

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE CALOUROS DE QUÍMICA PARA O FENÔMENO DA DISSOLUÇÃO

Shirley Martim da Silva* (PG)¹, Marcelo Leandro Eichler (PQ)^{1,2}, José Claudio Del Pino (PQ)^{1,3}. shirley@iq.ufrg.br

¹UFRGS / PPG Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde.

^{1,2}UFSC / Departamento de Química no Centro de Ciências Físicas e matemáticas.

^{1,3}UFRGS / Departamento de Química Inorgânica – Instituto de Química.

Palavras-Chave: concepções alternativas, calouros de química, fenômeno da dissolução.

RESUMO

O presente artigo tem por objetivo averiguar as concepções de calouros universitários do curso de química sobre o fenômeno da dissolução. Os sujeitos desta investigação são oriundos de três turmas da disciplina de Química Geral Teórica que é ministrada no Instituto de Química da UFRGS. Estes estudantes foram convidados a responder a quatro pré-testes sobre alguns conceitos fundamentais da Química Geral. As questões que norteiam este artigo se referem à primeira unidade da disciplina, onde se aborda entre outros o conceito de solubilidade. Desta forma, a partir da análise das representações das espécies em solução e das justificativas dadas pelos estudantes constataram-se insuficiências nas articulações conceituais estabelecidas para elucidar as explicações relacionadas à compreensão submicroscópica do fenômeno sob estudo, seja pela utilização de conceitos inadequados, máximas descontextualizadas e incoerências entre as respostas escritas e as representações propostas.

INTRODUÇÃO

Uma ampla revisão de pesquisas que indicam as concepções alternativas de sujeitos (crianças, adolescentes e adultos) para as principais noções relacionadas à química pode ser encontrada em kind (2004). Nessa pesquisa, as concepções alternativas são descritas e discutidas em relação às implicações para o ensino de química. Essas questões apontam para a necessidade de uma mudança nas estratégias de ensino. Há uma necessidade de rever como são ensinados os conceitos básicos de química, a fim de ajudar os alunos a desenvolverem as visões básicas, exigidas para um progresso acurado do entendimento químico.

A partir da década de 70 do século passado, surge um grande número de estudos na literatura da didática das ciências preocupados especificamente com as idéias dos estudantes sobre os diversos conceitos científicos, o chamado Movimento das Concepções Alternativas. A partir de então, sobretudo na década seguinte, as investigações proliferaram, visando diagnosticar a compreensão conceitual alternativa dos estudantes antes, durante e depois do ensino formal (Santos, 1991). Em nosso estudo, será considerado como concepção alternativa dos estudantes aquele conhecimento que é inconsistente ou diferente daquele aceito pela comunidade científica e que torna o aluno incapaz de explicar adequadamente as observações dos fenômenos científicos.

Portanto, investigações desta natureza são essenciais nos processos de ensino e aprendizagem. Deste modo, diagnosticar a natureza das concepções alternativas e suas possíveis origens constitui elemento importante para que o professor reflita sobre o papel dessas concepções nas situações de aprendizagem dos estudantes.

O conceito de soluções é um tema potencialmente significativo para promover a sistematização de outros conceitos da química. Ao estudar esse conceito é necessária a compreensão de idéias relacionadas a ligações químicas, misturas, substâncias, entre outros. Há também outros tópicos da química em que o entendimento do conceito de soluções é importante, por exemplo, eletroquímica já que estas constituem um dos meios de ocorrência das transformações químicas (Echeverría, 1996). Partilhando da mesma idéia, Oliveira *et. al* (2009) também consideram a solubilidade um conceito importante em química, já que a apropriação desse conceito permite entender outros tantos, inclusive na área da química orgânica onde tal conceito é articulado aos conceitos de interação e de polaridade das substâncias, por exemplo.

Também, nesse sentido, Souza e Cardoso (2009) posicionam-se a respeito da importância do entendimento qualitativo do processo de formação de soluções para a compreensão de outros conceitos tais como, reações, equilíbrio químico, propriedades químicas e físicas. Ao encontro disso, Echeverría (1996) acrescenta que é necessário investigar os aspectos qualitativos e submicroscópicos sobre esse tema, já que a compreensão dos fatos químicos se dá no nível submicroscópico.

No contexto da solubilidade, Ebenezer e Erickson (1996) empreenderam uma pesquisa sobre as intuições atomísticas de estudantes do ensino médio, na qual foram utilizados três sistemas químicos diferentes: a) açúcar e água; b) água, álcool e solvente de tintas; c) sal e água (em solução saturada). Conforme indicam, além de entrevistas, esses autores utilizaram desenhos dos estudantes para apoiar suas explicações. Entre seus resultados, demonstram a tendência dos estudantes em estender seu entendimento das propriedades dos materiais do nível macroscópico para o nível submicroscópico. Por exemplo, alguns alunos supõem que quando o açúcar é dissolvido em água, ele seria liquefeito. Os autores ponderam que a interação e, também, a distinção entre as propriedades macroscópicas e submicroscópicas é uma característica importante da química e crucial para o êxito no entendimento dos conceitos da química. Ou seja, as transformações por que passam os materiais não são as mesmas que ocorrem com as partículas, não existe isomorfismo.

Resultados semelhantes foram obtidos por Valanides (2000), em sua pesquisa com adultos, estudantes de cursos de formação de professores para a escola primária. As entrevistas com esses professores evidenciaram as suas dificuldades em interpretar as mudanças macroscópicas observáveis a partir de compreensões corpusculares, submicroscópicas. Os sujeitos apresentaram um entendimento mais perceptual que conceitual. Eles tenderam a descrever que as moléculas passam pelas mesmas mudanças visíveis das substâncias, assim acreditavam, por exemplo, que elas expandem, contraem e fundem.

Carmo *et. al* (2005) investigaram como evoluem as concepções de estudantes de ensino médio sobre o processo da dissolução e alguns conceitos envolvendo o tema soluções. Em geral os estudantes fornecem explicações macroscópicas aos conceitos relacionados à solução, o que está relacionado aos aspectos perceptíveis e à sua vivência cotidiana, deste modo se percebe a dificuldade de extrapolação do nível macroscópico para o submicroscópico nas explicações dos estudantes, assim eles apresentam justificativas incoerentes, arraigadas de uma terminologia inadequada.

A compreensão do conceito de dissolução em termos de interações entre as partículas de soluto e solvente, de acordo com Carmo *et. al* (2008), exige que o aluno reorganize suas concepções a um nível de abstração mais complexo. Porém, eles apresentam muita dificuldade em utilizar um modelo atômico-molecular para explicar o processo de dissolução. Também fazem várias confusões da terminologia dos

conceitos de substância pura e mistura homogênea de substâncias, por exemplo, quando solicitados a representar um modelo do sistema água + sal de cozinha, eles apresentam uma visão contínua da matéria.

Sanchez Blanco *et. al* (1997) realizaram um trabalho de investigação sobre o planejamento de unidades didáticas para o ensino médio sobre o fenômeno da dissolução e pontuaram algumas seqüências de tarefas a serem realizadas para a elaboração do modelo de plano de ensino, tais como: análise do conteúdo científico, análise didática, seleção de objetivos, seleção de estratégias didáticas e avaliação. No que tange a análise didática dos conteúdos, os autores enfatizaram a problemática da aprendizagem dos fenômenos da dissolução, visto a necessidade de caracterização e levantamento das concepções alternativas dos estudantes sobre o tema. Constataram que alguns estudantes: i) consideram que a dissolução sempre vem acompanhada por uma transformação química, fundamentalmente do soluto, não admitindo que possa permanecer sua natureza; ii) confundem os termos soluto e solvente; e iii) existe uma evolução conceitual, desde a crença de que o processo de dissolução ocorre com perda de massa até o princípio da conservação de massa e em alguns casos que há a compreensão da conservação da massa extrapolam concluindo na conservação do volume também.

Em virtude de trabalhos anteriores (Silva *et. al*, 2007; 2008) constatamos a existência de poucas investigações acerca das concepções alternativas dos estudantes no nível superior de escolaridade. Diferentemente, em Souza e Cardoso (2009) a pesquisa em torno da elaboração de modelos explicativos para o fenômeno da dissolução foi aplicada em estudantes de pós-graduação em química, que em sua maioria desenvolviam seus projetos de pesquisa na área de química analítica. Essa área apresenta interesse em técnicas que permitam reconhecer as substâncias que se encontram presentes em uma determinada amostra de material, bem como a quantidade de cada uma dessas substâncias. Ou seja, deve-se ter um domínio daquilo que os autores chamam de “química das soluções”. Porém, os resultados dessa pesquisa apontam para a dificuldade de inter-relação dos três níveis de estudo da química: macroscópico, simbólico e submicroscópico (Johnstone, 1982). Os estudantes de pós-graduação participantes da pesquisa revelaram inconsistências conceituais a cerca dos conceitos do fenômeno da dissolução, apresentando respostas reducionistas e contradições entre os desenhos propostos para representar a dissolução de diferentes substâncias em água e a justificativa escrita para tal. Dessa forma, segundo Nakhleh (1992), o aluno só aprende um conceito químico quando consegue explicá-lo em termos atômico-moleculares.

As ações para a amenização das concepções alternativas dos estudantes passam por uma reorganização conceitual. Esse é um processo gradual e lento e que deve ser realizado em conjunto, por estudantes e professores. É necessário que o professor tenha consciência das concepções alternativas de seus estudantes, analisando-as e discutindo-as em sala de aula, dessa forma mostrando a incoerência das concepções alternativas e confrontando-as com as científicas. A persistência à mudança dessas concepções alternativas é fato, mas quando há a promoção da reflexão e articulação das idéias dos estudantes pode ocorrer um alargamento do perfil conceitual com a incorporação de novos significados que passarão a conviver com os anteriores (Mortimer e Scott, 2002).

METODOLOGIA

O presente trabalho faz parte de uma pesquisa maior que tem como objetivo inventariar as concepções alternativas ao conhecimento científico de estudantes universitários sobre conceitos fundamentais à química. A primeira ação para a concretização desta pesquisa foi o convite aos professores de disciplinas de Química Geral do Instituto de Química da UFRGS para discutir o grande índice de evasão e de repetência apresentados por essa disciplina (Silva *et. al*, 2003). A partir do diálogo entre esses professores e os pesquisadores da Área de Educação Química, evidenciou-se as dificuldades na sistematização da integração conceitual encontradas nos alunos ingressantes no curso universitário. Assim, decidiu-se inventariar as concepções alternativas expressas pelos estudantes em início de curso para os conhecimentos disciplinares de Química Geral, pois essa é disciplina introdutória aos conceitos químicos que serão aprofundados no decorrer das disciplinas específicas do curso.

Dessa forma, os 130 estudantes matriculados em três turmas da disciplina de Química Geral foram convidados a responder a 4 questionários, na forma de pré-testes, cada um contendo 4 a 5 perguntas. As questões dos pré-testes foram elaboradas a partir dos conceitos estudados no decorrer das quatro unidades conceituais propostas na disciplina de Química Geral e buscavam verificar o entendimento dos estudantes nos diferentes conceitos abordados durante a disciplina, no que tange a compreensão sobre a natureza e estrutura dos conceitos químicos. As questões foram validadas pelos professores que lecionam na disciplina.

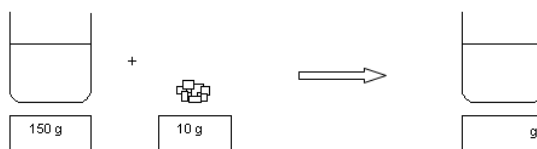
Os questionários foram aplicados ao início de cada uma das 4 unidades previstas para o desenvolvimento da disciplina. O tempo previsto para se responder aos questionários foi entre 15 e 20 minutos.

A metodologia para a análise das respostas dos estudantes às questões envolveu digitalização de todas as respostas, seguida do agrupamento dessas em grandes categorias, em função da ênfase dada a determinado termo, ou conjunto de termos, não se atribuindo nesse momento qualquer juízo de valor às respostas. Após a inserção de todas as respostas dadas à questão, as categorias foram organizadas percentualmente e analisadas.

Neste artigo apresentaremos resultados das questões 1 e 2 do pré-teste da primeira unidade e que são apresentados a seguir.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

QUESTÃO 1: Uma certa quantidade de água foi colocada em um copo e sua massa foi determinada usando uma balança. A massa do copo e da água foi de 150 g. A seguir, 3 cubos de açúcar foram pesados separadamente, totalizando 10 gramas, e adicionados à água.



- Preencha, no quadrinho acima, o valor da massa do copo com o seu conteúdo, ao final do processo descrito.
- Explique o que aconteceu com o açúcar e com o nível da água, após transcorridos alguns minutos.

A questão 1 apresenta um sistema representacional que propõe a adição de 10 g de açúcar a certa quantidade de água que foi previamente pesada (copo e água). Essa questão consta de dois itens, onde o item a solicita que os estudantes completem o esquema representacional indicando a massa total do sistema após adição do açúcar (Tabela 1). Nessa proposição não há a necessidade de apresentar nenhum cálculo ou dissertar sobre o fenômeno. Esse item da questão foi considerado de grande facilidade e obteve um alto índice de adequação (90%). Mesmo assim, percebemos respostas incoerentes, como as verificadas na Tabela 1, onde 5,38% dos estudantes apontam o valor de 150g para a massa total do sistema após adição dos cubos de açúcar. Esse dado faz-nos inferir que estes estudantes talvez concebiam que com a adição do açúcar na água não ocorra nenhum processo. Essa constatação vem apoiar as verificadas nas pesquisas compiladas em Barker (2000), onde cita estudos de Jean Piaget e Bärbel Inhelder, que evidenciaram que crianças entendem que o açúcar “desaparece” quando dissolvido em água, e, assim, não “conserva” a massa do material. Nesse caso, há a noção de que a massa da água não mudaria, porque a substância adicionada simplesmente não existe por muito tempo.

Em estudos de Briggs *et al* (1986), também, concluiu-se que cerca de 2/3 das crianças entre 9-14 anos pensavam que a massa de uma solução de açúcar seria menor do que a massa do açúcar e da água. Quando um problema similar foi dado para adolescentes de 15 anos, mais da metade dos alunos envolvidos pensavam que a massa da solução seria menor. Em nosso estudo fica evidente que alguns estudantes não conservam a massa, conforme constatado pelas respostas 150 g (5,38%) e 100 g (0,77%), ou seja, os estudantes apresentam concepções como se não tivessem passado pelo ensino formal.

Tabela 1: Síntese dos Resultados do item a da questão referente ao valor da massa do copo com o seu conteúdo

Valores	Nº de Alunos	%
160	117	90
150	7	5,38
180	2	1,54
200	1	0,77
100	1	0,77
153,3	1	0,77
Não responderam	1	0,77
Total de alunos	130	

Em contrapartida, no item b da questão o estudante foi solicitado a justificar sobre o ocorrido com o açúcar e o nível da água depois de transcorridos alguns minutos. Diferentemente do item a da questão os estudantes necessitavam explicar sobre o fenômeno. Nesse caso, eles apresentaram mais inadequações na elaboração conceitual e foi grande a diversidade de conceitos utilizados para justificar o porquê do ocorrido.

Essas constatações vêm consolidar os estudos que apontam a permanência das concepções alternativas ao longo dos anos de estudos e da dificuldade em modificá-las. (Mortimer, 1994). Percebemos nos participantes desta pesquisa concepções alternativas para a explicação da dissolução do açúcar em água muito próximo as de crianças, apesar de nossos sujeitos possuírem maior domínio desse campo de saber, uma vez que optaram pelo curso de química e áreas afins.

As respostas foram categorizadas em função do conceito e/ou termo central na qual o estudante utilizou para explicar sobre o fenômeno. Essas categorias estão

listadas na Tabela 2. Percebemos que um maior número de estudantes utilizou o conceito de dissolução para explicação do fenômeno, como expresso por 70% dos estudantes, por exemplo: “O açúcar foi dissolvido pela água”; “o açúcar se dissolveu”; O açúcar dissolve-se na água; “O açúcar dissolve na água”; “A água dissolveu o açúcar”; “o açúcar é dissolvido;” “O açúcar sofre dissolução”.

Tabela 2: Síntese das Categorias utilizadas para explicar o processo da dissolução do açúcar em água.

Categorias	Nº de Alunos	%
Dissolução	91	70
Diluição	10	7,7
Solubilização	10	7,7
Mistura	4	3,1
Outros	12	9,2
Não responderam	3	2,3
Total de Alunos	130	

Conforme *Tabela 2*, ‘dissolução’, ‘solubilização’ e ‘mistura’ são sinônimas e manifestam adequação quanto ao fenômeno em questão. ‘Dissolução’ significa o ato de misturar um soluto em um solvente; ou seja, o ato de fazer uma solução. ‘Solubilização’ significa separar as moléculas de uma substância e misturar com moléculas de outra substância, ou seja, dissolver. ‘Mistura’ é uma associação de substâncias, distribuídas uniformemente, resultando num todo homogêneo.

Entre as categorias listadas, o conceito de Diluição é um conceito que entre os demais não revela um entendimento adequado para o fenômeno, visto que diluição é o ato de adicionar mais solvente a uma solução ou mistura para diminuir sua concentração (Atkins e Jones, 2001). Como exposto pelo estudante: “o açúcar foi diluído pela água...”. Uma vez que o ato de diluir pressupõe a existência de uma solução, a expressão utilizada pelo estudante não explica o processo em si, que é a dissolução do açúcar em água e por sua vez a formação de uma solução diluída por apresentar pequena quantidade de soluto em relação à quantidade de solvente.

As categorias criadas destacam o termo que é enfatizado pelo estudante em sua explicação, não necessariamente enquadrando-se em uma resposta adequada. Note-se o seguinte exemplo: “o açúcar ficou dissolvido em íons”. Nele o estudante concebe que ocorre a dissolução do açúcar em água, mas finaliza afirmando que há formação de íons, não considerando se tratar de um composto molecular que no processo de dissolução é solvatado pelo solvente, nesse caso, não há a formação de íons.

Outros exemplos de equívocos: “o açúcar não se dissolveu na água, apenas se depositou formando um sistema heterogêneo” e “O açúcar foi solvatado – diluído pelas moléculas de água”. Percebemos que o primeiro estudante não concebe que o açúcar, em pequena quantidade, seja dissolvido em água, contrariando, inclusive um aspecto observável em seu cotidiano, como por exemplo, o adoçamento de um suco ou café. No exemplo seguinte verificamos a utilização dos conceitos de solvatação e de diluição como equivalentes ou sinônimas, ou seja, o estudante apenas rebusca o vocabulário com a inserção de termos químicos, mas isso não significa necessariamente que tenha uma real compreensão do processo.

O processo de interação entre as moléculas do solvente e as partículas do soluto para formar agregados é denominado solvatação e, se o solvente for a água, hidratação, já a diluição revela a diminuição da concentração de uma solução (Atkins e Jones, 2001). Deste modo a *Tabela 2* apresenta as categorias expressas pelos estudantes, mas não revela a adequação ou inadequação dessas, visto que em algumas explanações há inadequações, como expusemos acima, e em outras há a

utilização de um aparato conceitual mais elaborado, com a utilização de uma maior relação entre os conceitos e conseqüentemente mobilização de outros conhecimentos. Veja-se alguns exemplos “o açúcar solubilizou-se, pois o seu coeficiente de solubilidade em água é maior que a referida quantidade adicionada”; “o açúcar dissolveu-se na água, pois o coeficiente de solubilidade é elevado”; “o açúcar foi misturado, formando assim uma solução homogênea”; “o açúcar, substância polar, solubiliza na água, também polar”; “o açúcar se dissolveu na água aumentando a densidade;” “o açúcar se dispersou na água”; “o açúcar se decompôs”. Esses excertos revelam os diferentes níveis de compreensão e da utilização dos termos por partes dos estudantes.

A utilização do termo dissolução é amplamente empregada (70% das respostas), porém nenhum estudante apresenta uma explicação em termos das interações soluto-solvente. Os estudantes se limitaram à confirmação das propriedades macroscópicas, com respostas reducionistas e rotuladas, por exemplo: “o açúcar dissolveu na água” e “o açúcar, substância polar, solubiliza na água, também polar”. Nesses casos, parece que os estudantes utilizam apenas a máxima: semelhante dissolve semelhante. Esses estudantes poderiam extrapolar essas informações rotuladas e explicitar que sendo o açúcar (sacarose) uma substância molecular o seu processo de dissolução em água ocorre porque, tal como a água, a sacarose é uma molécula polar, isto é, com regiões carregadas negativa e positivamente. Neste caso, a interação com a água é do tipo dipolo-dipolo e, além disso, a sacarose contém grupos hidroxila- (OH) e também, ocorre ligação hidrogênio entre as moléculas de sacarose e de água. Isto promove a sua solubilização na fase aquosa. (Atkins e Jones, 2001)

Dentre os conceitos apresentados pelos estudantes, o termo solubilização (7,7%) é o que é utilizado tanto para designar o fenômeno qualitativo do processo (dissolução) como para expressar quantitativamente a concentração das soluções. Frente aos demais conceitos ele abarca uma maior complexidade.

Um ponto interessante de ser observado se refere à utilização da linguagem. Percebemos o uso sucessivo da partícula apassivadora se que confere um sentido animista às espécies envolvidas, ou seja, atribui vontade própria às espécies, como em: “o açúcar se dissolveu”, “o açúcar se decompôs” e “o açúcar se diluiu”. Tendo em vista uma melhor adequação da linguagem, propomos que a melhor expressão seja: “o açúcar foi dissolvido pela água” ou “o açúcar foi decomposto”, ou seja, acreditamos que ocorra uma ampliação dos obstáculos animistas à aprendizagem quando é utilizada a voz passiva (Lopes, 1992).

Nas categorias *Outros* (9,2%), constatamos explicações equivalentes às do estudo citado realizado com crianças, como por exemplo: “o açúcar derreteu devido a sua baixa concentração”, “os cubos de açúcar se desmancharam na água”, “o açúcar se decompôs”, “o açúcar vai ao fundo”, e “o açúcar absorveu a água”. Nota-se nessas respostas elaborações conceituais equivocadas e de baixa complexidade.

Outro ponto da questão se refere ao que acontece com o nível da água depois de transcorridos alguns minutos (Tabela 3). Constatamos que 62,3% dos estudantes responderam que o nível da água aumenta com a adição de açúcar, tais como: “o nível da água subiu, devido ao volume dos cubos de açúcar”, “o nível de água aumentou, pois o açúcar deslocou a água”, além disso, pode-se dizer que o volume de água no copo “aumentou”, pois foram colocadas 10 g de açúcar” e “o nível da água aumenta.”

Entretanto, em 30,7% das respostas, os estudantes esperam que o nível da água permaneça o mesmo, por exemplo: “o nível da água permaneceu o mesmo”, “o nível da água não se alterou”, “o nível de água se mantém”, “o nível de água permanece inalterado por que a quantidade de açúcar adicionada é insignificante.”

Podemos analisar estes dados em correlação com as informações contidas na Tabela 2, onde 6,92% dos estudantes apresentaram valores da massa total do sistema igual ou inferiores ao sistema inicial. Há uma contradição entre esses dados, pois se o volume é mantido o mesmo como afirmam 30,7% dos estudantes, entretanto na tabela 2 constatamos que 5,38% dos estudantes acreditam que a massa total do sistema após adição do açúcar em água seja de 150g, ou seja, igual ao sistema inicialmente proposto. A partir desta transversalidade de dados podemos inferir que alguns estudantes concebem que após a dissolução do açúcar em água, a massa dele não seja incorporada ao sistema, como explanam alguns estudantes: “o açúcar foi diluído na água, portanto, o nível desta continuou o mesmo”, “o nível da água permaneceu quase inalterado”, “o nível da água não se altera, pois o açúcar é dissociado em H₂O.” Acreditamos que pela pequena quantidade de açúcar proposta para a adição ao copo com água na questão referida e embora os estudantes detenham-se muito no nível macroscópico, ou seja, o nível do observável, consideramos de grande dificuldade o posicionamento quanto o nível da água ser mantido pelo acréscimo dessa quantidade de açúcar ou aumentado.

Poderíamos pensar que os estudantes que manifestaram que não ocorreria alteração no volume do sistema fizessem alguma relação com os espaços intersticiais entre as moléculas de água, aumentando a densidade da solução, sem aumentar o nível, visto a quantidade pequena de açúcar. Deste modo, nenhum estudante apresentou explicação com esse embasamento. Desta forma, não podemos atribuir caráter de adequação ou inadequação quando o estudante apenas responde que o nível se mantém ou aumenta, sem explicações complementares.

Sobretudo, a idéia de que o nível da água tenha diminuído, foi verificado em 1,5% dos estudantes: “o açúcar absorveu a água e o nível da água decresceu” e “o açúcar se dissolveu na água aumentando a densidade, diminuindo o volume”. Essas explicações vão ao encontro das investigações encontradas na compilação de Barker (2000) e que se distanciam da visão do conhecimento científico.

Na categoria *Outros* (Tabela 3) inserimos aquelas respostas consideradas confusas ou que não havia posicionamento claro quanto ao solicitado: “o nível da água continuou o mesmo, porém o nível da mistura homogênea formada ficou maior que o nível da água;”, “o açúcar foi diluído na água, portanto, o nível desta continuou o mesmo” ou “se o açúcar não foi diluído, os cubos se depositam no fundo e o nível da água aumenta o equivalente do açúcar.”

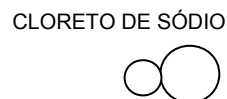
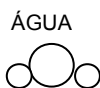
Tabela 3: Síntese de Resultados do item b referente à justificação quanto ao nível da água

Nível da Água	Nº de Alunos	%
Aumentou	81	62,3
Não houve alteração	40	30,7
Diminui	2	1,5
Outros	4	3,1
Não responderam	3	2,3
Total de Alunos	130	

Na questão apresentada a seguir são exploradas as representações que os estudantes elaboraram para explicar o processo de dissolução do sal de cozinha e de açúcar em água. Além das representações que por si só já apresentam muito das concepções dos estudantes, também foi solicitado que eles explicassem o que existiria entre as espécies quando em solução. Essa questão vem complementar a questão 1, pois agora os estudantes além de representar as soluções também devem justificar o

processo. A idéia da representação é importante, pois muitas vezes há a contradição da explicação em palavras com o desenho proposto.

QUESTÃO 2: Partindo das seguintes representações para as substâncias:



a) Desenhe, abaixo, como se encontram as espécies nas seguintes soluções:

Açúcar em água:



Cloreto de sódio em água:

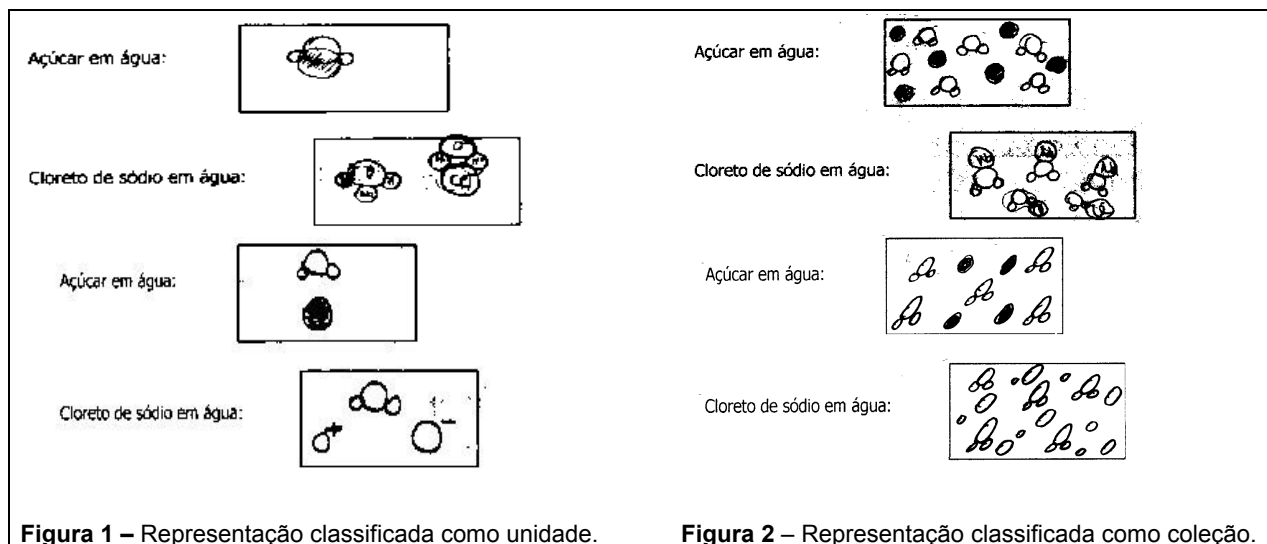


b) Em ambos os casos, o que existe entre as espécies?

A questão solicitava uma representação para duas soluções envolvendo água como solvente e sal de cozinha e açúcar de mesa como solutos. Com essa questão se procura evidenciar se os alunos diferenciam os processos de dissolução de compostos moleculares e de dissociação de agregados iônicos.

Um segundo item dessa questão solicitava que os alunos indicassem o que existiria entre as espécies químicas. Nesse item, havia a intenção que os estudantes comentassem o que existiria no espaço intersticial das espécies químicas, ou seja, se os estudantes manifestavam a noção de vazio e explicassem a dissolução das espécies em termos de um modelo científico onde as interações entre as espécies fossem discutidas. Entretanto, como se pode depreender das respostas dadas pelos alunos nenhuma resposta apontou o que era esperado, ou seja, uma explicação a nível microscópico.

A representação solicitada nessa questão não foi realizada por 10 alunos (7,7 % do total de alunos que preencheram o pré-teste). As representações realizadas foram agrupadas da seguinte forma: a) unidades, onde 42 alunos (32,3 %) desenharam apenas uma unidade das espécies químicas envolvidas no fenômeno da dissolução; e b) coleção, onde 78 alunos (60 %) desenharam um conjunto de moléculas para descrever o fenômeno. As figuras 1 e 2 apresentam exemplos para as categorias utilizadas na análise.



Nesse sentido, é interessante verificar que cerca de um terço dos estudantes oferece uma representação discreta para o fenômeno da dissolução. Uma vez que a proporção de moléculas de solvente é maior que a de partículas do soluto seria mais adequado representar o fenômeno a partir da coleção de partículas. O fenômeno da solubilidade é explicado, pelos professores e pelos autores de livros didáticos, através da solvatação, que em sua definição e representação envolve um conjunto de moléculas solventes para as partículas do soluto. Dessa forma, quando o estudante utiliza uma representação por unidades pode-se depreender que a solvatação é um conceito que não está suficientemente diferenciado pelo aluno.

As justificativas oferecidas pelos estudantes para a solubilidade foram muito diversas e, em muitas delas, pôde-se observar um alto grau de indiferenciação dos conceitos envolvidos na explicação do fenômeno. Os resultados das justificativas foram: 21 alunos (16,15 %) não responderam à questão, 20 alunos (15,38 %) responderam de maneira inadequada (recorrendo a noções de reação química ou de dissociação para explicar a dissolução do açúcar em água, ou mesmo, negando que os sólidos seriam solubilizados pela água), 27 alunos (20,77 %) se reportaram a noções relacionadas às ligações químicas (tal como a polaridade) e 62 alunos (47,7 %) responderam de forma adequada, relacionando a ideias como dissolução, diluição, solvatação, forças intermoleculares e misturas homogêneas.

As respostas inadequadas para essa questão são similares às inadequações da questão 1, onde alguns estudantes permanecem com a compreensão de que o açúcar não se dissolve em água, ou seja, o estudante não prevê a solubilização do sólido no solvente, fato nitidamente corriqueiro e já constatado na questão anterior: “o açúcar não se dissolveu na água, apenas se depositou formando um sistema heterogêneo”. Talvez isso se deva ao fato de o estudante supor que apenas tal ocorreria com a inclusão de agitação, o que envolveria uma dificuldade na compreensão do enunciado da questão.

Em outra resposta, o estudante afirma: “o açúcar por ser um composto molecular é dissolvido em água sem sofrer ionização, o cloreto de sódio por ser um composto iônico se dissolve sofrendo ionização”. Novamente se depreende a utilização de termos sem a devida compreensão e a necessária diferenciação. O conceito de dissociação e ionização são muitas vezes confundidos e utilizados de forma equivocada, inclusive em manuais didáticos (Silva *et. al*, 2008).

Em alguns casos ocorre a generalização do processo de dissociação para a solubilidade dos sólidos, dessa forma os estudantes previram a presença de íons em substâncias de caráter eminentemente molecular, como o açúcar, por exemplo: “existe uma mistura homogênea em ambos os casos, onde no caso 1, o açúcar dissocia seus íons na água, e no caso 2, o cloreto de sódio dissocia seus íons Na^+ , Cl^- ”. As máximas e os rótulos também se fazem presentes, é o caso dos estudantes que agregam conceitos a sua explicação de forma equivocada, enunciando erroneamente a regra da dissolução e supondo incorretamente a polaridade das moléculas de água: “Como polar dissolve apolar, e vice-versa, o açúcar e água são ambos apolares, vão se dissolvendo; O NaCl e a água são polar e apolar respectivamente, se dissolvendo”

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É necessária a priorização dos aspectos qualitativos no ensino do tema soluções, da qual o processo de dissolução se faz presente. Percebemos que em nenhum momento os estudantes mencionaram a natureza das partículas como fator determinante dessa interação, eles priorizaram os aspectos observáveis, perceptíveis e

suas explicações não se deram no nível atômico – molecular, onde ocorre a efetiva compreensão dos fenômenos. Os estudantes possuem dificuldades de extrapolação de modelos explicativos num nível teórico-conceitual, onde há a necessidade de uma organização conceitual em maior complexidade.

Neste artigo, constataram-se as dificuldades dos estudantes em manifestar suas concepções relacionadas à compreensão submicroscópica do fenômeno sob estudo, ora pela utilização de termos equivocados, máximas descontextualizadas, incoerências entre as respostas escritas e as representações propostas, enfim, explicações conceitualmente inadequadas e distantes do modelo aceito cientificamente.

Há uma urgência de que os resultados desta e de outras investigações cheguem efetivamente a sala de aula. Desse modo, o estudo das concepções alternativas na disciplina de Química Geral é essencial, pois esta contém e apresenta a base conceitual para as demais disciplinas ao longo do curso. Por tudo isso, ressaltamos a relevância do professor conhecer as concepções alternativas de seus estudantes e utilizá-las como estratégia para a proposição pedagógica em sua disciplina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 1ªed., Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BRIGGS, H., HOLDING, B. Aspects of Secondary Students' understanding of elementary ideas in chemistry: Full Report Children's Learning in Science Project Leeds:University of Leeds, 1986.
- CARMO, M. P., MARCONDES, M.E.R., MARTORANO, S. Um estudo sobre a evolução dos estudantes na construção de modelos explicativos relativos ao conceito de solução e ao processo de dissolução. **Enseñanza de las ciencias**, Número extra, VII congresso, p. 1-5, 2005.
- CARMO, M. P., MARCONDES, M.E.R. Abordando soluções em sala de aula- uma experiência de ensino a partir das idéias dos alunos. **Química nova na escola**, Nº28, p. 37-41, maio de 2008.
- EBENEZER, J.V., ERICKSON, G.L. Chemistry students' conceptions of solubility: a phenomenography. **Science Education**, 80 (2), p. 181-201, 1996.
- ECHEVERRÍA, A. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na escola**, Nº3, p. 15-18, maio de 1996.
- JOHNSTONE, A.H. Macro- and microchemistry. **School Science Review**, 64(227), p. 377-379, 1982.
- KIND, V. Beyond appearances: students' misconceptions about basic chemical ideas. 2ª Edition, Londres: Disponível em: <http://www.rsc.org/images/Misconceptions_update_tcm18-188603.pdf>. Acesso em: 15/08/2009. Ano de publicação: 2004.
- LOPES, A. R. C. Livros Didáticos: Obstáculos ao aprendizado da ciência, **Química Nova**, Vol. 15, Nº3, p. 254-261, 1992.
- MORTIMER, E. F. Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para onde vamos? Disponível em: <<http://www.cefetsp.br/edu/eso/construtivismociencias.html>>. Acesso em: 01. 08. 2007. Ano de publicação: 1994.
- MORTIMER, E. F., SCOTT, P.H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em ensino de ciências**, Nº3, Vol. 7, p. 1-26, dezembro de 2002.

- NAKHLEH, M. B. Why Some Students Don't Learn Chemistry: Chemical Misconceptions. **Journal Chemical Education**, 69 (3), p. 191-196, 1992.
- OLIVEIRA, S. R., GOUVEIA, V. P., QUADROS, A. L. Uma reflexão sobre a aprendizagem escolar e o uso do conceito de solubilidade/miscibilidade e situações do cotidiano: concepções dos estudantes. **Química Nova na escola**, Nº31, p. 23-30, fevereiro de 2009.
- SANCHEZ BLANCO, G. DE PRO BUENO, A., VALCÁRCEL PÉREZ, M. A. V. La utilización de un modelo de planificación de unidades didácticas: El estudio de las disoluciones en la educación secundaria. **Enseñanza de las ciencias**, Nº15, Vol 1, p. 35-50, 1997.
- SANTOS, M. **Mudança conceitual na sala de aula – Um desafio pedagógico**. 3ªed., Lisboa: Livros Horizonte, 1991.
- VALANIDES, N. Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. **Chemistry Education: Research and Practice in Europe**. 1 (2), 249-262, 2000.
- SOUZA, K. A. F.D; CARDOSO, A. A. A formação em química discutida com base nos modelos propostos por estudantes de pós-graduação para o fenômeno da dissolução. **Química Nova**, Vol 32, Nº1, p. 237-243, 2009.
- SILVA, S. M.; MORAIS, L.; EICHLER, M. L.; SALGADO, T. D. M.; DEL PINO, J. C. Concepções alternativas de calouros de química para os conceitos de termodinâmica e equilíbrio químico. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis, SC. **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Florianópolis, SC, UFSC, 2007.
- SILVA, S. M., EICHLER, M. L.; SALGADO, T. D. M.; DEL PINO, J. C. Concepções alternativas de calouros de química para as teorias ácido-base. In: ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA, 28, 2008, Canoas, RS. **Anais do 28º EDEQ, Canoas, RS: Ulbra, 2008, p. 301-308.**