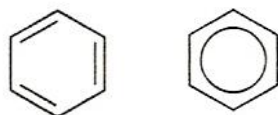


Figura 5 – Representações do benzeno com ligações duplas e simples alternadas e círculo no meio

Referente a questão para investigar o conhecimento do aluno sobre a teoria de ressonância, foi citado: *“ressonância”, “movimentação dos elétrons”, “deslocalização dos elétrons”, “alteração das duplas ligações”*.

Referente ao significado de composto aromático, vinte e um alunos não teceram nenhum comentário, três citaram o cheiro e o aroma enquanto que outros representaram o benzeno para indicar o anel aromático e assim definir composto aromático.

Portanto, no ensino médio, a discussão referente ao benzeno, provavelmente está apoiada por Livros Didáticos (LDs), que não oportunizam a construção de conceitos sobre modelos e teorias que respondem pela explicação da estrutura dessa molécula e suas propriedades.

Estudos indicam que a História da Ciência (HC) pode auxiliar no processo de ensino e aprendizagem e assim para contribuir na superação das dificuldades elaboramos, aplicamos e avaliamos um Material Didático (MD) composto por quatro textos que foram elaborados com discussões sobre os fatos de natureza científica que levaram a construção dos Modelos Explicativos para a Molécula do benzeno (MEMB), ressaltando aspectos da Natureza da Ciência (NdC).

O MD é complementar aos LDs de Química do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM/2008) e do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD/2012). Para tanto, analisou-se a abordagem da construção dos

MEMB nos LDs evidenciando suas características, principalmente relacionadas a abordagem histórica.

Em decorrência, nesta dissertação de mestrado, a questão investigada foi :
“*Quais as contribuições do Material Didático baseado na História da Ciência para a compreensão dos Modelos Explicativos para a Molécula do Benzeno, de reações de substituição e adição dos compostos aromáticos e de características da Natureza da Ciência, por alunos da terceira série do ensino médio?*”.

Assim, os objetivos do trabalho são:

OBJETIVO GERAL

- ✓ Fornecer subsídios, complementares ao Livro Didático, para professores do ensino médio desenvolverem aulas sobre os Modelos Explicativos para a Molécula do Benzeno.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Indicar subsídios para abordagens críticas na utilização dos Livros Didáticos sobre o benzeno;
- ✓ Elaborar e avaliar um Material Didático, como instrumento didático-pedagógico para o ensino dos Modelos Explicativos para a Molécula do Benzeno, de reações de substituição e adição dos compostos aromáticos e de características da Natureza da Ciência.

Como produto educacional decorrente deste trabalho, o MD, após corrigido, será disponibilizado no site do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências - UFMS, podendo ser utilizado pelos professores com seus alunos, em salas de aula e tecnologia no ensino médio.

A pesquisa, portanto, procurou demonstrar as contribuições de um MD estruturado na HC, para alunos da terceira série do ensino médio, na compreensão dos MEMB e também da NdC com relação a construção do conhecimento científico.

A apresentação da dissertação pautou-se por enfatizar, primeiramente no capítulo I, o estado da arte com relação à HC, focado no ensino e resultado de pesquisas nesse sentido. No capítulo II, a abordagem da história dos MEMB em dois LDs aprovados pelo PNLEM/2008 e PNLD/2012. No capítulo III um delineamento da história dos MEMB iniciando com a descoberta dessa substância e pontuando situações que foram importantes e complementares para o atual modelo aceito cientificamente. No capítulo IV apresenta-se a metodologia utilizada na pesquisa, focada na avaliação do MD aplicado com alunos da terceira série do ensino médio para apresentar os resultados e discuti-los no capítulo V. Por fim tecemos considerações finais, a guisa de conclusões e encaminhamento para pesquisas futuras.

CAPÍTULO I

HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO ENSINO

A importância da abordagem da História da Ciência (HC) no ensino vem crescendo, devido a constatação de diversas pesquisas (MATTHEWS,1995; SANTOS, 2006; MILARÉ, 2008) sobre sua influência na aprendizagem. Essas pesquisas indicam que a abordagem da HC no ensino contribui para que os alunos: sintam-se motivados e atraídos para o estudo; percebam que a ciência é mutável e instável; melhorem seus resultados de aprendizagem; comparem suas concepções prévias com as vigentes em determinadas épocas históricas criando possibilidades de discussão.

Reforçando essa tendência, qual seja das contribuições que a HC pode dispensar à promoção do conhecimento, constatamos a afirmação do editor da revista científica *Science & Education*, Michael Matthews, que destaca alguns argumentos favoráveis ao ensino da HC nos programas curriculares:

A História promove melhor compreensão dos conceitos científicos e métodos; Abordagens históricas conectam o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento de idéias científicas; A história da ciência é intrinsecamente valiosa. Episódios importantes da História da Ciência e Cultura e revolução científica, o darwinismo, a descoberta da penicilina etc. deveriam ser familiares a todo estudante; A História é necessária para entender a natureza da ciência; A História neutraliza o cientificismo e dogmatismo que são encontrados frequentemente nos manuais de ensino de ciência e nas aulas. (MATTHEWS, 1995, p.164-214).

Também os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), relativos a Química, documento oficial que indica as tendências do ensino no Brasil, apresentam considerações sobre abordagem da História da Química no ensino médio:

Na interpretação do mundo através das ferramentas da Química, é essencial que se explicita seu caráter dinâmico. Assim, o conhecimento químico não deve ser entendido como um conjunto de conhecimentos isolados, prontos e acabados, mas sim uma construção da mente humana, em contínua mudança. A História da Química, como parte do conhecimento socialmente produzido, deve permear todo o ensino de Química,

possibilitando ao aluno a compreensão do processo de elaboração desse conhecimento, com seus avanços, erros e conflitos. A consciência de que o conhecimento científico é assim dinâmico e mutável ajudará o estudante e o professor a terem a necessária visão crítica da ciência. Não se pode simplesmente aceitar a ciência como pronta e acabada e os conceitos atualmente aceitos pelos cientistas e ensinados nas escolas como “*verdade absoluta*”. [...]. Tampouco deve o aluno ficar com impressão de que existe uma “*ciência*” acima do bem e do mal, que o cientista tenta descobrir. A ciência deve ser percebida como uma criação do intelecto humano e, como qualquer atividade humana, também submetida a avaliações de natureza ética. (BRASIL, 2002, p.31-32).

Entretanto, não é possível afirmar que a HC no ensino de Química está sendo realizado, pois o Livro Didático (LD), principal articulador das atividades em sala de aula, não apresenta suporte necessário para tal.

Vidal (2009) analisando a HC nos Livros Didáticos (LDs) de Química do PNLEM 2007 verificou que:

[...] a história da ciência, da maneira como é apresentada nos livros didáticos, não contribui para que sejam atingidos os objetivos educacionais preconizados por diversos documentos, entre eles o próprio edital do PNLEM. Os livros necessitariam incorporar, em seu discurso relativo a história da ciência, formas que favorecessem a compreensão da ciência como um empreendimento humano e coletivo, sujeito a críticas, e que interage com o meio social. A abordagem de determinados episódios da história com maior riqueza de detalhes, através de estudos de caso que possibilitassem discussões mais profundas, seria mais profícua que a simples menção a um grande número de personagens, fatos e ideias. [...] A história da ciência não está sendo apresentada da maneira sugerida pela nova historiografia da ciência. Se o que se pretende no ensino médio é desenvolver entre os alunos a ideia de que a ciência é um empreendimento humano, coletivo, caracterizada por processos que prevêm a contínua crítica ao próprio conhecimento científico estabelecido, e que interage com o meio social em que é produzida, então os livros didáticos precisam incorporar formas de se abordar a história da ciência que favoreçam a construção dessas concepções. (VIDAL, 2009, p. 6, p. 94).

Complementando a ideia destacada na citação acima, ou seja, sobre a necessidade da incorporação no discurso de conceber a HC de maneira a favorecer o entendimento da mesma como sendo um empreendimento humano e coletivo, fugindo do ensino tradicional dessa vertente, Prestes e Caldeira (2009, p. 6) advertem:

Essa abordagem tradicional, praticamente já centenária, de História da Ciência, muitas vezes restrita à história de “fatos, anedotas e heróis”, infelizmente, parece não ter sido ainda abandonada nas salas de aula de ciência, ainda que não faltem alertas na literatura. Roberto Martins, em 1990, chamava a atenção de que esses elementos, além de não contribuírem para o ensino da própria ciência, promovem uma visão distorcida e mistificada da ciência e dos cientistas.

Logo, contextualizar o ensino da ciência por meio da HC é de suma importância para o ensino, no entanto, há de se considerar as ressalvas destacadas na citação acima.

E, os professores que pretendem seguir as diretrizes dos PCNs para a área de Química, segundo Vidal (2009) devem buscar outros materiais, complementares ao LD, evidenciando a sua inadequação como apoio para atividades de sala de aula.

Recentemente, o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), da Universidade Federal do Paraná (UFPR), apresentou trabalhos com essa abordagem para disciplina de Química, evidenciando a preocupação com a formação de professores e produção de Materiais Didáticos (MDs). Conforme expresso no site do projeto *“foram elaboradas 12 Propostas Didáticas (PD) para o ensino de diferentes conteúdos de química a partir da abordagem História e Filosofia da Ciência (HFC), pelos alunos/bolsistas-UFPR e pelos professores supervisores das escolas, sob orientação do Coordenador do Subprojeto Química UFPR”*. As propostas, foram desenvolvidas em três escolas públicas versando sobre temas tais como: A composição do ar respirado, Radioatividade, Tabela Periódica, Lavoisier e a combustão, Ligações Químicas, Uma proposta didática a partir de textos de Linus Pauling, Ácidos e Bases.

Observa-se que as pesquisas descritas usam a terminologia HFC, enquanto outras a HC, nesse sentido, Pagliarini (2007) esclarece que quando um material apresenta um conteúdo histórico, implicitamente há uma noção de NdC, de maneira análoga, quando se fala de HC está se falando de HFC. No entanto, segundo outros autores, nem sempre história e filosofia estão interligadas.

Mas na abordagem da HC em sala de aula é importante o entrelaçamento com a Filosofia da Ciência. E nesse sentido, diversos pesquisadores ressaltam a importância de discutir com os alunos a Natureza da Ciência (NdC), evidenciando suas características e buscando a superação da apresentação dogmática sobre a construção do conhecimento.

A abreviação NOS (nature of science), da língua inglesa, pode ser traduzida como NdC que para Matthews (1995) pode ser compreendida como um conjunto de conhecimentos sobre a ciência que tratam de seus métodos, objetivos, limitações, influência etc, e ainda ressalta a importância de incluir a discussão desses aspectos no ensino de ciências. O autor amplia essa noção em seu artigo sobre *“História Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de Reaproximação”* (1995, p.168) explicando que a NdC:

Inclui discussões acerca da objetividade e mutabilidade da ciência, as possibilidades de se distinguir entre ciência e pseudo-ciência, provas científicas e suas relações com a justificativa da teoria, método científico, explicação e predição, ética, política social e organização social da ciência.

Assim, fica explícito, a partir da citação feita acima, que a NdC está relacionada às discussões que permeiam esse contexto, tais como: os períodos de transição, que desencadeiam reflexões sobre a mutabilidade da ciência; bem como a elaboração de argumentos que possibilitem a explicação dos fenômenos abordados.

Filósofos das ciências apresentam concepções distintas sobre a NdC, por exemplo: na visão empirismo indutivista/positivismo lógico a observação precede a teoria enquanto que no construtivismo as teorias precedem a observação.

Para possibilitar as discussões sobre a NdC apresenta-se a visão de alguns filósofos segundo Borges (1996):

EMPIRISMO INDUTIVISTA / POSITIVISMO LÓGICO: Visão tradicional das ciências – Método científico empirista-indutivo, que parte de observações à formulação de teorias. Conhecimento científico é visto como seguro, por ser baseado em evidência observacional e experimental. Idéias defendidas por Francis Bacon (séc. XVII); **CONSTRUTIVISMO: Visão falseacionista** – por meio da qual nenhuma teoria pode ser considerada como absolutamente certa: é possível refutar, mas jamais comprovar o conhecimento científico. Popper, em 1935, propôs esse critério da falsificabilidade das teorias para distinguir entre ciência e não-ciência; **Visão contextualista** – Proposta por Kuhn, em 1962, pela qual a comunidade científica é conservadora e resistente a mudanças, sendo considerado como ciência apenas o que os cientistas aceitam por consenso. “É preciso julgar a Ciência de uma época de acordo com o contexto da época e não a partir dos conhecimentos atuais”. “As antigas concepções sobre a natureza não são menos científicas do que as atuais e a ciência não se desenvolve por acumulação”; **Visão anarquista sobre a metodologia científica** – Diversidade de métodos. Inexistência de regras de pesquisa que não

tenham sido violadas e necessidade de tais violações para o progresso. Síntese de idéias de Paul Feyerabend (em 1974); **Visão dialética do conhecimento científico** – Inclui razão e experiência, sendo as observações influenciadas por teorias prévias. O mesmo texto apresenta uma visão descontinuísta das ciências, pela presença de rupturas com o senso comum e com conhecimentos anteriores. Essas idéias foram defendidas por Bachelard em 1934 e retomadas, depois, por Kuhn (em 1962) e Feyerabend (em 1969). (BORGES, 1996, p. 15-16).

Dentre as divergentes visões das ciências, a visão tradicional, baseia-se em um método científico empirista–indutivo, que parte de observações à formulação de teorias e considera o conhecimento científico seguro por ser baseado em evidência observacional e experimental. Justamente essa visão foi evidenciada, no contexto escolar, em LDs e na concepção de futuros professores e alunos. (HARRES, 2006; TEIXEIRA et al., 2009; CARMO, 2011; PAGLIARINI, 2007; VIDAL 2009; SILVA M, 2009; SILVA C, 2010; SANTOS SOBRINHO, 2010; MATOS, 2011; FORATO MARTINS e PIETROCOLA, 2009a).

Desta forma verificou-se a importância de identificar e promover o rompimento ou a evolução dessa visão, mas para isso são necessárias atividades desestruturadoras conforme foram apresentadas por Harres (2006) com a finalidade de promover a evolução epistemológica. Ele perguntou a futuros professores do ensino superior como funcionaria uma investigação científica e obteve respostas que caracterizaram as visões resumidas em Borges (1996), porém classificados como: empirista-indutivista, racionalista, e eclético. Dentre os esquemas apresentados nas respostas prevaleceu a visão empirista-indutivista que se refere ao método científico no qual a observação precede a teoria. Nesse sentido a HFC é um importante apoio para as discussões sobre o fazer científico ou investigações científicas levantando as visões de ciência dos professores, alunos e possibilitando o entendimento de da ciência como um empreendimento humano com poderes e limitações.

Com essa abordagem espera-se que ocorra, no ambiente escolar, a compreensão de que existem diferentes visões de ciência e também divergências entre os filósofos. Visões contemporâneas são interessantes de serem apreendidas por professores, alunos e também incorporadas nos LDs e Materiais Didáticos (MDs).

Nesse sentido listam-se algumas importantes componentes da visão contemporânea sobre o fazer científico (PUMFREY, 1991, apud SILVA e MARTINS, 2003, p. 54), que caracterizam a Natureza da Ciência (NdC) :

Uma observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente; A natureza não fornece evidências simples o suficiente que permitam interpretações sem ambiguidade; Teorias científicas não são induções, mas sim hipóteses que vão necessariamente além das observações; Teorias científicas não podem ser provadas; O conhecimento científico não é estático e convergente, mas sim mutável e sem fim; Uma formação prévia dentro de um mesmo paradigma é uma componente essencial para que haja acordo entre os cientistas; O pensamento científico não se constrói sem influência de fatores sociais, morais, espirituais e culturais; Os cientistas não constroem deduções incontestáveis, mas sim julgamentos complexos e especializados; O desacordo é sempre possível.

Já Forato, Martins e Pietrocola (2009a, p. 5), consideram importante promover na educação científica uma visão sobre a NdC que incorpore, os seguintes aspectos:

[...] a ciência é uma atividade humana influenciada pelo contexto sociocultural de cada época; teorias científicas não podem ser provadas e não são elaboradas unicamente a partir da experiência; o conhecimento científico baseia-se fortemente, mas não inteiramente, na observação, evidência experimental, argumentos racionais e ceticismo.

Assim, verifica-se que autores nacionais que trabalham com HC vêm baseando seus trabalhos em características da NdC que são convergentes e manifestam uma visão contemporânea do fazer científico. Além disso, diversos trabalhos indicam que a HC proporciona um ambiente favorável à aprendizagem devido as estratégias que enfatizaram a construção e o entendimento dos conceitos (SILVA M, 2009; SANTOS SOBRINHO, 2010; MEHLECKE, 2010; MATOS, 2011; BOSS et.al., 2011).

Nesse sentido Silva M (2009) apresentou como estratégia a relação Ciência Tecnologia e Sociedade por meio de abordagem interdisciplinar com História, Sociologia e Filosofia. Para isso utilizou diversos recursos: leitura do livro, exibição de um vídeo, aulas expositivas, seminários e palestras técnicas. Os resultados indicaram que houve contribuição para *“[...] construção de uma visão de ciência humana, falível e mutável, não neutra e imersa em um contexto histórico e cultural no qual não apenas a Ciência sofre influencia, mas ao qual também influencia. [...]”* (SILVA M, 2009, p.15).

Entretanto, Boss et al., (2011) informa que ao desenvolver atividades envolvendo a HC o professor deve ter cuidado para que os alunos não fiquem com a

impressão de que o modelo mais recente é o vencedor, evitar anacronismo que é relacionar ideias do passado com atuais.

Direcionando essa discussão para o âmbito da aprendizagem, no que diz respeito à forma como apresentar a NdC no contexto educacional, Teixeira et al., (2009, p. 548), em seu artigo: *“A Influência de uma Abordagem Contextual sobre as Concepções acerca da Natureza da Ciência de Estudantes de Física”* assegura “[...] de acordo com as tendências contemporâneas da epistemologia, pode tornar-se mais eficaz quando realizado por meio de uma abordagem contextualizada histórica e filosoficamente”.

Nesse sentido Prestes e Caldeira (2009, p. 4), considera possível estabelecer uma relação significativa entre NdC, alfabetização científica e a HC, destaca “[...] a história da ciência como ferramenta das mais adequadas para atingir essa meta no ambiente escolar”.

Assim, segundo Matthews (1994) ensinar conhecimento científico requer a discussão da NdC que pode ser oportunizada por meio da HFC para que os alunos tenham uma melhor compreensão dos conceitos e dos métodos da ciência. Essa possibilidade foi evidenciada na dissertação de Santos Sobrinho (2010) que analisou LDs e usou a HFC para tratar do assunto leis ponderais tendo em vista a aprendizagem significativa dos alunos por meio do questionamento da validade de uma teoria. Desenvolveu uma sequência de aulas com seus respectivos planos de aula e também utilizou vários recursos: textos históricos; DVD; webquest; seminário. Evidenciou que essas formas de abordagens possibilitaram ao aluno “[...] questionar a validade de cada teoria apresentada, bem como avaliar os motivos que levaram uma ou algumas delas a predominarem sobre as outras” (SANTOS SOBRINHO, 2010, p. 69).

Mehlecke (2010) que realizou *“Um estudo do contexto histórico das contribuições de Mendeleev para construção da tabela periódica em livros didáticos de química para o ensino médio e inserção deste contexto em sala de aula”* detectou que os LDs apresentam as teorias referente a tabela periódica como também informações históricas disponíveis em recortes e figuras desintegradas do conteúdo. Para integrar conteúdo e informação histórica e explicitar a construção da tabela periódica Mehlecke (2010) usou a HC, pois inseriu e avaliou o contexto histórico referente as contribuições de Mendeleev na construção da tabela periódica. Nessa avaliação desenvolveu oito atividades para verificar a compreensão dos

alunos sobre o conteúdo tabela periódica com o uso da HC. Verificou que os alunos não acreditavam que a abordagem histórica favorecesse o aprendizado sobre estrutura e propriedades, mas perceberam a importância desse método de ensino, pois consideraram que:

[...] saber a origem do que estamos estudando é muito importante, não digo para a compreensão da matéria em si, mas sim para não aprendermos algo vago, que não sabemos de onde vem. E também acham mais fácil estudar primeiro como os conhecimentos evoluíram do que simplesmente como os conhecimentos são difundidos atualmente, *“é mais fácil estudar como surgiram do que como são”* (MEHLECKE, 2010, p. 87).

Observa-se no relato dos alunos a possibilidade de facilitar o estudo com a inserção da HC apesar das dificuldades de aprendizado. Essa perspectiva também foi constatada por Matos (2011) em pesquisa que analisou a abordagem da HC para discutir a conservação de massa em reações químicas e verificou que os alunos apresentaram dificuldades com o conteúdo da química mas de maneira geral o resultado foi satisfatório, pois os alunos resolveram problemas e interpretaram equações químicas propostas. A autora credita os resultados satisfatórios devido ao uso da HC aliado a um referencial de ensino construtivista que orientou suas ações.

Um exemplo do uso da HC no ensino de Física foi relatado por Boss et al., (2011) em experiência didática sobre o uso da HC em sala de aula, realizado no início do ano letivo de 2009 em turmas de 1º, 2º e 3º anos do Ensino Médio de uma Escola Estadual do interior do Estado de São Paulo. Nessa experiência usou-se a HC no ensino de modelos e os autores buscaram informações nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio:

[...] Um tratamento didático apropriado é a utilização da história e da filosofia da ciência para contextualizar o problema, sua origem e as tentativas de solução que levaram à proposição de modelos teóricos, a fim de que o aluno tenha noção de que houve um caminho percorrido para se chegar a esse saber. Há, então, uma contextualização, que é própria do processo do ensino na escola. (BRASIL, 2006, p.50).

A proposta, aplicada algumas vezes em sala de aula no ensino médio, foi embasada nos registros históricos elaborados por Charles François de Cisternay Du

Fay (1668-1739) e respaldaram-se nas prerrogativas asseguradas nos Parâmetros Curriculares Nacionais que sugerem a utilização da história como meio significativo de contextualizar o ensino da ciência. Observaram que a maioria dos alunos manifestou interesse pelas atividades e uma boa noção sobre hipóteses e modelos.

A sequência didática se desenvolve em cinco passos e pode auxiliar e incentivar os professores a realizarem aulas significativas que promovam discussões sobre a construção de modelos teóricos. Esse aspecto é promovido, por exemplo, quando é apresentado aos alunos os Princípios da eletricidade segundo Charles François de Cisternay Du Fay (1668-1739).

Du Fay (1733 apud Boss et al., 2011, p. 5) em sua obra Quarta Memória registra que : *“Tudo isso está perfeitamente de acordo com minha hipótese [i.e., primeiro princípio], mas o que me desconcertou prodigiosamente foi a experiência a seguir [...]”*. Nessas conclusões de Du Fay, é possível oportunizar aos alunos entrarem em contato com os resultados obtidos pelo teórico, bem como com as divergências encontradas pelo mesmo durante seus experimentos. É nesse contexto que o educando poderá constatar que a ciência não está pronta e acabada, mas está em constante mudança. Ao se deparar com afirmações como a feita por Du Fay (1733 apud Boss et al., 2011, p. 5) *“[...] mas o que me desconcertou prodigiosamente foi a experiência a seguir [...]”*, o aluno poderá perceber um exercício por parte do pesquisador em busca de resultados, e notar ainda, que tal exercício está permeado por acertos e erros.

Nesse trabalho, foram ministradas aulas expositivas e realizados experimentos sobre eletricidade com base nos dois princípios de Du Fay (1733) visando ilustrar a explicação do professor para que os alunos pudessem *“visualizar”* os fenômenos e também elaborar hipóteses e um modelo, mas não *“confirmar teorias”*, sobre a evidencia de que um corpo eletrizado atrai um objeto neutro, e um corpo eletrizado pode tanto atrair como repelir um objeto eletrizado, dependendo da situação. (BOSS, et al., 2011).

Os alunos visualizaram situações distintas com a finalidade de propor hipóteses com os elementos conceituais de Du Fay para explicar a falha do primeiro princípio quando um corpo eletrizado atraiu outro corpo eletrizado. As explicações foram apresentadas e o professor fez perguntas sobre a validade e coerência das hipóteses e dos modelos.

Boss et al., (2011) descreveu como o professor conduziu as aulas que foram pautadas na HFC. Essa descrição indica que o professor precisa das competências preconizadas por Matthews (1994) *“o conhecimento e a apreciação do que ensinam; alguma compreensão da história e filosofia da ciência; alguma teoria ou visão educacional que informe suas atividades em sala de aula”* (MATTHEWS, 1994 apud EL-HANI, p.4 in Silva, 2006).

Entende-se que a competência que falta ao professor é a compreensão da HFC por que existem barreiras, por exemplo, a maioria dos professores não dispõe de qualificação nessa área e os Materiais Didáticos (MDs) são escassos (MARTINS, 2006).

Essas barreiras estão sendo minimizadas com pesquisas e propostas de MDs, por exemplo, na pesquisa, (OKI e MORADILLO, 2008; HARRES, 2006).

Oki e Moradilho (2008) realizaram um estudo de caso, na Universidade Federal da Bahia na disciplina História da Química ministrada pela professora/pesquisadora e os resultados obtidos indicaram que a disciplina é importante para os alunos conhecerem a NdC, adquirindo concepções menos simplistas e mais contextualizadas sobre ciências, apesar de algumas dificuldades na superação das concepções realistas ingênuas, fortemente enraizadas em suas visões epistemológicas:

Parece muito forte no ensino da Química a opção pelo realismo ingênuo em relação às representações químicas; o que aparentemente se mantém mesmo na universidade. Esta é uma situação que se contrapõe à produção do conhecimento químico ao longo da História, que precisou romper, muitas vezes, com o real dado e aparente. A frase de Bachelard expressa, de alguma forma, a influência do realismo na cultura química: *“[...] a filosofia química mergulhou sem resistência no realismo. A Química tornou-se, assim, o domínio de eleição dos realistas, dos materialistas, dos antimetafísicos”*. (BACHELARD, 1991, p. 49, apud OKI e MORADILHO, 2008, p. 84).

Observa-se que propor situações de ensino envolvendo a NdC, no que diz respeito a produção do conhecimento, não é trivial porque envolve mudança ou evolução das concepções epistemológicas, a saber o realismo ingênuo, enraizados e de difícil mudança.

Forato, Martins e Pietrocola (2009a, p.1), indicam que:

O uso da história da ciência na educação científica visando discutir aspectos da natureza da ciência tem recebido grande ênfase nas pesquisas educacionais, sendo considerada como um componente central da educação científica. Deve-se considerar, entretanto, que harmonizar as exigências dos distintos campos do saber envolvidos na viabilização de propostas não é tarefa elementar.

E consideram como desafios:

Como adequar os conhecimentos de história e filosofia da ciência (HFC) ao ambiente escolar? Como saber identificar as informações relevantes sem distorcer os episódios? Como retratar com a melhor fidedignidade possível o debate entre teorias, a proposta de novas idéias, a realização de experimentos, para um público não especializado, não familiarizado com a metodologia da HC? Quais aspectos de episódios históricos podem propiciar reflexões sobre a NDC? Quais tipos de distorção devem ser evitados? Como ser ao mesmo tempo adequado ao aluno e ao professor não-especialista e evitar a construção de uma pseudo-história?. (FORATO, MARTINS e PIETROCOLA, 2009a, p. 2).

E a partir de uma experiência didática, em uma Escola Pública, em que aplicaram uma sequência didática para discutir aspectos da NdC na educação científica, indicam como principais obstáculos pedagógicos, históricos e epistemológicos na elaboração e implementação da proposta:

Escolher as mensagens da natureza da ciência; Seleção dos aspectos históricos a enfatizar em cada episódio; Nível de aprofundamento de alguns aspectos históricos; Nível de detalhamento do contexto não científico; Nível de aprofundamento de alguns aspectos epistemológicos; Se, quando, quanto e como utilizar trechos de fontes primárias para o professor e para o aluno; Formulação discursiva adequada ao nível de escolaridade visada; Levantar em conta as diferenças entre a concepção de ciência em distintas épocas e nas diferentes ciências; Existência de conteúdos da história da ciência que não são de fácil compreensão para uma pessoa atualmente; Dificuldade de tratar diacronicamente pensadores de épocas e culturas diferentes das nossas; Agregar ficção aos episódios históricos para criar atividades pedagógicas. (FORATO, MARTINS e PIETROCOLA, 2009b, p.3251).

Outras experiências didáticas vêm sendo realizadas, Queirós, Batisteti e Della Justina (2009) analisaram, no Brasil, os trabalhos apresentados nas atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC (2001-2007) e do Encontro de Pesquisa em Ensino de Física EPEF (2000-2008), que enfocavam a HFC, e verificaram que havia ênfase em levantamentos de concepções em livros

didáticos e nos diversos níveis de ensino e a maioria das pesquisas apresentam uma perspectiva internalista da ciência, e indicam a necessidade de equilibrar as visões internalistas e externalistas nas pesquisas e de propor estratégias didáticas nos diferentes níveis de ensino.

Também se destacam experiências com estudos de casos em HC. Já na década de 60, relata-se como exemplo, o trabalho desenvolvido por Klopper publicado no livro *"Frogs and Batteries"* (KLOPPER, 1966), que apresenta uma proposta de ensino a partir das experiências de Luigi Galvani (1737-1798) com rãs. Aborda conceitos específicos e também o conhecimento sobre a NdC.

Essa abordagem delinea trabalhos como os de Baldinato e Porto (2008, p.18) que ao discutir no artigo *"Michael Faraday e a História Química de uma Vela: um Estudo de Caso sobre a Didática da Ciência"* ressaltam a importância dos estudos de casos em HC:

Levando em consideração a complexidade da ciência e de sua construção, encontramos nos estudos de casos uma forma de interpretar a ciência do passado de modo mais fidedigno. [...] Mediante análise aprofundada dos fatores de época e verificando as influências e inter-relações mais sutis que possam ter contribuído para a proposição de determinadas interpretações da ciência, pode-se tentar compreender como a ciência era pensada dentro do contexto estudado. (BALDINATO e PORTO, 2008, p.17-18)

Dessa forma seguindo a linha dos estudos de casos ou outros delineamentos, a HC como abordagem para discussão de conceitos e da NdC vêm sendo utilizada em nível de ensino básico e MDs estão sendo produzidos e avaliados para subsidiar o processo de ensino e aprendizagem.

CAPÍTULO II

ANÁLISE DOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA

APROVADOS NO PNLD

Neste capítulo analisa-se as abordagens referente ao benzeno nos Livros Didáticos (LDs) de química aprovados no Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio/2008 (PNLEM/2008) e Programa Nacional do Livro Didático/2012 (PNLD/2012). No ano de 2012 os LDs do PNLEM/2008 não serão mais usados pelos alunos, mas nesta dissertação analisaram-se dois LDs que foram selecionados novamente no PNLD/2012 para verificar se houve mudanças nas abordagens relativas ao benzeno. Assim os LDs analisados foram:

- ✓ Química na Abordagem do Cotidiano (PERUZZO e CANTO; 2003; 2010);
- ✓ Química – Meio ambiente – Cidadania – Tecnologia (FONSECA, 2010);
- ✓ Química (MORTIMER e MACHADO; 2011);
- ✓ Química e Sociedade (SANTOS et al.; 2007);
- ✓ Química para a Nova Geração – Química Cidadã (SANTOS et al.; 2010);
- ✓ Ser Protagonista Química (LISBOA, 2010).

O PNLEM/2008 e o PNLD/2012 são programas encarregados do processo de seleção, avaliação e escolha dos LDs para utilização em sala de aula de Escolas Públicas. Nesse processo participaram especialistas em Química que utilizaram critérios disponibilizados em Editais e indicaram seis LDs no PNLEM/2008 e cinco LDs no PNLD/2012.

Após essa escolha foi elaborado um catálogo, para o PNLEM/2008 e um guia para o PNLD/2012, com a função de subsidiar os professores da rede pública do Brasil na escolha de um LD para uso na sala de aula. Para essa escolha os professores receberam antecipadamente os LDs juntamente com um catálogo e um guia constituídos de ficha de avaliação e resenha (BRASIL, 2007; 2011).

2.1 PROCESSO DE ESCOLHA DO LIVRO DIDÁTICO EM UMA ESCOLA PÚBLICA DE CAMPO GRANDE-MS

O processo de escolha do Livro Didático (LD), na Escola (E1) de Campo Grande-MS, que acolheu a pesquisa foi desenvolvido como em muitas instituições no Brasil.

Os professores das instituições, receberam os cinco LDs do Programa Nacional do Livro Didático/2012 (PNLD/2012): Química na Abordagem do Cotidiano (PERUZZO e CANTO, 2010), Química – Meio ambiente – Cidadania – Tecnologia (FONSECA, 2010), Química (MORTIMER e MACHADO, 2011), Química para a Nova Geração – Química Cidadã (SANTOS et al., 2010), Ser Protagonista Química (LISBOA, 2010).

Na E1, os professores analisaram individualmente os LDs acima citados, posteriormente reuniram-se com a coordenação pedagógica que apresentou um seminário para orientá-los a respeito da importância e responsabilidade na escolha que serão utilizados por três anos.

Após o seminário os professores foram separados por área e na química, dois professores apresentaram sua escolha e discorreram sobre suas divergências com relação a utilidade prática do LD para as aulas e escolheram como primeira opção o LD de Peruzzo e Canto (2010) sendo a segunda opção o LD de Lisboa (2010). Os mesmos foram escolhidos devido a suas estruturas em relação aos conteúdos apresentados, que poderiam facilitar o planejamento das aulas, por serem semelhantes ao Referencial Curricular do Mato Grosso do Sul.

Outro ponto referente à utilidade prática são os conteúdos e exercícios que podem ser aplicados em poucas aulas, agilizando dessa forma o trabalho do professor, porém em contraposição a esta ideia foi discutida a ênfase em aulas práticas experimentais proposta em Lisboa (2010), no entanto foi considerado que seriam de difícil realização na escola devido à falta de materiais e reagentes.

Santos et al., (2010) , Mortimer e Machado (2011) e Fonseca (2010), apresentam proposta diferenciadas. Os professores consideraram que apresentavam excesso de textos contextualizados, com relação aos conteúdos do Referencial Curricular do Mato Grosso do Sul, eram difíceis de ser implantada por que o professor ainda trabalha com uma abordagem tradicional que visa como metodologia de ensino a explanação de conteúdos e resolução de exercícios.

Particularmente em Fonseca (2010), consideraram que as impressões coloridas dificultariam a leitura dos textos por professores e alunos e a reprodução por fotocopiadora dos exercícios que poderiam ser utilizados na elaboração de provas.

Percebeu-se que as escolhas são muitas vezes baseadas em aspectos práticos da rotina de sala de aula e professores que escolheriam livros com outras características ficam sem o apoio do LD que consideraria mais adequado em sua concepção educacional.

Além disso, o tempo para escolha ficou restrito há quatro horas o que dificultou o acesso, por exemplo, ao trabalho de Santos (2006) que realizou uma pesquisa e verificou que os professores não utilizam critérios preconizados pela literatura especializada em ensino de ciências na análise, avaliação e escolha dos LDs. Para subsidiar o professor nessa escolha elaborou e disponibilizou uma planilha desenvolvida no Windows Excel, também compatível com plataforma Linux, gerando um instrumento auto-explicativo sobre imagens, aspectos gráfico-editoriais e textuais, linguagem, livro do professor, atividades experimentais, aspectos históricos relacionados à construção do conhecimento, abordagem de aspectos sociais, contextualização dos conceitos e conteúdos da Química e abordagem metodológica do conteúdo químico. Assim Santos (2006) pretendeu proporcionar ao professor condições de escolher um LD coerente com os objetivos educacionais.

Depois de o professor ter escolhido o LD seu trabalho educacional continua, pois precisa utilizar essa ferramenta que muitas vezes apresenta problemas que foram descritos por Pereira e Silva (2006). Eles verificaram nos LDs do PNLEM/2008 alguns fatores que podem gerar pouco interesse, dos professores e alunos, na Química Orgânica: enfatizar as representações e a nomenclatura, fragmentar o conteúdo e não utilizar conceitos anteriores. Além disso, os livros são semelhantes, por exemplo, quanto a abordagem dos hidrocarbonetos e a classificação das cadeias carbônicas (PEREIRA e SILVA, 2006).

Pereira e Silva (2006) indicaram a possibilidade de superar, em parte, a fragmentação do conteúdo nos LDs. Essa possibilidade ocorreu por meio de um estudo da história da teoria estrutural no curso de Licenciatura em Química da Universidade de Brasília (Unb). Evidenciou-se que foi possível estabelecer relações entre os conceitos, via a evolução histórica dos mesmos. Assim, o trabalho de Pereira e Silva (2006) indicou a importância do estudo e uso da HC na superação de

possíveis problemas que surgem no processo do ensino e aprendizagem com o uso dos LDs.

Pérez et al., (2001) identificou deformações relativas ao trabalho científico:

[...] transmitem-se os conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas etc., e não dando igualmente a conhecer as limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que, entretanto, se abrem. Perde-se assim de vista que, como afirma Bachelard (1938), “*todo o conhecimento é a resposta a uma pergunta*”, isto é, a um problema/situação problemático, o que dificulta a captação, bem como a compreensão da racionalidade de todo o processo e empreendimento científicos. (PÉREZ et al., 2001, p. 131).

As ideias de Pérez et al., (2001), indicam a importância de mostrar aos professores e alunos os problemas, a evolução e as dificuldades na construção do conhecimento.

Devido a necessidade e importância de conhecer a forma de abordagem da construção do conhecimento e dos conteúdos referentes ao benzeno analisou-se os LDs com o método de análise de conteúdo conforme proposto pela professora/psicóloga Laurence Bardin que propõe a execução de três etapas: pré-análise; exploração do material; tratamento dos resultados obtidos e interpretação. (BARDIN, 2006, p. 89).

Na pré-análise eu fiz a leitura flutuante que Bardin (2006, p. 90) denomina como o contato para conhecer o texto a analisar para se deixar “*invadir por impressões e orientações*”. Essa pré-análise foi intensamente vivenciada em 2008 porque o primeiro contato com textos sobre o benzeno nos livros do PNLEM/2008 já havia sido objeto de reflexão no meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Nesta dissertação retomei os estudos sobre o benzeno e a exploração do material foi realizada por leituras sucessivas selecionando os conteúdos e as páginas dos LDs analisados:

- ✓ Benzeno e compostos aromáticos; Fórmula molecular do benzeno; Ressonância no benzeno; Compostos aromáticos; Modelos moleculares “esfera e vareta”; Como pensam os cientistas; Reações de substituição em aromáticos; Fabricação de detergentes; Os aromáticos e as reações de adição; Recordando o conceito de ressonância; O caráter das ligações

no benzeno; Forçando a adição em aromáticos; A fabricação da anilina. (PERUZZO e CANTO, 2010, p.16,17, 51, 170, 171, 191, 192, 231).

- ✓ Principais propriedades do carbono; Quem foi Kekulé; Classificação de cadeias carbônicas; Ressonância; O grupo dos aromáticos; Adição em aromáticos. (FONSECA, 2010, p. 17, 18, 19, 20, 21 24, 56, 57, 239).

- ✓ Os hidrocarbonetos aromáticos e a ocorrência de câncer de pulmão entre fumantes. (MORTIMER e MACHADO, 2011, p. 40-42).

- ✓ Exemplos de cadeias fechadas ou cíclicas; Exemplo de função orgânica; Benzeno e seus derivados; Substituição em anéis aromáticos. (SANTOS et al., 2010, p. 24, 35-36, 41-44, 183).

- ✓ Química tem história – Friedrich August Kekulé Von Stradonitz; Exemplo de cadeias carbônicas cíclicas ou aromáticas; Cadeias cíclicas aromáticas; Química tem história – Benzeno e derivados; aromáticos; Teia de conhecimentos – benzenismo; Química tem história – as descobertas de Kekulé; Perigo no uso do benzeno; Reações de substituição no anel aromático; Reações de adição em aromáticos. (LISBOA et al., 2010, p. 21-22, 41, 62-63, 188, 256-260, 287).

Os dados constituídos com as principais características do benzeno foram tratados de forma qualitativa compondo uma interpretação que teve por base as críticas disponíveis nos livros, artigos e dissertações que discorreram sobre a utilização da HC no ensino.

2.2 ANÁLISE DOS LIVROS: QUÍMICA E SOCIEDADE, QUÍMICA PARA A NOVA GERAÇÃO – QUÍMICA CIDADÃ

No ano de 2012 o LD “*Química e Sociedade*” (SANTOS et al.,2007) não será utilizado por alunos do ensino médio, apesar disso foi comparado com a nova edição, “*Química para a Nova Geração – Química Cidadã*” (SANTOS et al., 2010) para verificar se houve alterações nas abordagens da classificação do benzeno como aromático e nos postulados de Kekulé.

Santos et al., (2010, p. 20) no texto “*O átomo do carbono*” informa que August Kekulé (1829-1896) e Archibald Scott Couper (1831-1892) postularam regras gerais de valência, em 1858, para os elementos químicos e para o carbono propuseram valência quatro que indica possibilidades de ligações na formação de diferentes substâncias. Nessa época o conceito de ligação não estava claro mesmo assim os postulados de Kekulé foram fundamentais para o desenvolvimento de outras teorias, por exemplo, sobre as ligações e estruturas.

Comparou-se nos LDs de Santos et al., (2007; 2010) a abordagem da classificação do benzeno como aromático. Esses autores indicam que as ligações simples e duplas intercaladas e o cheiro agradável são características dos aromáticos.


PRINCIPAIS CLASSIFICAÇÕES DAS CADEIAS CARBÔNICAS E DOS HIDROCARBONETOS			
Classe	Característica da cadeia carbônica	Exemplo	Fórmula geral
Aromáticos	algumas substâncias de cadeia fechada com ligações simples e duplas intercaladas	 ou C ₆ H ₆	(não tem)

Figura 6 – Características da cadeia carbônica
Fonte: Santos et al., 2007, p.347

A indicação do benzeno como exemplo de aromático permanece na nova edição de Santos et al., (2010) com a inclusão da seguinte frase, “[...] Ainda que

nem todas as substâncias dessa classe possuam aroma agradável” (SANTOS et al., 2010, p. 42). Essa frase indica que os autores revisaram o texto de 2007, fizeram mudanças gráficas e mantiveram os postulados de Kekulé. Mas não há sugestão pedagógica referente as possibilidades e limitações na classificação dos compostos aromáticos que está restrita e simplista porque faltou no texto os problemas, a evolução e as dificuldades encontradas na elaboração desse conhecimento. Essas questões são apresentadas por Caramori e Oliveira (2009) que fez uma revisão do conceito de aromaticidade para mostrar sua evolução qualitativa e quantitativa. Esses autores também indicaram problemas na abordagem desse conceito nos LDs de nível superior. Associa-se a aromaticidade apenas as regras de Hückel.

2.3 ANÁLISE DO LIVRO: QUÍMICA NA ABORDAGEM DO COTIDIANO

Peruzzo e Canto (2010, p. 3) propõem auxiliar o aluno a compreender conceitos, aprimorar o letramento científico e desenvolver competências científicas desejáveis a qualquer cidadão.

Iniciam com o desenvolvimento dessa proposta no capítulo 1, na seção “*O que você pensa a respeito*”, onde há uma proposta de sondagem sobre as concepções prévias dos alunos sobre conceitos, por exemplo, composto aromático e anel benzênico. Essas concepções podem ser retomadas no final do capítulo, na seção “*Reavalie o que você pensa a respeito*” para verificar se o aluno reconhece o composto orgânico, naftaleno, classificado como composto aromático devido à presença de anéis benzênicos. (PERUZZO e CANTO, 2010, SUPLEMENTO AO PROFESSOR, p. 13).

Além disso, apresentam as seções “*Informe-se sobre a Química*” e “*Você entendeu a leitura?*” com a finalidade de informar e questionar as modernas linhas de pesquisas suas aplicações tecnológicas ou sua presença no cotidiano e também descobertas científicas.

Em relação às descobertas científicas apresentam o texto “*Breve histórico da Química Orgânica*” que disponibiliza conteúdos históricos sobre os primórdios da

química orgânica, a teoria da força vital e as bases da Química Orgânica. (PERUZZO e CANTO, 2010, p. 49-52).

Nesse texto verificou-se que o foco dos autores foi: enfatizar como surgiu a Química Orgânica; referenciar os pesquisadores que se preocupavam em desenvolver métodos de análises para determinar quantidade e proporção dos elementos presentes num composto; informar que nessa época surgiu o conhecimento sobre a isomeria; indicar que o carbono faz quatro ligações.

Com esse foco Peruzzo e Canto (2010, p. 52) apresentam, na seção “*Você entendeu a leitura?*”, cinco questões e suas respostas estão no final do livro na seção “*Subsídios didáticos*” juntamente com sugestões pedagógicas:

Caso o professor julgue conveniente, pode-se recordar com os alunos que uma teoria é considerada satisfatória quando, ao ser testada em novas situações, obtém sucesso. Quando tal sucesso não é conseguido, ela deve ser modificada ou dependendo do caso, abandonada e substituída por outra melhor (foi o caso da Teoria da Força Vital). Assim, é possível lembrar aos alunos que a Química é uma Ciência e, como tal, está em contínuo processo de evolução e aperfeiçoamento. (PERUZZO e CANTO, 2010; M.P, p. 13-14).

Evidenciou-se na citação acima a possibilidade pedagógica para discutir o papel da teoria na construção do conhecimento, no entanto faltou indicação de referências bibliográficas ao professor conforme requisito do processo de avaliação definido previamente no Edital referente a inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas para o Ensino Médio:

[...] oferece ao professor diferentes possibilidades de literatura de ensino de Química, com problematizações a respeito do processo ensino-aprendizagem, bem como sugestões de atividades pedagógicas complementares. (Brasil, 2009, p.38).

No texto “*Breve histórico da Química Orgânica*” os autores apresentam o conteúdo histórico sobre a proposta da estrutura cíclica por Kekulé:

Kekulé foi também o primeiro a sugerir a estrutura aceita atualmente para o benzeno, a de uma molécula cíclica. Segundo ele essa idéia veio em um sonho: “Virei minha cadeira para a lareira e cochilei. Mais uma vez os

átomos dançavam frente a mim [...] cadeias longas, umas mais próximas que outras, todas se virando e retorcendo como se fossem cobras. De repente, notei que uma das cobras havia mordido a própria cauda [...]. Então levantei apressadamente e passei o restante da noite trabalhando nas consequências disso. (PERUZZO e CANTO, 2010 p.50; 2003 p.7).

Observou-se na citação um problema, por difundir o resultado de um trabalho científico sem possibilitar o entendimento de que a estrutura aceita atualmente para o benzeno não é a mesma proposta por Kekulé apesar de ser caracterizada como molécula cíclica.

A ideia de que a molécula cíclica surgiu após o sonho foi questionada porque, possivelmente foi relatada para menosprezar as contribuições dos antecessores de Kekulé, especialmente os que reconheceram a possibilidade de compostos cíclicos ou produziram representações gráficas, expressas na figura 7, Auguste Laurent (1807-1853), Archibald Scott Couper (1831-1892) e Josef Loschmidt (1821-1895). (WOTIZ e RUDOLFSKY, 1993).

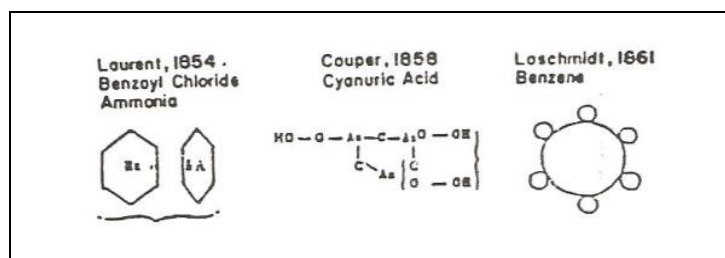


Figura 7 – Representações cíclicas de outros pesquisadores
Fonte: Wotiz, 1993, p. 250

Constatou-se que a proposição da estrutura do benzeno teve a contribuição de outros pesquisadores, portanto o relato do sonho e as imagens da figura 8 podem ser um empecilho ao ensino de ciências, por difundir a idéia de que *“a ciência é constituída a partir de eventos ou episódios marcantes, que são as descobertas realizadas pelos cientistas”* (MARTINS, 2006, p.XXV).

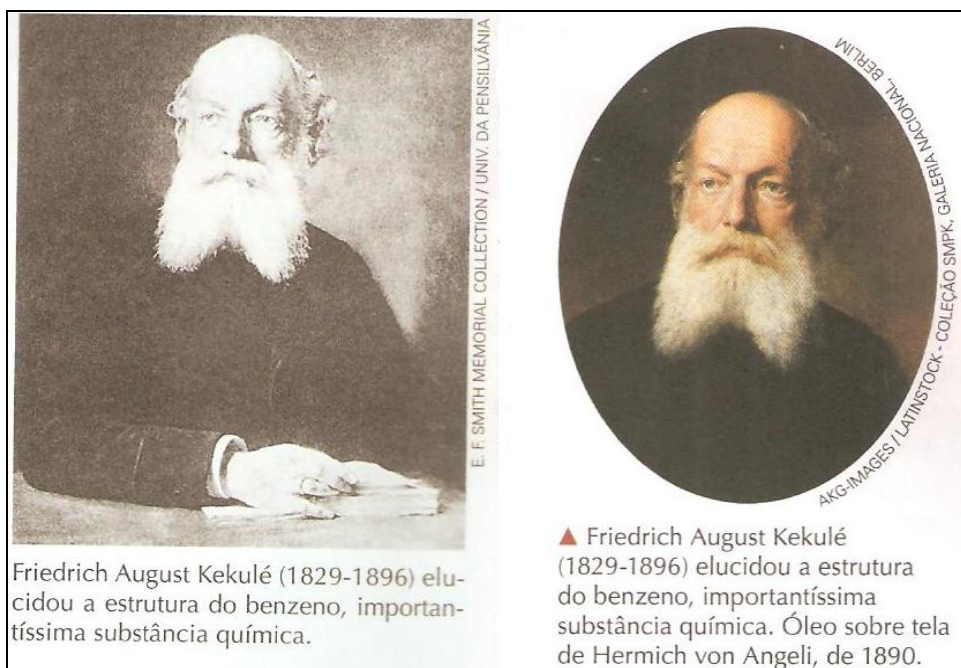


Figura 8 – Imagens de Kekulé
Fonte: Peruzzo e Canto 2003; p. 7; 2010; p.50

Observa-se na figura 8 mudanças gráficas apresentadas na nova edição de Peruzzo e Canto (2010) e também a inclusão do texto “*Como pensam os cientistas*” Nesse texto Peruzzo e Canto (2010, p. 51) apresentam a história da elucidação da estrutura do benzeno sem referência a outros pesquisadores que contribuíram nessa elucidação. Além disso, descrevem que para elucidar a estrutura do benzeno havia um problema ao dispor seis átomos de carbono e seis átomos de hidrogênio em um arranjo estável, porque sendo o carbono tetravalente a quantidade de hidrogênios deveria ser quatorze e não seis conforme fórmula estrutural do benzeno da figura 9. Kekulé resolveu esse problema fechando a cadeia de carbonos compondo uma estrutura semelhante ao Uroboros apresentado na figura 9. (PERUZZO e CANTO, 2010, p. 51-52). O Uroboros é um símbolo antiquíssimo que acompanha o texto referente ao sonho de Kekulé que:

[...] é característico de um tipo de processo psíquico extremamente frequente na história da Ciência. Precedida de longo e trabalhoso período de reflexão, pontuado por tentativas e erros, a solução do problema muitas vezes surge ao cientista não como uma argumentação racional extensa, mas de forma compacta semelhante a um raio caído do céu azul. (PERUZZO e CANTO, 2010, p. 51).

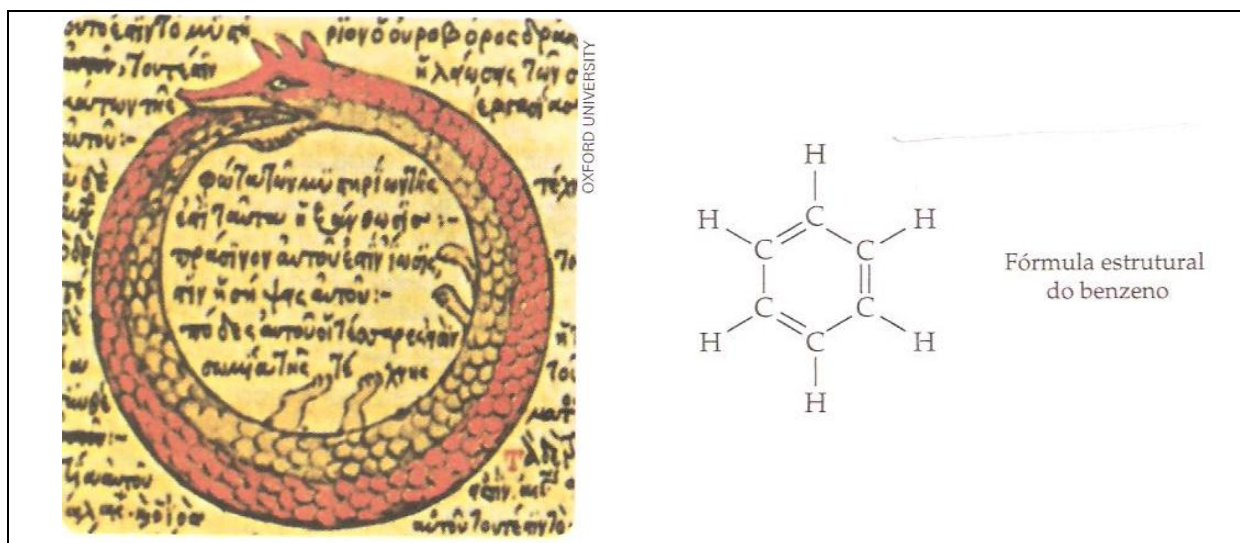


Figura 9 – Uroboros e fórmula estrutural do benzeno
 Fonte: Peruzzo e Canto, 2010, p. 51-52

Peruzzo e Canto (2010) atribuíram a Kekulé a elucidação da fórmula estrutural do benzeno e apresentam diversas representações sem uma história adequada das mudanças, que ocorreram entre a estrutura proposta por Kekulé em 1865 até a década de 1920 com o desenvolvimento da mecânica quântica, que apresentou a teoria de ressonância, para explicar as ligações moleculares.

2.4 ANÁLISE DO LIVRO: QUÍMICA – MEIO AMBIENTE – CIDADANIA – TECNOLOGIA

Fonseca (2010, p. 3) propõe ensinar os principais conceitos da química por meio de temas relacionados ao meio ambiente que estão disponíveis em textos jornalísticos para que o aluno os reconheça e os identifique como parte integrante do seu dia a dia. Além disso, visando enriquecer a aula a autora apresenta um resumo da vida e obra de Kekulé no texto “*Quem foi Kekulé*” na seção “*Curiosidades*” (FONSECA, 2010, p. 20-21).

Verificou-se nesse LD, que o professor pode ter dificuldade ao conduzir atividades didáticas com a HC e em específico com o texto “*Quem foi Kekulé*” porque não há proposta pedagógica desse tema no “*Manual do Professor (MP)*” que

poderia auxiliar o professor em seu papel de mediador “[...] que assume sua especificidade e a condução das atividades didáticas numa perspectiva de rompimento com visões de ciência meramente empiristas e de caráter indutivo [...]” (BRASIL, 2009, p. 38).

2.5 ANÁLISE DO LIVRO: QUÍMICA

Mortimer e Machado (2011) apresentam “*Assessoria Pedagógica (AP)*” no início e final do LD, além disso, no início de cada capítulo. Esses autores informam que o ensino pode reforçar a visão de ciência como estática, verdadeira, imutável e com conceitos congelados no tempo sem relação com contextos históricos, porque há ausência de fenômenos e diálogo entre a ciência e o cotidiano. Desta forma o ensino fica desinteressante e sem sentido por não possibilitar ao aluno a revisão de seus conhecimentos e o efeito disso pode ser o fracasso escolar (MORTIMER e MACHADO, 2011, AP, p. 2.4). Os autores (p. 2.5-2.7) indicam suas opções teóricas e metodológicas ao proporem:

[...] um ensino inovador com idéias construtivistas; uma aprendizagem ativa por meio de atividades experimentais, atividades envolvendo fenômenos químicos, teorias e representações; discussões conduzidas pelo professor ou em grupo; que a abordagem da história no ensino de química pode mostrar a ciência como uma construção humana influenciada por fatores sociais, econômicos e culturais do seu tempo.

Verificou-se nesse LD que Mortimer e Machado (2011) não usaram a história para contextualizar o ensino dos conceitos que estão no texto 10 intitulado “*Os hidrocarbonetos aromáticos e a ocorrência de câncer de pulmão entre fumantes*”. Nesse texto Mortimer e Machado (2011, p. 40) apresentam o aspecto fenomenológico, que são as informações referentes ao câncer e o teórico que diz respeito ao modelo abstrato da molécula simbolizada no campo representacional por 3,4-benzopireno. Essa molécula exemplifica um hidrocarboneto aromático e tem a função de possibilitar ao aluno a identificação dos anéis de benzeno. (MORTIMER e MACHADO, AP, 2011, p. 11.2).

2.6 ANÁLISE DO LIVRO: SER PROTAGONISTA QUÍMICA

Analisou-se de que maneira a HC e em específico as informações sobre o benzeno, foram abordadas no LD de Lisboa (2010). Verificou-se explicações sobre aspectos gerais da coleção, sugestões didáticas e respostas das atividades para verificar a proposta do autor em relação a conteúdos e história do benzeno.

Em relação às sugestões didáticas há no final do livro o MP que indica os “*pressupostos teóricos e metodológicos do ensino de química*” com sugestões sobre o uso do contexto sociocultural do aluno (cotidiano) para dar maior relevância e significado aos conteúdos; a experimentação para uma aprendizagem mais efetiva e a história tem a função de promover a percepção de que as idéias se transformam com o decorrer do tempo. (LISBOA, 2010, p. 4-5).

O autor apresenta as histórias em quadros que são “*textos complementares*” relacionadas ao conteúdo veiculado no “*texto mestre*” que é o texto principal do capítulo. (LISBOA, MP, 2010, p. 9).

Selecionou-se para análise textual qualitativa os conteúdos referentes a história do benzeno presente no quadro “*Química tem história – Friedrich August Kekulé von Stradonitz*” (LISBOA, 2010, p. 21). Nesse quadro encontra-se o resumo da biografia de Kekulé, sua imagem e a indicação da fonte secundária, <<http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/FriedAuK.htm>,> abaixo citada:

Químico alemão nascido em Darmstadt, Hesse, que concebeu a estrutura da *molécula de benzeno*, em forma de anel (1865). Estudou na Universidade de Giessen, onde iniciou estudando arquitetura, mas sob a influência de Justus von Liebig, veio a se dedicar à Química. Depois de se doutorar (1852), foi estagiar em Paris com Charles Gerhardt depois em Londres. Nomeado professor da Universidade de Heidelberg, na Alemanha (1856), lá estabeleceu a *quadrivalência do carbono* (1857), simultaneamente e independentemente com o escocês Archibald Scott Couper. Assumiu a cadeira de química da Universidade de Gand, na Bélgica (1858) e lá confirmou que o carbono era tetravalente e que os átomos do elemento podiam associar-se para formar longas cadeias. Um dos criadores do importante conceito de *valência* (1858), do latim *valens* = força, quando se mudou para Bonn (1865) apresentou a representação *hexagonal do benzeno*. Suas descobertas foram fundamentais para a explicação das reações orgânicas e para a determinação de estruturas atômicas de uma série de moléculas orgânicas. Estas explicações trouxeram desenvolvimento tanto para a química como para a biologia e, também, para a indústria petroquímica e dos plásticos. Também desenvolveu trabalhos importantes sobre *fulminato de mercúrio*, *ácidos*

insaturados e tioácidos e ácidos orgânicos em cuja estrutura está presente o enxofre. Morreu em Bonn e sua mais importante publicação foi o livro *Lehrbuch der organischen Chemie* (1861-1887), um tratado de química orgânica em quatro volumes, além de trabalhos em revistas científicas. (LISBOA, 2010, p. 21).

Verificou-se na citação acima a menção de poucas informações do estabelecimento da “*quadrivalência do carbono (1857)*” que ocorreu de forma simultânea e independente com o escocês Couper. Além disso, cita-se Kekulé como um dos criadores do conceito de “*valência (1858)*”, da concepção da estrutura da “*molécula do benzeno*” em forma de anel benzênico como “*representação hexagonal (1865)*”. Segundo Lisboa (2010, p. 9) a história citada têm a função de complementar o “*texto mestre*”:

Em 1857, Friedrich August Kekulé Von Stradonitz, baseando-se em estudos experimentais propôs e confirmou a tetravalência do carbono. Hoje podemos justificar essa tetravalência com base no número de elétrons que o carbono apresenta na camada de valência. Como seu número atômico é 6, o número de elétrons na primeira camada é 2, e na camada de valência, 4 [...]. (LISBOA, 2010, p. 21).

No entanto entendeu-se que a complementação ao texto mestre não foi feito porque esse texto apresenta uma lacuna entre 1857 e “*Hoje*”.

2.7 MODELOS NO ENSINO DE QUÍMICA

Usam-se muitos modelos no ensino das teorias químicas referente ao benzeno e suas explicações nos LDs apresentaram problemas. Uma explicação

adequada do processo de produção dos modelos poderia promover um ambiente, por exemplo, para desmistificar a ideia de “*verdade*” sobre o conhecimento:

A construção e o emprego de modelos são fundamentais no processo da pesquisa científica, fazendo parte do processo natural de aquisição do conhecimento pelo ser humano. Esse processo é inerente ao pensamento de todas as pessoas, cientistas ou leigos, mesmo que com graus de organização e complexidade diferentes. Saber, muitas vezes, que é impossível apreendermos diretamente a “*verdade*”, que lidamos com um universo de modelos, que nem sempre podemos afirmar que algo “é assim” e que aquilo é apenas mais um modelo para determinado fenômeno faz parte do “saber ciência”. Esse é um conhecimento que pode instigar e motivar os alunos, mas do qual eles são, geralmente, privados. Quando pensamos no ensino, principalmente na forma como ele vem sendo tradicionalmente desenvolvido, o conhecimento científico é apresentado como mais um “conteúdo”, sem que seja estudado o processo humano envolvido por trás daquele conhecimento, sem emoção, sem busca, sem motivação. Pensar sobre como um fenômeno ocorre se torna cada vez mais difícil, à medida que o saber na escola se associa à memorização de fatos, equações e procedimentos. Contudo, a compreensão dos processos de produção de conhecimento e dos modelos elaborados nesses processos é necessária para a promoção de um aprendizado significativo [...]. (FERREIRA e JUSTI, 2008, p. 32-33).

Um dos objetivos pedagógicos do professor é o aprendizado do aluno. Para isso pode incorporar em suas aulas a emoção, a busca e a motivação por meio da abordagem da História da Ciência (HC). No entanto existem barreiras a serem superadas, por exemplo, a falta de Materiais Didáticos (MDs) e formação específica nessa área.

Para subsidiar os professores, na abordagem da HC e em específico a história da descoberta do bicarbureto de hidrogênio por Faraday até a hipótese do estado de equilíbrio proposto por Kekulé, elaborou-se o produto desta dissertação que é o MD intitulado Modelos Explicativos para a Molécula do Benzeno (MEMB).

O professor pode utilizar esse MD para, por exemplo, discutir com seus alunos a elaboração, explicação e previsão das propriedades do benzeno, as evidências experimentais ou não experimentais e a mudança de modelos.

Nesse processo de mudanças surgem novas teorias e novos modelos e ao final de 1960 surge a modelagem molecular classificada como “[...] *modelos teóricos utilizando os conceitos de átomo e molécula na descrição de estrutura e propriedades de interesse em química*” (SANTOS, 2001, p. 4).

O computador é um instrumento que possibilita o estudo por meio da modelagem molecular. Assim, torna-se possível a visualização tridimensional do modelo, a previsão e a determinação de propriedades eletrônicas como potencial eletrostático, momento de dipolo elétrico, cargas formais e propriedades espectroscópicas. No entanto esses temas não foram abordados no MD.

CAPÍTULO III

A HISTÓRIA DA CONSTRUÇÃO DOS MODELOS EXPLICATIVOS PARA A MOLÉCULA DO BENZENO

As propostas de Modelos Explicativos para a Molécula do Benzeno (MEMB) surgem com a comunicação dos resultados de pesquisas realizadas a partir de sua descoberta que ocorreu por volta de 1825 por Michael Faraday (1791-1867). Depois disso, em diversas épocas e contextos, ocorreram mudanças que serão apresentadas neste capítulo.

A definição de modelo é bastante abrangente e pode ser relacionado à química conforme apresentado por Ferreira e Justi (2008):

Um modelo pode ser definido como uma representação parcial de um objeto, evento, processo ou idéia, que é produzida com propósitos específicos como, por exemplo, facilitar a visualização; fundamentar elaboração e teste de novas idéias; e possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado (GILBERT e BOULTER, 1995, apud FERREIRA e JUSTI, 2008, p. 32). Os modelos estão no centro de qualquer teoria: são as principais ferramentas usadas pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da ciência (NERSESSIAN, 1999 apud FERREIRA e JUSTI, 2008, p. 32).

Nesta dissertação, entende-se o modelo como a representação de uma ideia como, por exemplo, a ligação entre os átomos de carbono e hidrogênio na molécula do benzeno. A representação do mundo microscópico na Química Orgânica fundamenta a elaboração e teste de novas ideias que podem possibilitar a explicações e previsões sobre comportamentos e propriedades do sistema modelado.

Inicialmente os modelos foram elaborados, produzidos e divulgados pelos pesquisadores e depois chegaram ao ambiente escolar. Normalmente não se discute no ensino médio a história do caminho traçado pelos pesquisadores no processo de criação. Essa história pode oportunizar o aprendizado de conceitos e reflexões a respeito da Natureza da Ciência (NdC). Para reescrever essa história pesquisaram-se os acontecimentos ocorridos em diversas épocas e contextos por meio dos procedimentos indicados na literatura:

[...] para fazer um trabalho de História da Ciência é preciso um treino que envolve vários estudos: em metodologia de pesquisa em História da Ciência, em epistemologia, um conhecimento dos conceitos da ciência com a qual se está lidando, além de um conhecimento histórico do período que está sendo estudado. [...] Uma abordagem conceitual (interna, internalista), discute os fatores científicos (evidências, fatos de natureza científica) relacionados a determinado assunto ou problema. Procura responder a perguntas tais, como se determinada teoria estava bem fundamentada, considerando o contexto científico de sua época [...] Uma abordagem não-conceitual (externa, externalista), lida com os fatores extracientíficos (influências sociais, políticas, econômicas, luta pelo poder, propaganda, fatores psicológicos). Por exemplo: se uma teoria estava bem fundamentada para sua época e foi rejeitada, o porquê da rejeição da mesma diz respeito a fatores não-conceituais. (MARTINS, 2005, p. 306).

Evidencia-se na citação acima que a História da Ciência (HC) pode ser conceitual (interna, internalista) por tratar de fatores científicos (evidências, fatos de natureza científica) e não-conceitual com fatores extracientíficos (influências sociais, políticas, econômicas, luta pelo poder, propaganda e fatores psicológicos). Além disso, a pesquisa para realizar esse tipo de abordagem requer procedimentos específicos que foram indicados por Martins (2005) e delinear a história dos MEMB: “*A descoberta do benzeno por Michael Faraday (1791-1867)*”, “*A história do benzeno a partir de um sonho*”, “*Os Modelos Explicativos para a Molécula do benzeno*”.

3.1 A DESCOBERTA DO BENZENO POR MICHAEL FARADAY (1791-1867)

O longo percurso traçado por pesquisadores para chegar a teoria estrutural do benzeno, pode ter se iniciado quando Michael Faraday (1791-1867) detalhou em um artigo divulgado pela Royal Society, em 1825, todo o processo referente a testes químicos e físicos em que procurou determinar a composição do óleo usado em lâmpadas de iluminação de ruas. Dois novos compostos constituídos de carbono e hidrogênio foram descritos. (FARADAY, 1825).

Esse óleo foi aquecido a temperaturas moderadas e altas para gerar um gás que foi comprimido e passou para o estado líquido. No exame desse líquido evidenciou propriedades físicas e químicas, o ponto de ebulição 176° F , ponto de fusão 42° F que correspondem ao bicarbureto de hidrogênio. (FARADAY, 1825).

Além de descrever o processo, Faraday (1825) indicou a necessidade de entender e comandar melhor o processo de obtenção das substâncias, em relação ao controle da pressão, que a 2 ou 3 atmosferas encontravam-se no estado “*fluid*” fluido e no entanto, se houvesse como diminuir essa pressão e obter um gás isso seria vantajoso para uso como combustível nas lâmpadas. (FARADAY, 1825).

É possível que em algum momento do futuro haja melhor entendimento das mudanças que ocorrem devido ao calor que decompõem o óleo a gordura ou outras substâncias. Nesse aquecimento a substância passa do estado fluido para o gasoso e a pressão envolvida é de duas ou três atmosferas. Verifica-se a necessidade de diminuir essa pressão para aperfeiçoar o processo para obtenção do combustível de uma lâmpada de gás. (FARADAY, 1825, p. 465-466, tradução nossa).

A importância da leitura da HC a partir do artigo original de Faraday (1825) foi evidenciada na comparação deste com o artigo escrito por Caramori e Oliveira (2009). Esse autor relatou Faraday isolou pela primeira vez o benzeno em 1825, quando trabalhava com a compressão do gás de iluminação – acetileno produzido pela pirólise do óleo de baleia, conforme figura abaixo apresentado por Caramori e Oliveira (2009), a seguir:

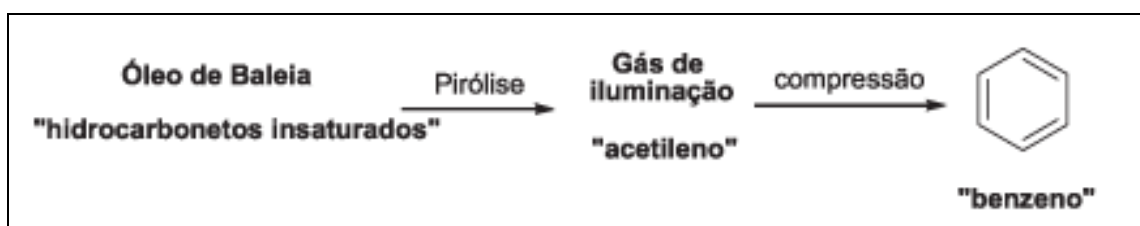


Figura 10 - Esquema para obtenção do benzeno
Fonte: Caramori e Oliveira, 2009

Faraday (1825) em seu artigo descreveu minuciosamente a obtenção do “*bicarbureto de hidrogênio*” posteriormente chamado “*benzeno*”. Observa-se na figura 10 um esquema que simplifica o processo. Isso evidencia que a abordagem da HC com fontes secundárias pode levar a uma visão simplista do processo.

3.2 A HISTÓRIA DO BENZENO A PARTIR DE UM SONHO

Um texto com características não-conceitual e abordagem externalista pode ser utilizado em sala de aula para apresentar aos alunos a construção do pensamento científico, que sofre influências de fatores sociais, morais, espirituais, culturais. Com isso o professor pode promover reflexões referente a Natureza da Ciência (NdC).

Reconstruímos neste tópico a história do benzeno a partir do sonho e utilizamos como fonte de pesquisa Rothenberg (1995), John H. Wotiz (1919-2001) e Susanna Rudofsky. Conta-se que Kekulé propôs o primeiro modelo para o benzeno a partir de um sonho que teve com uma cobra agarrando a própria cauda. O próprio Kekulé (1866c) relatou esse sonho em um evento realizado para comemorar 25 anos de proposta.

Rothenberg (1995) comenta que a circunstância referente a proposta de Kekulé sobre a *“descoberta do anel ou estrutura hexagonal”* é a mais citada nos trabalhos, que buscam a conexão entre o sonho e a criatividade, fontes inconscientes para a criatividade, a importância da imaginação no pensamento criativo, discussões sobre a natureza e importância do pensamento místico. Essa circunstância normalmente vem descrita como sonho, alucinação visual, torpor alcoólico ou imagem hipnagógica e tais afirmações na maioria das vezes tiveram por base as traduções do alemão para o inglês realizado por Japp (1898) ou outras fontes secundárias do discurso de Kekulé.

Wotiz e Rudofsky (1993) analisaram o sonho de Kekulé que se encontra em Schultz (1890), escrito na língua alemã, proferido na Benzolfest no dia 11 de março de 1890 na cidade de Berlim. Nesse evento Kekulé foi homenageado por ter divulgado em 1865 em um jornal francês o modelo do benzeno representado por uma estrutura cíclica. A Benzolfest recebeu uma homenagem em 1990 organizada pela divisão da História da Química da American Chemical Society (ACS) e teve como organizador John H. Wotiz que *“[...] queria que os cientistas físicos interagissem livremente com os cientistas sociais em um fórum internacional, porque a palavra de Kekulé tinha e tem grandes implicações internacionais”* (WOTIZ, 1993, p. 4, tradução nossa).

Nesse fórum de dois dias houve a presença de um grupo internacional constituído de especialistas químicos, historiadores da ciência, psicólogos e psiquiatras que contribuíram com palestras e artigos que deram origem ao livro “*O Enigma de Kekulé – Desafio para Químicos e Psicólogos*”. Nesse livro apresentam-se vários assuntos, entre eles, o relato da história do sonho na proposição do modelo do benzeno representado por uma estrutura cíclica, que foi investigado por Wotiz e Rudofsky (1993) no capítulo 17 “*Herr Professor Doktor Kekulé: Why Dreams? (Professor Doutor Kekulé: Por que os sonhos?)*”.

Nessa investigação Wotiz (1993), ficou feliz quando em 1980 desenvolveu uma pesquisa com Rudofsky sua aluna nas aulas de História da Química, era fluente em francês e alemão, bacharel em química. Wotiz (1993) pediu a Rudofsky que tabulasse as referências ao trabalho “*Estudos sobre compostos aromáticos publicado no Jornal da Química em 1866 (Untersuchungen über aromatische Verbindungen, em Liebigs Annalen der Chemie)*” (KEKULÉ, 1866c apud WOTIZ e RUDOFSKY, 1993, p. 269, tradução nossa).

Observa-se que o trabalho de Kekulé foi publicado em 1866, mas Rudofsky verificou que houve erro porque autores citaram o ano de 1865 nas referências ao trabalho de Kekulé. Restava saber qual autor começou o erro na divulgação do ano de publicação do trabalho de Kekulé e constatou-se que provavelmente foi o próprio Kekulé, mas por quê? Sabe-se que uma vez que um erro é introduzido na literatura outros autores deixam de consultar a fonte original e, portanto, o erro é propagado com frequência suficiente para se tornar a verdade. (WOTIZ e RUDOFSKY, 1993).

Após essa constatação indagou-se “*o que mais poderíamos fazer com as informações novas e originais, especialmente as informações que encontramos nos arquivos de Kekulé localizado na Universidade Technical em Darmstadt, na Alemanha?*” (WOTIZ e RUDOFSKY, 1993, p. 249).

Muitas das cartas para e de Kekulé encontrado em Darmstadt não havia sido publicado anteriormente, especialmente as que não foram lisonjeiras para Kekulé. Podemos compreender porque Richard Anschutz (1852-1896), que durante 21 anos foi colaborador e assistente pessoal de Kekulé, omitiu-as na biografia de Kekulé uma vez que ele estava escrevendo a biografia autorizada pela família. (WOTIZ e RUDOFSKY, 1993).

Sucessivos pesquisadores não querendo estragar a imagem de Kekulé deixaram os conteúdos das cartas sem análise ou talvez negligenciadas, porque

isso exigiria uma mudança na avaliação anterior. Outro grupo de pesquisadores foram os estrangeiros cujo alemão e francês eram insuficientes e que podem ter tido dificuldades ao decifrar os manuscritos e assim o mito Kekulé continuou incontestável até o momento em que Wotiz e Rudofsky (1993) evidenciaram a má conduta de Kekulé na ciência, contestaram e apresentaram as possíveis implicações do sonho com a cobra.

Kekulé ao declarar que sonhou: eliminou as reivindicações prioritárias de outros cientistas e também promoveu a impressão de que a química dos compostos aromáticos foi exclusivamente uma contribuição alemã, estabeleceu uma rixa pessoal entre Adolf Wilhelm Hermann Kolbe (1818-1884) e Kekulé.

Kekulé acusa Kolbe de ser um defensor de pensamento contrário ao alemão e considerou-o de ser um sonhador em um sentido pejorativo. O motivo da rixa entre esses alemães foi a divergência de ideias referente ao modelo do benzeno proposto por Kekulé para justificar a ligação de seis átomos de carbonos a seis átomos de hidrogênio. Esse modelo foi publicado em Kekulé (1865a; 1865b) no idioma francês "*Sur la constitution des substances aromatiques*", "*Note sur quelques produits de substitution de la benzine*" e também em Kekulé (1866c) no idioma alemão "*Untersuchungen über aromatische Verbindungen*" (WOTIZ e RUDOFISKY, 1993).

Outra implicação do sonho refere-se aos macacos. O próprio Kekulé dizia nunca ter sonhado com seis macacos que liga as mãos ao rabo. Ele foi envolvido numa brincadeira que foi publicada em 1886 e enganou os não cientistas.

Wotiz e Rudofsky (1993) comunicaram suas objeções à conduta de Kekulé porque encontraram evidências de que ele estava plenamente consciente dos seus escritos e o sonho com a cobra teria sido usado por ele para menosprezar as contribuições dos seus antecessores. No entanto Rothenberg (1995) encontrou na tradução feita por Japp (1898, p.120) uma referência à contribuição de Laurent e outros "[...] Minhas opiniões têm crescido [...] fora dos meus antecessores e são baseadas neles".

Rothenberg (1995) teve por objetivo avaliar o relato de Kekulé e sua pertinência para as teorias sobre a cognição criativa, questionou a importância da imaginação no pensamento criativo e a relação entre sonho e criatividade.

Rothenberg (1995) em seu trabalho avaliou o relato de Kekulé referente ao sonho com a cobra agarrando a própria cauda, que foi escrito por Kekulé como uma reconstrução de seu discurso realizado em 1890 na Benzolfest, uma celebração de

suas descobertas pela Sociedade Química Alemã. O objetivo era avaliar esse sonho e sua pertinência para, as teorias sobre a cognição criativa, teorias que ligam sonhos e inconscientes, fatores como criatividade ou descoberta. Para isso comparou e disponibilizou em tabelas quatro traduções de trechos específicos do sonho com seus respectivos comentários referentes a omissões e diferenças. Uma das traduções feitas foi realizada em 1898 pelo professor de Química Francis R. Japp enquanto que as outras três são recentes e realizadas por especialistas da língua alemã, Carl Guthke professor da literatura alemã na Universidade de Harvard e ganhador do “*Walter Channing Cabot Prize*”, Krishna Winston professor de língua e literatura alemã na Universidade de Wesleyan, tradutor oficial recomendado pela “*Modern Language Association*” e A. Leslie Willson professor de alemão na Universidade do Texas em Austin, membro da Associação Americana de Tradutores da Academia de Ciências e ganhador da “*Goethe Medal*” oferecida pelo Instituto Goethe em Munique.

Na avaliação das traduções Rothenberg (1995) observou que os termos sonhar e despertar foram traduzidos e interpretados de forma diferente pelos tradutores. Sonhar pode ser um estado de espírito, fantasia e imaginação enquanto que despertar concentração e absorção. Verifica-se que o sonho é uma questão polêmica e pode ser caracterizado como um processo inconsciente.

Rothenberg (1995) também observou concordância nas traduções quanto ao uso da mente na visualização da imagem da cobra e diferenças na descrição do estado de consciência, por exemplo, Japp “*cochilar*”, Guthke “*meio sono*”, Winston “*vigília e sono*” e Willson “*caiu em um estado abatido*” (ROTHENBERG, 1995).

Nas avaliações referentes ao uso da mente e descrição do estado de consciência Rothenberg (1995) evidenciou a sugestão implícita de que não houve sonho, porque Willson evitou os termos dormir e acordar e empregou um sentido figurado para descrever a situação “*caiu em um estado abatido*”.

Para Rothenberg (1995) o trabalho por longos períodos num local que era escuro evidenciou experiências sensoriais e mentais que levaram a ideia da estrutura cíclica para o benzeno. Kekulé era um químico e não um psicólogo e, portanto segundo Rothenberg (1995) seus relatos, sob esse aspecto, não podem ser considerados corretos, tecnicamente, porque há uma boa quantidade de evidências que tais declarações públicas por pessoas criativas não pode ser tomada literalmente em sua totalidade e requerem avaliação psicológica e interpretação. As

evidências indicaram que Kekulé estava consciente no processo cognitivo e criativo e a referência ao sonho pode ter sido construída intencionalmente em sentido figurado enquanto que a palavra cobra em sentido literal, porque pode ser que Kekulé estivesse ciente da imagem da cobra representando átomos. (ROTHENBERG, 1995).

Rothenberg (1995) utilizou o conhecimento, da psicologia em sua avaliação e evidenciou que o avanço de Kekulé, na pesquisa que originou a estrutura cíclica, foi devido a formas específica de consciência principalmente a cognição criativa chamada *“homospacial e janusian”*:

homospacial é um processo que permite conceber duas ou mais entidades diferentes no mesmo espaço mental, uma concepção que leva a articulação de novas identidades e Janusian que é a capacidade de conceber e usar dois ou mais pensamentos opostos ao mesmo tempo. (ROTHENBERG, 1995, p. 431-433).

Assim, o professor pode utilizar textos com a HC e em específico com a história do benzeno para complementar os Livros Didáticos (LDs) do ensino superior e médio. Porque eles apresentam fragmentos da história em quadros laterais como curiosidade e não há proposta pedagógica específica. Disso decorre a importância de indicar que quadros laterais delineiam um reducionismo que afasta a intrincada soma de fatores que constroem a ciência. O reducionismo segundo Abbagnano (1962) define-se como algo que foi reduzido, transformado, modificado, manipulado, em nome da ciência.

3.3 OS MODELOS EXPLICATIVOS PARA A MOLÉCULA DO BENZENO

No início do século XIX os conceitos que fundamentaram os Modelos Explicativos para a Molécula do Benzeno (MEMB) estavam sendo construídos e nessa época *“nada se sabia acerca das múltiplas ligações carbono-carbono e nem*

mesmo se tinha uma ideia bem formulada sobre estruturas químicas” (CARAMORI e OLIVEIRA, 2009, p. 1872).

Na proposição das estruturas químicas houve discordância entre a corrente do pensamento científico conhecida como estruturalismo e os que repudiavam essa ideia, por exemplo, Adolf Wilhelm Hermann Kolbe (1818-1884) não aceitava a teoria do benzeno proposta por Kekulé. Ele dizia que essa teoria seria derrubada e seus princípios poderiam ser incabíveis e errôneos.

Os estruturalistas defendiam a ideia dos arranjos atômicos que são invisíveis aos olhos e deveriam ser interpretados com os olhos da mente (CARAMORI e OLIVEIRA, 2009, p. 1873). Com essa concepção os estruturalistas, Loschmidt (1861), Ladenburg (1869), Claus (1866), Dewar (1866), Armstrong-Bayer (1887) e Kekulé (1865), propuseram os MEMB conforme figura 11:

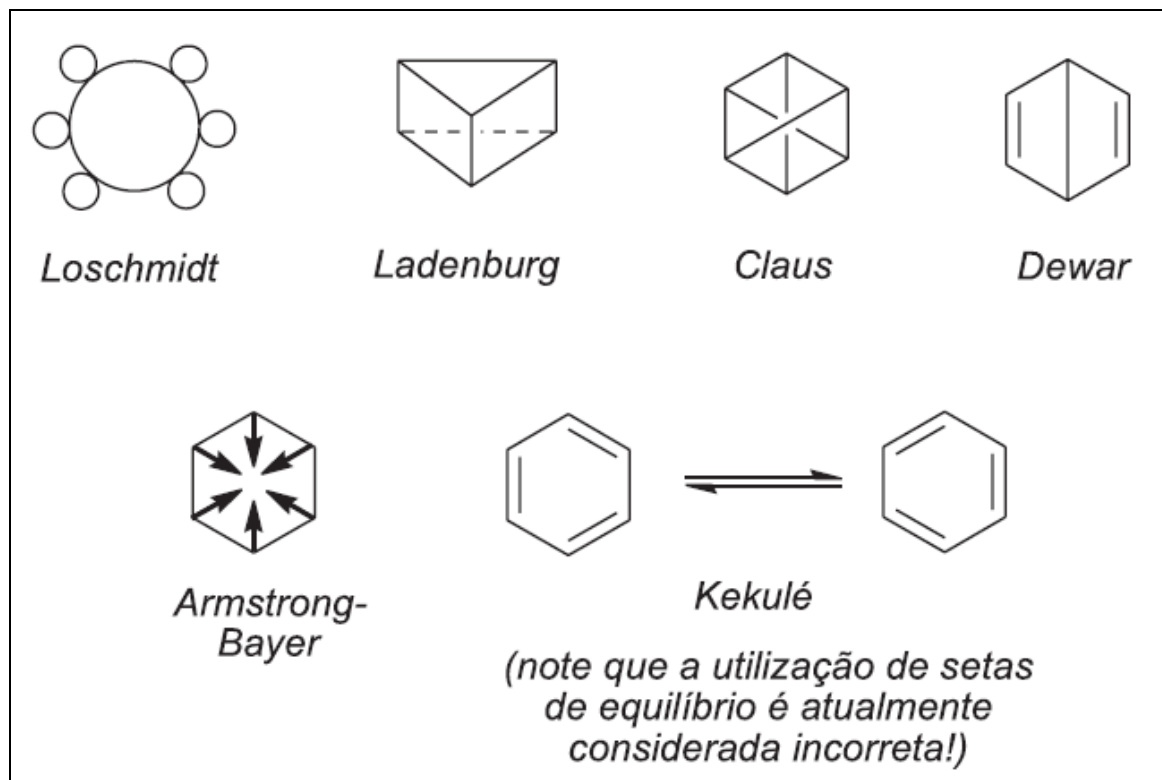


Figura 11 – Modelos para o benzeno
Fonte: Caramori e Oliveira, 2009, p. 1873

Apresentam-se na figura 11 os símbolos que devem ser entendidos a partir de teorias distintas que não estão vigentes no século XXI, mas no ensino de Química Orgânica podem servir para introduzir discussões referentes a História da Ciência.

Nessas discussões é importante ressaltar que nesse processo de construção dos símbolos houve disputas referentes a primazia e ao crédito de precursor em torno de uma ideia. Nessa disputa Kekulé é o mais citado na História da Ciência (HC) apresentado nos Livros Didáticos (LDs) de nível superior e médio. No entanto considera-se importante a contribuição de outros pesquisadores que também subsidiaram a construção dos símbolos e das teorias na Química Orgânica.

Para escrever sobre parte dessas contribuições fez-se a leitura de artigos que trataram desses assuntos. Por exemplo, Mason (1943) que mostrou seu interesse e entusiasmo pela HC no artigo intitulado "*History of the use of Graphic Formulas in Organic (História do uso de Fórmulas gráficas na Química Orgânica)*". Ele explicou parte das ideias que subsidiaram a arte e a invenção dos símbolos na química estrutural:

A necessidade foi a mãe da invenção das fórmulas esquemáticas que surgiram na imatura química estrutural da década de 1850, essencialmente por causa do impacto da filosofia do atomismo sobre ela. Antes a influência desta filosofia sobre a química tinha sido limitada por uma pobreza de acontecimentos químicos. Mas em 1852 o último dos dados necessários para a liberação de toda a sua força, foram estabelecidos e a trindade de idéias sobre qual a química moderna está baseada foi completada. (MASON, 1943, p. 346, tradução nossa).

Mason (1943) escreveu que a trindade de ideias que serviram de base para a Química moderna foi, elemento, peso atômico e valência respectivamente proposta em 1661 por Robert Boyle (1627-1691), em 1808 por John Dalton (1766-1844) e em 1852 por Edward Frankland (1825-1899).

Frankland divulgou em seu artigo intitulado "*On a New Series of Organic Compounds containing Metals*" de 1852 a sua ideia de valência para explicar a união dos átomos:

É suficientemente evidente que qualquer que seja o caráter dos átomos que estabelecem a união, a força de combinação do elemento que atrai, [...], é sempre satisfeita pelo mesmo número desses átomos. (FRANKLAND, 1852 apud Mason, 1943, p.346, tradução nossa).

Essa proposta foi muito importante, conforme atesta Camel et.al, (2009),

O conceito de valência química surge no âmbito da Química Orgânica. Em 1849, Hermann Kolbe submeteu acetato de potássio à eletrólise e obteve um gás que ele acreditou fosse metil livre, mas que se tratava de etano. Quase na mesma época, Edward Frankland tratou iodeto de etila com zinco e isolou o que ele pensava ser etil livre, mas que se tratava de butano, como representado na equação abaixo: $2C_2H_5I + Zn \rightarrow C_4H_{10} + ZnI_2$. A reação dava origem também a um subproduto, o dietilzinco, que foi o precursor da classe dos organometálicos. Frankland continuou suas investigações com outros metais e verificou que um metal apresentava sempre a mesma capacidade de saturação em relação a um tipo de radical, e mesmo quando este era modificado essa regularidade se mantinha. (CAMEL et al., 2009, p.548).

Segundo Mason (1943) o conceito de valência proposto por Frankland deu origem a uma nova ideia:

Dentro de seis anos de sua publicação este conceito deu origem a uma nova premissa na química orgânica, ou seja, o átomo de carbono é tetravalente, e isso, juntamente com um outro, que os átomos de carbono podem ser ligados em conjunto, tornaram possível expressar a analogia química em termos de estrutura. Para este efeito a nova arte da estrutura representada por símbolos foi inventada. (MASON, 1943, p. 346, tradução nossa).

Mason (1943) expressou a construção dos conceitos da Química Orgânica como arte da estrutura representada por símbolos. Além disso, mencionou Frankland como precursor da concepção de que o átomo de carbono é tetravalente.

O crédito de precursor em torno dessa concepção foi investigada por Wotiz e Rudofsky (1993) que fizeram um levantamento em Russel (1971), Palmer (1959), Anschütz (1929) e Armstrong (1930) e relataram:

Kekulé “Também deve muito a Frankland, como “Russel (1971)” documentou, no capítulo 8 deste livro: “.. Mas uma característica curiosa é a ausência total de qualquer referência as contribuições teóricas de Frankland [no Kekulé organischen Lehrbuch der Chemie], o reconhecimento é escasso de algumas das principais conquistas dos que ali estavam na mesma tradição ...” (Russel ,1971, p.111)”. “Professor Russel também acredita que Kekulé não tinha nenhuma compreensão do significado de Frankland, e reconhece a memória seletiva Kekulé (Russel, 1971, p.113).” “Uma observação semelhante foi feita por (Palmer, 1959)”: ... “[Kekulé] deu discussão clara de valência com especial referência para a valência do carbono, sem, contudo, de qualquer forma de reconhecer uma dívida para com Frankland...” Armstrong analisou a biografia de Kekulé no livro de Anschütz (1929) e citou “...O seu principal tema, o papel desempenhado por Kekulé, em estabelecer a doutrina básica da química estrutural e da valência atômica [1857]. O assunto é tratado com a mão um pouco pesada: “Anschütz (1929)”, de fato, afirma [como, aliás, o assunto do livro de memórias ele, originalmente. Eu não tenho nenhuma dúvida em perfeita sinceridade, jovens que ouvem vozes são propensos a pensar que elas vêm só a eles] que Kekulé foi essencialmente o primeiro a reconhecer e formular as suas regras: não apenas que ele desenvolveu a doutrina, especialmente em relação ao carbono, a vista que é geralmente realizada. A Frankland é simplesmente negado todo o crédito ...” (WOTIZ e RUDOFISKY, 1993, p.251, tradução nossa).

Assim, Wotiz e Rudofsky (1993) evidenciaram a má conduta de Kekulé na ciência, nesse caso, porque não referenciou Frankland como precursor do conceito de valência.

CAPÍTULO IV - METODOLOGIA

Esta pesquisa se delinea como qualitativa e exploratória. Foi focada na elaboração, aplicação e avaliação do Material Didático (MD) produzido com o intuito de fornecer subsídios, complementares ao Livro Didático (LD), a alunos e professor da terceira série do ensino médio de duas Escolas (E1 e E2) Públicas de Campo Grande-MS.

A elaboração do MD foi fundamentada com artigos e livros que compõem os quatro textos com a história dos Modelos Explicativos para a Molécula do Benzeno (MEMB).

A aplicação do MD ocorreu no 4º bimestre para conciliar HC e conteúdos. Nesse contexto antes de aplicar o MD o professor fez um planejamento conforme os requisitos do Referencial Curricular da Educação Básica da Rede Estadual de Ensino do Estado de Mato Grosso do Sul – Ensino Médio que direcionam o ensino nas Escolas Públicas de Campo Grande-MS.

Na avaliação utilizou-se como instrumento as questões e as respostas que se encontram em quadros no capítulo V que trata dos resultados e discussões.

Descreve-se a seguir o processo de elaboração e aplicação MD.

4.1 ELABORAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

O Material didático (MD) contemplou o Referencial Curricular da Educação Básica da Rede Estadual de Ensino do Estado de Mato Grosso do Sul – Ensino Médio. Nesse referencial cita-se como finalidade do ensino médio:

[...] a consolidação e aprofundamento dos conteúdos aprendidos no Ensino Fundamental; a formação ética; a promoção da autonomia intelectual conciliada ao pensamento crítico e ao desenvolvimento da teoria e da prática aliados no processo de aprendizagem. [...] objetivo de desenvolver uma aprendizagem significativa supõe o domínio dos conteúdos científicos e tecnológicos concomitantemente à prática da produção, adequando o perfil do aluno para o acesso ao ensino superior ou cumprindo a terminalidade da educação básica. (MATO GROSSO DO SUL, 2006, p. 9).

Considerando que nossa intenção condiz com o referencial citado desenvolveu-se o MD para potencializar a aprendizagem da Química. Para isso elaborou-se uma sequência didática com quatro textos que foram ordenados numa sequência temporal de eventos científicos que ocorreram até o momento da proposição do estado de equilíbrio para o benzeno. Para isso utilizou-se, os artigos de Faraday (1825), de Caramori e Oliveira (2009); o livro de Bruice (2006) e também a categorização proposta por Tobares (2003) que considera quatro estágios na elucidação da estrutura do benzeno.

4.1.1 Estágio das explicações sobre o benzeno

Estágio 1 – Especulativo

As evidências experimentais obtidas por Michael Faraday (1791-1867) e Eilhard Mitscherlich (1794-1863) indicaram que o benzeno apresenta seis carbonos e seis hidrogênios C_6H_6 . (TOBARES, 2003).

Estágio 2 Definição e abrangência do problema

Sabia-se que o benzeno poderia ser um composto insaturado com seis hidrogênios, e seis carbonos de valência quatro. E a questão era saber “*como estavam distribuídos os átomos de carbono e hidrogênio na molécula do benzeno?*” (TOBARES, 2003, p. 146).

Estágio 3 – Hipótese de Kekulé

Kekulé propôs que a cadeia carbônica se fechava formando um anel e que os seis átomos dessa cadeia estão no vértice de um hexágono regular ligado a um átomo de hidrogênio. Para justificar a valência quatro Kekulé sugeriu ligações duplas e simples alternadas entre os carbonos. (TOBARES, 2003; BRUICE, 2006).

Nessa sugestão previa-se a adição de bromo as insaturações do benzeno, no entanto ocorreu a reação de substituição e o produto obtido foi um bromobenzeno. (TOBARES, 2003; BRUICE, 2006).

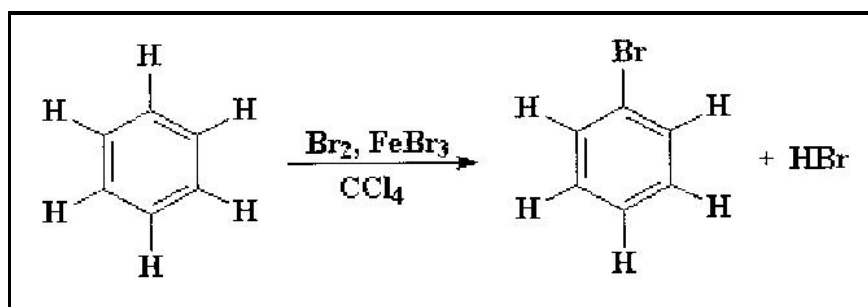


Figura 12 – Representação da reação de substituição do benzeno
Fonte: Tobares, 2003, p. 138

Além disso, na reação de substituição previam-se quatro produtos diferentes para o dibromobenzeno ($C_6H_4Br_2$): dois 1,2 dibromobenzeno, 1,3 dibromobenzeno, 1,4 dibromobenzeno. (TOBARES, 2003; BRUICE, 2006).

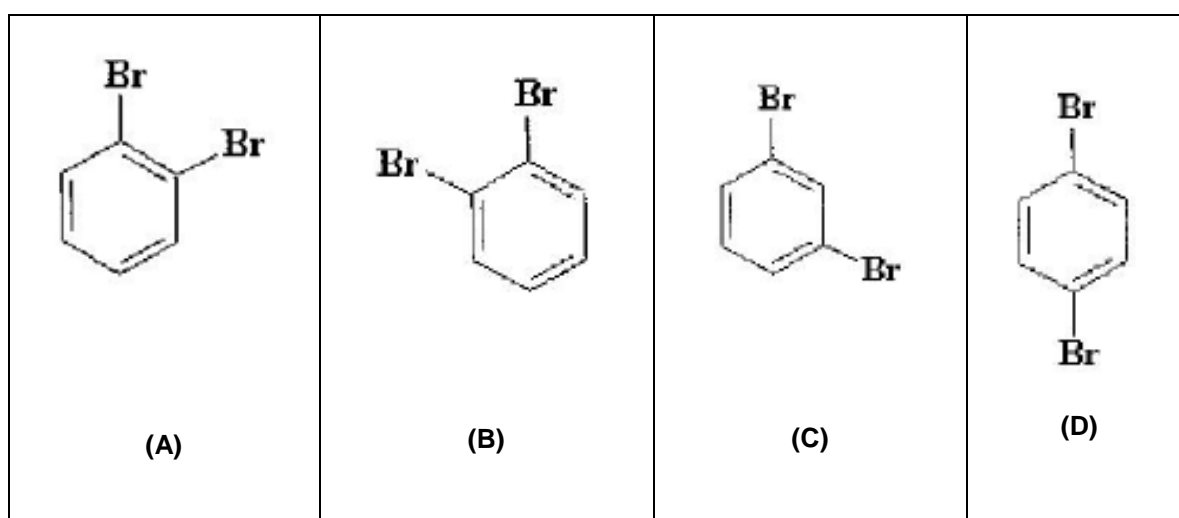


Figura 13 – Representações estruturais dos produtos obtidos na reação de substituição: (A) e (B) dois 1,2 dibromobenzeno, (C) 1,3 dibromobenzeno e (D) 1,4 dibromobenzeno
Fonte: Tobares, 2003, p. 139

No entanto obtiveram-se somente três dibromobenzeno: 1,2 dibromobenzeno, 1,3 dibromobenzeno e 1,4 dibromobenzeno. (TOBARES, 2003; BRUICE, 2006).

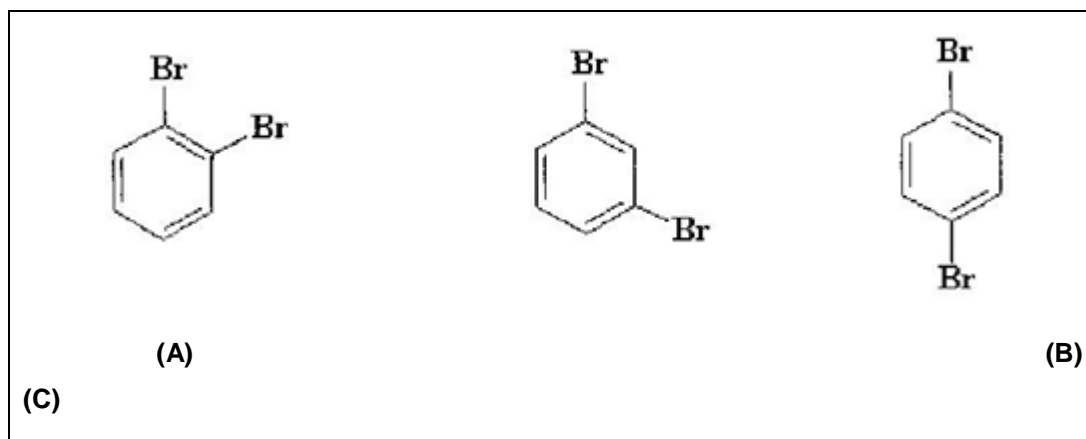


Figura 14 – Representações estruturais dos produtos obtidos na reação de substituição: (A) 1,2 dibromobenzeno, (B) 1,3 dibromobenzeno e (C) 1,4 dibromobenzeno
Fonte: Tobares, 2003, p. 139

Kekulé resolveu-se esse problema admitindo que os dois produtos dibromobenzeno estavam em rápido estado de equilíbrio e por isso não era possível isolar ou ser distinguido. (TOBARES; BRUICE; 2003; 2006).

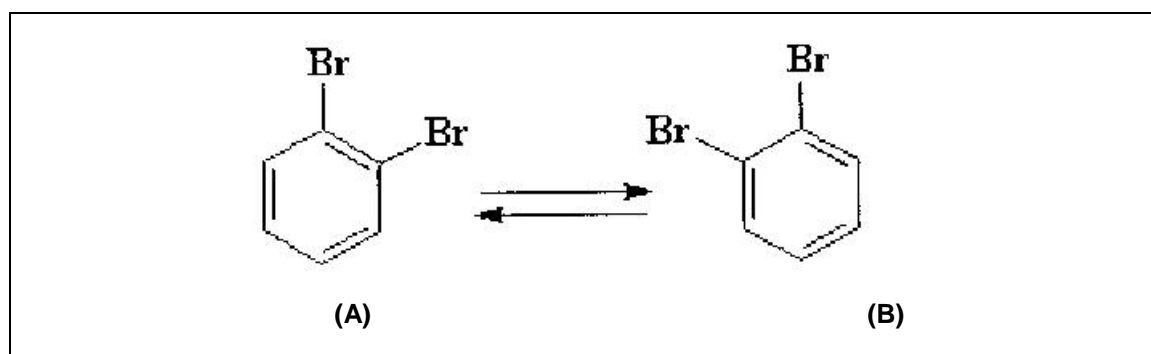


Figura 15 – Representações estruturais dos (A) e (B) dois 1,2 dibromobenzeno
Fonte: Tobares, 2003, p. 139

Estágio 4 – Validação da hipótese de Kekulé

A hipótese de Kekulé justificou a fórmula molecular do benzeno e o número de isômeros obtidos, porém não justificava a estabilidade incomum do benzeno que não sofreu reação de adição característica dos alcenos. (TOBARES, 2003; BRUICE, 2006).

Essa hipótese se manteve aproximadamente até 1930 com o advento das teorias, de ressonância, e do orbital molecular, embasadas em técnicas de raios X e difração de elétrons que evidenciaram que o benzeno não tem ligações duplas e simples alternadas. Nessas teorias têm-se duas maneiras diferentes de mostrar elétrons deslocalizados que faz o benzeno mais estável. (BRUICE, 2006).

Assim, o MD foi elaborado com os conhecimentos referente a molécula do benzeno, desde o estágio 1 até o estágio 4. No entanto não fez parte do MD a teoria de ressonância e do orbital molecular.

Esses estágios estão distribuídos em quatro textos intitulados: O Texto 1 – *“Descobrimo uma nova substância...”*, o Texto 2 – *“Conhecendo melhor o bicarbureto de hidrogênio”, posteriormente, chamado de Benzeno*”, o texto 3 – *“Como se arranjariam 6 átomos de carbono e 6 átomos de hidrogênio no benzeno?”*, e o texto 4 - *“Os cientistas se surpreendem estudando o Benzeno - as previsões não são confirmadas !! ”* referem-se ao estágio 1 – *“Especulativo”*, estágio 2 – *“Definição e abrangência do problema”*, estágio 3 – *“Hipótese de Kekulé”* e estágio 4 – *“Validação da hipótese de Kekulé”*.

Apresenta-se no texto 1 – *“Descobrimo uma nova substância...”*, a tradução de parte do texto original de Faraday (1825), para ressaltar a necessidade de comunicação científica e da sua legitimação pelos meios acadêmicos, no caso à Royal Society.

Nesse texto comenta-se sobre o experimento realizado por Faraday (1825) que evidenciou carbono e hidrogênio na constituição do benzeno. O resultado desse experimento foi relatado em um artigo à Royal Society, de 16 de junho de 1825, sob o título *“Sobre novos compostos de Carbono e Hidrogênio, e outros produtos obtidos durante a decomposição de óleo por calor”* (FARADAY, 1825).

O objetivo foi apresentar, discutir e refletir a respeito da visão contemporânea sobre o fazer científico que podem caracterizar a Natureza da Ciência (NdC). Para isso elaborou-se questões para identificar a percepção dos alunos referente a visão contemporânea sobre o fazer científico, oportunizando uma

reflexão sobre as características da NdC *“Uma observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente”, “Uma formação prévia dentro de um mesmo paradigma é uma componente essencial para que haja acordo entre os cientistas”*.

No Texto 2 – *“Conhecendo melhor o “bicarbureto de hidrogênio”, posteriormente, chamado de Benzeno”,* apresenta-se o experimento realizado por Mitscherlich (1834 apud Caramori e Oliveira, 2009) que evidenciou seis carbonos e seis hidrogênios para o benzeno e também estruturas propostas.

O objetivo foi apresentar, discutir e refletir a respeito das características da Natureza da Ciência (NdC), para isso elaborou-se quatro questões para identificar a percepção dos alunos referente a visão contemporânea sobre o fazer científico oportunizando uma reflexão sobre as características da NdC *“A natureza não fornece evidências simples o suficiente que permitam interpretações sem ambiguidades”, “Teorias científicas não são induções mas sim hipóteses que vão necessariamente além das observações”, “O conhecimento científico não é estático e convergente, mas sim mutável e sem fim” e “O desacordo é sempre possível ”*

No texto 3 – *“Como se arranjarão 6 átomos de carbono e 6 átomos de hidrogênio no benzeno?”* comenta-se sobre a teoria estrutural e seus postulados que serviram de base para a hipótese de Kekulé que fundamentou a estrutura do benzeno.

O objetivo foi apresentar, discutir e refletir a respeito das características da Natureza da Ciência (NdC) e também verificar o conhecimento dos alunos em relação as ligações de carbono e hidrogênio. Para isso elaborou-se seis questões para identificar a percepção dos alunos referente a visão contemporânea sobre o fazer científico oportunizando uma reflexão sobre as características da NdC *“Teorias científicas não são induções mas sim hipóteses que vão necessariamente além das observações”, “Teorias científicas não podem ser provadas”*.

No texto 4 - *“Os cientistas se surpreendem estudando o Benzeno - as previsões não são confirmadas !! ”* comenta-se, as reações de adição e de substituição para benzeno, alceno e alceno; as evidências de que o benzeno não reagiu por adição como o previsto para alcenos; as reações de substituição que são características dos alcanos, as reações de substituição para o benzeno. Além disso, contestou-se a hipótese de Kekulé porque apresentou problemas que foram evidenciados nas reações de substituição. Nessas reações obtiveram-se três

produtos enquanto que o previsto era quatro. Kekulé justificou esse problema com uma nova hipótese admitiu que dois compostos 1,2 dibromobenzeno estavam em estado de equilíbrio e isso impedia o isolamento de um dos compostos.

O objetivo foi apresentar, discutir e verificar por meio de seis questões o conhecimento químico dos alunos sobre reações químicas, identificar a percepção dos alunos sobre o conceito de experimento e a função da experimentação na produção científica.

Assim, nos textos 1, 2, 3 e 4 encontram-se as noções, conceitos e conteúdos sobre, a Natureza da Ciência (NdC) referente ao fazer científico, as representações, os conceitos, a teoria estrutural e seus postulados que serviram de base para a hipótese de Kekulé que fundamentou a estrutura do benzeno, as reações de adição e de substituição para benzeno, alceno e alcano, as evidências de que o benzeno não reagiu por adição como o previsto para alcenos, as reações de substituição que são características dos alcanos. Além desses assuntos encontram-se no final de cada texto questões que serviram de instrumento de avaliação.

4.2 O MATERIAL DIDÁTICO E SUA APLICAÇÃO

A aplicação do Material Didático (MD) ocorreu, no início do 4º bimestre de 2011 para conciliar HC e conteúdos, em duas Escolas (E1 e E2) Públicas de Campo Grande-MS, em quatro aulas de 50 minutos, a alunos de quatro turmas do terceiro ano do ensino médio. Sendo três turmas da E1 no período matutino e a outra da E2 no período noturno. Na E2 os textos do MD foram lidos em papel enquanto que na E1 utilizou-se o computador para as leituras.

Ao todo participaram da pesquisa 57 alunos, mas para a apresentação dos dados consideraram-se 19 alunos que participaram de todas as aulas e responderam a maioria das questões que serviram para avaliação e estão disponíveis em quadros no capítulo V que trata dos resultados e discussões.

Nesse contexto antes de aplicar o MD o professor fez um planejamento estruturado com as noções, conceitos e conteúdos sobre, as características da NdC,

os MEMB, as reações de substituição e adição, que foram abordados para desenvolver competências e habilidades a partir de uma metodologia envolvendo o uso da HC no ensino. Nesse planejamento também constou que iria utilizar questões como instrumento de avaliação do aluno e do MD.

As competências e habilidades desenvolvidas foram: compreender e representar códigos, símbolos e expressões próprias da Química; reconhecer as transformações químicas; reconhecer, propor ou resolver um problema, selecionando procedimentos e estratégias adequados para a sua solução; reconhecer que, em certas transformações químicas, há coexistência de reagentes e produtos (estado de equilíbrio químico, extensão da transformação).

A metodologia proposta foi ensinar os conteúdos, a partir de textos permeados com a história do benzeno, por meio de leitura, questionamento e discussão que ocorreram na sala de aula e tecnologia. Após a leitura os alunos responderam as questões e estão descritas a seguir.

CAPÍTULO V

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresenta-se nos quadros a seguir as respostas dos 19 alunos participantes da pesquisa, relativos a cada texto, separadas por escola e turmas visto que tem características diferentes em relação a sua aplicação, conforme descrito na metodologia. Optou-se pela apresentação individualizada por possibilitar uma visão detalhada e abrangente do processo avaliativo. Os alunos foram designados aleatoriamente com uma letra e um número. As letras A, B e C referem-se respectivamente as três turmas da E1 e a letra D refere-se a turma da E2.

5.1 RESULTADOS E DISCUSSÕES REFERENTE À APLICAÇÃO DO TEXTO 1- *“Descobrimo uma nova substância...”*

No Quadro 1 estão as respostas dos alunos às perguntas do Texto 1.

Quadro 1 – Respostas dos alunos às perguntas do Texto 1

ALUNOS	PERGUNTAS		
	1.1 O gás de iluminação observado por Faraday estava a disposição de todos que transitavam nas ruas de Londres. Em sua opinião, qualquer pessoa poderia ter descoberto a substância?	1.2 Por que Faraday buscou experiências em laboratório para identificar o “bicarbureto de hidrogênio”?	1.3 Por que Faraday enviou um artigo a Royal Society?
A1	Sim, mas somente um cientista poderia diferenciá-lo e estudá-lo.	Para ter melhores resultados em sua pesquisa.	Para mostrar a sua descoberta.
A2	Sim, pois na época as substâncias eram separadas pelo cheiro então qualquer um poderia ter descoberto e a substancia estava à disposição de todos na rua.	Por que ele queria descobrir a utilidade da nova substancia.	Para divulgar a nova descoberta para toda sociedade.
A3	Não, pois esta foi uma observação científica	Por que era necessário separar as substancias	Por que ele era um cientista e precisava apresentar sua descoberta.
B1	Somente com experiência seria possível a separação dos aromáticos com os não aromáticos.	Sobre novos compostos de carbono e hidrogênio, e outros produtos obtidos durante a decomposição do óleo por calor.	Descrever dois novos compostos de carbono e hidrogênio, e genericamente de outros produtos obtido durante a decomposição do óleo por calor
B2	Não, pois apenas as pessoas que tinham conhecimento da separação de odor aromático e não aromático	Porque comprimiu o gás de iluminação, foi produzido pela pirólise de óleo de baleia, compressão do gás e o surgimento do bicarbureto de hidrogênio.	Para divulgar novos compostos de carbono e hidrogênio e produtos obtidos pela decomposição de óleo por calor.

Continua na próxima página...

B3	Não, porque ele já tinha o conhecimento químico e se fosse outra pessoa nem ia perceber nada.	Por que só no laboratório á equipamentos sofisticados o suficiente para mexer com substâncias químicas.	Foi para descrever de dois novos compostos de carbono e hidrogênio, e genericamente de outros produtos obtidos durante a decomposição do óleo e pelo calor.
B4	Sim, pois qualquer pessoa poderia sentir o odor característico. Pois as substancias eram separadas em aromáticas e não aromática.	Faraday isolou pela primeira vez a substância para observação, ou seja, para especialmente descrever dois novos compostos de carbono e hidrogênio, pois as substâncias formadas por óleo a moderada e em alta temperatura chamou sua atenção. Com isso obteve conhecimento geral de que quando o gás do óleo usado é comprimido nos vasos, um liquido é depositado, o que pode ser retirado e observado no estado liquido.	Para descrever dois novos compostos de carbono e hidrogênio, e gerencialmente de outros produtos durante a decomposição do óleo pelo calor.
B5	Não. Porque foi o cheiro/aroma que chamou a atenção de Faraday e não é qualquer um que reconhece o que é, apenas quem entende sobre substâncias.	Porque era uma substancia observada por um processo de compressão do gás de iluminação, o acetileno, produzido pela pirólise do óleo de baleia.	Para especialmente discutir dois novos compostos de carbono e hidrogênio, e genericamente de outros produtos obtidos durante a decomposição do óleo pelo calor.
B6	Não . Porque seu conhecimento , era mais avançado do que das outras pessoas.	Porque só em laboratório seria possível identificar o bicarbuneto do hidrogênio.	É para descrever os dois novos compostos e genericamente de outros produtos obtidos durante a decomposição do óleo pelo calor.
C1	Não, pois são poucas as pessoas que se interessavam por química, sendo assim, Faraday com sua curiosidade quis estudar mais sobre a substância.	Pois era necessário processo que fora do laboratório seriam difíceis realizarem como a pirólise – reação pelo calor e o isolamento da substância.	Pois a substância era do interesse de companhias de gás e os compostos eram novos.
C2	Não, as pessoas não tinham curiosidade sobre a substância.	Porque ele precisava fazer um estudo mais detalhado da substância.	Para noticiar que ele havia encontrado uma nova substância.
C3	Talvez, pois outra pessoa poderia ser inteligente como ele ou com seus pensamentos e descobrir esta substância.	Pois ele percebeu que era composta de carbono e hidrogênio.	Por que ele observou um processo de compressão do gás de iluminação, o acetileno produzido pela pirólise do óleo de baleia. Indicou como sendo bicarbureto de hidrogênio.
C4	Não, porque o cheiro da substância foi o que chamou a atenção de Faraday.	Ele designou este nome, pois notou a presença de Carbono e Hidrogênio.	Para mostrar os compostos que havia descoberto, onde queria mais informação.

D1	Sim. Porque era claro a presença de líquido nas garrafas.	Porque ele era um químico, e entendia de substâncias aromáticas e não aromáticas.	Para descrever dois novos compostos, e para informar que nas operações da companhia de gás portátil, quando o gás do óleo usado é comprimido nos vasos, um líquido é depositado, o que pode ser retirado e preservado no estado líquido.
D2	Sim. Porque era um líquido aromático no fundo da garrafa de gás de iluminação e o cheiro e o aroma chamava atenção de todos.	Indicou como sendo bicarbureto de hidrogênio a substância recebeu essa designação, pois determinou que era composta de carbono e hidrogênio.	Faraday relata em artigo sob o título, que sobre novos compostos de carbono e hidrogênio e outros produtos obtidos durante a decomposição de óleo por calor.
D3	Sim. Porque era um líquido aromático no fundo da garrafa de gás de iluminação e o cheiro e o aroma chamava atenção de todos.	Indicou como sendo bicarbureto de hidrogênio a substância recebeu essa designação, pois determinou que era composta de carbono e hidrogênio.	Faraday relata em artigo sob o título, que sobre novos compostos de carbono e hidrogênio e outros produtos obtidos durante a decomposição de óleo por calor.
D4	Sim. Porque era usado nas luminárias e se qualquer pessoa passa e sente-se o cheiro forte poderia ter descoberto a substância.	Porque ele era um químico e entendia de substâncias aromáticas e não aromáticas.	Por descrever dois novos compostos e para informar que nas operações da companhia de gás portátil, quando o gás de óleo usado é comprimido nos vasos, um líquido é depositado, o que pode ser retirado e preservado no estado líquido.
D5	Eu acho que não, pois já haviam substâncias difíceis de saber o que era.	Porque era composto de carbono e hidrogênio.	Para especialmente descrever dois novos compostos de carbono e hidrogênio, e genericamente de outros produtos obtidos durante a decomposição do óleo pelo calor.
D6	Qualquer pessoa que tivesse interesse por química poderia descobrir a nova substância.	Porque o laboratório é o lugar mais adequado para realizações de experiências.	Afim de documentar a descoberta da nova substância.

A: Alunos da turma A da E1

B: Alunos da turma B da E1

C: Alunos da turma C da E1

D: Alunos da turma C da E2

Em relação à pergunta “*O gás de iluminação observado por Faraday estava a disposição de todos que transitavam nas ruas de Londres. Em sua opinião, qualquer pessoa poderia ter descoberto a substância?*” pretendia-se identificar a percepção dos alunos sobre o fazer científico oportunizando uma reflexão sobre a seguinte característica da Natureza da Ciência (NdC): “*Uma observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente*”.

Obtiveram-se três grupos de respostas. Um grupo (grupo 1) caracterizou a descoberta como pesquisa desenvolvida por um cientista demonstrando que entendem que é necessário características específicas para que um indivíduo conseguisse a observação feita por Faraday. Os alunos B2, B3, B5, B6, C1, A1, A3 expressaram aspectos gerais porque afirmaram ser uma observação científica, mas não justificaram. Expressaram em suas respostas características que indicaram que a pesquisa científica depende de uma expectativa pré-existente.

Um segundo grupo (grupo 2) relativo aos alunos D2 e D3 afirmam que qualquer pessoa poderia ter descoberto a substância demonstrando não considerar essa característica da NdC.

Os demais alunos B1, C3, D5, D6 forneceram respostas que não se enquadraram em nenhum dos grupos.

Assim a maioria dos alunos percebeu que a pesquisa científica depende de uma expectativa pré-existente. Essa opinião pode estar relacionada a leitura e discussão do texto que contextualiza o trabalho de Faraday como cientista.

Na discussão apresentou-se aos alunos que a “*expectativa pré-existente*” refere-se a teoria que precedeu a observação e não o oposto que caracteriza uma visão tradicional de ciências.

Em relação à pergunta “*Por que Faraday buscou experiências em laboratório para identificar o “bicarbureto de hidrogênio?”*” pretendia-se identificar se alunos percebiam que “*Teorias científicas não são induções, mas sim hipóteses que vão necessariamente além das observações*” e a necessidade de experimentos planejados para teste de hipóteses.

Os alunos B3, B6, D6, B2, B5, C1, C2, identificaram o laboratório que supria a necessidade para identificar o composto e descreveram a experiência

reconhecendo a necessidade de aparato específico, mas não de um experimento planejado para teste de hipótese. As respostas dos demais alunos não se enquadravam nessa categoria. A maioria dos alunos não considerou essa característica da NdC.

Em relação à pergunta *“Por que Faraday enviou um artigo a Royal Society?”* pretendia-se identificar se os alunos reconheciam a entidade como legitimadora da descoberta relacionando-se a seguinte característica *“Uma formação prévia dentro de um mesmo paradigma é uma componente essencial para que haja acordo entre os cientistas”*.

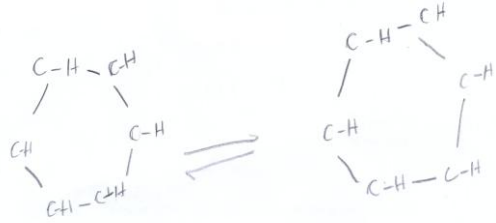
O aluno D6 foi o único que indicou a relação da entidade como certificadora da descoberta, entretanto as maiorias dos alunos A1, A2, A3, B1, B2, B3, B4, B5, B6, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3, D4, D5 reconheceram que Faraday fez o relato como forma de divulgação.

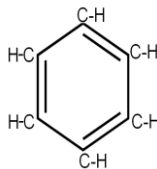
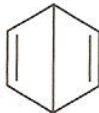
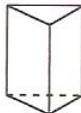
Assim, embora as respostas não apresentem o detalhamento que abrangem as características da NdC demonstrou que os alunos reconhecem a necessidade de divulgação dos resultados de uma pesquisa científica.

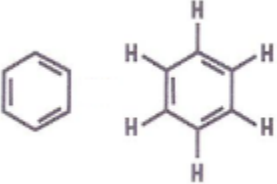
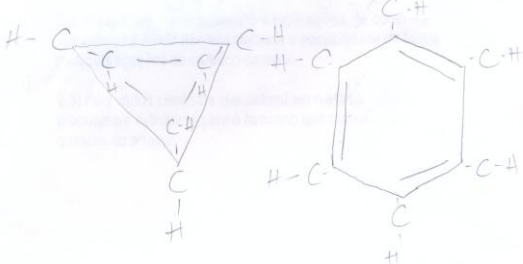
5.2 – RESULTADOS E DISCUSSÕES REFERENTE À APLICAÇÃO DO TEXTO 2 – “Conhecendo melhor o “bicarbureto de hidrogênio”, posteriormente, chamado de Benzeno”



No Quadro 2, são apresentadas as respostas dos alunos aos questionamentos relativos ao Texto 2.





Quadro 2 – Respostas dos alunos às perguntas do Texto 2

ALUNOS	PERGUNTAS			
	2.1 Qual foi a importância de Faraday para elucidar a estrutura do benzeno?	2.2 Por que sabendo que a proporção entre C e H era de 6 para 6, era difícil propor uma estrutura para a molécula?	2.3 Por que tantas estruturas diferentes foram apresentadas?	2.4 Escolha duas e explique como estavam arranjados os átomos de C e H.
A1	Com a sua primeira descoberta ficou mais “fácil” de outros cientistas abranger suas pesquisas.	Porque não sabiam como essa estrutura estava organizada, não era admitida a possibilidade do carbono fazer ligações múltiplas e a idéia de estrutura estava sendo debatida.	Para propor estrutura para o benzeno	Loschimidit- 6 -carbonos em volta de uma molécula de hidrogênio.
A2	de que ele foi o primeiro a trabalhar com o composto e estava a frente dos demais cientistas da época.	por que estava fora do comum uma estrutura assim devido cada carbono fazer 4 ligações.	por que cada cientista partia de um ponto de vista diferente e cada um deles estudava a molécula de uma forma diferente.	os átomos estavam colocados em forma de cadeia fechada de uma forma que o carbono faria suas ligações ou seja com ligações duplas entre si formando as cadeias fechadas foi a melhor forma encontrada para se representar essa molécula.
A3	Por que vários cientistas trabalhavam ao mesmo tempo em locais diferente	Não havia um consenso de como o carbono e o hidrogênio estavam organizados	Ainda não tinham conhecimento das estruturas do carbono	

B1	Isolou pela 1ª vez a substância observada por um processo de compressão de gás de iluminação - o acetileno pelo óleo da baleia indicou como sendo o bicarbureto de hidrogênio	Propuseram estrutura para o benzeno que solucionassem a questão do arranjo de 6 carbonos e 6 hidrogênios	Não era admitida a possibilidade do carbono formar múltiplas ligações carbono - carbono e a ideia de "estrutura" estava sendo debatida	
B2	Ele descobriu como era formada a estrutura do benzeno.	Porque o carbono e o hidrogênio estavam organizados.	Para solucionar a questão do arranjo de 6 carbonos e 6 hidrogênios,	Caos e Dewar a cada vértice tem-se um carbono e a cada carbono 4 ligações de hidrogênio.
B3	Benzeno é um hidrocarboneto classificado como Hidrocarboneto aromático, e é a base para esta classe de hidrocarbonetos: todos os aromáticos possuem um anel benzênico (benzeno), que, por isso, é também chamado de anel aromático.	Porque o carbono e o hidrogênio estavam organizados	Para solucionar a questão do arranjo de 6 carbonos e 6 hidrogênios,	Claus e Dewar a cada vértice tem-se um carbono e a cada carbono 4 ligações de hidrogênio.
B4	Faraday foi muito importante nisso, pois ele descobriu, por meio de isolamento de substância o chamado benzeno.	Sim, pois não se admitia a possibilidade de formar estrutura estava sendo debatida.	Porque não havia um consenso e nem explicações para a estrutura, então os cientistas que defendiam o estruturalismo passaram a propor estruturas.	 (Dewar)
B5	O benzeno foi separado por destilação.	Porque não havia consenso e explicação para como era sua estrutura, ou seja, como os carbonos e hidrogênios estavam organizados.	Porque ainda não era admitida a possibilidade do carbono formar múltiplas ligações carbono-carbono e a ideia de "estrutura" estava sendo debatida.	 (Ladenburg)

B6	Porque a partir das experiências de Faraday , Mitscherlich sintetizou o benzeno partindo do ácido benzênico.	Os cientistas que defendiam o estruturalismo passaram a propor estruturas para o benzeno que solucionassem a questão do arranjo 6 carbonos 6 hidrogênios .	Muitos admitiam que as substâncias representavam uma estrutura que podia ser representada , mas outros não admitiam essa ideia.	Os anéis benzênicos (Kekulé) possuem vários carbonos, mas cada carbono possui 4 hidrogênios .
C1	Faraday isolando uma substância serviu de base para os alemães descobrirem o benzeno.	Pois a idéia de estruturas ainda estava sendo debatida	Pois ninguém sabia como seria a estrutura do benzeno e não era aceita a idéia de dupla ligação entre os carbonos.	 <p>Dupla ligação entre um carbono sim e outro não e carbono com ligação simples com hidrogênio.</p>
C2	Produzir o benzeno juntamente com carbono de cálcio.	Ainda não era admitida a possibilidade do carbono formar múltiplas ligações carbono-carbono e a idéia de estruturas ainda estava sendo debatida.	Muitos cientistas admitiam que as substâncias apresentassem uma estrutura que podia ser representada, mas outros não admitiam essa ideia.	
C3	Veio do ácido benzóico aquecido na presença de CaO produzindo o benzeno juntamente com carbonato de cálcio. O benzeno foi separado por destilação.	Porque não havia consenso e explicações de como era sua estrutura. Ainda não era admitida a possibilidade de formar múltiplas ligações de carbono-carbono.	Pois vários cientistas que defendiam o estruturalismo propuseram estruturas para o benzeno que solucionasse a questão do arranjo.	Não respondeu

C4	Faraday descobriu que o benzeno tinha a presença de carbono e hidrogênio.	Muitos cientistas não admitiam que as substâncias apresentassem uma estrutura que pudesse ser representada.	Porque os cientistas defendiam o estruturalismo, e aí passaram a propor estruturas para solucionar a questão do arranjo de 6 carbonos e 6 hidrogênios.	Loschmidt> O carbono está no centro e o hidrogênio em volta. Claus> Hidrogênio no centro e o carbono em volta.
D1	Faraday determinou que era composto de carbono e hidrogênio.	Não havia consenso e explicações para como era sua estrutura, ou seja, como os carbonos e os hidrogênios estavam organizados.	Porque não era admitida a possibilidade do carbono formar múltiplas ligações carbono-carbono e a ideia de “estrutura” estava sendo debatida.	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><i>Dewar</i></p> <p>6 carbonos e seis hidrogênios</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><i>Armstrong-Bayer</i></p> <p>6 carbonos e 6 hidrogênios</p> </div> </div>
D2	As evidências experimentais obtidas indicam que o benzeno apresenta seis carbonos e seis hidrogênios mas não havia consenso e explicação para sua estrutura que não estavam organizados.	Ainda não era admitida que as substâncias do carbono formar múltiplas ligações carbono-carbono formar múltiplas ligações carbono-carbono e a ideia de estrutura estava sendo debatida.	Apresentam uma estrutura que podia ser representada, mas outros não admitiam essa ideia.	Não tem como explicar pois as estruturas apresentadas não esclarece a estrutura do benzeno.
D3	As evidências experimentais obtidas indicam que o benzeno apresenta seis carbonos e seis hidrogênios mas não havia consenso e explicação para sua estrutura que não estavam organizados.	Ainda não era admitida que as substâncias do carbono formar múltiplas ligações carbono-carbono formar múltiplas ligações carbono-carbono e a ideia de estrutura estava sendo debatida.	Apresentam uma estrutura que podia ser representada, mas outros não admitiam essa ideia.	Não tem como explicar pois as estruturas apresentadas não esclarece a estrutura do benzeno.

D4	Faraday determinou que era composto de carbono e hidrogênio.	Não havia consenso e explicações para como era sua estrutura, ou seja, como os carbonos e os hidrogênios estavam organizados.	Porque não era admitida a possibilidade do carbono formar múltiplas ligações carbono-carbono e a ideia de estrutura estava sendo debatida.	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><i>Dewar</i> 6 carbonos e seis hidrogênios</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><i>Armstrong-Bayer</i> 6 carbonos e 6 hidrogênios</p> </div> </div>
D5	Ele não teve importância nenhuma pois que teve q ideia de elucidar a estrutura do benzeno foi Mitscherlich.	Sim, pois haviam varias propostas para a estrutura do benzeno.	Para solucionarem a questão do arranjo de 6 carbonos e 6 hidrogênios, por isso apareceu tantas estruturas diferentes.	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p><i>Dewar</i> 6 carbonos e seis hidrogênios</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p><i>Armstrong-Bayer</i> 6 carbonos e 6 hidrogênios</p> </div> </div>
D6	Não há menção a ele quanto os estudos das estruturas do benzeno.	Não era admitida a possibilidade do carbono formar múltiplas ligações carbono-carbono e a ideia de “estrutura” estava sendo debatida.	Na tentativa de tentar solucionar a questão do arranjo de 6 carbonos e 6 hidrogênios, os cientistas que defendiam o estruturalismo passaram a propor estruturas para o benzeno.	Claus e Dewar (nas estruturas demonstradas não estava definido os locais onde se encontram o hidrogênio e o carbono.

A: Alunos da turma A da E1
 B: Alunos da turma B da E1
 C: Alunos da turma C da E1
 D: Alunos da turma C da E2

Em relação à pergunta *“Qual foi a importância de Faraday para elucidar a estrutura do benzeno?”* pretendia-se identificar a percepção dos alunos sobre *“A natureza não fornece evidências simples o suficiente que permitam interpretações sem ambiguidades”*; *“Teorias científicas não são induções mas sim hipóteses que vão necessariamente além das observações”*.

Verificamos com essa pergunta que o aluno B1 respondeu que Faraday isolou uma substância que era o bicarbureto de hidrogênio, assim chamado por ser composta de C e H. Essa composição foi indicada pelos alunos D1, D4. Também identificamos que os alunos A1, B4, C1 perceberam a participação e importância (isolou a substância pela primeira vez) de Faraday no processo de construção da ciência. Embora não tenha elucidado a estrutura do benzeno seu trabalho foi fundamental para outros pesquisadores prosseguirem os estudos. Esse fato foi percebido por A2 que enalteceu (o primeiro, à frente) o papel de Faraday.

As respostas dos alunos A3, B3, C2, C3, D2, D3, D5 não condizem com a questão, talvez porque não entenderam que Faraday isolou o benzeno, Mitscherlich determinou a quantidade de C e H e outros pesquisadores propuseram estruturas para o benzeno.

A maioria dos alunos reconheceu a contribuição de Faraday na determinação da composição do Benzeno, mas não demonstraram a relação dessa descoberta com as ideias dos demais pesquisadores que estudaram e propuseram explicações para a estrutura da molécula. Mas, é preciso refletir sobre a pergunta, que limitava a resposta por não solicitar que fosse demonstrada a relação dos achados de Faraday com os dos demais pesquisadores e que por isso pode ter influenciado as respostas.

Com a pergunta *“Qual foi a importância de Faraday para elucidar a estrutura do benzeno?”*, pretendia-se identificar a percepção dos alunos sobre *“A natureza não fornece evidências simples o suficiente que permitam interpretações sem ambiguidades”*; *“ Teorias científicas não são induções mas sim hipóteses que vão necessariamente além das observações”*.

Em relação à pergunta *“Por que sabendo que a proporção entre C e H era de 6 para 6, era difícil propor uma estrutura para a molécula?”* pretendia-se identificar a percepção dos alunos sobre as seguintes características da NdC“

Teorias científicas não são induções mas sim hipóteses que vão necessariamente além das observações” e “ O conhecimento científico não é estático e convergente, mas sim mutável e sem fim”

Os alunos A1, A2, A3, B4, B5, B6, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3, D4, D6 identificaram que com os conhecimentos da época não havia como propor uma estrutura plausível. E os demais alunos B1, B2, B3, D5 apresentaram respostas inadequadas à questão.

A maioria dos alunos identificou a necessidade de teorias que suportem as observações e que as mesmas são limitadas. Assim reconheceram que o conhecimento científico não é estático e limitado.

Em relação à pergunta *“Por que tantas estruturas diferentes foram apresentadas?”* pretendia-se identificar a percepção dos alunos sobre as seguintes características da NdC *“O desacordo é sempre possível ” e “O conhecimento científico não é estático e convergente, mas sim mutável e sem fim”*.

Os alunos A1, A2, A3, B2, B3, B4, C3, C4, D5, D6 perceberam que as diversas estruturas propostas tinham por objetivo representar o arranjo de 6 carbonos e 6 hidrogênios.

Os alunos B1, B5, B6, C1, C2, D1, D2, D3, D4, justificaram que a ideia de estrutura estava sendo debatida.

Assim os alunos manifestaram seu entendimento de que o desacordo é sempre possível, pois admitiram que as propostas de estrutura estavam sendo debatidas e por isso a não convergência entre elas.

Em relação à pergunta *“Escolha duas e explique como estavam arranjados os átomos de C e H”* pretendia-se identificar se os alunos entendiam o significado da representação e da característica da NdC *“A natureza não fornece evidências simples o suficiente que permitam interpretações sem ambiguidades” e o “O desacordo é sempre possível”*.

As estruturas escolhidas foram variadas, mas a maioria dos alunos não as explicou devidamente.

O aluno C1 representou e explicou duas estruturas normalmente apresentada aos alunos nos livros didáticos, mas não listadas nas propostas para a estrutura do benzeno.

Os alunos B1, B4, B5 representaram e não explicaram o arranjo de carbono e hidrogênio para o benzeno.

Os alunos B2, B3 não perceberam que a representação de Claus e Dewar sugerem três ligações para cada carbono.

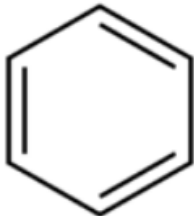
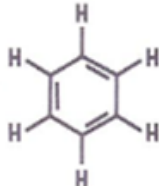
O aluno B6 explicou inadequadamente que há quatro hidrogênios em cada carbono do anel benzênico, A1, explicou o arranjo de C e H de forma inadequada, A2 explicou o arranjo de carbono e hidrogênio, mas não representou, A3 representou a estrutura de Kekulé sem as valências duplas e não explicou como estavam arranjados os C e H.

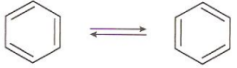
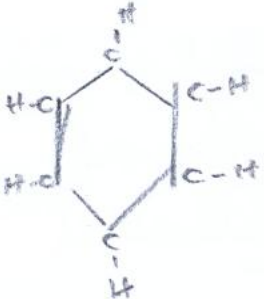
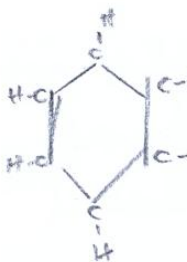
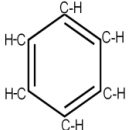
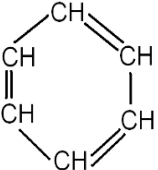
Como a maioria dos alunos apresentou dificuldades na explicação das estruturas faz-se necessário rever o texto no sentido de fornecer mais explicações em relação a esse assunto. Assim a pergunta feita não permite concluir sobre a características da NdC abordada no texto.

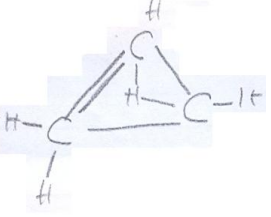
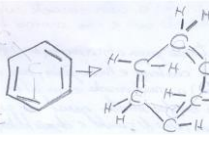

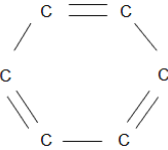
5.3 – RESULTADOS E DISCUSSÕES REFERENTE À APLICAÇÃO DO TEXTO 3 -*“Como se arranjariam 6 átomos de carbono e 6 átomos de hidrogênio no benzeno?”*

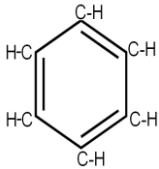
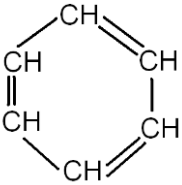
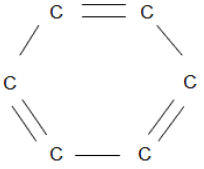

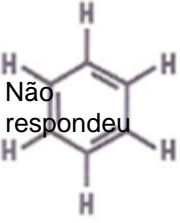
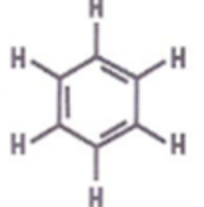
A seguir, no quadro são apresentadas as respostas dos alunos aos questionamentos relativos ao Texto 3

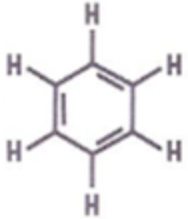

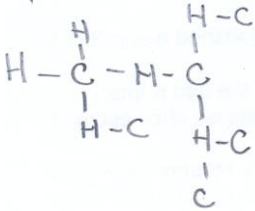
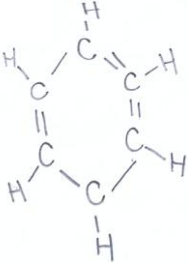
Quadro 3 – Respostas dos alunos às perguntas do Texto 3

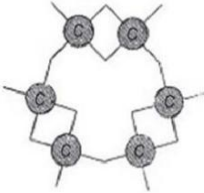

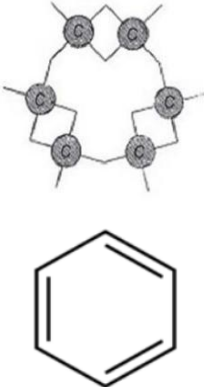
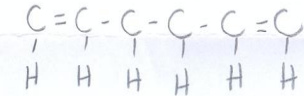
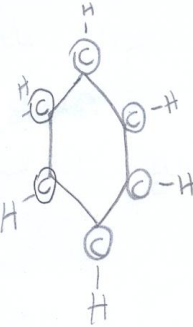
ALUNO	PERGUNTAS					
	3.1 Faça uma representação de HK-2?	3.2 Como poderia ser a estrutura do benzeno com 6C e 6H com cadeia aberta?	3.3 Represente os átomos de carbono e hidrogênio na estrutura expressa na Fig.2?	3.4 O que são teorias?	3.5 Como os cientistas desenvolver am suas teorias?	3.6 O que são postulados e hipóteses?
A1		$H_2C=CH-C\equiv C-CH=CH_2$		uma resposta ao problema da demarcação entre o que é efetivamente científico e o que não o é.	Através de pesquisas e estudos.	São afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões.
A2	Não respondeu	A estrutura teria que ter ligações duplas devido o carbono fazer 4 ligações e só ter 6 hidrogênios na molécula.	c6h6	Teorias são todas as leis que estudam e definem uma determinada área da ciência.	Com muita pesquisa e estudo.	É tudo que ainda não foi provado mas esta em estudo e analise.
A3	Três ligações de valência que ligam um átomo de carbono a seus dois vizinhos.	c-h-c-h-c-h-c-h-c-h	c-h-c-h-c-h-c-h-c-h-c-h	São pesquisas feitas pelos cientistas que defendem suas teses	Fazendo experiências com os átomos	são o resultado das pesquisas feitas pelos cientistas

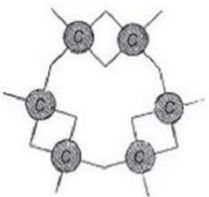
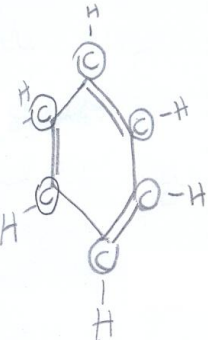
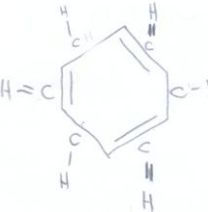
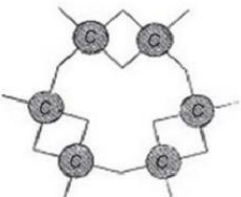
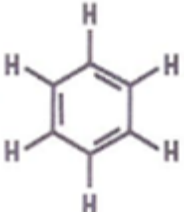
B1				Estrutura que fundamenta em dois princípios/postulados que são afirmações que mesmo não tendo comprovação, são considerado verdadeiros e serviam de base p/ outras conclusões	Trabalhando independente mente, delinearam uma teoria muito importante: a teoria estrutural.	São afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões.
B2	Não entendi, preciso de um livro. A interpretação do texto é muito confusa.	CH-CH-CH-CH-CH-CH		Eu entendo que teoria é algo comprovado e escrito como teórica.	Através de experimentos e métodos adquiridos e hipóteses depois comprovada.	São afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões, e hipóteses são coisas que não estão comprovadas.
B3	Usei varias formas de tentar resolver a questão e eu não tinha métodos tecnológicos para concluir a atividade.	CH≡C-CH ₂ -CH=C=CH ₂		É o conhecimento descritivo que permite especulações, contudo puramente racional. O substantivo <i>theoría</i> significa ação de contemplar, olhar, examinar, especular.	A ciência química surge no século XII a partir dos estudos de alquimia populares entre muitos dos cientistas da época. E explicando que os carbonos poderiam se unir formando cadeias.	Postulado é uma sentença ou proposição que não é provada.

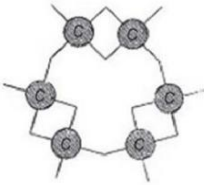
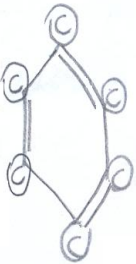
B4		$\text{CH}\equiv\text{CH}=\text{CH}\equiv\text{CH}\equiv\text{CH}$		<p>teoria -> são afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para conclusões. Hipóteses previsões.</p>	<p>Através de isolamento para pesquisar uma substância.</p>	<p>São afirmações sem comprovação, são consideradas verdadeiras e podem ser base para outras conclusões. Hipóteses previsões</p>
B5		$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{C}=\text{CH}_2$		<p>São afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões.</p>	<p>Explicava-se que os carbonos poderiam unir-se formando "cadeias" e originado uma vasta gama de compostos, que segundo a teoria estrutural apresentavam uma estrutura fixa característica.</p>	<p>Hipótese são coisas que podem vir a ocorrer.</p>

B6		$\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{C}=\text{CH}_2$		<p>A teoria é uma construção especulativa do espírito, que liga conseqüências a princípios. Por oposição à prática, na ordem dos fatos: aquilo que é objeto de um conhecimento desinteressado, independente das suas aplicações.</p>	<p>A partir de todas as evidências que ali eles tinham.</p>	<p>Postulado - Fato indemonstrável ou não demonstrado, cuja admissão é necessária para estabelecer uma demonstração. Hipóteses - é sinônimo de suposição. Neste sentido, Hipótese é uma afirmação categórica (uma suposição), que tente responder ao Problema levantado no tema escolhido para pesquisa. É uma pré-solução para o Problema levantado.</p>
C1		$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$		<p>Hipótese que foi comprovada, utilizando-se de métodos cientificamente válidos.</p>	 <p>Não respondeu</p>	<p>Afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras.</p>
C2		$\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}-\text{CH}_3$	<p>Resposta na 3.1</p>	<p>Que são afirmações que mesmo não tendo comprovação, são considerados verdadeiros e servem de base para outras conclusões.</p>	<p>Com estudo e muita experiência.</p>	<p>não respondeu.</p>

C3		Manual - H ₂ C=C=C--C≡C-CH ₃	resposta na 3.1	Afirmações que mesmo não tendo comprovação, são considerados verdadeiros e servem de base para outras conclusões.	Com estudo e muita experiência.	não respondeu.
C4				São afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões.	Explicava-se que os carbonos poderiam unir-se formando "cadeias" e originando uma vasta gama de compostos, que segundo a teoria estrutural apresentavam uma estrutura fixa característica.	São afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões.

D1		$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$		<p>Afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas afirmações.</p>	<p>O carbono é tetravalente. Um átomo pode utilizar uma ou mais de suas valências para formar ligações com outros átomos de carbono.</p>	<p>Afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões.</p>
D2				<p>Explicava-se que os carbonos poderiam unir-se formando cadeias e originando uma vasta gama de composto que segundo a teoria estrutural apresentavam uma estrutura fixa.</p>	<p>Eles acreditavam em uma ideia e aprofundava m seus estudos até terem teorias sobre o assunto.</p>	<p>São afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões (postulados) são ideias (hipóteses).</p>

D3		$\begin{array}{cccccc} \text{C} & = & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & - & \text{C} & = & \text{C} \\ & & & & & & & & & & \\ \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} & & \text{H} \end{array}$		São afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões (mesmo que hipóteses).	Eles acreditavam em uma ideia e a aprofundavam em seus estudos até terem teorias sobre o assunto.	São afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões (postulados) são ideias (hipóteses).
D4	Além das três ligações de valência que ligam um átomo de carbono a seus dois vizinhos no anel e a um átomo de hidrogênio.	CH-CH= -CH= -CH=CH-CH		Teoria estrutural que se fundamentava em dois princípios postulados.	Delinearam uma teoria muito importante a "teoria estrutural"	São afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões.
D5		$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}=\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$		Teoria se fundamentava em dois princípios/postulados. 1- Os átomos dos elementos nos compostos orgânicos podem formar um número de ligações fixas, a medida desta habilidade é chamada de valência. O carbono é tetravalente. Isto é, os átomos de carbono formam 4 ligações; 2- Um átomo pode utilizar uma ou mais de suas valências para formar ligações com outros átomos de carbono.	Na teoria estrutural.	Postulados são afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões. Hipótese é opinião sobre alguma coisa que será estudada para realmente ser comprovado.

D6		$\text{HC}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}$		São ideias elaboradas a partir de hipóteses.	Através das experimentações, evidências e cuidadosos estudos.	São afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões.
-----------	---	---	---	--	---	---

A: Alunos da turma A da E1
B: Alunos da turma B da E1
C: Alunos da turma C da E1
D: Alunos da turma C da E2

Em relação a pergunta, referente a Hipótese 2 (HK-2), *“Faça uma representação de HK-2”* Hipótese 2 (HK-2), pretendia-se identificar a percepção dos alunos sobre *“Uma observação significativa não é possível sem uma expectativa pré-existente”* e *“Teorias científicas não são induções, mas sim hipóteses que vão necessariamente além das observações”*.

Os alunos A1, B5, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3, D5, D6 representaram coerentemente a estrutura enquanto que A2 e A3 não responderam. B1 representou estruturas do benzeno em equilíbrio, B2 não entendeu, B3 não conseguiu representar a estrutura por meio do computador, B4 representou cinco valências. Assim, trabalhou-se com os alunos a proposição de hipóteses para os modelos.

Em relação à pergunta *“Como poderia ser a estrutura do benzeno com 6C e 6H com cadeia aberta?”* pretendia-se, identificar a percepção dos alunos sobre *“Teorias científicas não são induções, mas sim hipóteses que vão necessariamente além das observações”*, verificar o entendimento do aluno sobre as ligações entre carbono e hidrogênio e também questionar e discutir a respeito da construção de uma hipótese no fazer científico.

Os alunos, A1, A2, B3, B5, B6, C1, D1, D5, propuseram estruturas que levavam em conta ligações duplas ou triplas entre carbonos coerentemente com as valências do carbono e hidrogênio enquanto que A3, B2, B4, C2, C3, D2, D3, D4, D6 propuseram cadeias abertas lineares com incoerência nas valências, B1 representou cadeia fechada e carbono não apresenta valência 4, C4 representou hidrogênio entre carbonos e o carbono não apresenta valência 4. Assim, 11 alunos não entenderam as ligações entre carbonos e hidrogênios porque não conseguiram representar valência 4. Mas, apesar das incoerências nas representações houve estímulo que levou a uma discussão entre os alunos em relação as suas propostas (hipóteses) proporcionando reflexões sobre o que são hipóteses e como são construídas.

Em relação à pergunta *“Represente os átomos de carbono e hidrogênio na estrutura expressa na Fig.2”* pretendia-se identificar o conhecimento dos alunos com relação as ligações de carbono e hidrogênio. Os alunos A1, B1, B2, B3, B6, C1, C2, C3, C4, D2, D3, D5 representaram adequadamente a ligação entre carbonos e hidrogênios enquanto que B4, B5, D1, D4, D6 não

representaram o carbono com valência 4, A2 apresentou uma resposta errada ao representar a fórmula molecular enquanto que A3 errou a representação da fórmula estrutural. Apesar dos erros a maioria dos alunos interpretou corretamente a estrutura porque conseguiram representar adequadamente as ligações entre os carbonos e hidrogênios.

Em relação à pergunta “*O que são teorias?*” pretendia-se identificar a percepção dos alunos referente às características da NdC “*Teorias científicas não são induções, mas sim hipóteses que vão necessariamente além das observações*” e “*Teorias científicas não podem ser provadas*”.

Os alunos A2 e A3 expressaram respostas inadequadas. A2 escreveu “*Teorias são todas as leis que estudam e definem uma determinada área da ciência*”. Uma visão adequada seria “*teorias como tentativas de explicação de fenômenos e leis como relações entre fenômenos e/ou grandezas, portanto, uma visão adequada*”. (TEIXEIRA, 2009).

Os alunos B1, B4, B5, C2, C3, C4, D1, D2, D3, D4, D5 copiaram trechos do MD. Desses D2, D4, D5 copiaram trechos do MD referente a “*teoria estrutural*”. Outros A1, B3, B6, C1, copiaram da Internet. Desses que copiaram da Internet A1 acessou o “*problema de demarcação*” enquanto que B3 “*teoria científica*” no site <http://pt.wikipedia.org/wiki/Problema_da_demarca%C3%A7%C3%A3o>. A definição copiada por B6 aparece em vários sites, um deles é o <<http://forum.consciencia.org/index.php?topic=123.0>> que faz referência ao dicionário Lalande. C1 também copiou do site <<http://br.answers.yahoo.com/question/index?qid=20060901062855AAv03SX>>.

Devido a cópia do MD ou da Internet não foi possível identificar as concepções da maioria dos alunos. No entanto B2, afirmou que teoria deve ser provada, assim essa visão contrapõe a visão falseacionista. Nessa visão nenhuma teoria é absolutamente certa, pode ser refutada, mas não comprovada.

Em relação à pergunta “*Como os cientistas desenvolveram suas teorias?*” pretendia-se identificar a percepção dos alunos sobre “*Teorias científicas não são induções, mas sim hipótese que vão necessariamente além das observações*”. C1 não respondeu enquanto que B3 copiou da Internet. Os

alunos B1, B5, C4, D1, D4, D5 copiaram trechos do MD referente a teoria estrutural e outros se referiam a pesquisa e experimentação A1, A2, A3, B2, B4, C2, C3, D6 e ainda B6, D2, D3 indicaram a construção de hipóteses e ideias. Assim 11 alunos apresentaram concepções sobre pesquisa, experimentação e construção de hipóteses no processo de desenvolvimento de teorias.

Em relação à pergunta “*O que são postulados e hipóteses?*” pretendia-se identificar a percepção dos alunos sobre a característica da NdC “*Teorias científicas não são induções, mas sim hipótese que vão necessariamente além das observações*” e “*Teorias científicas não podem ser provadas*”.

Não foi possível avaliar as concepções dos alunos porque a maioria dos alunos identificou a resposta no texto. Apesar disso, os alunos A2 e B5 responderam diferente do texto. A2 expressou a concepção que contradiz a característica da NdC “*Teorias científicas não podem ser provadas*”.

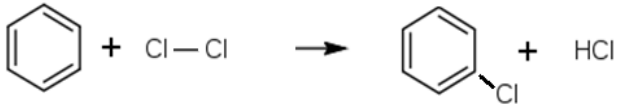
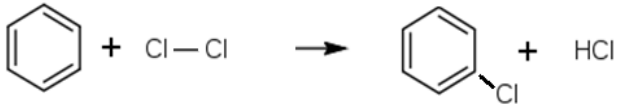
5.4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES REFERENTE À APLICAÇÃO DO TEXTO 4 – “*Os cientistas se surpreendem estudando o Benzeno - as previsões não são confirmadas !!*”

A seguir, no quadro 4 são apresentadas as respostas dos alunos aos questionamentos relativos ao Texto 4.

Quadro 4 – Respostas dos alunos às perguntas do Texto 4

ALUNO	PERGUNTAS			
		4.1 Por que os cientistas resolveram desenvolver as reações de halogenação com o benzeno?	4.2 Qual a importância desses trabalhos de laboratório na compreensão da estrutura do benzeno?	4.3 Por que o benzeno apresenta reação de substituição e não de adição?
A1	Para descobrir as características do benzeno.	Para poder fazer mais substâncias e ajudar cientificamente novas pesquisas.	Porque as reações de substituição são característica dos alcanos, que são saturados.	Onde se encontra o benzeno? Para que serve o benzeno?
A2	Os cientistas buscaram evidências experimentais para a hipótese de que na estrutura do benzeno os carbonos estivessem insaturados, ou seja, um ligado ao outro com ligações duplas e simples alternadas.	Saber sua utilidade e reações com outras moléculas	Por que todas suas ligações são equivalentes.	Nenhuma, pois todos os textos são bons e explicam muito bem.
A3	Buscaram evidências experimental para a hipótese de que na estrutura do benzeno os carbonos estivessem insaturados	Evidenciava que todas as ligações são de carbono	Os átomos de halogênio são adicionados ao composto	Como funciona a estrutura dos halogênios, suas ligações e teorias?

B1	Os resultados experimentais evidenciam somente um bromobenzeno e isso indica que os hidrogênios são equivalentes ou seja todas as ligações carbono - carbono são equivalentes	os cientistas se surpreenderam estudando o Benzeno - as previsões não são confirmadas	não reagiu conforme o previsto para compostos insaturados pois não apresentam reação de adição	Não tenho dúvida, tudo foi comprovado pela ciência
B2	Os cientistas buscavam evidências experimentais para a hipótese de que a estrutura do benzeno os carbonos estivessem insaturados, um ligado ao outro com ligações duplas e simples.	Eles queriam evidências na estrutura do benzeno, para que os carbonos fossem insaturados.	Porque eles são saturados e o que eles queriam eram insaturados (adição).	O texto 3, explicou uma teoria estrutural e na pergunta perguntou o que é teoria? Mas não entendi se era o que era teoria mesmo? Ou se era a teoria do texto? Ficou muito confuso. * Não entendi o que é HK-2? * Não entendi porque é substituição e não adição? * Os textos tem que ser mais claro, principalmente como estamos estudando estruturas não dá pra entender.
B3	Porque o benzeno não reagiu conforme previsto	Sem resposta	porque e composto insaturado	Não encontrei nenhuma dúvida, no texto e na atividade
B4	Porque as reações de substituições são características dos alcanos. Um átomo de halogênio substitui um de hidrogênio na estrutura.	A importância é que os resultados experimental evidenciam, trabalhem em cima dos benzenos até que cheguem em estado de equilíbrio.	Porque os átomos de halogênios são adicionados ao composto, e o benzeno só reagiu por substituição nas reações com bromo.	Não respondeu

B5	Porque um átomo de halogênio substitui um de hidrogênio na estrutura.	Os cientistas buscaram evidências experimentais para a hipótese de que na estrutura do benzeno os carbonos estivessem insaturadas.	Porque nas reações de adição, os átomos de halogênio são adicionados ao composto.	não respondeu
B6	A halogenação é de um alcano se dá por substituição de um átomo de hidrogênio por um de halogênio resultando em um haleto de alquila.	Por que com isso , os cientistas podem sim se aprofundar cada vez mais com os anéis benzênicos.	Porque o número de carbonos e hidrogênios são exatos , não há como fazer a adição , só a substituição.	Sem dúvidas
C1	Pois eles obtiveram resultados ao reagir outros compostos por halogenação como CH ₄ e Cl ₂ obtendo CH ₃ Cl + HCl	Poder entender os tipos de ligação existentes entre os carbonos.	 <p>Pois reações de adição são para os alcenos, com isso, os átomos de grupo halogênio se ligam a molécula inteira, já no benzeno ocorre a substituição com um átomo do grupo 7A se liga a um hidrogênio e o outro átomo se liga no benzeno..</p>	Como ocorre a reação do FeBr ₃ como o benzeno?
C2	Obteve resultado numa certa substância e tentou fazer em outra.	As reações substituíram suas características.		1) Aquela substância era a prova de reações? 2) Que ideia de estrutura estava sendo debatida? 3) As experiências eram comprovadas? 4) Depois de todas previsões os cientistas conseguiram provar essas reações na molécula do benzeno.

C3	Pois eles obtiveram resultados ao reagir outros compostos por halogenação como CH_4 e Cl_2 obtendo $\text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$	Poder entender os tipos de ligação existentes entre os carbonos.	Pois reações de adição são para os alcenos, com isso, os átomos de grupo halogênio se ligam a molécula inteira, já no benzeno ocorre a substituição com um átomo do grupo 7A se liga a um hidrogênio e o outro átomo se liga no benzeno.	O que é Benzeno?
C4	Os cientistas buscavam evidências experimentais para a hipótese de que a estrutura do benzeno os carbonos estivessem estruturados, ou seja, um ligado ao outro com ligações duplas e simples alternadas.	Não é possível usar apenas teorias, o trabalho em laboratório aprofunda mais a pesquisa.	Por que são compostos insaturados.	Não respondeu.
D1	Para obterem-se derivados, como dibromopropano.	Que ele é um hidrocarboneto, da classe dos aromáticos, composto por 6 carbonos e 6 hidrogênios. Porque o benzeno é base para os seus derivados (estireno, fenol, cicloexano).	Porque na halogenação ocorre a substituição do átomo de hidrogênio por átomos de halogênios e não adição.	1) Se alguém morreu por contaminação por benzeno? 2) Se existe outra forma de representar o benzeno? 3) Existiu mais químicos envolvidos na estruturação do benzeno. 4) Como o benzeno prejudica os seres vivos?
D2	Os cientistas buscaram evidências experimentais para a hipótese de que a estrutura do benzeno os carbonos não explicou	Entretanto o benzeno não reagiu conforme o previsto para compostos insaturados pois não apresentou reação de adição.	O benzeno reagiu por substituição nas reações.	Qual as reações de substituição dos alcanos? É um átomo de halogênio substituir um de hidrogênio na estrutura.

D3	Para obter derivados, como bromopropano.	Que ele é um hidrocarboneto, da classe dos aromáticos composto por 6 carbonos e 6 hidrogênio. Porque o benzeno é base para compor os seus derivados (estireno, fenol, cicloexano)	Porque na halogenação ocorre a substituição do átomo de hidrogênio e não de adição.	Se alguma pessoa morreu por contaminação do benzeno?
D4	Para obter derivados.	Para compreender as reações do benzeno com átomo de hidrogênio.	O benzeno não reagiu com adição de átomo de hidrogênio, ele substituiu um átomo de halogênio por um de hidrogênio.	Poderia falar mais sobre o benzeno, no que mais ele era utilizado.
D5	Para obter derivados.	Para compreender as reações do benzeno com átomo de hidrogênio.	O benzeno não reagiu com adição de átomo de hidrogênio, ele substituiu um átomo de halogênio por um de hidrogênio.	Não respondeu.
D6	Para obter derivados, como bromopropano.	Importante para explicar que houve somente a formação de três (ligações) compostos e não quatro conforme previsto por Kekulé.	Porque apresenta características dos alcanos.	1) Como é feito o processo de compressão do gás de iluminação? 2) Como é feito a separação do benzeno por destilação? 3) Quem levou o maior crédito na elaboração da "teoria estrutural"? 4) A reação por substituição só ocorre entre o benzeno e o bromo?

A: Alunos da turma A da E1
 B: Alunos da turma B da E1
 C: Alunos da turma C da E1
 D: Alunos da turma C da E2

Em relação à pergunta *“Por que os cientistas resolveram desenvolver as reações de halogenação com o benzeno?”* pretendia-se verificar o entendimento dos alunos sobre o comportamento do benzeno frente aos halogênios.

Os alunos A2, A3, B2, C4, compreenderam que os cientistas buscaram evidências experimentais para a hipótese da insaturação do benzeno.

Em relação à pergunta *“Qual a importância desses trabalhos de laboratório na compreensão da estrutura do benzeno?”* pretendia-se identificar a percepção dos alunos sobre a função da experimentação na construção de conhecimentos. Os alunos B1, B2, B5, C1, C3, C4, D2, D6 reconheceram que os trabalhos de laboratório confirmaram ou não as hipóteses dos cientistas.

Em relação à pergunta *“Por que o benzeno apresenta reação de substituição e não de adição?”* pretendia-se identificar se os alunos haviam compreendido as reações de substituição e adição no benzeno. Os alunos A2, D6 justificaram que as ligações entre os carbonos são equivalentes. A maioria dos alunos não entendeu que os resultados indicaram que as ligações não são insaturadas, embora não mencionaram a proposição de ligações equivalentes. Demonstrando não entendimento sobre o comportamento do benzeno nesse tipo de reação.

Em relação à pergunta *“Escreva todas suas dúvidas, em forma de pergunta, que não foram contempladas nos textos: parte 1, 2, 3, 4”*, pretendia-se verificar como os alunos se manifestavam em relação aos textos proporcionando uma avaliação do material. Sete alunos não tiveram dúvidas ou não responderam e os demais tiveram dúvidas pertinentes as características da ciência e as discussões apresentadas no texto. Assim, demonstraram ter adquirido conhecimentos sobre a NdC que permitiram os questionamentos.

B2 achou o texto confuso porque não entendeu se era para explicitar a teoria estrutural ou sua concepção de teoria *“Eu entendo que teoria é algo comprovado e escrito como teórica”*. Em relação a reação de substituição e adição verificamos que B2 apresentou a seguinte dúvida *“Não entendi porque é substituição e não adição”*.

Assim, o MD pode ser considerado viável para aplicação em sala de aula, pois a maioria dos alunos apresentou dúvidas pertinentes ao assunto que devem nortear possíveis reformulações.

V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Material Didático (MD) sobre os Modelos Explicativos para a Molécula do Benzeno (MEMB) é o produto educacional decorrente desta dissertação e será disponibilizado no site do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências – UFMS. Foi concebido como uma sequência didática de quatro textos para a abordagem de conteúdos permeados com a da história do benzeno.

A aplicação do MD ocorreu em duas Escolas Estaduais de Campo Grande – MS, com alunos do diurno e do noturno que gostaram da abordagem dos conteúdos permeados com essa história. Realizou-se em quatro aulas de 50 minutos, na sala de aula e também na sala de tecnologia favorecendo a busca de informações em sites.

Essas informações fizeram parte de algumas respostas nas questões dissertativas, possivelmente porque os alunos não estão acostumados com esse tipo de avaliação. Mesmo assim essa abordagem de ensino propiciou um ambiente favorável que motivou e atraiu os alunos nas discussões referentes, a construção, a mutabilidade e a instabilidade dos MEMB proporcionado assim a compreensão das representações e dos conceitos sobre as reações de adição e substituição no benzeno.

Além disso, discutiu-se também a visão contemporânea sobre o fazer científico oportunizando uma reflexão sobre, as características da Natureza da Ciência (NdC). Esse MD pode ser um subsídio complementar, por exemplo, ao LD do Peruzzo e Canto (2010) que foi escolhido por dois professores, formados em Química Licenciatura, de uma escola pública de Campo Grande-MS. Nessa escolha buscou-se no LD a sua utilidade prática com base no Referencial Curricular da Educação Básica da Rede Estadual de Ensino do Estado de Mato Grosso do Sul – Ensino Médio.

Nos LDs de Química aprovados no PNLD/2012 foram incluídos textos com informações históricas sobre o benzeno, mas ainda falta clareza na sugestão pedagógica específica para o professor desenvolver aulas com essa abordagem. Assim, possivelmente a falta de clareza pode estar relacionada aos obstáculos pedagógicos que já haviam sido detectados por Forato et al., (2009b) na elaboração e implementação de uma proposta didática em uma Escola Pública.

No MD buscou-se, e foi possível, a superação destes obstáculos pedagógicos no processo de elaboração, aplicação e avaliação do MEMB. Definiu-se a presença de trechos da fonte primária, Faraday (1825), na parte 1 do MD e também a forma de utilização dessa fonte em sala de aula pelo professor e alunos da terceira série do ensino médio. Nessa fonte primária e também em fontes secundárias escolheu-se as mensagens da NdC nos textos abordados em cada parte do MD para complementar, aprofundar e detalhar aspectos históricos, epistemológicos e não científicos ausentes no LD.

Além disso, na aplicação do MD evitou-se o anacronismo ao discutir com os alunos que não deveriam relacionar ideias do passado com as atuais porque foram construídas em épocas e culturas diferentes das nossas. Por isso as leituras, questionamentos e discussões foram norteados conforme as concepções vigentes em cada época. Nesse processo considerou-se a construção de ideias que inicia com a história da descoberta do bicarbureto de hidrogênio, posteriormente chamado de benzeno, por Faraday e vai até a hipótese do estado de equilíbrio proposto por Kekulé que se manteve até 1930, com o advento da teoria de ressonância e teoria do orbital molecular.

Essas duas teorias não fizeram parte do MD, mas foram incorporados nas discussões que favoreceram a compreensão dos conteúdos químicos e também a dinâmica, a construção, os erros, os conflitos e a mutabilidade que ocorreram ao longo da história do benzeno. Assim, faz-se necessário a construção de novos MDs para acrescentar essas teorias.

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, N. **Dicionário de Filosofia**. Trad. Alfredo Bosi. 2ª ed. São Paulo: Mestre Jou, 1962.

ALCANTARA, G. B.; RECENA, M. C. P. A concepção dos alunos ao final do Ensino Médio sobre a molécula do Benzeno. In 26ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2003, Poços de Caldas - MG. **Livro de Resumos da 26ª RASBQ**, 2003. 26ª Reunião Anual da SBQ, 2003.

ANSCHÜTZ, R. August Kekulé, vol.I – Leben und Wirken.vol. II. Abhaungen, Berichte, Kritiken, Artikel, Reden. Verlag Chemie, Berlin, v. I, v. II, 1929, apud WOTIZ, J. H.; RUDOFISKY, S. Herr professor doktor Kekulé: wy dreams?.In: WOTIZ, J. H. (ed).**The Kekulé Riddle. A Challenge for Chemists and Psychologists**. New York: Glenview Press, 1993, p. 247-274.

ARMSTRONG, H.E. The doctrine of atmic valency book reviw of August Kekulé by Anschütz R. Nature 125: 807-810, 1930, apud WOTIZ, J. H.; RUDOFISKY, S. Herr professor doktor Kekulé: wy dreams?.In: WOTIZ, J. H. (ed).**The Kekulé Riddle.A Challenge for Chemists and Psychologists**.New York: Glenview Press, 1993, p. 247-274.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**, Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro, Contraponto, 1996. Reimpressão.

_____. A filosofia do não: a filosofia do novo espírito científico. 5. ed. Trad. Joaquim José Moura Ramos. Lisboa: Editorial Presença, 1991, apud OKI, M. C. M.; MORADILHO, E. F. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza ciência. **Ciência & Educação**, v.14, n. 1, p. 67-88, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132008000100005&script=sci_arttext> Acesso em: jun. 2008.

BALDINATO, J. O.; PORTO, P. A. Michael Faraday e a História Química de uma vela: um estudo de caso sobre a didática da ciência. **Química nova na Escola**. n. 30, 2008. Disponível e: < <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc30/04-HQ-5308.pdf>> Acesso em: jul. 2011.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**, Trad. Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa, Portugal: Edições 70, 2006.

BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; BUSCATTI JÚNIOR, D. A et al., Uma proposta para trabalhar o tema modelo em sala de aula a partir da história da ciência. In: XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2011. **Anais eletrônicos**. Manaus, AM. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0686-1.pdf>> Acesso em: jul. 2011.

BORGES, R. M. R. **Em debate: cientificidade e educação em ciências**. Porto Alegre: SE/CECIRS, p.15-16,1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio**. Brasília, DF. MEC/SEMTEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>> Acesso em: jun. 2008.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio**. (Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias). Brasília: MEC, 2006. v. 2.

_____. Secretaria da Educação Básica, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Edital de Convocação para Inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas a serem incluídas no Catálogo do Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio – PNLEM 2007**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2005. Disponível em: <http://plato.if.usp.br/~fep0358n/texto_complementar_1.pdf> Acesso em: jun. 2008.

_____. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Química: catálogo do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio: PNLEM/2008**. Brasília, 2007.

_____. Secretaria da Educação Básica, Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Edital de convocação para inscrição no processo de avaliação e seleção de obras didáticas a serem incluídas no guia de livros didáticos PNLD/2012**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2009. Disponível em: <http://www.abrelivros.org.br/abrelivros/01/images/stories/Edital_PNLD_2012_-_Ensino_Mdio.pdf> Acesso: abr. 2011.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Química: guia de livros didáticos: Programa Nacional do Livro Didático - PNLD 2012**. Brasília, 2011.

BRUCE, P. Y. **Química Orgânica** v. 1, 4.ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall. 2006.

CAMEL, T. O; KOEHLER, C. B. G; FILGUEIRAS, C. A. L. A química orgânica na consolidação dos conceitos de átomo e molécula. **Química Nova**, v.32, n. 2, p. 543-553, 2009, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422009000200045>> Acesso em: Jul. 2010.

CARAMORI, G. F. ; OLIVEIRA, K. T. Aromaticidade - evolução histórica do conceito e critérios quantitativos. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1871-1884, 2009. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2009/vol32n7/33-RV08416.pdf>> Acesso: fev. 2011.

CARMO, V. A. **Episódios da história da biologia e o ensino da ciência: as contribuições de Alfred Russel Wallace**. 2011. 199 f. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação. Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática. São Paulo, 2011.

DU FAY, C. F. C. Quatrième mémoire sur l'électricité: de l'attraction & répulsion des corps électriques. Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, p. 457-476, 1733, apud BOSS, S. L. B.; SOUZA FILHO, M. P.; BUSCATTI JÚNIOR, D. A et al., Uma proposta para trabalhar o tema modelo em sala de aula a partir da história da ciência. **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2011** – Manaus, AM. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xix/sys/resumos/T0686-1.pdf>> Acesso em: jun.2011.

FARADAY, M. On New Compounds of Carbon and Hydrogen, and on Certain Other Products Obtained during the Decomposition of Oil by Heat. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v.115, p. 440-466, 1825. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/107752>> Acesso em: jan. 2011.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o “fazer ciência”. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008.

FONSECA, M. R. M. **Química – Meio Ambiente – Cidadania – Tecnologia**. v. 1, Editora FTD, 2010.

FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. Prescrições historiográficas e saberes escolares: alguns desafios e riscos. In: **Atas do VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Florianópolis, 2009a. Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/pdfs/920.pdf>> Acesso: mai. 2011.

FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. A natureza da ciência na escola básica: enfrentando obstáculos na construção de narrativas históricas. **Enseñanza de las Ciencias**, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, p. 3249-3253, 2009b. Disponível em: <<http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-3249-3253.pdf>> Acesso: jan. 2011.

FRANKLAND, E. On a New Series of Organic Compounds containing Metals. Phil. Trans. 142, 417, 1852, apud MASON, H. S. History of the use of graphic formulas in organic chemistry. **The History of Science Society**. The University of Chicago, Isis, v. 34, n. 4, p. 346-354, 1943.

GARCIA, M. E. C. B.; RECENA, M. C. P. Representação e Compreensão da Estrutura da Molécula do Benzeno por Alunos do Ensino Médio. In: 14º Encontro Nacional de Ensino de Química. **Anais eletrônicos**. Curitiba, PR, 2008a.

GARCIA, M. E. C. B. **A abordagem do benzeno nos livros didáticos de química do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio**. Monografia (Química Licenciatura) – Curso de Graduação da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – MS, 2008b.

HARRES, J. B. S. **Relativismo (Moderado) em sala de aula: análise de um caso na disciplina de Metodologia do Ensino Superior**. Monografia (Curso de Especialização em Gestão Universitária) – Centro Universitário Univates, 2006. Disponível em:
<http://www.univates.br/files/files/univates/pos/monografias/Joao_Batista.pdf,>
Acesso: jan. 2010.

GILBERT, J.K. e BOULTER, C.J. Stretching models too far. Annual Meeting of the American Educational Research Association. Anais...San Francisco, 1995, apud FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. Modelagem e o “fazer ciência”. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008.

JAPP, F. R. Kekule memorial lecture. Journal of the Chemical Society, v.73, p.97-108, 1898, apud Rothenberg, A. Creative Cognitive Processes in Kekule’s discovery of the structure of the Benzene Molecule. **The American Journal of Psychology**. v. 108, n. 3, p. 419-438, 1995.

JUSTI, R. S. Modelagem e o “fazer ciência”. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008.

KEKULÉ, A. Sur la constitution des substances aromatiques. **Bull Soc Chim Paris**. v. 3, p. 98-111, **1865a**, apud WOTIZ, J. H.; RUDOFISKY, S. Herr professor doctor Kekulé: wy dreams?. In: WOTIZ, J. H. (ed). **The Kekulé Riddle. A Challenge for Chemists and Psychologists**. New York: Glenview Press, p. 247-274, 1993.

_____. Note sur quelques produits de substitution de la benzine. Bull Acad Royale Belg. v.19, p. 551-563, **1865b**, apud WOTIZ, J. H.; RUDOFISKY, S. Herr professor doctor Kekulé: wy dreams?. In: WOTIZ, J. H. (ed). **The Kekulé Riddle. A Challenge for Chemists and Psychologists**. New York: Glenview Press, p. 247-274, 1993.

_____. Untersuchungen über aromatische Verbindungen. 1 Annalen der chemie und pharmacie, 37: p.129-196, **1866c**, apud WOTIZ, J. H.; RUDOFISKY, S. Herr professor doctor Kekulé: wy dreams?. In: WOTIZ, J. H. (ed). **The Kekulé Riddle. A Challenge for Chemists and Psychologists**. New York: Glenview Press, p. 247-274, 1993.

KLOPFER, L. E. Frogs and batteries. **History of science cases**. Chicago: Science Research Associates. 1966.

LISBOA, J. C. F.; **Ser Protagonista Química**. v. 1, Editora SM. 2010.

MARTINS, R. A. Sobre o papel da historia da ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 9, p. 3-5, 1990.

_____. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C.(org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2006, p. XVII-XXX.

MARTINS, L. A. P. M. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v11n2/10.pdf>> Acesso em: mai. 2008.

MASON, H. S. History of the use of graphic formulas in organic chemistry. **The History of Science Society**. The University of Chicago, Isis, v. 34, n. 4, p. 346-354, 1943.

MATO GROSSO DO SUL. **Referencial Curricular para o Ensino Médio: Área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Secretaria de Estado de Educação, MS, 2006.

MATOS, M. A. E. História da Ciência como princípio da aplicação e análise de uma proposta de ensino para o conteúdo conservação de massa. **Orbital The Electronic Journal of Chemistry**, Campo Grande, v. 3, n. 1, p. 39-52, 2011. Disponível em: <<http://www.orbital.ufms.br/index.php/Chemistry/article/view/224>> Acesso em: dez. 2011.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995. Disponível em: <<http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/12-3/artpdf/12-3.pdf>> Acesso em: jun. 2008.

_____. **Science teaching – the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge, 1994.

_____. Science teaching – the role of history and philosophy of science. New York: Routledge, 1994, apud EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C.C. (Org.) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, p. 3-21.

MEHLECKE, C. M. **Um estudo do contexto histórico das contribuições de Mendeleev para construção da tabela periódica em livros didáticos de química para o ensino médio e inserção deste contexto em sala de aula**. 2010. 130 f. Dissertação (mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Ciências Básicas da Saúde; Programa de Pós Graduação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/27042/000762472.pdf?sequence=1>> Acesso em: jun. 2011.

MILARÉ, T. Idéias dos educadores em Química sobre a Ciência em trabalhos do ENEQ. 14º Encontro Nacional de Ensino de Química, 2008. **Anais eletrônicos...** Curitiba, PR, 2008. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0717-1.pdf>> Acesso em: set. 2009.> Acesso em: set. 2008.

MITSCHERLICH, E. **Ann. Pharm.** 1834, 9, 39, apud CARAMORI, G. F. ; OLIVEIRA, K. T. Aromaticidade - evolução histórica do conceito e critérios quantitativos. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1871-1884, 2009. Disponível em: <<http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2009/vol32n7/33-RV08416.pdf>> Acesso: fev. 2011.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. **Química** v. 3, 1. ed. São Paulo, Scipione. 2011.

NERSESSIAN, N.J. Model-based reasoning in conceptual change. Em: Magnani, L.; Nersessian, N. J. e Thagard, P. (Eds.). Model-based reasoning in scientific discovery. New York: Kluwer/Plenum, 1999. p. 5-22 apud FERREIRA, P. F. M.;

OKI, M. C. M.; MORADILHO, E. F. O ensino de história da química: contribuindo para a compreensão da natureza ciência. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132008000100005&script=sci_arttext> Acesso em: jun. 2008.

PAGLIARINI, C. R.; **Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio**. 2007. 115 f. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciências – Física Básica. Área de Concentração: Ensino de Física – Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2007.

PALMER, W. G. **Valency Classical and Modern**. 2nd edn. Cambridge: Univ. Press: p.10, 1959 apud WOTIZ, J. H.; RUDOLFSKY, S. Herr professor doktor Kekulé: wy dreams?. In: WOTIZ, J. H. (ed). **The Kekulé Riddle. A Challenge for Chemists and Psychologists**. New York: Glenview Press, 1993, p. 247-274.

PÉREZ, G. D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C. et al., Para uma imagem não-deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v7n2/01.pdf>> Acesso em: dez. 2011.

PEREIRA, C. L. N.; SILVA, R. R. A formação de professores e a química orgânica nos livros didáticos. **29ª RASBQ**, 2006. Disponível em: <<http://sec.s bq.org.br/cd29ra/resumos/T1583-2.pdf>> Acesso em: jul. 2008.

PERUZZO, F.M.; CANTO, E. L. do. **Química Orgânica**. v. 3, 3.ed. São Paulo, Moderna. 2003.

_____. **Química na abordagem do cotidiano**. v. 3, São Paulo, Moderna. 2010.

PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 1-16, 2009. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-0-Maria-Elice-Prestes-Ana-Maria-Caldeira.pdf>> Acesso em: abr. 2010.

PUMFREY, S. History of science in the National Science Curriculum: A critical review of resources and their aims. **British Journal of History of Science**. 24: 61-78, 1991.

_____. History of science in the National Science Curriculum: A critical review of resources and their aims. **British Journal of History of Science**. 24: 61-78, 1991, apud SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 9, p. 53-65, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n1/05.pdf>> Acesso em: abr. 2011.

QUEIRÓS, W.P.; BATISTETI, C.B.; JUSTINA, L. A. D. Tendências das pesquisas em história e filosofia da ciência e ensino de ciências: o que o ENPEC e o EPEF nos revelam?. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009, Florianópolis. **Anais...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2009. v. 1. Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/vii/enpec/index.php/enpec/vii/enpec/paper/viewFile/1517/286>> Acesso: jan. 2011.

ROTHENBERG, A. Creative Cognitive Processes in Kekulé's Discovery of the Structure of the Benzene Molecule. **The American Journal of Psychology**, University of Illinois Press, v. 108, n. 3, p. 419-438, 1995.

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

RUSSEL, C. A. **The History of valency**. Leincester University Press. Leicester, 1971, apud WOTIZ, J. H.; RUDOFISKY, S. Herr professor doktor Kekulé: wy dreams?. In: WOTIZ, J. H. (ed). **The Kekulé Riddle. A Challenge for Chemists and Psychologists**. New York: Glenview Press, p. 247-274, 1993.

SANTOS, S. M. O. **Crerios de avaliaão do livro didático de Química para o Ensino Médio**. 2006. 235 f. Dissertaão (mestrado) Universidade de Brasília; Decanato de Pesquisa e Pós Graduaão; Instituto de Física; Instituto de Química; Programa de Pós Graduaão em Ensino de Ciências; Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências. Brasília, 2006. Disponível em: <http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/3745/1/2006_Sandra%20Maria%20de%20Oliveira%20Santos.pdf> Acesso: abr. 2008.

SANTOS, H. F. O conceito da modelagem molecular. **Cadernos temáticos de química nova na escola**, n. 4, 2001.

SANTOS SOBRINHO, C. L. S. **A aplicaão do ensino de história da ciência em uma aprendizagem significativa da disciplina química**. 2010. 154 f. Dissertaão (mestrado) Universidade do Grande Rio "Prof. José de Souza Herdy" Escola de Educaão; Ciências; Letras; Artes e Humanidades; mestrado em Ensino de Ciências na Educaão Básica. Duque de Caxias, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/27042/000762472.pdf?sequence=1>> Acesso em: jun. 2011.

SANTOS, W. L. P (coord.); MÓL, G. S (coord.); MATSUNAGA R. T et al., **Química & Sociedade** v. único, Editora Nova Geraão, 2007.

_____. **Química para a nova geraão – Química cidadã**. v. 3, Editora Nova Geraão, 2010.

SCHULTZ, G. Berichtüber die Feier der Deutschen Chemischen Gesellschaftzu Ehren August Kekule's. *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, v. 22, p.1265-1312, **1890**, apud ROTHENBERG, A. Creative Cognitive Processes in Kekule's discovery of the structure of the Benzene Molecule. **The American Journal of Psychology**, v. 108, n. 3, p. 419-438, **1995**.

SILVA, C. C.; MARTINS, R. A. A teoria das cores de Newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. **Ciência & Educação**, v. 9, p. 53-65, 2003. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v9n1/05.pdf>> Acesso em: abr. 2011.

SILVA, L. C. M. **A Radioatividade como tema em uma perspectiva ciência-tecnologia-sociedade com foco em história e filosofia da ciência**. 2009. 234 f. Dissertação (mestrado) Universidade de Brasília; Decanato de Pesquisa e Pós Graduação; Instituto de Física; Instituto de Química; Instituto de Biologia; Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências; Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências. Brasília, 2009.

SILVA, B. V. C. A natureza da ciência pelos alunos do ensino médio: um estudo exploratório. **Lat. Am. J. Phys. Educ.** v. 4, n. 3, p. 670-677, 2010.

SOLOMOS, T. W. G. ; FRYHLE, C. B. **Química Orgânica**,v. 1, 7.ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A, 2001.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR, O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v15n3/06.pdf>> Acesso em: jan. 2010.

TOBARES, L. **Evolución histórica de La estructura molecular de benceno**. Córdoba, v. 1, 2003. p. 130-147, 2003. Disponível em: <http://www.efn.unc.edu.ar/departamentos/estruct/Igoday/Problemas%20Conocimientto/9_Tobares.pdf> Acesso em: jan. 2010.

VIDAL, P.H.O. **A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM-2007**. 2009. 104 f. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo. Instituto de Química; Instituto de Física; Instituto de Biociências e Instituto de Matemática e Estatística. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www2.if.usp.br/~cpgi/DissertacoesPDF/Paulo_Henrique_Oliveira_Vidal.pdf> Acesso em: 2010.

WOTIZ, J. H. (ed). **The Riddle Kekulé. A Challenge for Chemists and Psychologists**. New York: Glenview Press, 1993.

WOTIZ, J. H.; RUDOFISKY, S. Herr professor doktor Kekulé: wy dreams?. In: WOTIZ, J. H. (ed). **The Kekulé Riddle. A Challenge for Chemists and Psychologists**. New York: Glenview Press, 1993, p. 247-274.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Questionário Aplicado a 16 alunos do ensino médio de uma Escola Pública de Campo Grande-MS.

Atividade aplicada em 17/11/2010

Nesta atividade ler, pensar e responder as questões.

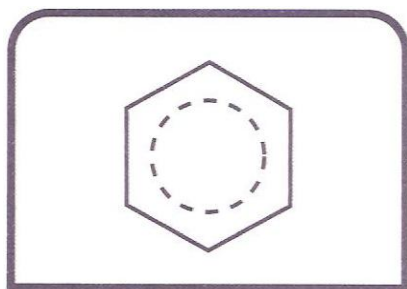
A professora não irá auxiliar nesse momento o que vale é a sua interpretação
Lembre-se: “receber respostas prontas” não ajuda no desenvolvimento da autonomia para continuar aprendendo sempre

1. Defina: Química orgânica.
2. Dê uma característica típica das substâncias estudadas pela Química Orgânica
3. Defina: Análise elementar.
4. Defina: Substâncias isômeras.
5. Por que existe grande diversidade de substâncias orgânicas?
6. O que ocorreu em 1858. Quais as pesquisas de Friedrich August Kekulé?
7. Explique a seguinte afirmativa “a fórmula molecular do benzeno foi determinada por análise elementar”.
8. Por que existe apenas uma substância de fórmula molecular C_6H_5Br ?

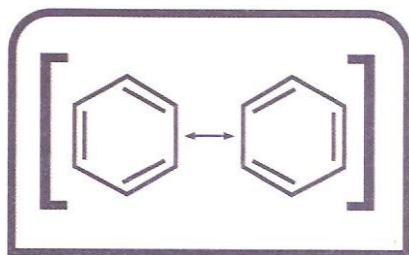
9. Por que existem apenas três isômeros para a substância de fórmula $C_6H_4Br_2$ com a fórmula?
10. Represente a (s) estrutura (s), que satisfazia os dados experimentais.
11. Escreva o significado de composto aromático e dê um exemplo.
12. Qual é o comportamento químico para classificar uma substância aromática?
13. Por que era de se esperar que a estrutura do benzeno não fosse um hexágono regular? Explique com base nos dados que indicam o comprimento da ligação



14. Represente o benzeno irregular.
15. Explique a estrutura a seguir

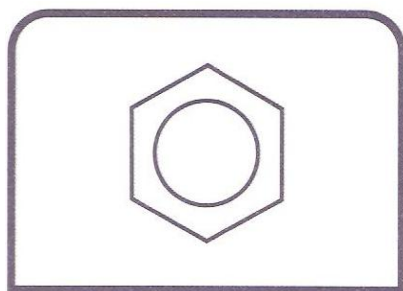


16. Explique a estrutura a seguir



17. Explique o significado da (\longleftrightarrow)

18. Explique a estrutura a seguir



1- R = Pode ser definida como a área de estudo que se dedica especificamente às substâncias que têm átomos de carbono em sua composição.

2- R = Uma característica típica das substâncias estudadas pela química orgânica é a existência de uma grande diversidade de substâncias que podem ser formadas a partir de poucos tipos de átomos.

3- R = Por meio de análise elementar, os químicos conseguem determinar as fórmulas moleculares das substâncias. Essa análise consiste na determinação da massa de cada elemento químico que compõe a substância para uma determinada massa dessa substância.

4- R = São substâncias que possuem as mesmas quantidades de átomos, mas organizados de forma diferente.

5- R = Essa grande diversidade de substâncias orgânicas se deve às diferentes possibilidades de combinação entre os átomos de carbono na formação de cadeias.

6- R = Friedrich August Kekulé (1829-1896) e Archibald Scott Couper (1831-1892) postularam, independentemente,

S T Q Q S S D

M T W T F S S

□ □ □ □ □ □ □

regras gerais de valência para os elementos químicos, isto é, possibilidades de ligações que os átomos podem assumir, formas de representação gráfica para as moléculas. Pressupõem que os átomos de carbono têm valência igual a 4, ou seja, podem efetuar quatro ligações químicas.

7-R = Apesar de a fórmula molecular do benzene ter sido determinada por análises elementares logo que a substância foi isolada, foram necessários anos para que fosse proposta uma estrutura molecular compatível com suas propriedades físicas e químicas e aceita pelos químicos.

8-R = As diferentes propostas de estruturas não conseguiram responder a várias e variadas evidências experimentais.

9-R = As diferentes propostas de estruturas não conseguiram responder a várias e variadas evidências experimentais.

10-R =



11-R = As substâncias aromáticas incluem o benzene e seus derivados, além de todas as substâncias que possuem comportamento químico semelhante.



12-R = Não tem resposta.

S	T	O	O	S	S	D
M	T	W	T	F	S	S

13-R = Como as ligações simples são maiores do que as ligações duplas, era de se esperar que a estrutura do benzeno não fosse um hexágono regular.

14-R =



15-R = Assim, os seis pares de elétrons das ligações duplas do benzeno estariam circulando ao redor dos átomos de carbono do benzeno.

16-R = Note que, nesse caso, não se trata de um equilíbrio químico (indicado por duas setas com uma ponta para cada oposto) e sim de uma única estrutura que é um misto das estruturas da direita e da esquerda.

17-R = Indica que a estrutura é híbrida entre as duas, como a estrutura do benzeno.

18-R = Para indicar a estrutura de ressonância do benzeno, utiliza-se a representação do hexágono com um círculo no centro.

APÊNDICE B

No início de 2011, na primeira semana de aulas, buscamos subsídios sobre essa questão, junto a 24 alunos, do curso de Licenciatura em Química da UFMS, oriundos de Escolas Públicas e Privadas de Campo Grande e de outras cidades do estado. Aplicou-se o questionário escrito e aberto (Apêndice B) com objetivo de buscar a concepção dos alunos sobre os modelos representados por fórmulas estruturais e moleculares.



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 - PPEC



O questionário abaixo faz parte do Projeto de pesquisa "Elaboração e Avaliação de uma Webquest sobre o Modelo Científico da Molécula do Benzeno com Abordagem da História da Ciência" que tem por objetivo contribuir com o ensino da química orgânica no ensino médio. Agradeço sua participação, Maria Ester Centurião Benites Garcia – Licenciada em Química e Mestranda do PPEC- UFMS

Leia atentamente as questões e responda com fidelidade e dedicação.

- 1) Você já é formado em curso superior? () sim (x) não
- 2) Se a sua resposta anterior foi sim, qual curso? Atua na área há quanto tempo?
- 3) Você trabalha ou já trabalhou como professor de química no ensino médio? Em quais series?
 Não
- 4) Se a sua resposta anterior foi sim, descreva sua experiência como professor.

5) Como e por que foi proposta a fórmula estrutural do benzeno?

6) Represente e explique a fórmula molecular do benzeno.

C₆H₆ Para representar a molécula do benzeno podemos observar que ele é constituído de seis átomos de carbono e seis átomos de hidrogênio

- 7) Represente e explique a fórmula estrutural do benzeno.



Com a fórmula estrutural do benzeno, notamos que ele é composto de seis átomos de carbono e seis átomos de hidrogênio. Vemos também que ele possui três ligações simples e três ligações duplas.

- 8) Represente e explique o híbrido de ressonância para o benzeno.



O híbrido de ressonância do benzeno se difere pela localização das ligações duplas ocasionada pela movimentação dos elétrons no átomo.

- 9) Escreva o que você sabe sobre "o sonho de Kekulé" com relação a teoria estrutural.

Kekulé sonhou com uma cobra que tentava pegar seu rabo, tendo assim, a ideia da fórmula estrutural do benzeno.

- 10) Observe as duas representações da estrutura do benzeno e explique a diferença considerando as ligações entre os carbonos?



As duas figuras são representações do benzeno, entretanto, na primeira, podemos visualizar as ligações, e a segunda, apenas identificamos como anel aromático.

- 11) Explique a representação abaixo, com relação a teoria de ressonância.



A ressonância é a mudança; movimentação das ligações duplas, assim como podemos observar na representação, causada pela movimentação dos elétrons pela molécula.

- 12) Escreva o significado de composto aromático e dê um exemplo?

Composto aromático tem que possuir o anel aromático, ou seja, o benzeno.





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 - PPEC



O questionário abaixo faz parte do Projeto de pesquisa "Elaboração e Avaliação de uma Webquest sobre o Modelo Científico da Molécula do Benzeno com Abordagem da História da Ciência" que tem por objetivo contribuir com o ensino da química orgânica no ensino médio. Agradeço sua participação, Maria Ester Centurião Benites Garcia - Licenciada em Química e Mestranda do PPEC- UFMS

Leia atentamente as questões e responda com fidelidade e dedicação.

- 1) Você já é formado em curso superior? () sim não
- 2) Se a sua resposta anterior foi sim, qual curso? Atua na área há quanto tempo?
- 3) Você trabalha ou já trabalhou como professor de química no ensino médio? Em quais séries?
- 4) Se a sua resposta anterior foi sim, descreva sua experiência como professor.

Sim, 1^a, 2^a, 3^a e cursinho pré-vestibular.

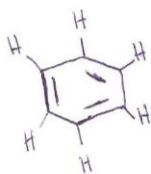
Olha, dou aulas no Ensino Médio há 5 anos e a cada dia que exercito a profissão me sinto mais feliz e seguro quanto aos conteúdos abordados.

- 5) Como e por que foi proposta a fórmula estrutural do benzeno?

Não me lembro.

- 6) Represente e explique a fórmula molecular do benzeno.

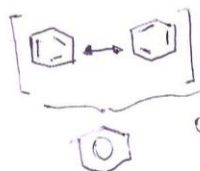
C_6H_6 → A fórmula dada nos mostra que no benzeno existem 6 átomos de carbono e 6 átomos de hidrogênio. Para um aluno iniciante isso seria suficiente. Mas, para alunos mais avançados poderíamos mostrar que este composto possui $2H=4$, o que nos ajudaria a preparar a sua estrutura, de certa forma.



7) Represente e explique a fórmula estrutural do benzeno.

A molécula de benzeno consiste em um ciclo formado por seis átomos ligados entre si, com duplas ligações conjugadas. Além disso, os átomos de carbono estão ligados a um átomo de hidrogênio cada.

8) Represente e explique o híbrido de ressonância para o benzeno.



Híbrido de ressonância

Experimentalmente, foi constatado que o comprimento das ligações C-C no benzeno eram todos iguais, o que levou à ideia de que as duplas estavam na verdade dispersas através do ciclo, dando origem

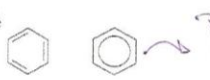
9) Escreva o que você sabe sobre "o sonho de Kekulé" com relação a teoria estrutural.

Não me lembro.

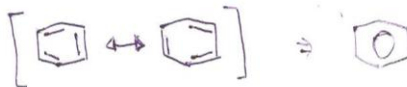
de ressonância.

10) Observe as duas representações da estrutura do benzeno e explique a diferença considerando as ligações entre os carbonos?

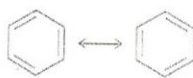
Representa apenas uma das estruturas de ressonância do benzeno.



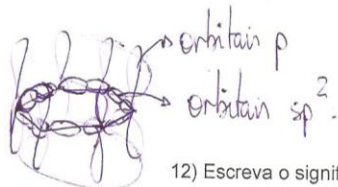
Representa o híbrido de ressonância das estruturas de ressonância de benzeno.



11) Explique a representação abaixo, com relação a teoria de ressonância.



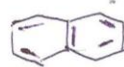
Os elétrons encontram-se deslocalizados ao redor do anel. ~~Observe o desenho:~~ Observe o desenho:



12) Escreva o significado de composto aromático e dê um exemplo?

Um composto é dito como aromático quando:

- é cíclico
- apresenta duplas ligações conjugadas
- planar
- Obedece à regra de Hückel: onde $i = 4n + 2$



naftaleno.

ANEXOS

MODELOS EXPLICATIVOS PARA A MOLÉCULA DO BENZENO

PARTE 1- Descobrindo uma nova substância...



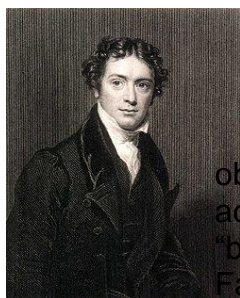
Luminária a óleo de baleia da década de 1830.

Fonte: Mergs

Em torno de 1820 Michael Faraday observou um líquido aromático no fundo de garrafas de gás de iluminação, em Londres. Provavelmente o cheiro/aroma dessa substância lhe chamou atenção, pois apresenta odor característico. Nessa época já era usado o critério odor para classificar substâncias, separadas em aromáticas e não aromáticas.

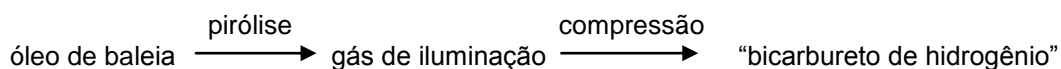
Faraday relata em artigo à Royal Society, de 16 de junho de 1825, sob o título “Sobre novos compostos de Carbono e Hidrogênio, e outros produtos obtidos durante a decomposição de óleo por calor”

O assunto deste documento que tenho a honra de submeter neste momento a atenção da Royal Society, é para especialmente descrever dois novos compostos de carbono e hidrogênio, e genericamente de outros produtos obtidos durante a decomposição do óleo pelo calor. Inicialmente chamaram minha atenção as substâncias formadas em óleo a moderada e em altas temperaturas, no ano de 1820, e desde então tenho procurado lançar mão de todas as oportunidades para a obtenção de informações sobre o assunto. Uma oportunidade particularmente favorável foi me dada recentemente pela bondade do Sr. GORDON, que me forneceu quantidades consideráveis do fluido obtido durante a compressão de gás de óleo, do qual eu tinha pequenas porções, há alguns anos, suficientes para excitar grande interesse, mas não para satisfazê-lo. Agora é do conhecimento geral, que nas operações da Companhia de Gás portátil, quando o gás do óleo usado é comprimido nos vasos, um líquido é depositado, o que pode ser retirado e preservado no estado líquido.



Faraday

Neste artigo relata que isolou pela primeira vez a substância observada, por um processo de compressão do gás de iluminação - o acetileno – produzido pela pirólise do óleo de baleia. Indicou como sendo “bicarbureto de hidrogênio”. A substância recebeu esta designação, pois Faraday determinou que era composta de carbono e hidrogênio



Como o composto era brilhante e encontrado nos resíduos do gás de iluminação, foi sugerido que se chamasse “PHENO” do grego “PHAINEM”, que queria dizer brilhante. Embora não tenha sido adotado pela comunidade científica, originou a derivação “FENIL” ou “FENILA” que é utilizada por químicos do mundo todo significando o radical fenila (C_6H_5-).

Eilhard Mitscherlich (1796-1864), anos mais tarde isolou o composto de algumas árvores conhecidas por “BENZOINA” e o denominou de “BENZINA”, mas como essa designação era muito semelhante a de outros como a “QUININA”, os alemães o designaram por “BENZOL”, mas devido a terminação “OL” ser representativa de alcoóis, o mesmo não foi adotado. O nome que finalmente prevaleceu foi “BENZENO”, proposto pelos ingleses e franceses.

- 1.1) O gás de iluminação observado por Faraday estava a disposição de todos que transitavam nas ruas de Londres. Em sua opinião, qualquer pessoa poderia ter descoberto a substância?
- 1.2) Por que Faraday buscou experiências em laboratório para identificar o “bicarbureto de hidrogênio”?
- 1.3) Por que Faraday enviou um artigo para a Royal Society?

MODELOS EXPLICATIVOS PARA A MOLÉCULA DO BENZENO

PARTE 2 - Conhecendo melhor o “bicarbureto de hidrogênio”, posteriormente, chamado de Benzeno

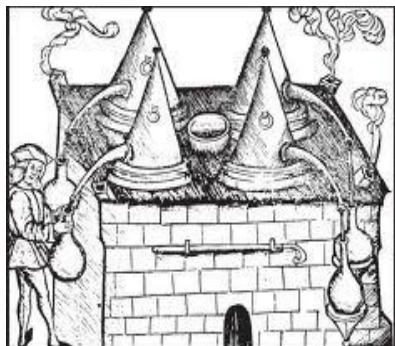
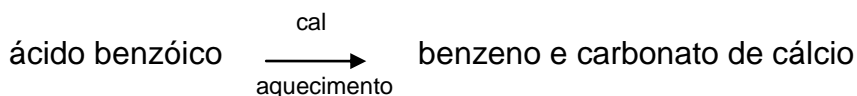


Figura 2: Uma das ilustrações do livro de destilação de Hieronymus Brunschwig, *Das Buch zu Dabillern die Zusammen-pheffen ding Composita genant durch die einzigen ding, in das buch Thesaurus pauperum genant...* Straßburg: B. Grüninger, 1532.
QUÍMICA NOVA NA ESCOLA - Destilação Nº 4, NOVEMBRO 1996

Em 1834, Mitscherlich, sintetizou o benzeno. Partindo do ácido benzóico aquecido na presença de CaO (cal virgem) produziu o benzeno juntamente com carbonato de cálcio. O benzeno foi separado por destilação.

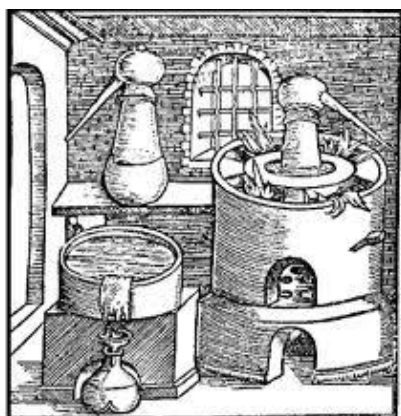


As evidências experimentais obtidas por Mitscherlich indicavam que o benzeno apresenta seis carbonos e seis hidrogênios: C_6H_6 , mas não havia consenso e explicações para como era sua estrutura, ou seja, como os carbonos e os hidrogênios estavam organizados.

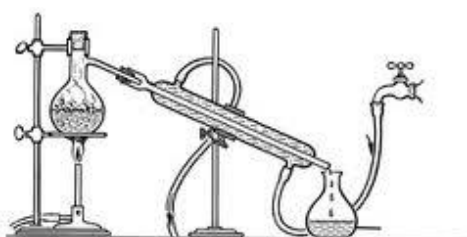
Ainda não era admitida a possibilidade do carbono formar múltiplas ligações carbono-carbono e a ideia de “estrutura” estava sendo debatida.

Muitos cientistas admitiam que as substâncias apresentavam uma estrutura que podia ser representada, mas outros não admitiam essa ideia. A crítica ao estruturalismo foi marcada pelas manifestações de Hermann Kolbe (1818-1884), principalmente baseando-se na inexistência de possibilidades de verificação das propostas estruturais.

Os cientistas que defendiam o estruturalismo passaram a propor estruturas para o benzeno que solucionassem a questão do arranjo de 6 carbonos e 6 hidrogênios, conforme os desenhos a seguir:



Destilação, *Alchemiae Gebri Arabis ...*, 1545.



Loschmidt



Ladenburg



Claus



Dewar



Armstrong-Bayer



Kekulé

(note que a utilização de setas de equilíbrio é atualmente considerada incorreta!)

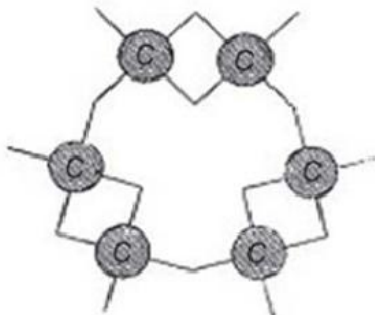
2.1) Qual foi a importância de Faraday para elucidar a estrutura do benzeno?

2.2) Por que sabendo que a proporção entre C e H era de 6 para 6 , era difícil propor uma estrutura para a molécula?

2.3) Por que tantas estruturas diferentes foram apresentadas?

2.4) Escolha duas e explique como estavam arranjados os átomos de C e H.

MODELOS EXPLICATIVOS PARA A MOLÉCULA DO BENZENO
PARTE 3 – Como se arranjariam 6 átomos de Carbono e 6 átomos de hidrogênio no benzeno?



Entre 1858 e 1861, o químico alemão Friedrich August Kekulé, o químico escocês Archibald Scott Couper e o químico russo Alexander M. Betherov, trabalhando independentemente, delinearam uma teoria muito importante: a “teoria estrutural”, que se fundamentava em dois princípios/postulados (que são afirmações que mesmo não tendo comprovação, são consideradas verdadeiras e servem de base para outras conclusões):

- 1) *Os átomos dos elementos nos compostos orgânicos podem formar um número de ligações fixas, a medida desta habilidade é chamada de valência. O carbono é tetravalente. Isto é, os átomos do carbono formam 4 ligações.*
- 2) *Um átomo pode utilizar uma ou mais de suas valências para formar ligações com outros átomos de carbono*

Explicava-se que os carbonos poderiam unir-se formando “cadeias” e originando uma vasta gama de compostos, que segundo a teoria estrutural apresentavam uma estrutura fixa característica. Mas a estrutura do benzeno ainda não estava definida e Kekulé lançou as seguintes hipóteses partindo dos postulados:

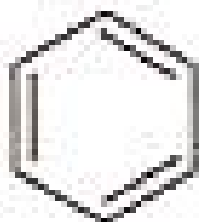


Fig.2

HK-1: Os seis átomos de carbono no benzeno estão localizados nos vértices de hexágono plano ou estão espaçadas igualmente ao redor de um círculo, as duas chamadas 'anel do benzeno'.

HK-2: Além dos três ligações de valência que ligam um átomo de carbono ao seu dois vizinhos no anel e a um átomo de hidrogênio, há uma quarta ligação direcionada para um de seus vizinhos, de tal forma que ligações simples e duplas entre os carbonos se alternam.

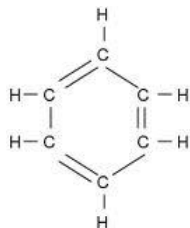
Mas evidencias experimentais mostraram que o benzeno não se comportava como a estrutura proposta conforme HK-2.

- 3.1) Faça uma representação de HK-2
- 3.2) Como poderia ser a estrutura do benzeno com 6C e 6H com cadeia aberta?
- 3.3) Represente os átomos de carbono e hidrogênio na estrutura expressa na Fig.2
- 3.4) O que são teorias?
- 3.5) Como os cientistas desenvolveram suas teorias ?
- 3.6) O que são postulados e hipóteses ?

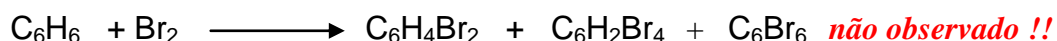
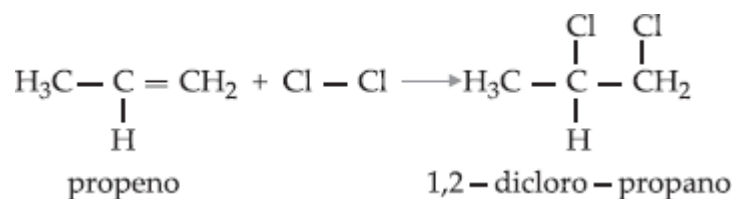
MODELOS EXPLICATIVOS PARA A MOLÉCULA DO BENZENO

PARTE 4 - Os cientistas se surpreendem estudando o Benzeno - as previsões não são confirmadas !!

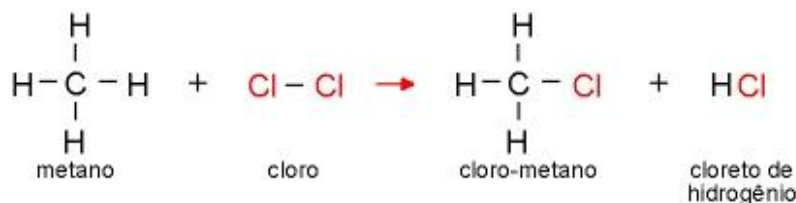
Os cientistas buscaram evidências experimentais para a hipótese de que na estrutura do benzeno os carbonos estivessem insaturados, ou seja um ligado ao outro com ligações duplas e simples alternadas.



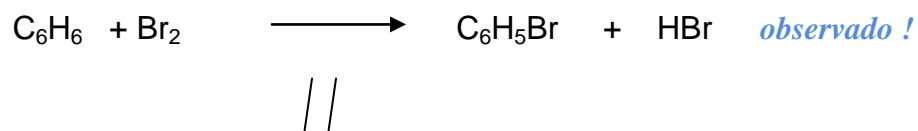
Entretanto o benzeno não reagiu conforme o previsto para compostos insaturados, pois não apresentou reação de adição. Nas reações de adição, como no caso de halogenação de alcenos, os átomos de halogênio são adicionados ao composto, ex.:

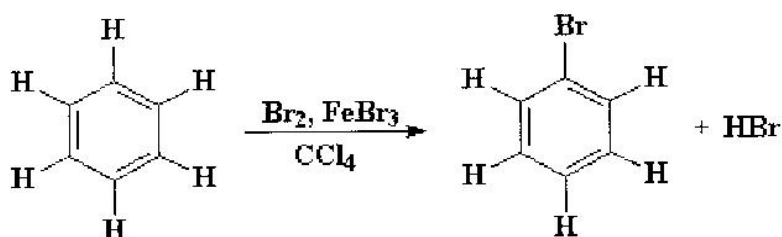


Em reações com bromo, o benzeno sofreu substituição. Nas reações de substituição, característica de alcanos, que são saturados, um átomo de halogênio substitui um de hidrogênio na estrutura, exemplo:

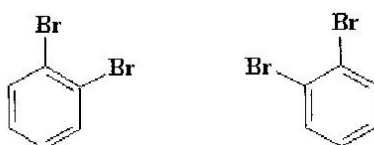


Os resultados experimentais evidenciaram somente um bromobenzeno como produto e isso indicava que os hidrogênios são equivalentes, ou seja, todas as ligações carbono-carbono são equivalentes.





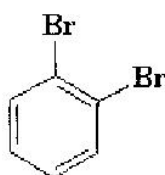
E, reagindo-se novamente o bromobenzeno com bromo, esperava-se que houvesse a formação de quatro compostos diferentes por substituição:



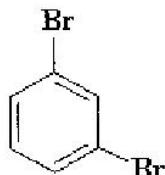
Dois 1,2 dibromobenzeno

E 1,3 dibromobenzeno e 1,4 dibromobenzeno.

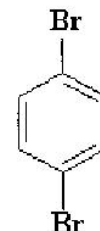
Entretanto verificou-se apenas um composto 1,2 dibromobenzeno, sendo produzidos os seguintes compostos :



1,2-dibromobenceno

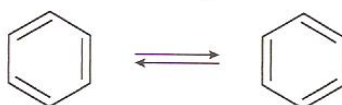


1,3-dibromobenceno

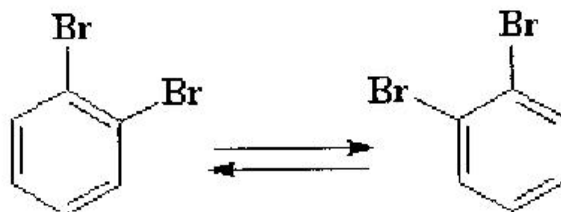


1,4-dibromobenceno

Kekulé propôs uma revisão na hipótese HK-2, que passou a ser formulada como: HK-Osc: A valência de cada quarto átomo de carbono oscila entre seus dois vizinhos, em sincronia com todos os outros quarta valências, de modo que a estrutura muda rapidamente entre as duas estruturas.



Esse problema foi resolvido admitindo-se que os dois produtos 1,2-dissubstituídos para $C_6H_4Br_2$ estavam em estado de equilíbrio e por isso não era possível isolar.



- 4.1) Por que os cientistas resolveram desenvolver as reações de halogenação com o benzeno?
- 4.2) Qual a importância desses trabalhos de laboratório na compreensão da estrutura do benzeno?
- 4.3) Por que o benzeno apresenta reação de substituição e não de adição?
- 4.4) Escreva todas suas dúvidas, em forma de perguntas, que não foram contempladas nos textos parte 1, 2, 3, 4.