

A influência da linguagem química empregada nos livros didáticos na compreensão e resoluções dos exercícios sobre “Interações Intermoleculares”

Roberta A. Medina (IC), Tuany N. dos Santos* (IC), Bárbara C. T. Moreira (PQ), Marly F. A. Carvalho (PQ) [*santos_tu@hotmail.com](mailto:santos_tu@hotmail.com)

Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Universidade do Estado da Bahia, Campus I, Rua Silveira Martins, 2555, Cabula, Salvador-BA, CEP: 41.195.001.

Palavras-Chave: *linguagem química, interações intermoleculares, livros didáticos.*

RESUMO: Esse trabalho discute a influência da heterogeneidade e da inadequação de termos utilizados no conteúdo “interações intermoleculares” na compreensão de conceitos químicos. A linguagem empregada em livros didáticos de diferentes autores foi analisada, incluindo tanto os exercícios propostos nos livros quanto em questões de vestibulares diversos.

Introdução:

O livro didático é uma ferramenta muito importante no ensino de química para professores e estudantes do nível médio, e tem sido objeto de estudo de muitas pesquisas, incluindo os trabalhos de LOPES (1992); ARAÚJO, SILVA e TUNES (1995), LOGUERCIO, SAMRSLA e PINO (2001); e NETO e FRACALANZA (2003). Estes autores demonstram que o emprego de livros que apresentam linguagens científicas inadequadas dificulta o entendimento adquirido pelo estudante. No mesmo sentido, Machado e Moura (1995), fundamentados nos estudos de Vygotsky, defendem que a linguagem é de fundamental importância na elaboração de conceitos químicos.

Segundo Araújo, Silva e Tunes (1995), “o processo de ensino-aprendizagem envolve de modo dinâmico a tríade: Aluno, Professor e Conteúdo. Logo o livro didático é um dos elementos fundamentais do processo”. Porém, a aprendizagem através do livro depende muito da forma como este é utilizado; citando Lopes (1992):

“Certamente o livro didático, como todo e qualquer texto, não é em si uma obra fechada. Na medida em que é utilizado, matem-se o diálogo leitor-texto ou no caso, professor-aluno-texto, podendo se estabelecer discussões, avaliação e críticas, capazes mesmo de permitir que se faça bom uso de um mau texto. Sem dúvida isso é possível, mas não somos levados a concluir que assim se dê em nossas salas de aula.”

Uma pesquisa realizada por Loguercio, Samrsla e Plino (2001) com 198 professores do Rio Grande do Sul sobre os critérios usados por estes na análise de livros didáticos do Ensino Médio evidenciou a desvalorização do conhecimento químico. E estes autores chegaram à seguinte conclusão:

“Dado que os principais interesses dos professores são verificar se os livros possuem bastantes exercícios para o vestibular e alguma alusão ao cotidiano dos alunos, o mínimo que se pode inferir é que o conhecimento químico presente nesses livros é tido como certo, definitivo e inquestionável.”

Associando estes referenciais à experiência, ao longo de dez anos, com estudantes recém-ingressos no Curso de Licenciatura em Química da Universidade do Estado da Bahia, foi evidenciada a necessidade de analisar o conteúdo “Interações Intermoleculares”, retratando a relação da linguagem química no processo de ensino aprendizagem com a construção do conhecimento. Partindo deste ponto, para avaliar o emprego e a adequação desta linguagem foi analisada a diversidade de termos empregados neste conteúdo, tanto em livros de ensino médio quanto de ensino superior. (MOREIRA, B.; CARVALHO, M., 2005)

Este trabalho discute a influência da linguagem química empregada na abordagem do conteúdo “Interações Intermoleculares” para a formação de conceitos químicos, a partir da análise de questões propostas nos livros didáticos de ensino médio e em diferentes provas de vestibular. Destaca-se a heterogeneidade de termos e a inadequação de alguns deles para nomear e ou explicar os fenômenos físicos e ou químicos. Faz-se referência também quanto ao reflexo destes fatores na avaliação de desempenho dos estudantes nas provas de vestibular.

Foram analisadas questões de diferentes vestibulares e de oito livros didáticos do ensino médio. Os livros selecionados encontram-se entre os mais adotados pelas Escolas de Ensino Médio das redes pública e privada do Estado do Bahia. Estes livros são também indicados como fontes de consulta nos processos seletivos para ingresso nas universidades estaduais da Bahia. As perguntas e ou respostas das questões foram analisadas segundo os seguintes critérios:

1. Inadequação de linguagem;
2. Livro escolhido pelo aluno para estudo;
3. Diversidade de resposta.

Resultados e Discussão:

As interações intermoleculares são as forças que existem entre as moléculas, determinadas a partir da ação de uma sobre a outra; as interações intermoleculares são responsáveis pela existência das fases condensadas da matéria. O título do capítulo deste conteúdo, na maioria dos livros didáticos, apresenta as seguintes denominações: **Interações Intermoleculares** (MORTIMER E MACHADO, 2000; NOVAIS, 2000); **Forças Intermoleculares** (REIS, 2003; USBERCO e SALVADOR, 2000; FELTRE, 2004) e **Ligações Intermoleculares** (COVRE, 2001; FELTRE, 2004). A primeira questão desta discussão é, sem dúvida, a adequação do título do capítulo aos exemplos de substâncias utilizadas para desenvolver o conteúdo. Alguns livros têm enunciado em seus capítulos estes termos, mas não exemplificam apenas com substâncias constituídas por moléculas. Incluem também, mesmo que poucas vezes, exemplos de substâncias constituídas por átomos e em alguns casos exemplificam a interação entre íons e moléculas.

Uma vez que os concursos vestibulares indicam livros didáticos como referenciais, o estudante ao se preparar para o exame deve utilizar pelo menos um deles. Neste caso a resposta para as questões deve estar associada à linguagem e ao conceito apreendido com base neste referencial. Obviamente que para as questões em determinado livro, em princípio, o mesmo deve ser uma das fontes de consulta. Baseado nesta premissa, a partir da análise de questões referentes ao conteúdo “Interações Intermoleculares” foi possível observar que estas apresentam inadequação de linguagem que podem levar à construção equivocada de conceitos químicos. Isto

ocorre tanto no enunciado da questão, quanto nas proposições das respostas consideradas corretas.

Algumas questões foram selecionadas para análise e discussão.

Questão 01:

(FELTRE, 2004) Quando um gás nobre sofre liquefação, seus átomos ficam unidos uns aos outros por ligações químicas denominadas:

- (a) covalentes
- (b) iônicas
- (c) metálicas
- (d) pontes de hidrogênio
- (e) Van der Waals**

Resposta do Gabarito: Alternativa e

Análise/Comentário:

Segundo Silva, Eicler e Pino (2003); e Machado e Moura (1995), as significações dadas às palavras têm um papel fundamental na compreensão que os alunos constroem dos conceitos. As moléculas são diferentes quimicamente dos átomos e íons, logo as nomeações dadas ao capítulo (Interações Intermoleculares, Forças Intermoleculares e Ligações Intermoleculares) levam os alunos a compreenderem que moléculas, átomos e íons possuem um mesmo conceito químico. Em relação à expressão Ligação Intermolecular identifica-se, além do que foi ressaltado, obstáculos na aprendizagem relativos ao termo ligação. Em geral, primeiro é discutido o conteúdo Ligações Químicas, onde o estudante deve compreender que ocorreram transformações na estrutura eletrônica de átomos que constituem a substância. Sendo assim, o termo Ligação está associado, na Química a um fenômeno químico e isto pode levar o estudante a compreender que a expressão “Ligação Intermolecular” está vinculada à ligação química entre moléculas; o que não é o caso.

O emprego de palavras inadequadas é um obstáculo na aprendizagem de certos conceitos químicos (átomo, íon, molécula) e fenômenos (químicos e físicos). Por conta disto, o título do conteúdo analisado neste trabalho é apresentado entre aspas, visando destacar a inadequação do seu emprego nos livros didáticos. Sugere-se a utilização do termo Interações Interpartículas, pois o termo partículas pode se referir às moléculas, átomos ou íons. Considera-se neste caso que o termo Interação Interpartículas significa a ação simultânea entre partículas constituintes de uma mesma substância, sem que haja modificação na sua estrutura eletrônica. É, portanto um fenômeno físico.

Questão 02:

(ITA/97) Sobre a temperatura de ebulição de um líquido são feitas as afirmações:

- I. Aumenta com o aumento da força da ligação química intramolecular.
- II. Aumenta com o aumento da força da ligação química intermolecular.
- III. Aumenta com o aumento da pressão exercida sobre o líquido.
- IV. Aumenta com o aumento da quantidade de sólido dissolvido.

Estão corretas:

- a. Apenas I e II
- b. Apenas I e IV

- c. Apenas III e IV
d. Apenas II, III e IV
e. Todas

Resposta do Gabarito:
Alternativa d

Análise/Comentário:

O enunciado da questão aborda sobre a temperatura de ebulição de um líquido. A temperatura de ebulição depende da intensidade das interações entre as partículas; a utilização do termo intermolecular na alternativa II é inadequado, uma vez que nem toda a substância é formada por molécula..

Ainda nesta questão, consta o termo “ligação química intermolecular”. As interações interpartículas são interações físicas, e não ligações químicas, como discutidas anteriormente. Logo, a utilização do termo “ligação química intermolecular” é inadequado, pois as interações interpartículas são fenômenos físicos e ocorrem sem que haja qualquer mudança na identidade química da matéria.

Esta linguagem química inadequada, e em alguns casos equivocada, não é observada somente em questões de vestibulares, mas também em certos livros, como exemplo do Tito e Canto (2003) que nomeia o capítulo deste assunto como Ligações Químicas Intermoleculares. Fica evidenciada aqui, a necessidade de uma maior atenção para os termos utilizados na formulação da questão. Segundo Lopes (1992) é preciso estar atento a linguagem empregada nos livros e nos exercícios de química, pois “[...] a palavra escrita, [...], adquire estatuto de verdade pelo simples fato de estar registrada e publicada [...]”.

As interações interpartículas são de diferentes tipos, e são denominadas de acordo com as partículas envolvidas. A partir do estudo dos livros analisados, constatou que há diferentes denominações representando um único tipo de fenômeno. A tabela 01 apresenta o levantamento, realizado em trabalhos anteriores, de termos utilizados para denominar os tipos de interações interpartículas. (MOREIRA, B.; CARVALHO, M., 2005).

Tabela 01 – Denominações encontradas

| DENOMINAÇÕES ENCONTRADAS PARA AS “FORÇAS INTERMOLECULARES” |
|---|
| Forças de van der Waals Forças de London Forças de dispersão Dipolo instantâneo-dipolo induzido Dipolo induzido Dipolo induzido-dipolo induzido Dipolo instantâneo-dipolo instantâneo |
| Dipolo-dipolo Dipolo permanente Dipolo permanente-dipolo permanente |
| Ponte de hidrogênio Ligação de hidrogênio |

Considera-se que algumas destas nomeações são inadequadas na medida em que representam obstáculos para o entendimento do estudante sobre fenômeno físico em discussão. Além disto, dificultam a avaliação do professor acerca do conhecimento científico e do domínio da linguagem química adquiridos pelo estudante. Na questão 03 podemos exemplificar estes aspectos.

Questão 03:

(UFBA/2005) O que mantém as moléculas unidas nos estados sólido e líquido são as ligações ou interações intermoleculares. A intensidade dessas interações, bem como o tamanho das moléculas são fatores determinantes do ponto de ebulição das substâncias moleculares. (PERUZZO; CANTO, 2002, p.454-455).

| Substância | Ponto de ebulição (°C), a 1,0 atm | Momento dipolar da molécula (D)* |
|-----------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Cl ₂ | - 34 | 0 |
| I ₂ | 184 | 0 |
| HF | 20 | 1,98 |
| HI | - 36 | 0,38 |

*Moléculas no estado gasoso.

Considerando as informações do texto e os dados da tabela, identifique as interações intermoleculares que ocorrem nos halógenos e nos haletos de hidrogênio, na fase líquida, relacionando-as com os diferentes pontos de ebulição entre esses halógenos e entre esses haletos de hidrogênio.

Resposta do Gabarito:

“As interações intermoleculares no cloro e no iodo, na fase líquida, são de natureza dipolo instantâneo-dipolo induzido, tendo o iodo maior ponto de ebulição em razão de apresentar maior massa molar.

As interações intermoleculares no fluoreto de hidrogênio e no iodeto de hidrogênio, na fase líquida, são de natureza, respectivamente, ligação de hidrogênio e dipolo permanente-dipolo permanente, tendo o fluoreto de hidrogênio maior ponto de ebulição em razão da maior intensidade da ligação de hidrogênio em relação à intensidade do dipolo permanente-dipolo permanente no iodeto de hidrogênio.”

Análise/Comentário:

A resposta do gabarito emprega os seguintes termos: dipolo instantâneo-dipolo induzido; ligação de hidrogênio e dipolo permanente-dipolo permanente. No entanto, o vestibular indica uma variedade de livros didáticos que trazem diversas denominações para um mesmo tipo de interação. Logo para esta questão há diferentes respostas.

Se, por exemplo, o estudante empregasse em seu estudo livros dos autores (MORTIMER E MACHADO, 2002/ SILVA E NÓBREGA E SILVA, 2001), ele poderia nomear as interações dipolo instantâneo- dipolo induzido e dipolo permanente-dipolo permanente apenas como força de van der Waals, pois o livro generaliza estes dois tipos de interações. É preciso destacar também que o enunciado da questão somente pede para identificar as “interações intermoleculares”, sem a necessidade de diferenciá-las. Neste caso, a linguagem empregada na formulação das questões é um

fator fundamental na elaboração de exercícios que permitam avaliação efetiva da apreensão e compreensão do conteúdo adquirido pelo estudante. A resposta força de van der Waals não é suficiente para que se avalie a capacidade que o aluno tem de distinguir as peculiaridades do fenômeno. Porém ela é válida para o que se pergunta então o aluno deveria receber a pontuação máxima.

Caso o aluno estudasse pelo livro dos autores (NOVAIS, 2000; REIS, 2003; TITO E CANTO, 2003; USBERCO E SALVADOR, 2000), ele poderia responder que os tipos de interações intermoleculares no cloro e no iodo são do tipo dipolo induzido-dipolo induzido. Além desta denominação poderia ser utilizada a expressão dipolo instantâneo-dipolo instantâneo (NOVAIS, 2000). Sendo assim, para a interação dipolo instantâneo-dipolo induzido chamam a atenção estas duas denominações: dipolo induzido-dipolo induzido e dipolo instantâneo-dipolo instantâneo. O que significam? Estas expressões são utilizadas como sinônimos para denominar as interações existentes entre espécies apolares, entretanto as palavras instantâneo e induzido não são sinônimas. O que o estudante pode compreender das expressões dipolo induzido-dipolo induzido e dipolo instantâneo-dipolo instantâneo? Na verdade, nenhuma destas expressões evidencia a interação entre as espécies, uma vez que no caso de espécies apolares é a existência de um dipolo instantâneo, originado a partir da deformação momentânea da nuvem eletrônica de uma espécie, que induz o dipolo na outra espécie. Portanto, para facilitar a compreensão do estudante, a expressão dipolo instantâneo-dipolo induzido é a que melhor representa o fenômeno.

Para o hidreto de iodo os estudantes poderiam responder que as interações são do tipo dipolo-dipolo ou dipolo permanente-dipolo permanente, de acordo com Usberco e Salvador, 2000. As interações que ocorrem no hidreto de iodo são do tipo dipolo permanente-dipolo permanente. Entretanto, algumas referências possibilitam a resposta dipolo-dipolo. Sendo assim, como avaliar se o estudante está se referindo a interação dipolo permanente-dipolo permanente, uma vez que existem outras possibilidades de interação entre dipolos, abordadas em diferentes livros?

Tabela 02- As nomenclaturas das interações entre dipolos encontradas nos livros analisados

| INTERAÇÃO | AUTORES |
|---------------------------------------|---|
| Dipolo instantâneo-dipolo induzido | Tito e Canto, 2003 |
| Dipolo instantâneo-dipolo instantâneo | Novais, 2000 |
| Dipolo induzido-dipolo induzido | Usberco e Salvador, 2000/ Tito e Canto, 2003/ Novais, 2000 |
| Dipolo-dipolo | Usberco e Salvador, 2000/ Reis, 2003/ Tito e Canto, 2003/ Mortimer e Machado, 2002/ Feltre 2004 |
| Dipolo permanente-dipolo permanente | Usberco e Salvador, 2000 |

Considerando o livro didático do autor Feltre (2004), o estudante responderia que os tipos de interações interpartículas no cloro e no iodo são forças de Van der Waals ou de London. De acordo com esta literatura, somente as interações entre moléculas apolares são Forças de Van der Waals e as interações entre moléculas

polares, como HI ele denomina de dipolo-dipolo. Como já foi discutida anteriormente, a nomeação dipolo-dipolo dificulta a avaliação do conhecimento químico adquirido pelo aluno.

Os tipos de interações entre as moléculas de ácido fluorídrico são nomeados por Feltre (2004) de pontes de hidrogênio. Além dele, outros livros analisados também abordam esta nomenclatura (COVRE, 2001; REIS, 2003; USBERCO E SALVADOR, 2000; NOVAIS, 2000). Em relação à ligação cabem duas considerações: uma relativa à denominação como ponte de hidrogênio e a outra destacando a importância da diferenciação da intensidade deste dipolo permanente-dipolo permanente.

Alguns livros tratam a ligação de hidrogênio em um tópico separado, fazendo a ressalva, em alguns casos, de que esta é um tipo de interação dipolo-dipolo ou dipolo-permanente-dipolo permanente de grande intensidade e, por isto, merece destaque. Identifica-se neste caso a necessidade de uma linguagem mais incisiva para o fato de que na verdade a ligação de hidrogênio é uma interação do tipo dipolo permanente-dipolo permanente, uma vez que mencionar apenas dipolo-dipolo leva o estudante a suprimir a necessidade de explicitar o tipo de dipolo em ação. Além disto, é preciso esclarecer que a grande intensidade da ligação de hidrogênio, enfatizada pelos autores, não a torna a interação mais forte em todas as situações. Entendimento externado por vários estudantes. O objetivo deve ser capacitar o estudante para identificar as interações e comparar a intensidade das mesmas. O fato é que em algumas questões, em que a resposta seja ligação de hidrogênio, o estudante poderá responder: ligação de hidrogênio, dipolo permanente-dipolo permanente, dipolo-dipolo ou ainda ponte de hidrogênio. Uma vez que a resposta está associada à pergunta formulada, é imprescindível garantir que a linguagem utilizada na questão propicie o estudante a evidenciar sua capacidade de diferenciar as interações.

Com relação ao termo ponte de hidrogênio, existe uma grande confusão por conta provavelmente a problemas de tradução. Neste caso a linguagem está errada. Na ligação de hidrogênio a interação se estabelece entre o hidrogênio e átomos eletronegativos como F, O e N; em livros do ensino superior alguns autores acrescentam os átomos de Cl (LEE, 1999) e S (MARCH, 1992). A ponte de hidrogênio é um caso específico de ligação existente nos boranos, compostos elétrons-deficientes. No diborano, as pontes de hidrogênio envolvem dois átomos de boro, cada um utilizando 1 elétron, e dois átomos de hidrogênio, envolvendo 4 elétrons. Dois orbitais moleculares deslocalizados são formados, cada um cobrindo os núcleos de três átomos: 2 de boro e um de hidrogênio. Cada orbital molecular contém um par de elétrons e forma uma ponte. (LEE, 1999)

Da análise desta questão conclui-se que há muitas possibilidades de respostas por causa das diversas denominações para um determinado tipo de interação interpartículas em uma substância química, a depender do livro escolhido para estudo. Isto influencia na compreensão do fenômeno e na avaliação do professor do entendimento químico adquirido pelo estudante. Nas questões de vestibulares os estudantes são prejudicados em seu score, pois o gabarito apresenta uma única forma de resposta. Devido a estas conseqüências, sugere-se a padronização dos termos nas nomeações dos tipos de interações Interpartículas atentando para a escolha da denominação mais adequada, ou seja, aquela que não seja um obstáculo no entendimento da forma que ocorre a interação.

Conclusão:

A partir das análises dos materiais didáticos e das questões de vestibulares distintos foi possível perceber a influência da linguagem química dos livros didáticos de ensino médio na formação de conceitos químicos do conteúdo Interações Interpartículas. E também alertar a importância de uma releitura dos livros, atentando para a necessidade da utilização da linguagem química adequada nos livros e exercícios, e para a padronização das denominações dos tipos das Interações Interpartículas.

Em suma, pôde-se comprovar que os livros didáticos analisados não correspondem à versão fiel do conhecimento científico referente ao conteúdo pesquisado. Então, sugere-se a formação de grupos de professores da Universidade e do Ensino Médio que sejam responsáveis pela revisão e reformulação das linguagens químicas empregadas nos livros, e conseqüentemente nos enunciados das questões de vestibulares.

Este trabalho pretende a princípio alcançar os professores de química, porque além de serem os que mais utilizam estes materiais nas salas de aulas, são os que possuem a responsabilidade de auxiliarem os estudantes na construção do conceito químico correto. E assim despertar nos professores, a partir dos argumentos utilizados, que a linguagem química dos livros didáticos é detentora de poder na aprendizagem dos conteúdos de química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, D.; SILVA, R.; e TUNES, E. O conceito de substância em Química apreendido por alunos de Ensino Médio. **Revista Quím. Nova**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 80-90, jan/fev 1995
- COVRE, Geraldo José. **Química Total**- volume único. FTD, 2001.141p.
- FELTRE, Ricardo. **Química 1 Química Geral**. 6.ed. Moderna, 2004. 384p.
- LEE, Jhonny De. **Química Inorgânica não tão concisa**.5.ed.Edgrad Blücher, 1999
- LOPES, A. Livros didáticos: Obstáculos ao aprendizado da Ciência Química.- Obstáculos Animistas e Realistas. **Revista Quím. Nova**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 254-261, julho 1992.
- LOGUERCIO, R.; SAMRSLA, V.; PINO, J. A dinâmica de analisar livros didáticos com os professores de Química. **Revista Quím. Nova**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 557-562, julho/agosto 2001
- MARCH, J. **Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure**.4.ed.Wiley-Interscience, 1992.
- MACHADO, A.; MOURA, A. Concepções sobre o papel da linguagem no processo de elaboração conceitual em Química. **Revista Química Nova na Escola**, v.1,n.2, p.27-30, novembro 1995.
- MOREIRA, B. C.T.; CARVALHO, M. F. A. Forças Intermoleculares: Inadequações de Linguagem nos Livros Didáticos do Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL EM QUÍMICA DA BAHIA, 2005, Jequié-Ba. **Resumo**. Jequié-Ba, 2005.
- MOREIRA, B. C., M. F. A, SANTANA, I; SANTIAGO, M.A. Forças Intermoleculares: Íon dipolo? Inadequações de Linguagem nos Livros Didáticos do Ensino Superior. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO QUÍMICA, 2005, Rio de Janeiro. **Resumo**. Rio de Janeiro, 2005,
- MORTIMER, Eduardo; MACHADO, Andréa. **Química para o Ensino Médio**. Scipione, 2002.398p.
- NETO, J.; FRACALANZA, H. O livro didático de Ciências: Problemas e Soluções. **Revista Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.
- NOVAIS, Vera. **Química**: volume 3. .ed. Atual, 2000. 500p.
- REIS, Martha. **Interatividade Química. Cidadania, participação e transformação**-volume único. 1.ed. FTD, 2003. 720p.
- SILVA, E.E.; NÓBREGA, O.S.; SILVA, R.H. **Química: Conceitos básicos**.1.ed. Ática, 2001.
- USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. **Química 1 Química Geral**. 9.ed. Saraiva, 2000. 494p.
- SILVA, S.; EICHLER, M.; PINO, J. As percepções dos professores de Química Geral sobre a seleção e a organização conceitual em sua disciplina. **Revista Quím. Nova**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 585-594, julho/agosto, 2003.

TITO; e CANTO.E.L. **Química na abordagem do cotidiano**: volume 1.3.ed..Moderna, 2003. 325 p