

# *Cálculo estequiométrico: o terror nas aulas de Química*

## *Stoichiometry: terror in the Chemistry class*

Rafaela Sampaio Gomes\*  
Simone da Hora Macedo\*\*

A Estequiometria é um conteúdo de Química em que os alunos do Ensino Médio apresentam dificuldades. Baseando-se nessas informações, foi aplicado um questionário, respondido por alunos de escolas públicas e privadas. Os resultados mostraram que os alunos do curso técnico de Química, do CEFET Campos, possuem maior facilidade no entendimento deste conteúdo. Uma justificativa para este fato seria a obrigatoriedade de aulas práticas do curso. Segundo o presente estudo, a maior dificuldade dos alunos do Ensino Médio para a aprendizagem deste conteúdo seria a falta de aplicação e de exemplos no cotidiano.

*Stoichiometry is a Chemistry topic that presents great difficulty for secondary school students. Based on this information, a questionnaire was administered to private and public school students. Findings show that it is easier for students in the Chemistry Technical Course at CEFET Campos to understand that topic. An explanation for this may be the quality of the teachers and the compulsory practical classes in the course. The study indicates that the greatest difficulty for secondary school students in learning that content is the absence of examples and applications in everyday life.*

Palavras-chave: Estequiometria. Química. Dificuldade. Ensino Médio.

*Key words: Stoichiometry. Chemistry. Difficulty. Secondary school.*

## **1 Introdução**

A Química é o ramo da ciência que estuda tanto a composição dos materiais quanto as transformações que eles podem vir a sofrer. Os materiais são constituídos de matéria, e as transformações da matéria, ou reações químicas, envolvem o consumo ou a liberação de energia (BRADY; HUMISTON, 1994). Por meio de cálculos estequiométricos, podem-se calcular as quantidades de substâncias que participam de uma reação química a partir das quantidades de outras substâncias.

A palavra estequiometria tem origem grega (*stoicheon* = elemento e *metron* = medida) e foi introduzida por Richter em 1792, referindo-se às medidas dos elementos químicos nas substâncias. Modernamente, a Estequiometria compreende as informações

\* Licencianda em Química do CEFET Campos.

\*\* Mestre em Tecnologia pelo CEFET Rio. Mestre em Educação pela UERJ. Professora do CEFET Campos.

quantitativas relacionadas a fórmulas e equações químicas, e está baseada nas leis ponderais, principalmente, na lei da conservação das massas e na lei das proporções fixas (ou definidas). A lei da conservação das massas pode ser enunciada como “[...] a soma das massas dos reagentes é sempre igual à soma das massas dos produtos” (LAVOISIER, 1785 apud CAZZARO, 1999). Já a lei das proporções fixas pode ser enunciada como “[...] uma substância qualquer que seja sua origem, apresenta sempre a mesma composição em massa” (PROUST, 1799 apud CAZZARO, 1999). As leis ponderais, importantes para o estabelecimento da Química como ciência, estão subjacentes à teoria atômica de Dalton (CAZZARO, 1999).

O ensino de Química foi reduzido à transmissão de informações, definições e leis isoladas, sem qualquer relação com a vida do aluno, exigindo deste, quase sempre, a pura memorização, restrita a baixos níveis cognitivos. Enfatizam-se muitos tipos de classificação que não representam aprendizagens significativas. Reduz-se o conhecimento químico a fórmulas matemáticas e à aplicação de “regrinhas”, que devem ser exaustivamente treinadas, supondo a mecanização e não o entendimento de uma situação problema. Em outros momentos, o ensino atual privilegia aspectos teóricos, em níveis de abstração inadequados aos estudantes (PCN, 2002).

É de conhecimento dos professores de ciências o fato de a experimentação despertar um forte interesse entre alunos de diversos níveis de escolarização. Em seus depoimentos, os alunos também costumam atribuir à experimentação um caráter motivador, lúdico, essencialmente vinculado aos sentidos. Por outro lado, não é incomum ouvir de professores a afirmativa de que a experimentação aumenta a capacidade de aprendizado, pois funciona como meio de envolver o aluno em temas de pauta. No Ensino Médio, estequiometria é um assunto muito pouco trabalhado em aulas práticas, o que dificulta o entendimento dos discentes.

A relação professor/aluno/conhecimento é complexa, pois professor e aluno são sujeitos contextualizados, que irão atuar sobre a informação veiculada na relação, reelaborando-a. O que denominamos “conhecimento escolar” emerge do dinamismo gerado a partir da interação desses três elementos, embora uma visão reducionista dessa tríplice relação tenda a considerar conhecimento escolar como algo equivalente à “matéria de ensino”, aquele conteúdo que o professor, geralmente, “transmite” ao aluno (MOYSÉS, 1995).

A idéia de que a aprendizagem se faz em torno de conceitos, enunciados e definições leva os professores a utilizar estes elementos como ponto de partida para o que se quer ensinar. Outra ocorrência de tal enfoque é a forma de apresentar um dado conteúdo. A um conceito segue-se outro, que se articula com um terceiro, e assim por diante. No entanto, o ponto de partida deveria ser fato ou experiência do cotidiano do aluno.

Ou seja, dominar um conceito vai muito além das simples cadeias de associações. Estas, quando muito, podem levar à elaboração de pseudoconceitos, não dos verdadeiros

conceitos. Assim, por exemplo, um professor pode acreditar que conseguiu fazer com que seus alunos elaborassem um dado conceito pelo simples fato de serem capazes de repetir o que foi “ensinado”. Mas se eles não conseguem generalizar, aplicando o conceito a outras situações, se não conseguem perceber casos particulares que o exemplificam, não chegaram, ainda, a elaborar conceitos. Estão no estágio anterior, chamado por Vygotsky (1987) de pseudoconceitos.

Ainda de acordo com Vygotsky (1987), a tarefa de ser mediador entre o objeto e o sujeito do conhecimento exige do professor o desenvolvimento de certas atitudes. Destacam-se dentre essas, a de descobrir o que o aluno já sabe; a de organizar, de forma coerente e articulada, o conteúdo a ser transmitido; a de criar condições para que ele possa passar do particular para o geral, e deste para aquele, de tal forma que ele próprio reconstrua o conhecimento. Nisto reside, provavelmente, um dos aspectos mais importantes do processo de aprendizagem escolar. Deve-se ter a preocupação de levar o aluno a compreender o sentido do conteúdo, qual a relação que ele tem com a sua vida, com seu mundo e com a sociedade na qual está inserido.

Não basta que o professor considere o assunto relevante e significativo. É necessário que o aluno chegue também a essa conclusão. Só assim ele estará em condições de se apropriar do conteúdo, reconstruindo-o na sua estrutura cognitiva .

Em alguns momentos, deixa de haver a prevalência do significado, ocorrendo, então, um outro tipo de aprendizagem: a automática ou a mecânica, ou seja, aquela que se restringe a uma mera associação entre estímulo e resposta. A informação é armazenada de maneira arbitrária, não havendo interação entre a nova informação e aquela já existente. Não percebendo significado algum naquilo que está sendo ensinado, o aluno simplesmente tenta decorar a informação (FARIAS, 2005).

Neste artigo, procura-se avaliar os motivos da dificuldade encontrada pelos alunos na aprendizagem de um conteúdo programático de Química integrante do currículo formal do Ensino Médio: a Estequiometria. Utiliza-se a pesquisa de campo com alunos do Ensino Médio, público e privado, e o embasamento teórico respaldado em pesquisas bibliográficas, esperando encontrar a justificativa que explique a barreira levantada entre aluno/professor/conhecimento.

## ***2 Métodos***

Para tentar identificar o(s) motivo(s) da dificuldade dos alunos do Ensino Médio na aprendizagem da Estequiometria elaborou-se um questionário que foi aplicado a 101 alunos. Destes, 33 eram alunos do Ensino Médio e 26, do curso técnico de Química, do CEFET Campos; 30 eram do Colégio Alpha e 12 do Pró-Uni, colégios da rede privada de Campos dos Goytacazes. Este questionário foi aplicado por uma das autoras do artigo, Rafaela Sampaio Gomes, nas respectivas escolas no período de abril a junho de 2005.

O questionário apresentava as seguintes questões:

Nome e idade do aluno e nome da escola

- 1- O que você acha da disciplina Química? Por quê?
- 2- Você sente dificuldade em Cálculo estequiométrico (Estequiometria) ? No que você tem mais dificuldade em Estequiometria? Por quê?
- 3- Você gosta do(a) seu(sua) professor(a) de Química? Por quê?
- 4- Você acha que a Estequiometria tem aplicação no dia-a-dia? Caso a resposta seja positiva, exemplifique. Se for negativa, justifique.
- 5- Você acha que falta aplicação prática da Estequiometria em sala de aula?
- 6- Qual é a parte da Estequiometria que você menos gosta? E a que você mais gosta? Por quê?
- 7- Como você gostaria que a Estequiometria fosse ensinada pelo(a) seu(sua) professor(a)? Como seria a sua aula de Química ideal?
- 8- Espaço aberto: faça sua sugestão, elogio ou crítica referente ao Cálculo estequiométrico.

### ***3 Resultados e discussão***

Por meio da avaliação dos questionários, foi possível observar que, dos 101 alunos, a maioria (65%) gosta da disciplina ou acha interessante. Destes alunos, aproximadamente 35 % são alunos do curso técnico de Química do CEFET Campos (Gráfico 1).

Foi possível observar que, dos 33 alunos do Ensino Médio do CEFET Campos, 70% não gosta do professor, podendo este ser um fator que influenciaria na aprendizagem deste conteúdo (72,7% sente muita dificuldade em Cálculo estequiométrico). Já no caso dos alunos do curso técnico de Química, da mesma instituição, a situação é diametralmente oposta: 96% dos alunos gostam dos professores de Química e 70% não sente dificuldade em Estequiometria. Dos 30 alunos que responderam o questionário no colégio Alpha Vestibulares, 47% gosta do professor e 73% sente dificuldades em Estequiometria (Gráficos 2 e 3). Pressupõe-se, então, que o problema para o melhor aprendizado do aluno não é só o professor.

Dos 101 alunos que responderam o questionário, 65,2% acha que a Estequiometria não tem aplicação no dia-a-dia e 70% acha que falta aplicação prática na sala de aula (Gráficos 4 e 5).

Com relação ao Cálculo estequiométrico, 29% não gosta de nada que diz respeito ao conteúdo, sendo que a maioria (53%) dos alunos gostaria que a Estequiometria fosse ensinada com aulas práticas (Gráficos 6,7, e 8).

Dos 89 alunos (excluídos os do Pró-Uni), 65% acha que não existe aplicação da Estequiometria no dia-a-dia (Gráfico 4). Com base nesse resultado, é possível afirmar

que há uma grande divergência entre o ensino voltado para o vestibular e as propostas de ensino de Química no cotidiano, tendo em vista os tipos de questões apresentados nas provas dos concursos. Enquanto, por um lado, grupos de pesquisa procuram construir propostas de ensino que favoreçam uma aprendizagem significativa para os alunos, relacionando temas do seu cotidiano ao processo de construção do conhecimento químico, os concursos vestibulares continuam prezando um conhecimento memorístico e ocasional. Desta forma, provavelmente aí esteja um dos maiores entraves do ensino de química em nosso país, pois a influência do vestibular sobre as ações docentes tem demonstrado resultados desastrosos para os alunos. Neste cenário, é muito difícil aceitar que um aluno egresso do Ensino Médio não tenha conhecimento químico suficiente, nem para obter aprovação no vestibular, nem para entender melhor o seu cotidiano (PEIXOTO, 1999).

Além disso, a relação do cotidiano com as atividades de ensino deve seguir uma seqüência lógica, isto é, deve-se pensar sobre de onde se está partindo e aonde se quer chegar, ou ainda, onde o aluno pode chegar. De nada adianta sugerir temas geradores de forma aleatória, mesmo que sustentados pelo conhecimento químico. É necessário que haja uma relação mínima entre eles para que o aluno possa atingir uma aprendizagem significativa e duradoura. Caso contrário, o ensino acaba sendo apenas de memorização, que desfaz-se facilmente com o passar do tempo (PEIXOTO, 1999).

Sendo a Química uma ciência que estuda a matéria e suas transformações, e, considerando que o universo é feito de matéria, certamente não faltariam exemplos para serem usados como temas geradores no ensino. Entretanto, pensa-se que qualquer abordagem deve ser sustentada por um conhecimento estruturado e seguro, ou seja, não basta escolher ou agarrar-se a exemplos dos quais, muitas vezes, possuímos pouco conhecimento e trabalhar a Química de uma forma superficial. Deve-se, sim, buscar temas geradores sobre assuntos do cotidiano no qual o conhecimento químico científico seja capaz de atender às muitas dúvidas que possam surgir (PEIXOTO, 1999).

A maioria (70%) dos alunos acha que falta aplicação prática da Estequiometria em sala de aula e, até mesmo os alunos do curso técnico que têm, como constante do seu currículo, aulas práticas no laboratório, pensam desta forma. Uma explicação para tal fato seria o direcionamento das aulas práticas de Química do curso técnico. O objetivo do curso é preparar os alunos para o mercado de trabalho (farmácias, indústrias, laboratórios) e não o entendimento da Estequiometria no dia-a-dia. De acordo com Peixoto (1999), a finalidade da utilização do laboratório, muitas vezes, é apenas tornar o ensino mais atrativo por meio de experimentos mais ou menos seqüenciais, sem preocupar-se em relacioná-los ao cotidiano dos estudantes. Neste sentido, as práticas planejadas pelo professor, devem servir tanto para que o aluno construa seu conhecimento químico como para ajudá-lo a resolver problemas do dia a dia. Além disso, a falta de recursos laboratoriais não deve ser motivo para que o professor não trabalhe com experimentos simplificados, nos quais a busca de materiais alternativos, por si só, pode influenciar positivamente no desenrolar do processo.

Dos itens abordados pela Estequiometria, embora os alunos sintam muita dificuldade em todos os itens, o entrave maior se dá, principalmente, na parte matemática (Gráfico 6). Isto, possivelmente, devido à deficiência nos conceitos básicos de Matemática e em conceitos básicos da Química.

Um estudo semelhante foi realizado por Celeghini e colaboradores em 1999, com o objetivo de fazer um levantamento do perfil do aluno que utiliza o plantão de dúvidas do setor de Química do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC), órgão vinculado ao Instituto de Química de São Carlos e ao Instituto de Física de São Carlos-USP. O resultado encontrado no artigo em questão foi semelhante ao encontrado no presente estudo. A maioria dos alunos acha Química complicada (51,73%) e Estequiometria foi um dos assuntos de maior dúvida (15,27%). As principais deficiências estão nos conceitos básicos e na Matemática, quando esta é pré-requisito para a compreensão do assunto em estudo. A maioria (86,02%) dos alunos afirma que a atividade experimental torna mais fácil a compreensão da disciplina.

A teoria de Piaget, considera o desenvolvimento cognitivo do homem numa seqüência invariável de estágios, cada um representando um nível singular de organização interna, que permitem a análise e interpretação de informações e fatos externos em ordem crescente de complexidade. Para Ausubel, as estratégias de ensino devem ser orientadas no sentido de permitir que o aluno tenha um aprendizado significativo, ou seja, algo que o faça perceber um sentido nas coisas que aprende, relacionáveis entre si e que possam ter uma aplicação para o seu dia a dia. O simples fato de Ausubel propor um ensino “ancorado” nos conhecimentos prévios dos alunos já traduz a importância da construção e da reconstrução permanente de conceitos a partir de novas informações (FARIAS, 2005).

Quando não ocorre uma aprendizagem significativa, ocorre uma aprendizagem mecânica. Ela é uma forma de se decorar fórmulas para uma prova, ou um estudo de última hora, sem significado para o estudante. Enfim, algo que se esquece logo.

Uma vez que o objetivo é a aprendizagem do aluno, não podemos ignorar as condições verdadeiras, atropelando-as, e fingindo que ele aprendeu. Há que se ter consciência e responsabilidade para se trabalhar assuntos que são a base para a construção de todo um saber a ser utilizado por toda a vida profissional (MACEDO, 1999).

Durante o processo de assimilação, há a filtragem de um estímulo que deforma, mais ou menos, o objeto ou a noção nova e incorpora o dado externo, integrando o saber novo ao saber já adquirido. Por meio dela, o sujeito retém alguns elementos escolhidos, de acordo com seus instrumentos intelectuais. Isto é, o que se ensina pode ser bem diferente do que se aprende (FARIAS, 2005).

A tendência para a assimilação é acompanhada de uma tendência para a acomodação; essa última significa uma modificação do sujeito em função dos objetos e situações. Essa modificação se dá no plano biológico – nos órgãos e outras estruturas físicas, e no plano psicológico – nos instrumentos intelectuais. A acomodação acontece

quando o objeto exterior resiste à assimilação. Nesse caso, para se adaptar, o sujeito deve ser capaz de se acomodar às exigências da situação.

As escolas brasileiras, como se pode observar, são hiperacomodativas, não dando a devida importância e espaço para a criatividade do sujeito, advinda dos processos de assimilação. Porém, mesmo em uma situação hiperacomodativa, há espaço para a assimilação, porque o aluno nunca incorpora os conhecimentos exatamente como lhe foram transmitidos. Ele ajusta esses conhecimentos e os reorganiza junto aos que ele já tem. E essa reorganização interna só ocorre diante do próprio esforço para absorver o estímulo novo, havendo a transformação do organismo para integração deste conhecimento (MACEDO, 1999).

Piaget aponta que a aprendizagem é, então, o resultado de um processo de desequilíbrio-equilíbrio (processo de equilibração), em que, a partir de um estímulo externo, o indivíduo tem que se reorganizar internamente para equilibrar-se novamente. À medida que o indivíduo vai entrando em contato com o mundo, este vai sendo colocado diante daquelas questões que rompem com o estado de equilíbrio do seu organismo, o que propicia a busca de comportamentos adaptativos, seja por acomodação ou assimilação. Nesse processo há uma intensa atividade do indivíduo, da qual resulta a ampliação dos seus recursos de entendimento – que Piaget chama de esquemas (MACEDO, 1999).

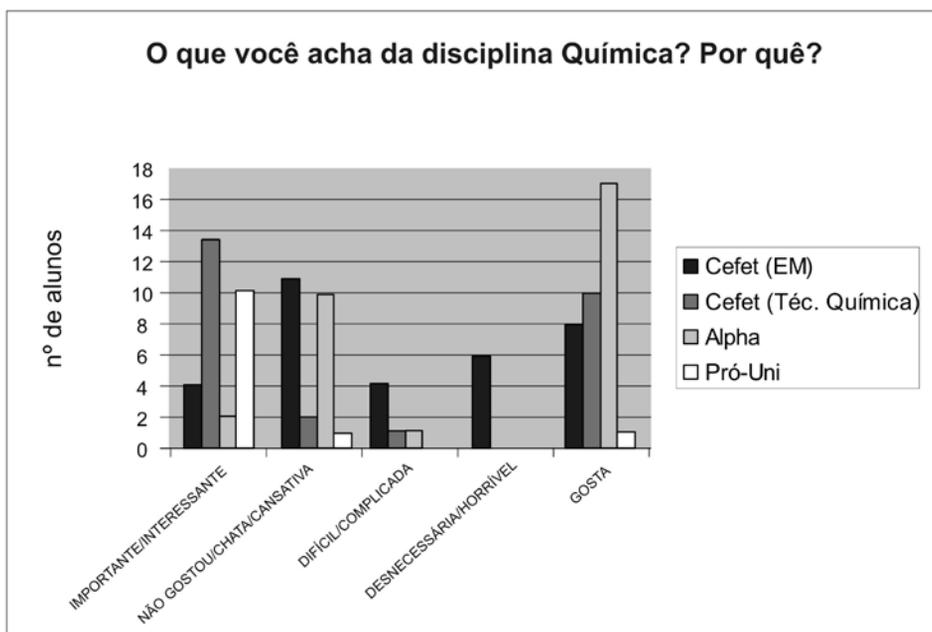


Gráfico 1: Respostas da pergunta 1 do questionário com o número de alunos e suas opiniões

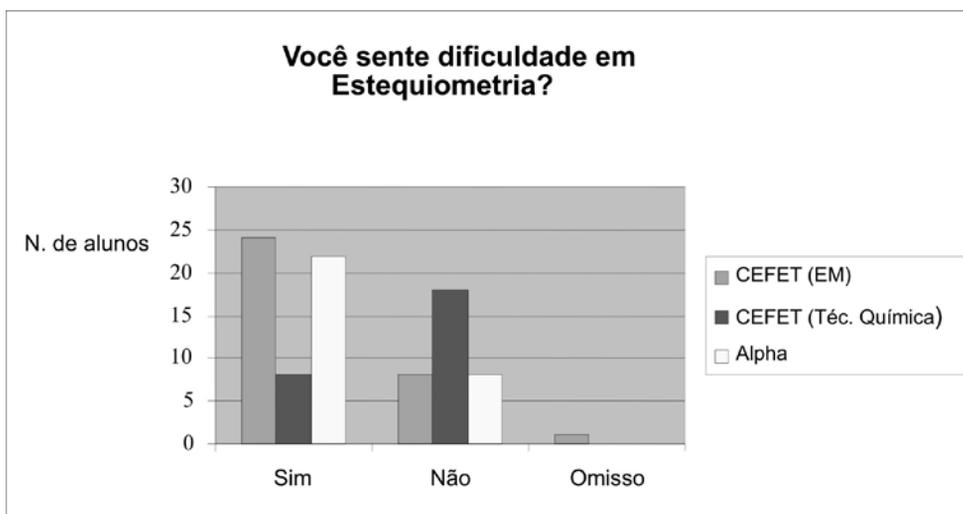


Gráfico 2: Respostas da pergunta 2 do questionário com o número de alunos e suas opiniões

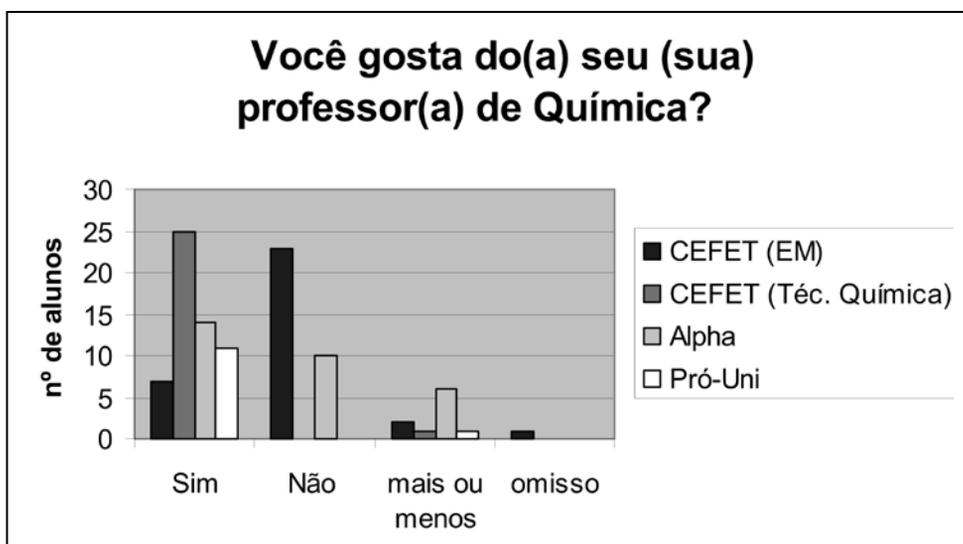


Gráfico 3: Respostas da pergunta 3 do questionário com o número de alunos e suas opiniões

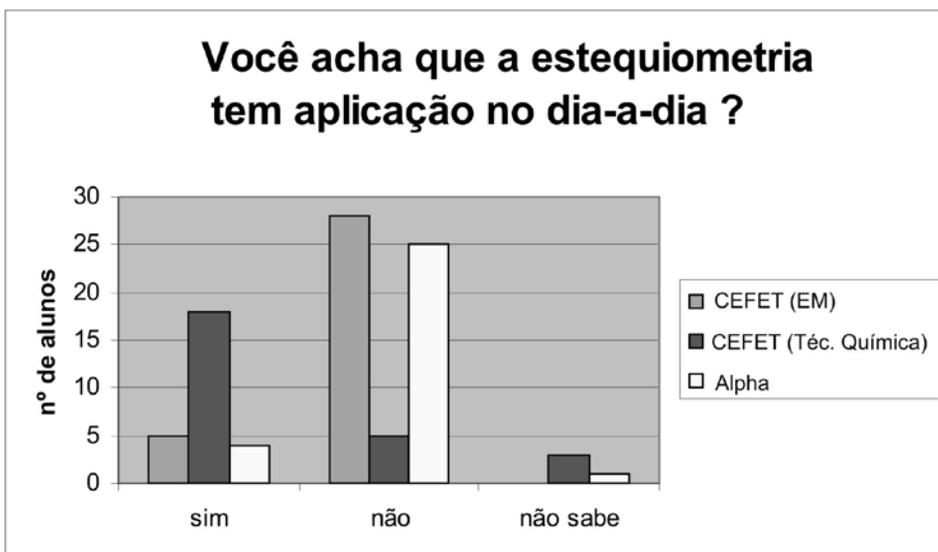


Gráfico 4: Respostas da pergunta 4 do questionário com o número de alunos e suas opiniões

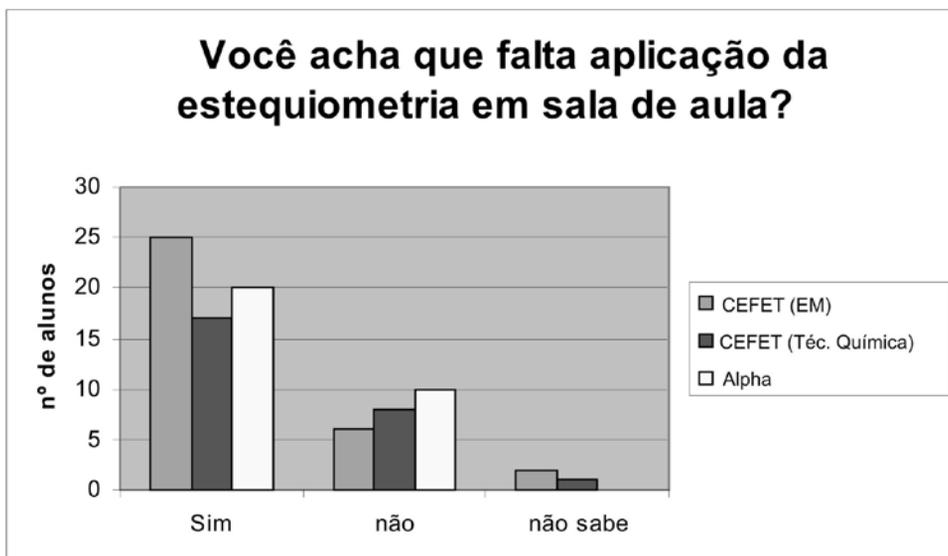


Gráfico 5: Respostas da pergunta 5 do questionário com o número de alunos e suas opiniões



Gráfico 6: Respostas da pergunta 6 do questionário com o número de alunos e suas opiniões



Gráfico 7: Respostas da pergunta 7 do questionário com o número de alunos e suas opiniões



Gráfico 8: Respostas da pergunta 8 do questionário com o número de alunos e suas opiniões

#### ***4 Considerações finais***

Há muitas razões para desejarmos uma boa aprendizagem química por parte das pessoas em geral. A diferente leitura do mundo possibilitada às pessoas, pelo conhecimento químico, permite que os indivíduos integrem-se à sociedade de forma mais ativa e consciente. Com o conhecimento científico à sua disposição, cada indivíduo atua de forma específica sobre a natureza, modificando-a e modificando-se, segundo as teses do pensamento dialético.

Porém, seja pela influência dos livros didáticos tradicionais, ou pela preocupação em atender às exigências do vestibular, tudo isso comprova que o ensino de química, dentro dos moldes atuais, ainda está muito longe do que se deseja ao pensar em propostas que contemplem as necessidades básicas presentes no cotidiano de nossos estudantes.

De acordo com Ausubel, para ensinar de modo cognitivista, o professor tem que tomar os seguintes cuidados:

- busca falar a linguagem adequada ao estudante, usando sinônimos, citando exemplos, explicando de maneiras diferentes, por exemplo, usando termos como “isto é”, “ou seja”, etc.; usar uma argumentação lógica, para não parecer dogma de fé, pois o estudante tem uma estrutura cognitiva inteligente e quer ler um material racional;
- apresentar primeiro as idéias mais gerais e inclusivas; progressivamente diferenciando-as em formas de detalhes e especificidade;

- ao final de cada área conceitual, apresentar as relações entre os conceitos e proposições ensinadas, mostrando diferenças e semelhanças entre eles.

A deficiência nos conceitos básicos de Matemática quando esta é pré-requisito para a compreensão da Estequiometria aumenta a dificuldade do aluno em Química por falha na aprendizagem em outra disciplina. Uma importante forma de melhorar o entendimento dos alunos no que diz respeito ao cálculo estequiométrico seria a interdisciplinaridade da Matemática com a Química, tornando, possivelmente, o assunto menos complexo. Esta integração seria um relevante e significativo incentivo ao entendimento do conteúdo.

## ***Referências***

BRADY, James E.; HUMISTON, Gerard E. *Química Geral*. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1986, (reimpressão 1994).

CAZZARO, F. Um experimento envolvendo estequiometria. *Revista Química Nova na Escola*, n.10, nov., p. 53-54, 1999.

CELEGHINI, R. M. S.; FERREIRA, L. H.; VILEGAS, J. H. Y. Levantamento do perfil do usuário do plantão de dúvidas do setor de química do CDCC. Publicado em jan./99. Disponível em: < <http://www.moderna.com.br/artigos/quimica/0017>. Acesso em: 02 jun. 2005.

FARIAS, Carlos V. Para compreender a abordagem cognitivista de David Ausubel para o ensino. Disponível em:<[www.ufv.br/dpe/edu660/textos/t10\\_cognitivismo.doc](http://www.ufv.br/dpe/edu660/textos/t10_cognitivismo.doc)>. Acesso em: 07 jun. 2005.

MACEDO, S. H. *A aprendizagem do desenho técnico projetivo numa perspectiva de construção*. Rio de Janeiro, 1999. Dissertação, 112p.

MOYSÉS, L. M. *O desafio de saber ensinar*. 2. ed. Campinas, SP: Papirus; Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 1995.

PARÂMETRO Curricular de Ensino Médio – Química. Disponível em: <http://www.cienciaquimica.hpg.ig.com.br/educacao&quimica/parametrocurricular.htm>. Acesso em: 05 abr. 2005.

PEIXOTO, D. P. Ensino de Química e Cotidiano. Publicado em maio/99. Disponível em: <http://www.moderna.com.br/artigos/quimica/0025>. Acesso em: 02 jun. 2005.

SILVA, E. O. Explorando as bases matemáticas da volumetria: uma proposta didática. *Revista Química Nova na Escola*, n. 13, maio, 2001, p. 13-17.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. *Química*. São Paulo: Saraiva, 1997, p. 216-236.

VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1987.