

UMA ABORDAGEM METODOLÓGICA DE BASE CIENTÍFICA NUM CONTEXTO TECNOLÓGICO: UM ESTUDO DE CASO NO ENSINO DE REAÇÕES ENTRE COMPOSTOS DA QUÍMICA INORGÂNICA

Cláudia Schneiders Nardin¹

Resumo da dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Tecnologia - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Orientadores:

José Claudio Del Pino²
Vítor Francisco Schuch Jr.³

AN APPROACH OF A METHODOLOGY OF A SCIENTIFIC BASE IN A TECHNOLOGICAL CONTEXT: A CASE STUDY OF TEACHING OF REACTIONS BETWEEN INORGANIC CHEMICAL COMPOUNDS

Abstract:

The teaching of contents related to inorganic compounds is traditionally linked to an approach that can lead students to learn by repetition. One intends to minimize the problems related to the learning of reactions among inorganic compounds with a methodology based on David Ausubel learning theory and with constructivist teaching models. That is the reason why one uses the knowledge about chemical bonds, electronic and prototonic theories and reaction mechanisms among chemical compounds. The expectation is that this research can provide/originate a differentiated methodology concerning the theme chemical reactions and also that it can be used by chemistry teachers so that they would offer their students a significant learning.

Key words: Chemical Reactions, Teaching Methodology, Learning of Chemistry

Resumo:

O ensino do conteúdo relacionado aos compostos inorgânicos se apresenta tradicionalmente, com uma abordagem que pode levar os alunos a uma aprendizagem memorística. Com uma metodologia referenciada na teoria de aprendizagem de David Ausubel e em modelos construtivistas de ensino, busca-se minimizar os problemas de aprendizagem das reações entre compostos inorgânicos. Para tal, utilizam-se conhecimentos sobre ligações químicas, teorias protônica e eletrônica, mecanismo de reações entre compostos químicos. Tem-se a expectativa que este trabalho de pesquisa possa disponibilizar uma metodologia de ensino diferenciada do tema reações químicas, e que esta seja utilizada por professores de química de maneira a propiciar aos seus alunos uma aprendizagem significativa.

Palavras-Chave: Reações Químicas, Metodologia de Ensino, Aprendizagem em Química.

¹ Professora da Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha (Nardinclaudia@aol.com)

² Professor do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (aeq@iq.ufrgs.br).

³ Professor das Faculdades Integradas do Instituto Ritter dos Reis (vfschuch@ritterdosreis.br)

Introdução

Há um sentido estável ou dicionarizado do que seja a química, como por exemplo, conforme Maldaner (1996, p. 17): "Ciência em que se estuda a estrutura das substâncias, correlacionando-a com as propriedades macroscópicas, e se investigam as transformações destas substâncias".

A Química dá ênfase às transformações geradoras de novos materiais. Ela está presente e deve ser reconhecida nos alimentos, nos medicamentos, nas fibras têxteis, nos corantes, nos materiais de construção, nos papéis, nos combustíveis, nos lubrificantes, nas embalagens, nos recipientes.

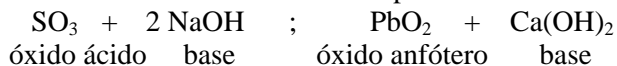
Em qualquer proposta curricular dirigida ao ensino médio verifica-se a inclusão de conteúdos obrigatórios, como ligações químicas e reações químicas entre outros. Se de um lado o ensino usual desses temas se justifica pela importância dos mesmos para a previsão de ocorrência de substâncias e de suas transformações, por outro lado, as abordagens normalmente adotadas têm promovido a ocorrência de vários problemas de aprendizagem por não tratarem adequadamente as inúmeras noções abstratas que compõem tais conteúdos. O ensino de reações químicas entre compostos inorgânicos é normalmente construído de forma que o aluno adquira uma aprendizagem mecânica, memorística. Escolheu-se este tema por tratar-se de uma base teórica importante dentro dessa ciência, além do que tal tema é desenvolvido pelos autores durante sua prática docente.

A partir da observação dos resultados obtidos em anos anteriores, em relação a aprendizagem dos alunos e ressaltando uma análise crítica aos livros didáticos tradicionais existentes no mercado, busca-se com uma metodologia e um referencial teórico apropriado, fundamentado conceitualmente em modelos de ligações químicas e de representações estruturais destes compostos utilizados para o equacionamento de reações entre compostos da química inorgânica, minimizar os problemas de aprendizagem das reações entre compostos inorgânicos, tendo em vista uma melhoria da qualidade na formação dos estudantes da escola básica.

Critérios de significação para aprendizagem de reações químicas

De acordo com a teoria de Ausubel (Moreira & Masini, 1982), adotou-se os seguintes critérios para ensino de reações entre compostos de funções inorgânicas de forma que a aprendizagem se torne significativa:

A presença de exemplos e não-exemplos: a aprendizagem de conceitos é entendida como a identificação dos atributos criteriosais do conceito, os quais podem ser generalizados para novos exemplos, bem como a discriminação entre exemplos e não-exemplos do conceito. Ao apresentar o conteúdo de reações químicas, se formula os princípios que regem as reações e logo se inclui os exemplos de cada tipo de reação, contrapondo-se com os não-exemplos, os quais não obedecem determinada regra. Como por exemplo, o conceito: óxidos ácidos ou óxidos anfóteros reagem com bases. Os atributos criteriosais são as características de um óxido para ser classificado como óxido ácido, ou anfótero para daí obedecer ao conceito. Os exemplos são:



Os atributos criteriosais para ser um óxido ácido são: não-metal ou metal de NOX elevado ligado ao oxigênio; e para ser um óxido anfótero é ser metal anfótero ligado ao oxigênio. Os que não estiverem dentro desse atributo criterial serão os não-exemplos e não reagirão com bases.

Definições operacionais e formais de conceitos: dependendo dos atributos criteriosais de um conceito, este pode ser definido operacionalmente e/ou formalmente. As reações químicas, são representadas pelas equações químicas. As definições abaixo correspondem respectivamente a uma definição operacional e formal do conceito reação química:

- Reação química é uma transformação onde nova(s) substância(s) é (são) formada(s)
=== Definição operacional

- Reação química é uma transformação onde agregados de átomos ou íons são rompidos e formados === Definição formal

Os níveis macroscópicos representacionais e microscópicos dos conteúdos de química: conforme Santos e Schnetzler (1996, p.31) com relação aos conteúdos de química, estes podem ser classificados em três níveis: o nível macroscópico caracteriza-se pela visualização concreta ou pelo manuseio de materiais ou substâncias e de suas transformações, bem como pela descrição, análise ou determinação de suas propriedades. O nível representacional compreende a representação das substâncias por suas respectivas fórmulas e de suas transformações através de equações químicas, enquanto que o nível microscópico caracteriza-se pela natureza atômico-molecular, isto é, envolve explicações baseadas em conceitos abstratos, como átomos, moléculas, íons, elétrons, etc., para racionalizar, entender e prever o comportamento das substâncias e de suas transformações.

A articulação e a dependência entre fatos e generalizações: a importância de relacionar fatos com generalizações e/ou generalizações com conceitos, se justifica porque de acordo com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, o processo de relacionamento é sinônimo de processo de aprendizagem significativa, que é qualitativamente diferente de aprendizagem mecânica ou memorística. Isso significa, por exemplo, se for apresentada a seguinte generalização, óxidos ácidos reagem com água formando ácidos, tal princípio deve ser precedido ou sucedido de vários fatos, os quais no caso particular serão descrições ou realizações de reações envolvendo diferentes óxidos ácidos na reação com água.

O domínio dos pré-requisitos: de acordo com a teoria de Gagné (1971), conforme Moreira, (1999, p.72 e 162) antes de se ensinar um determinado conteúdo ou habilidade se deve construir uma hierarquia de aprendizagem para evidenciar os pré-requisitos necessários para sua compreensão. Assim, por exemplo, aprender que óxidos ácidos reagem com água formando ácidos e equacionar esse tipo de reação, pressupõe, dentre outros conhecimentos, mais simples ensinar a identificar, conceituar e formular óxidos ácidos e ácidos. Tais considerações evidenciam a importância de se organizar os vários tópicos de conteúdo respeitando uma ordem lógica de pré-requisitos de tal forma que se assegure o domínio daqueles necessários à compreensão de qualquer tópico na sequência de conteúdo de um curso, unidade ou assunto a ser desenvolvido.

Ausubel sustenta o ponto de vista que cada disciplina tem uma estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos, que constitui o sistema de informação da disciplina que podem ser identificados e ensinados aos alunos, dessa forma constituir para ele um sistema de processamento de informações. Esta hierarquização de conceitos sugere as direções recomendadas para uma diferenciação progressiva dos mesmos. Uma maneira de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa é através da utilização de mapas conceituais, que são diagramas, que indicam relações entre conceitos ou entre palavras e usa-se para representar conceitos. São diagramas de significados, de relações significativas, de hierarquias conceituais (Moreira & Masini, 1982). Em anexo estamos apresentando a construção de significados hierarquizados para o tema reações químicas.

As concepções prévias dos alunos: os alunos que chegam as nossas aulas vêm com idéias e conceitos que geralmente são distintos daqueles que queremos ensinar. Como para eles suas concepções prévias fazem sentido, muitas vezes elas são tão resistentes à mudança que comprometem a aprendizagem das idéias que queremos ensinar, além de determinarem como eles entendem e desenvolvem as atividades que lhes apresentamos em nossas aulas.

A análise dos livros didáticos

Discutir o ensino de química implica necessariamente em analisar os livros didáticos. Tal análise certamente conduzirá à observação de que os conteúdos abordados nestes, se encontram desvinculados da realidade dos alunos, em desacordo por vezes, com o seu desenvolvimento cognitivo, compartimentalizados em capítulos estanques, reforçam a aprendizagem memorística e apresentam vários obstáculos à aprendizagem. Concebem o método científico como um conjunto de regras fixas. Apresentam uma lógica confirmatória nas atividades experimentais, pois pretendem

que os alunos obtenham dados para confirmar uma lei ou uma teoria científica. Essas são concepções de ciência e da construção do conhecimento científico veiculados pelos livros, que seguem predominantemente uma orientação empirista e indutivista. Os conceitos não seguem uma ordenação progressiva, ou como Ausubel sugere uma diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Não apresentam número suficiente de exemplos para reforçar a aprendizagem de conceitos e com isso o aluno não pode facilmente discriminar ou generalizar. Também se observou a presença de apenas o nível representacional de reações químicas, que são as equações, porém o nível microscópico, natureza atômico-molecular, abordado com o estudo de modelos de reações, encontrou-se sempre ausente na maioria dos livros didáticos.

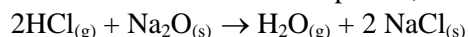
Uma reação química observada no laboratório não condiz com a equação química apresentada, porque não foram abordadas as diferenças entre a prática e a teoria; também a equação química que para os alunos é desvinculada de ligações químicas, porque os professores, os livros, não fazem essa relação, não explicam a formação das substâncias numa reação através da ruptura das ligações com rearranjo entre os átomos, para formarem essas novas moléculas, produtos, são apresentados apenas a nível simbólico, representacional. As equações químicas não são acompanhadas de frases que a descrevam e as expliquem.

As limitações dos livros didáticos podem ocorrer na dimensão conceitual, como por exemplo, analisando o livro didático do autor Feltre (1999, p. 191) e de outros como Geraldo Camargo de Carvalho (1995, p. 175), constatou-se que definem função química como um conjunto de substâncias com propriedades químicas semelhantes. É preciso considerar, conforme Campos e Silva que (1999, p. 19) “a rigor ácidos e bases concebidos como conjunto de substâncias com propriedades químicas semelhantes não existem. O que há é um modo de se comportar quimicamente: comportamento ácido e comportamento básico. Assim, diante do sódio metálico, a amônia comporta-se como ácido, formando íon amideto. Porém diante da água, a amônia comporta-se como base, formando íon amônio. Apenas aquelas espécies que apresentam comportamentos ácido ou base em grau muito acentuado se aproximam do conceito estabelecido para função”.

De acordo com a análise que Campos e Silva (1999, p. 20) faz, uma das regras mais famosas nos textos que tratam das funções da química inorgânica, é a reação: Ácido + base → sal + água. Ele coloca que é preciso considerar dois casos: se a reação ocorre em meio aquoso ou anidro e que os autores não levam em conta essa distinção vital. Constatou-se essa afirmação de Campos e Silva no livro didático do autor Feltre (1999, p. 221, 275).

Campos e Silva em seu texto, argumenta (1999, p. 20):

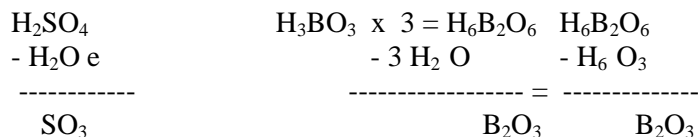
- Inicialmente considerando o meio anidro. Reagindo cloreto de hidrogênio com óxido de sódio. O íon óxido aceita o próton, formando a água, conforme a regra:



- Agora considerando o meio aquoso. Ora, nesse meio o ácido já reagiu com o solvente e originou íons hidroxônio, e a base da outra solução também não existe mais, tendo sido substituída por quantidades equivalentes de íons hidroxila, de tal modo que, ao serem misturadas as duas soluções, a reação que se passa é entre o ácido e a base conjugada do solvente, nada mais é produto da reação. Diante disso é inquestionável não considerar que a regra deve estar inadequada. Ela só funciona para ácidos protonados reagindo com óxidos ou hidróxidos iônicos em meio anidro. Em meio aquoso ela não funciona. Porém isso não é esclarecido ao aluno. O que os autores deveriam esclarecer é que se forma uma solução aquosa de cloreto de sódio, isto é, íons cloreto e íons sódio que não reagiram. A evaporação do solvente é que produz o aparecimento do sólido iônico branco de cloreto de sódio.

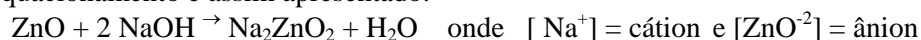
De acordo com Campos e Silva (1999, p. 21) há afirmações nos livros didáticos sem nenhuma conexão com os fatos do cotidiano do aluno. O sal tipo NaHSO_4 ou NaHCO_3 são chamados de sais ácidos, quando se usa o bicarbonato de sódio para combater a acidez estomacal. O Feltre chama de sal neutro o carbonato de cálcio, e sabe-se que o calcário combate a acidez dos solos. Constatou-se esta estratégia de classificação de sais no livro didático do autor Feltre (1999, p. 276). Essa classificação é inadequada pois pode levar o aluno a erros de interpretação.

Constatou-se pela análise do livro didático (Martha Reis, 1993, p. 164), no capítulo de classificação e reações de óxidos que as reações são apresentadas a nível de memorização, onde o aluno aprendem por "joguinhos" de subtração a equacionar as reações de desidratações de ácido, para obter óxidos:



Isso é demonstrado por subtração de fórmulas, para se chegar no equacionamento, onde deveria ser construído por desidratação intra-molecular ou intermolecular de suas fórmulas estruturais. Este tipo de abordagem vem a reforçar a aprendizagem memorística, mecânica.

Também os livros didáticos, de autores Tito e Canto (1999); Feltre (1997, 1999); apresentam as reações somente por equações como meros jogos de armar. Tem-se na maioria dos livros didáticos que as reações entre óxidos anfóteros e bases fortes, são apresentadas, quanto ao seu equacionamento, com regras de memorizações, isto é, para a formulação de sais nessa equação utiliza-se a tabela de radicais e a regra dos X. Por exemplo no livro didático de Tito e Canto (1999, p. 279) o equacionamento é assim apresentado:



Supõe-se que a ação do aluno deve ser orientada a partir do conceito de transformação química como uma transformação que envolve a formação de um novo material que pode ou não ser acompanhado por evidências perceptíveis. E que a equação química não é um mero conjunto de fórmulas, simbologias, mas o ponto de partida e de chegada, por meio do qual a química pode falar do mundo.

O grande erro de muitos livros didáticos, conforme Lopes em sua análise comenta (1995) e confirma-se ao analisar o livro didático de Feltre (1997, p. 124) é, o de expressar as reações de neutralização de ácido por base, considerar como reação de dupla troca, em solução aquosa, quando deveria ser considerada como síntese da água a partir de H^+ e $(\text{OH})^-$. Isso porque a solução aquosa de NaOH é uma solução contendo íons Na^+ e $(\text{OH})^-$ dissociados e a solução aquosa de HCl é uma solução contendo íons H_3O^+ e Cl^- . Assim sendo a reação se dá apenas entre H^+ e $(\text{OH})^-$. Os íons Na^+ e Cl^- permanecem dissociados. Isto é, não há trocas quando se trata de íons dissociados em solução aquosa.

Como pode o aluno compreender, se na quase totalidade dos livros didáticos a reação, em meio aquoso, $[\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} \rightarrow \downarrow \text{AgCl} + \text{NaNO}_3]$ lhe é apresentada como irreversível no capítulo de reações químicas e no capítulo de equilíbrio químico o processo $[\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}]$ é dito reversível e no entanto é espontânea e reversível. Estabelece-se uma contradição iniciada pela associação do conceito de espontaneidade com o conceito de irreversibilidade, incompatíveis sob o ponto de vista científico.

Conforme Chagas (1999, p. 28), é perfeitamente possível abordar os conceitos ácido-base de modo articulado (teorias de Brønsted-Lowry, Lewis, Werner, Lux, Usanovich, teorias dos sistemas solventes).

Evita-se dessa forma, que o aluno venha a julgar que na química se cria uma regra para cada reação estudada. Isso vem a contribuir para que os estudantes venham a considerar a química matéria enfadonha, incompreensível e cujo estudo requer exaustivos exercícios de memorização.

Mas estas limitações de abordagem do conhecimento químico ao nível conceitual também se configuram como obstáculos Epistemológicos a construção de tal conhecimento. Por exemplo, o autor, Feltre, conceitua óxidos anfóteros como sendo "indecisos" "entre o caráter básico e o caráter ácido". Enquanto deveria dizer que os óxidos anfóteros possuem caráter intermediário entre o iônico e o covalente, formados por eletronegatividade média que pode ser característica de metais

ou semi-metais. Desse modo possuem um comportamento ambíguo, pois ora agem como óxidos básicos, ora como óxidos ácidos. O que determina o comportamento que terá o óxido é a substância a que estiver em contato (Feltre, 1999, p. 235). No capítulo de reações químicas, o mesmo autor ao abordar as condições da ocorrência de uma reação química afirma: “Os reagentes tenham uma certa afinidade química, ou seja uma certa ‘vontade’ de reagir”. E no capítulo de conceitos modernos de ácidos e bases, se observa que a reação entre HCl e H₂O, de acordo com as teorias de Brønsted-Lowry, o autor descreve a transferência de H⁺ do ácido para a água como “entrega” de H⁺. Na reação inversa o H₃O⁺ “devolve” o H⁺ ao Cl⁻.

Tem-se como exemplo de obstáculo substancialista, o erro comum na aprendizagem inicial da química: “Se a presença do próton (H⁺) garante acidez, então quanto mais hidrogênio houver na substância, maior será a acidez” (Lopes, 1992, p. 9). Com essa análise pode-se dizer que o H₃PO₄ aquoso é mais ácido que o HCl, o que não é verdadeiro. Outro exemplo relaciona as propriedades ácidas e básicas como intrínsecas ao H⁺ e ao (OH)⁻ encerradas na molécula (teoria de Arrhenius), enquanto que pelas teorias de Brønsted-Lowry e Lewis, fazem perder este restrito conceito de ácidos e bases de Arrhenius, os livros didáticos mantêm até hoje o mesmo tratamento para o tema.

Outro exemplo de obstáculo muito comum no ensino de reações químicas são os requisitos empíricos para a constatação da ocorrência de reação, pela mudança de coloração ou formação de gás, enquanto que se sabe que esta relação não é direta, isto é, existem ressalvas.

As discussões apresentadas aqui demonstram a inadequação da química transmitida por nossos livros didáticos e evidenciam a necessidade de desconstruir esses obstáculos à aprendizagem. Não se tem o objetivo de descartar o livro didático, mas de deixar de ser uma ferramenta única do nosso trabalho, tornando-se um instrumento importante, porém auxiliar no processo. A importância desse estudo é a de desnaturalizar o que é natural e, portanto, ao tornar estranho, tornar visível.

Estes problemas apontados na apresentação do conhecimento químico nos livros didáticos, de ordem conceitual e epistemológico, também são reforçadores dos conhecimentos implícitos dos alunos. Alguns exemplos:

As concepções que os alunos têm sobre os diversos fenômenos classificados como reações químicas não lhes permitem reconhecer as entidades que se transformam e as que permanecem constantes, e tendem a centrar suas explicações nas mudanças perceptíveis que ocorrem com as substâncias, sequer fazendo referência às mudanças em nível atômico-molecular (Mortimer e Miranda, 1995, p. 23).

Também estudantes tendem a generalizar algumas explicações válidas para mudanças de estado, ou mesmo confundir uma transformação química com uma mudança de estado.

Outros alunos apontam “para a concepção de que durante uma transformação química ocorre desaparecimento de substância” (Schnetzler, 1995, p. 31).

É muito comum também que os estudantes recorram a uma espécie de transmutação para explicar as transformações químicas: a transformação não é vista como resultado da interação entre diferentes substâncias, e que resultam em substâncias diferentes, mas como a realização de uma certa potencialidade de substância transmutada (Mortimer e Miranda, 1995, p. 23 a 26).

Outro tipo de explicação utilizada pelos estudantes é a animista, em que se atribui comportamentos típicos dos seres vivos às substâncias: A transformação é vista como uma certa “vontade” da substância.

Quanto às reações classificadas como deslocamento, os alunos pensam que “novas substâncias podem aparecer, porque se deslocam de um determinado lugar, e que nenhuma propriedade do sistema é modificada” (Justi e Ruas, 1997, p. 25).

Sobre as modificações que ocorrem, os alunos expressaram que: “o que parece ser a formação de novas substâncias é na verdade a substância original em sua forma modificada, sua identidade é mantida”. Os alunos expressaram essa idéia tanto a nível macroscópico quanto atômico-molecular.

No mundo atômico os alunos têm a concepção de que numa reação as partículas mudam de forma, tamanho e cor exatamente como acontece com substâncias, de acordo com Justi e Ruas (1997).

Na maioria das pesquisas feitas os autores constataram que todos os atributos de transformação química expresso pelos estudantes restringiram-se ao nível macroscópico, não havendo referência a nenhum atributo microscópico.

Concluiu-se após as argumentações desenvolvidas que no ensino de química se tem privilegiado o uso de equações para a representação de reações químicas; equações que podem levar a classificação das reações por um sistema já bastante desatualizado. Isso leva o aluno a manter a concepção de reação num nível fenomenológico ou com dificuldade de relacionar o nível fenomenológico com o nível atômico-molecular. Uma das formas de lidar com essas dificuldades é promover uma evolução da compreensão dos alunos ao nível atômico-molecular.

Mecanismos propostos na construção dos modelos de reações entre compostos inorgânicos

Conforme apresentado nos itens anteriores, buscamos minimizar as dificuldades encontradas no ensino de reações entre compostos químicos inorgânicos, propondo a alternativa metodológica que passamos a descrever.

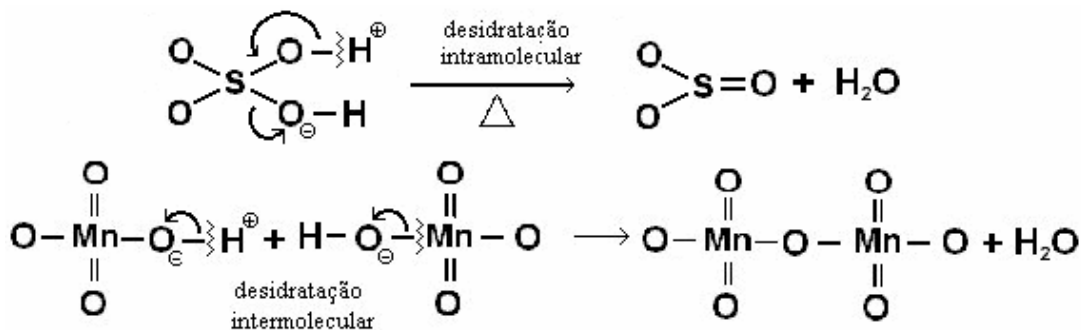
Conforme texto de Chagas(1999), novas tendências no ensino de química procuram enfatizar os conceitos ácido-base sob o aspecto das teorias de Bronsted-Lowry e Lewis. É preciso considerar que devido a noção de relatividade no comportamento das espécies químicas, “a rigor ácidos e bases concebidos como conjunto de substâncias com propriedades químicas semelhantes”, não existem. O que há é um modo de se comportar quimicamente: comportamento ácido e comportamento básico.

Pode-se notar que as teorias ácido-base foram surgindo como uma generalização da precedente. Cada uma abarca um universo próprio de reações químicas que vai se ampliando, procurando abranger cada vez mais os fenômenos. Outro aspecto a considerar é que os conceitos ácido-base de Arrhenius, Brønsted-Lowry e Lewis, diferentes em abrangência e significados, guardam entre si certa articulação. Portanto, não se pode escolher um desses, esperando assim descrever de modo racional todas as reações químicas e em qualquer solvente, nem deixar de chamar atenção para os pontos em que os conceitos se tocam.

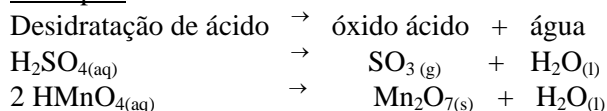
Apesar de existir outras teorias que explicam o comportamento ácido-base, conforme Chagas (1999, p. 28-30) - Teorias: de Lux, dos sistemas solventes, de Werner, Usanovich, ianotrópica - as teorias que mais se destacam, sendo as mais utilizadas, são as teorias protônica e eletrônica, e são essas que se selecionou como subsídios a esse trabalho. Associaram-se a estas teorias, conceitos de efeito mesômero, indutivo, heterólise, reagente eletrófilo e nucleófilo.

Para mostrar esses mecanismos construídos, serão dados alguns exemplos que servirão para se deduzir, por analogia, outros. Para tanto, é necessário a fórmula estrutural plana de ácidos, óxidos ácidos, óxidos anfóteros e fórmulas iônicas de óxidos básicos, pois foram essas funções que se trabalhou.

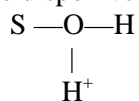
Exemplo 1. As fórmulas estruturais planas dos óxidos ácidos desenvolvidas a partir das fórmulas dos respectivos ácidos por mecanismos de desidratações intramolecular e intermolecular.



Princípio:



Observando-se a fórmula estrutural do composto H_2SO_4 , o oxigênio ligado ao hidrogênio, por ser mais eletronegativo, atrai com intensidade o par eletrônico da ligação. Por outro lado existe o efeito indutivo negativo dos outros oxigênios que não possuem hidrogênio, tornando o oxigênio ligado ao hidrogênio com baixa densidade eletrônica, fazendo com que o hidrogênio seja liberado como íon H^+ , deixando o par eletrônico para o oxigênio, o qual fará ligação dupla com o enxofre. O hidrogênio como H^+ se transfere para o outro oxigênio, ligado ao enxofre, $\text{S}-\text{OH}$, onde existe par eletrônico disponível, formando:



Haverá, com isso heterólise da ligação do oxigênio com o enxofre e saída de água.

No 2º exemplo, os mesmos efeitos ocorrem, porém a desidratação é intermolecular e não intramolecular como no 1º exemplo.

Exemplo 2. Obtenção de sais a partir da reação de óxido ácido com base, usando o mecanismo de reação de adição a partir das fórmulas estruturais dos óxidos moleculares

Reação de $\text{P}_2\text{O}_5_{(\text{s})}$ com $\text{NaOH}_{(\text{aq})}$:

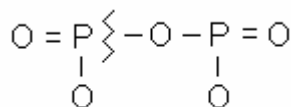
A partir da fórmula estrutural plana do óxido ácido:

1ª) etapa: efeito mesômero e indutivo

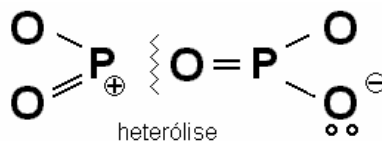


2ª) etapa: heterólise entre os átomos de fósforo e oxigênio do meio da molécula.

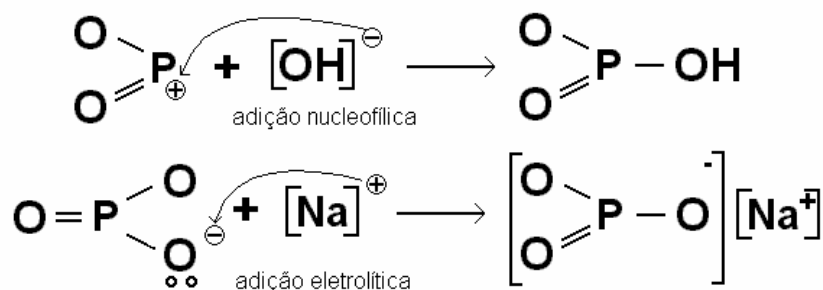
O efeito indutivo presente explica o rompimento da ligação entre $\text{P} - \text{O}$, do meio da molécula, por heterólise. Isto é,



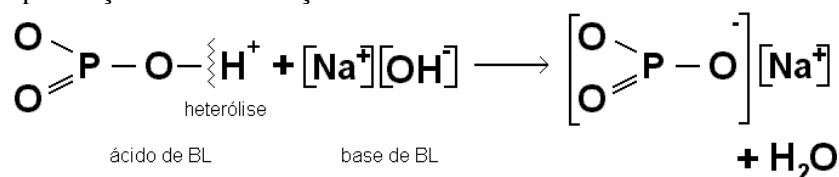
o par eletrônico da ligação ficará com o átomo mais eletronegativo que é o oxigênio. Forma-se um pólo de elevada densidade eletrônica no oxigênio e por outro lado de baixa densidade eletrônica no fósforo. Assim,



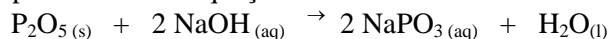
3ª) etapa: ataque nucleófilo por $(\text{OH})^-$ (base de Lewis) e ataque eletrófilo por Na^+ (ácido de Lewis)



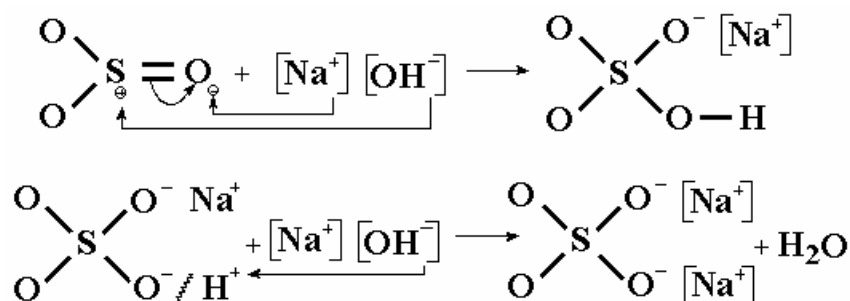
4ª) etapa: reação de neutralização

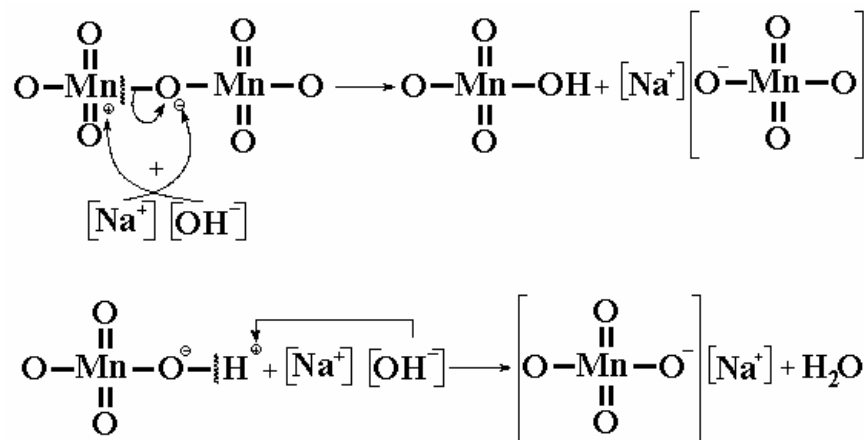


5ª) etapa: equacionamento através do somatório das equações intermediárias (membro a membro) para se obter a equação final.

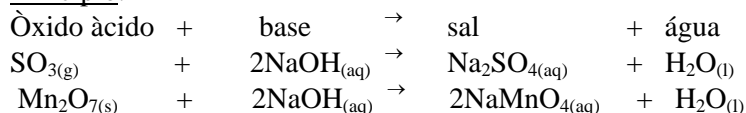


Assim também:





Princípio:



Com esses exemplos anteriores se pode deduzir por analogia, reações por mecanismo entre outros compostos, para reações baseadas nos seguintes princípios:

- 1- Ácido - água \rightarrow óxido ácido
(desidratação intra-molecular e inter-molecular)
- 2- Óxido ácido + água \rightarrow ácido
- 3- Base - água \rightarrow óxido básico
- 4- Óxido básico + água \rightarrow base
- 5- Óxido ácido + base \rightarrow sal + água
- 6- Óxido básico + ácido \rightarrow sal + água
- 7- Óxido anfótero + base \rightarrow sal + água
- 8- Óxido anfótero + ácido \rightarrow sal + água

Consideramos que este procedimento metodológico contribuiu significativamente para a aprendizagem de reações químicas por parte dos estudantes da escola básica, em função de que os mesmos realizaram integrações conceituais, envolvendo ligações químicas, identificação de compostos inorgânicos, modelagem de mecanismos de reações, buscando uma explicação a nível atômico-molecular de cada uma das transformações abordadas em sala de aula.

Referências bibliográficas

- CAMPOS, R. C. & SILVA, R. C. *Funções da Química Inorgânica... funcionam?* Química Nova na Escola, n. 9, p.18-22, maio 1999.
- CHAGAS, A. P. *Teorias ácido-base do século XX.* Química Nova na Escola, n. 9, p. 28-30, maio 1999.
- FELTRE, R. *Fundamentos da Química.* 2. ed. São Paulo: Moderna, 1997, vol. uni.
- , *Química geral.* 4. ed. São Paulo: Moderna, 1999, v.1.
- FONSECA, M. R. M. da. *Química Integral.* São Paulo: FTD, 1993, v.uni.
- CARVALHO, G. C. *Química Moderna.* São Paulo: Scipione, 1995, v.1.
- JUSTI, R. S. & RUAS, R. M. *Aprendizagem de Química: reprodução de pedaços isolados de conhecimento?* Química Nova na Escola, n. 5, p. 24-27, maio 1997.

- LOPES, A.R.C.. *Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado de química*. 6º Encontro Nacional de Ensino de Química. 10º Encontro Sudeste de Ensino de Química. São Paulo: USP, jul. 1992, 11p.
- MALDANER, O. A. *Epistemologia e a produção do conhecimento científico: implicações para o ensino de química*. Tópicos para a Discussão e Reflexão Coletiva no ENEQ. Campo Grande: DeBQ- UNIJUÍ, jul. 1996, 27p.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de Aprendizagem: cognitivismo, humanismo, comportamentalismo*. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, M. A. & MASINI, E. F. S. *A aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- MORTIMER, E. F. & MIRANDA, L. C. *Transformações: Concepções de estudantes sobre Reações Químicas*. Química Nova na Escola, n. 2, p. 23-26, nov.1995.
- PERUZZO, F. M. & CANTO, E. L. do. *Química na abordagem do cotidiano*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1999, v.1.
- SCHNETZLER, R. P. & SANTOS, W. L. P. dos. *Ensino de química e cidadania*. Química Nova na Escola, n. 4, p. 28-34, nov. 1996.
- SCHNETZLER, R. P. & ARAGÃO, R. M. R. *Importância, sentido e contribuição de pesquisas para o ensino de Química*. Química Nova na Escola, n. 1, p. 27-31, maio 1995.

ANEXO: Mapa conceitual

