UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA / INSTITUTO DE FÍSICA / FACULDADE DE
EDUCAÇÃO

**UM ESTUDO SOBRE A EVOLUÇÃO CONCEITUAL DOS
ESTUDANTES NA CONSTRUÇÃO DE MODELOS EXPLICATIVOS
RELATIVOS A CONCEITOS DE SOLUÇÃO E O PROCESSO DE
DISSOLUÇÃO**

Dissertação de Mestrado

Dissertação submetida ao programa de Pós – Graduação
Interunidades da Universidade de São Paulo, como parte
integrante dos requisitos necessários à obtenção de grau de
mestre.

MIRIAM POSSAR DO CARMO

Orientadora: Profa. Dra. Maria Eunice Ribeiro Marcondes

**São Paulo
2005**

Ficha Catalográfica
Elaborada pela Divisão de Biblioteca e
Documentação do Conjunto das Químicas da USP.

Carmo, Miriam Possar do
C287e Um estudo sobre a evolução conceitual dos estudantes na
construção de modelos explicativos relativos a conceitos
de solução e o processo de dissolução - Miriam Possar do
Carmo. -- São Paulo, 2005.
195p.

Dissertação (mestrado) - Instituto de Química da USP.
Instituto de Física da USP. Faculdade de Educação da USP.
Curso Interunidades de Ensino de Ciências.

Orientador: Marcondes, Maria Eunice Ribeiro

1. Química : Ensino 2. Química : Escolas secundárias :
Ensino 3. Ensino : Aprendizagem : Avaliação I. T. II.
Marcondes, Maria Eunice Ribeiro, orientadora.

540.07 CDD

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA / INSTITUTO DE FÍSICA / FACULDADE DE
EDUCAÇÃO

**UM ESTUDO SOBRE A EVOLUÇÃO CONCEITUAL DOS
ESTUDANTES NA CONSTRUÇÃO DE MODELOS EXPLICATIVOS
RELATIVOS A CONCEITOS DE SOLUÇÃO E O PROCESSO DE
DISSOLUÇÃO**

Dissertação de Mestrado

MIRIAM POSSAR DO CARMO

Orientadora: Profa. Dra. Maria Eunice Ribeiro Marcondes

Banca examinadora:

Profa. Dra. Agustina Rosa Echeverria (IQ-UFG)

Profa. Dra. Adelaide Faljoni-Alário (IQ-USP)

Profa. Dra. Maria Eunice Ribeiro Marcondes (IQ-USP)

**São Paulo
2005**

Para

*Edílson, meu marido e Ana
Paula, minha filha, com amor e
gratidão, pelos momentos de
compreensão, carinho, presença e
apoio, a mim dispensados, ao
longo deste trabalho.*

Agradecimentos

A Deus, por sua presença onipotente, assistindo-me nas dificuldades e abrilhantando minha mente, concedendo-me coragem e perseverança.

Ao meu pai, *in memoriam* que me ajudou a semear o início de toda minha caminhada.

A minha querida mãe, Leonides, que em sua humilde sabedoria, manteve-se ao meu lado, apoiando, incentivando e abraçando minhas dificuldades.

À professora Maria Eunice, exemplo vivo de garra e sabedoria que, com seu desvelo, incentivou-me neste processo de construção de conhecimento, com suas cuidadosas críticas, opiniões e paciência.

A minhas irmãs Marta e Márcia, e a minha cunhada Nalvinha, pelo carinho e palavras amigas, encorajando-me em minha escolha.

A minha querida sogra, Florita, sempre com uma palavra de carinho e transmitindo alegria, não permitindo que eu desanimasse.

Aos alunos e professores, que tornaram possível a realização deste trabalho, contribuindo para melhorias no ensino de química.

As minhas amigas e amigos do programa, Maria Clara, Denilse, Maria Covadonga, Deise, Viviani, Eri, Fabio, Elisa, Fátima e Nilza, por todo este tempo de convívio, trocas de experiência e amizade.

As minhas amigas, em especial, Simone, Luciane, Neusa e Sonia, com as quais pude contar nos momentos difíceis e que, além do apoio carinhoso, também contribuíram com o apoio técnico para a realização deste trabalho.

Às professoras, Yvone, Jesuína, Liliana, pelas proveitosas sugestões que apresentaram durante a realização deste trabalho.

As minhas amigas, Zezé, Juliana, Maria Cecília, Fátima, Adrienne, Margaret, Ana Luíza, Nanci, Silvia, Cida, Rosemary e Andréa, pelo carinho e amizade.

RESUMO

CARMO, M. P. Um Estudo sobre a Evolução Conceitual dos Estudantes na Construção de Modelos Explicativos Relativos a Conceitos de solução e o Processo de Dissolução. 2005. 195 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

O objetivo central deste trabalho foi o estudo da evolução das concepções de estudantes de 2ª e 3ª séries do Ensino Médio de duas escolas da Rede Pública de Ensino, sobre alguns conceitos, envolvendo o tema soluções e da utilização, dessas concepções na construção de um modelo que permitisse interpretar o processo de dissolução como um conjunto de interações entre as partículas constituintes do sistema.

Partiu-se do pressuposto de que os estudantes possam ficar insatisfeitos com suas teorias de momento quando, o que acreditam, entra em contradição com as novas informações. Dessa forma, um processo em sala de aula foi desenvolvido para desencadear e encorajar discussões e reflexões sobre as próprias concepções, visando a reestruturação destas para níveis de maior abstração. O estudo se alicerçou em pressupostos construtivistas, e em estratégias de ensino para a mudança conceitual.

Os resultados obtidos basearam-se na análise das concepções dos estudantes, antes, durante e após o processo de ensino, o que possibilitou a elaboração de níveis explicativos, os quais permitiram a interpretação da evolução das concepções, desde as noções macroscópicas para as noções microscópicas dentro do tema escolhido.

Pôde-se perceber uma evolução conceitual, de níveis concretos, com pouca abstração, para níveis conceituais mais complexos, uma vez que os alunos estão habituados a raciocinar sobre o real. Portanto, as explicações apresentadas pelos alunos foram influenciadas pelos aspectos observáveis e pelas experiências vivenciadas. Também foi possível perceber a influência positiva na construção de conceitos quando da participação ativa do estudante, através de experimentos e experiências em sala de aula que lhes permitissem refletir sobre suas ideias e confrontá-las com outras.

Nesta pesquisa procurou-se ir além do conhecimento das concepções alternativas, propondo um modelo de ensino que pudesse contribuir para a superação das mesmas, além de auxiliar os professores a planejarem um ensino mais significativo, especificamente dentro do tema soluções e em outros.

Palavras-chave: Ensino, Escolas Secundárias, Avaliação

ABSTRACT

CARMO, M. P. Study of students' conceptual evolution of developing models about the concept of solution and dissolving process.

2005, 195 p. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005

The primary aim of the paper was to study the evolution of second and third grade junior high student's conceptions in two public schools as to concepts dealing with the solution theme, and the use of such conceptions in the development of a model which allows an interpretation of the dissolution process as body of interaction among the forming particles of the system.

It is understood that students may be unsatisfied with their current theories, when they allegedly contradict new information. In this way, a process was developed to encourage and bring about discussions and reflections about such conceptions, aiming their reconstruction to levels of higher abstraction.

The research was based on constructivist conjectures and teaching strategies for a conceptual change. The results obtained were based on a study of the students' conceptions before, during, and after the teaching process, and that made an elaboration of explicative levels possible allowing the interpretation of conception evolution from its macroscopic to its microscopic notions within the chosen theme.

A conceptual evolution will be noticed; an evolution of concrete levels to more complex conceptual levels since students more often reason facts. Therefore, all explanations presented by the students were influenced by observable aspects and their experiences. Also, a positive influence on the construction of concepts was seen as result of the student's active part through activities and experiments in class which made them reflect about their ideas and how to confront them with others.

The research tried to reach beyond the knowledge of alternative conceptions offering a teaching model which might contribute to overcome such conceptions and help teachers to plan a more meaningful teaching particularly adjusted within the solution theme and in others.

Key Words: Education, Secondary Schools, Evaluation

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	014
CAPÍTULO 1: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	017
1.1. Um Breve Enfoque sobre as Concepções Alternativas.....	017
1.2. Modelos de Mudança Conceitual.....	024
1.3. Estratégias de Ensino para Mudança Conceitual.....	035
1.3.1. Estratégias que Explicitam as Concepções dos Estudantes.....	035
1.4. Estudos Focalizando o Tema Soluções.....	047
1.5. Teoria das Soluções: Da Óptica de Arrhenius às Atuais Concepções.....	067
1.5.1. Soluções: Um Modelo Explicativo para o Mecanismo da Dissolução.....	068
CAPÍTULO 2: METODOLOGIA.....	072
2.1. Caracterização da Instituição e dos Sujeitos.....	072
2.2. Planejamento do Diagnóstico Inicial.....	076
2.3. Planejamento das Atividades Propostas para o Ensino de Soluções, Visando à Evolução Conceitual.....	077
2.4. Descrição das Atividades.....	083
2.5. Configuração da Análise dos Dados.....	094
2.5.1. Análise das Concepções Iniciais dos Alunos.....	095
2.5.2. Análise das Concepções dos Alunos Durante a Intervenção Pedagógica.....	095
2.5.3. Planejamento, Aplicação do Diagnóstico Final e Análise das Concepções dos Alunos após o Processo de Ensino.....	096
2.5.4. Configuração das Explicações dos Alunos de acordo com Níveis Explicativos.....	097

CAPÍTULO 3: APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E ANÁLISE DOS	
DADOS.....	098
3.1. Análise das Concepções Iniciais dos Estudantes.....	099
3.1.1 Categorias de Análise.....	099
3.2. Análise das Concepções dos Alunos – Fase de Intervenção	
Pedagógica.....	122
3.2.1 1ª Dimensão: Caracterização da Solução como uma Mistura Homogênea	
de Substâncias.....	123
3.2.2 2ª Dimensão: Ampliação das Ideias de Homogeneidade na Construção	
do Conceito de Solubilidade e na Diferenciação entre Solução Saturada	
e Insaturada.....	131
3.2.3 3ª Dimensão: Construção e Utilização de um Modelo de Interações entre	
as Partículas Constituintes da Solução (Solute/Solvente) que Justifique	
o Processo de Dissolução.....	145
3.3. Análise das Concepções dos Alunos após Intervenção	
Pedagógica.....	160
3.4. Níveis Explicativos: Configuração da Evolução Conceitual dos Alunos,	
das Noções Macroscópicas às Noções Microscópicas sobre Soluções e	
Processo de Dissolução.....	169
CAPÍTULO 4: CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES.....	185
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	190
ANEXOS.....	195

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1: Características gerais dos alunos por turma.....	075
---	-----

CAPITULO 3

Tabela 3.1: Concepções iniciais dos alunos sobre o conceito de solução.....	100
Tabela 3.2: Ideias relativas aos constituintes de uma solução.....	104
Tabela 3.3: Características e exigências manifestadas pelos alunos na obtenção das soluções.....	108
Tabela 3.4: Modelos explicativos relativos à obtenção de uma solução.....	109
Tabela 3.5: Explorando as noções microscópicas do processo de dissolução.....	112
Tabela 3.6: Exemplos manifestados pelos alunos sobre soluções.....	115
Tabela 3.7: Sistemas considerados pelos alunos representativos de soluções.....	116
Tabela 3.8: Explicações dos alunos sobre a não dissolução dos materiais.....	118
Tabela 3.9: Concepções dos alunos a respeito de solução saturada e insaturada.....	121
Tabela 3.10: 1ª Dimensão: Ideias relativas à caracterização da solução como uma mistura homogênea de substâncias.....	124
Tabela 3.11: Relações entre as categorias da 1ª dimensão – uma em função da outra.....	129
Tabela 3.12: 2ª Dimensão: Construção do conceito de solubilidade na interpretação do processo de dissolução.....	139
Tabela 3.13: Relações entre as categorias da primeira e segunda dimensão.....	142
Tabela 3.14: 3ª Dimensão: Construção e utilização de um modelo microscópico para a interpretação do processo de dissolução.....	150
Tabela 3.15: Relação entre as categorias da 1ª e da 3ª dimensão.....	154

Tabela 3.16: Relações entre as categorias da 2ª e da 3ª dimensão.....	158
Tabela 3.17: Características das concepções dos alunos após a intervenção.....	162
Tabela 3.18: Níveis explicativos - Explicações macroscópicas.....	172
Tabela 3.19: Níveis explicativos - Explicações pseudomicroscópicas.....	174
Tabela 3.20: Níveis explicativos - Explicações microscópicas.....	175

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1:

Quadro 1.1: Aspectos revelados nas respostas dos alunos sobre o processo de dissolução.....	048
Quadro 1.2: Diferenciação entre misturas e substâncias.....	069

CAPÍTULO 2:

Quadro 2.1: Caracterização pessoal e profissional dos professores P1, P2 e P3.....	073
Quadro 2.2: Planejamento do diagnóstico inicial.....	077
Quadro 2.3: Atividades propostas visando à evolução conceitual de conceitos pertinentes ao tema soluções.....	079
Quadro 2.4: Sistemas materiais.....	084
Quadro 2.5: Planejamento do diagnóstico final.....	096

CAPÍTULO 3:

Quadro 3.1: Níveis explicativos.....	170
---	-----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3:

Figura 3.1: Representações da homogeneidade e continuidade da matéria (desenhos realizados pelos alunos)	106
Figura 3.2: Representações da heterogeneidade e continuidade da matéria (desenhos realizados pelos alunos)	106
Figura 3.3: Representações da homogeneidade e descontinuidade da matéria (desenhos realizados pelos alunos)	106
Figura 3.4: Representações da heterogeneidade e descontinuidade da matéria (desenhos realizados pelos alunos)	106
Figura 3.5 e 3.6: Modelos representativos da dissolução do sal em água (Elaborados pelos alunos)	114
Figura 3.7 e 3.8: Modelos representativos da dissolução do açúcar em água (elaborados pelos alunos)	114

LISTA DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 3:

Gráfico 3.1: Distribuição dos alunos da 2ª série A nos níveis explicativos nas fases do ensino.....	177
Gráfico 3.2: Distribuição dos alunos da 2ª série B nos níveis explicativos nas fases do ensino.....	178
Gráfico 3.3: Distribuição dos alunos da 2ª série G nos níveis explicativos nas fases do ensino.....	178
Gráfico 3.4: Distribuição dos alunos da 3ª série nos níveis explicativos nas fases do ensino.....	179
Gráfico 3.5: Distribuição dos alunos de todas as turmas nos níveis explicativos nas fases do ensino.....	181

INTRODUÇÃO

O presente estudo teve como objetivo, verificar como evoluem as concepções dos estudantes da 2ª e 3ª série de escolas do Ensino Médio da Rede Pública de Ensino, sobre alguns conceitos envolvendo o tema solução e o processo de dissolução frente a situações de ensino estruturadas para provocar reflexões sobre suas próprias ideias.

Parte-se do pressuposto de que os estudantes possam ficar insatisfeitos com suas teorias de momento quando, o que acreditam, entra em contradição com novas informações (Chinn e Brewer, 1993). Assim, um processo em sala de aula pode ser desencadeado para encorajar discussões, explicações e reflexões entre os alunos, objetivando mudanças nas concepções iniciais, a conceitos cientificamente aceitos.

Pretendemos, neste estudo, verificar como um ensino estruturado e voltado para a construção de significados, dentro do tema soluções, permitirá aos alunos atingirem um nível de abstração mais complexo desde uma visão macroscópica para uma visão microscópica, interpretando o processo de dissolução como um conjunto de interações entre as partículas constituintes da solução.

Parece consenso, entre os pesquisadores, que as concepções prévias dos estudantes desempenham papel fundamental no estabelecimento de estratégias que sejam capazes de provocar sucessivas evoluções na forma de pensar.

A orientação construtivista resume as características essenciais desta nova visão da aprendizagem em três princípios, como destaca Perez (1993):

“Quem aprende constrói significados. Não reproduz o que lê ou o que se ensina.”

“Compreender algo supõe estabelecer relação (...). Os fragmentos de informações isolados são esquecidos ou resultam inacessíveis à memória.”

Com base nesses princípios, a ideia de contemplar a aprendizagem como uma evolução conceitual tornou-se o foco dessa investigação e o tema solução foi escolhido para esse propósito, pois além de rico em concepções alternativas, para sua compreensão, o aluno poderá pôr em ação noções como: ligações químicas, substâncias, modelo particular da matéria, interações químicas, retomando-os em

níveis diferentes na sua estrutura conceitual ou acioná-los como suporte para a elaboração de novos conceitos.

Também vale lembrar que o tema está, por demais, relacionado ao dia-a-dia dos estudantes, uma vez que a maioria das substâncias que encontram em suas vidas diárias se compõe de misturas, que chamamos de soluções, tais como: sucos, plasma sanguíneo, água mineral, refrigerantes, vinho, ar atmosférico, remédios, gasolina, aço, latão, entre outros, empregados para as mais diversas finalidades, desde o tratamento e purificação da água, até as muitas reações químicas industriais. Do ponto de vista do currículo de química, é um tema básico, pois tópicos como transformações químicas, eletroquímica e equilíbrio químico estão relacionados com soluções.

Muitas explicações e representações dos alunos sobre “soluções” se dão ao nível macroscópico e a aproximação com modelos explicativos da ciência pareceu promissora para a estruturação de novas concepções ao nível microscópico.

São poucas as investigações que têm procurado conhecer as interpretações dos alunos sobre os aspectos microscópicos envolvidos no tema, a ênfase tem-se concentrado em aspectos quantitativos. Nesse sentido, decidiu-se orientar esta pesquisa de maneira a criar situações de ensino que permitissem:

- A construção do conceito de solução como uma mistura homogênea de substâncias. Considerou-se que a homogeneidade da solução é uma propriedade importante na interface da transposição da visão macroscópica para a microscópica, e sua compreensão poderia auxiliar a reflexão crítica por parte do aluno para o entendimento do processo de interações entre partículas de substâncias, na formação da solução.
- A construção do conceito de solubilidade como a quantidade de soluto capaz de se dissolver em uma dada quantidade de solvente em determinadas condições de temperatura e pressão, para em seguida, evoluir para conceitos de solução saturada e insaturada. Considerou-se que o conceito poderia desencadear ideias relativas às interações que ocorrem entre soluto e solvente na formação das soluções. Reconhecer o que os alunos pensam sobre o processo de dissolução e a extensão que isto ocorre, poderá auxiliá-los a progredirem no sentido de perceberem e

utilizarem o modelo particular da matéria que envolve a ideia de movimento e interações entre as partículas (Blanco e Prieto, 1997).

- A interpretação do processo de dissolução como um conjunto de interações que ocorrem entre as partículas da solução. Considerou-se que este conjunto de ideias possa consolidar os conceitos e levar a uma aprendizagem significativa.

A pesquisa foi de natureza qualitativa do tipo pesquisa-ação, na qual a pesquisadora atuou como professora no processo de ensino, uma vez que os professores titulares não se sentiram à vontade para desenvolver e aplicar as atividades planejadas durante a pesquisa.

No capítulo 1, será apresentado o referencial teórico da investigação, abordando uma discussão sobre o movimento das concepções alternativas, modelos de mudança conceitual, apresentando ideias fundamentais, entre elas, o modelo pioneiro de Posner et al. (1982); Chinn e Brewer (1993), destacando a importância dos dados anômalos na mudança de uma teoria, Martínez (1999a) e o movimento das teorias implícitas. O capítulo em questão também destacará estratégias de ensino baseadas na mudança conceitual, segundo estudos de Scott et al. (1991), apresentará uma revisão de estudos da literatura centrado no ensino e na aprendizagem dos conceitos sobre solução, solubilidade e processo de dissolução e descreverá sobre a teoria das soluções desde a óptica de Arrhenius aos conceitos mais recentes. No capítulo 2, será apresentada a metodologia da pesquisa, como foi realizada a coleta de dados e como se configurou a análise dos dados. A coleta de dados se constituiu de um diagnóstico inicial para delineamento das concepções prévias dos alunos, gravação em áudio e vídeo das atividades propostas para acompanhamento da possível evolução das concepções; folhas de trabalho com questões aplicadas no decorrer do processo de ensino; observações por escrito (reflexões individuais) após cada intervenção; mapas conceituais elaborados pelos estudantes; entrevistas semiestruturadas e individuais. No capítulo 3, apresentar-se-ão os dados e análise dos resultados e, no capítulo 4, as considerações finais e a conclusão.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Não é tarefa fácil discorrer sobre um modelo integrador do conhecimento científico do aluno. Neste capítulo, serão apresentados aspectos teóricos relativos às concepções alternativas como sustentação para a mudança conceitual, além de algumas estratégias de ensino preocupadas em promovê-la, e aspectos relacionados às ideias de soluções, tema central desta investigação, os quais comporão o principal referencial para o desenvolvimento deste estudo.

1.1. Um Breve Enfoque sobre as Concepções Alternativas

O final da década de oitenta pôde classificar-se como a “época das concepções alternativas¹”, rumo ao estudo sobre as ideias dos alunos em relação aos fenômenos científicos.

O princípio básico deste enfoque estabelece que o ensino deva partir das ideias e concepções prévias dos alunos, daí a derivação: construtivismo, no qual o aluno, ao construir conceitos, constrói (reconstrói) o seu próprio sistema cognitivo, entendido por Ausubel como “conteúdo total de ideias de certo indivíduo e sua organização” (Santos, 1998).

Segundo Moreira e Mansini (1982), o conceito mais importante na teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa, processo no qual, o aluno procura dar sentido ou estabelecer relações entre os novos conceitos ou a nova informação, com os conceitos já existentes em sua estrutura cognitiva. Os autores destacam que, para Ausubel, as ideias já estabelecidas na mente do aluno (conceitos subsunçores ou ideias âncoras) permitirão que as novas informações sejam organizadas de forma hierárquica, na qual, elementos mais específicos do conhecimento são ligados a conceitos mais gerais, mais inclusivos, constituindo a estrutura cognitiva hierárquica

¹ “Concepções Alternativas será considerada neste trabalho como concepções espontâneas ou representações pessoais, compartilhadas por um grupo de alunos que diferem das concepções aceitas cientificamente”. (Gilbert e Swift, 1985. In: Santos, 1998)

de conceitos que são abstrações da experiência do indivíduo. Esta interação constitui uma experiência consciente, articulada e diferenciada, que emerge de sinais, símbolos, conceitos e proposições potencialmente significativas que são relacionadas à estrutura cognitiva e nela incorporadas.

Segundo Ontoria et al. (1994), a formação da estrutura cognitiva depende do modo como o indivíduo percebe os aspectos do mundo pessoal, físico e social. Por meio da aprendizagem, se produzem alterações da estrutura cognitiva, ou compreensão interna da situação e seu significado, e isto pressupõe a origem de novos conceitos interiorizados, novas estruturas mentais, novas atitudes, com as quais os alunos poderão analisar e solucionar problemas. Existe, portanto, um processo de reflexão, já que se trata da incorporação consciente e responsável de fatos, conceitos, situações e experiências.

Se o indivíduo não tiver intenção de associar o novo conhecimento, ou se ocorrer pouca interação com a estrutura de conceitos que já possui na sua estrutura cognitiva, poderá ocorrer a memorização mecânica ou repetitiva de dados, fatos ou conceitos, pois a nova informação permanecerá isolada do restante do corpo de seus conhecimentos. Neste caso, a nova informação é armazenada de forma arbitrária, não ocorrendo interação com aquelas já armazenadas.

Segundo Ontoria et al. (1994), a potencialização da estrutura cognitiva do aluno facilita a aquisição e a retenção de novos conhecimentos. Se o novo material entra em forte conflito com a estrutura pré-existente ou, se não se relacionar com ela, a informação não pode nem ser incorporada e nem retida.

Portanto, o reconhecimento de ideias já estabelecidas na mente do aluno, ideias âncoras, são de fundamental importância para que se estabeleçam ligações entre o que se pretende ensinar e o que o aluno já conhece. Com base nessa premissa, destaca-se a célebre frase: “O fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já conhece; descubra-o e ensine-o de acordo” (Ausubel et al.², 1980 apud Santos, 1998, p. 22).

Segundo Santos (1998), na perspectiva Ausubeliana, a ação pedagógica deve considerar não somente a construção racional de novas estruturas conceituais, ou

² AUSUBEL, D., NOVAK, J. & HANESIAN, H. *Psicología Educacional*. (E. Nick, trad.). 2ª ed., Rio de Janeiro: Interamericana (obra original publicada em 1968), 1980.

seja, estruturas do assunto a ser ensinado, mas também de elementos organizados e já existentes na mente dos alunos, e que sejam relevantes para a aprendizagem do assunto (assimilação dos conceitos).

Pérez e Carrascosa (1994) discutem sobre a ideia de ligar a aprendizagem da ciência ao modo de fazer ciência, e fazem uma crítica ao modelo de aprendizagem por recepção, no qual, o indutivismo extremo, a falta de atenção ao conteúdo, a insistência sobre a atividade autônoma dos alunos são fatores destacados como negativos, tanto no campo da aprendizagem conceitual, quanto na compreensão da natureza da ciência.

Por outro lado, destacam que apesar do modelo prestar atenção exclusivamente a aspectos conceituais da ciência, ele transmitiu certa visão de como o conhecimento científico é construído, destacando a valiosa contribuição de Ausubel sobre o conhecimento das ideias prévias dos alunos e a integração do novo conhecimento em suas estruturas conceituais. No entanto, devido à limitação do modelo, com atenção exclusiva a aspectos conceituais, os aspectos processuais foram negligenciados e transmitiu-se uma visão empobrecida da ciência, aos alunos.

Dessa forma a necessidade de uma profunda reestruturação do processo de ensino da ciência, que envolvesse os estudantes em atividades científicas, fez emergir uma abordagem construtivista para a aprendizagem, que segundo os autores, são resumidas nos aspectos fundamentais: os alunos constroem o seu próprio conhecimento; entender é estabelecer relações; informações isoladas permanecem esquecidas; todo aprendizado depende de um conhecimento anterior.

Desse ponto de vista, dois princípios básicos marcam as propostas de ensino dentro da perspectiva construtivista: o de que a “aprendizagem acontece através do envolvimento ativo do aprendiz na construção do conhecimento” e o de que as ideias prévias desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem (Mortimer, 2000). Por exemplo, a palavra dissolução é fortemente marcada pelo significado empírico e por fatores que provêm de experiências do cotidiano, o que pode ser uma possível fonte de dificuldade na aprendizagem do conceito de dissolução (Blanco e Prieto, 1997).

Partindo do pressuposto da existência de concepções prévias, a literatura apresenta inúmeras denominações atribuídas às ideias dos alunos, tais como: pré-

conceitos, conceitos de senso comum, ideias intuitivas, conceitos espontâneos, concepções alternativas, concepções, entre outras. Para algumas destas designações, tais como: “preconcepções”, são atribuídas conotações negativas, uma vez que são vistas como imperfeições no sistema cognitivo, tidas como respostas estranhas e desinteressantes de compreensão. Outras, com conotações positivas, tais como: “concepções alternativas”, pois são apreciadas não como defeitos de pensamento, mas explicações pessoais com valor positivo no processo de construção ativa do pensamento (Santos, 1998).

No consenso geral, referem-se a ideias de caráter pessoal, pois são representações que cada indivíduo faz do mundo que o cerca, são vagas (variam seu significado de uma situação para outra) e pouco definidas. Podem ser elaboradas através da interação do sujeito com o mundo, ou seja, da experiência direta com objetos, acontecimentos ou situações. Portanto, as concepções alternativas são influenciadas, mas não ditadas por contribuições do meio. Podem ser inconsistentes, pois os alunos tendem a usar concepções diferentes para interpretar situações que exigem a mesma explicação, e usam as mesmas concepções para interpretar situações que exigem explicações diferentes. Por exemplo, segundo Blanco e Prieto (1997), uma criança ao comparar os recipientes: um contendo chá com um pouco de açúcar e outro contendo chá com açúcar mais resíduo, pode desenvolver diferentes ideias a respeito de dissolução a partir de uma observação rotineira. Segundo Pozo et al. (1991), a origem perceptiva dessas crenças pode estar centrada no aparente mais do que em outras variáveis ou fatores não observáveis.

Todavia, estas concepções alternativas podem se tornar inibidoras da construção de conceitos e de princípios cientificamente aceitos, pois são, “altamente estáveis, tenazes e resistentes à extinção”, pois, para os alunos, são úteis e coerentes, satisfazendo seus pontos de vista (Pozo et al., 1991).

Existem, ainda, diversas posições relativas à influência de um ou outro fator, sociocultural, educativo e linguístico, no que diz respeito à origem destas construções pessoais e como estão organizadas. Segundo Prieto et al. (1989), conforme aumenta a idade, aumenta o grau de status das concepções e, portanto, aumenta o interesse pelos estudantes a respeito dos fenômenos. Como exemplo, cita que os estudantes mais velhos se interessam mais a respeito do soluto e das mudanças que ocorrem com este no processo de dissolução, principalmente em relação às interações que

ocorrem entre as partículas da solução. No entanto, para uma estreita faixa etária, como observado neste estudo, o interesse dos estudantes mais novos e mais velhos sobre o processo de dissolução manteve-se no mesmo nível e grau de dificuldade.

O papel da linguagem também exerce influência nas ideias dos alunos, que utilizam-se de termos indiferenciados para expressarem suas concepções alternativas. Elas são muito influenciadas pela linguagem do cotidiano. O termo partícula é usado na ciência, por exemplo, para se referir à molécula; no entanto, os alunos utilizam-no para expressarem, uma pequena, mas visível, porção da matéria. Segundo Ebenezer e Erickson (1996), o professor geralmente refere-se ao termo partícula relacionada à ideia de moléculas e íons, e os alunos associam partículas a “grãos”, chegando atribuir ideias animistas, tais como: “os grãos incham”. Segundo Pozo et al. (1991), esses significados seriam um produto de distintas “microculturas”, constituídas por um conjunto de experiências ou práticas cotidianas, associadas às ideias transmitidas pela família e pelos meios de comunicação social.

Muitas das concepções alternativas se situam no nível de conhecimento intuitivo dos indivíduos e não no nível das leis que regem o mundo natural. Segundo Ebenezer e Erickson (1996), as concepções dos estudantes sobre soluções podem estar baseadas nas combinações de suas experiências com o cotidiano. Assim, as experiências dos alunos, ao verem a cera e o gelo “derreterem”, mudando do estado sólido para o estado líquido, podem justificar a associação que alguns fazem entre o processo de dissolução e o “derretimento” do sal no líquido quando quente.

Segundo Santos (1998), estas ideias podem se originar desde o instante que a criança tenta prever os acontecimentos visto que, para ela, são coerentes e bastante preditivas em relação aos fenômenos cotidianos, mesmo que do ponto de vista científico não sejam corretas.

São ideias estáveis e resistentes a mudanças e, às vezes, persistem mesmo após instrução específica. Em Santos (1998), encontramos que, embora algumas crianças apliquem ideias científicas em situações como exames, não o fazem fora de situações escolares, o que denota a persistência das concepções alternativas. Tal fato pode ser justificado se admitirmos que o conhecimento seja socializado.

As concepções alternativas podem ter caráter regressivo, uma vez que podem reaparecer depois do processo de ensino. Por exemplo, nesse estudo, o

desaparecimento do sólido no processo de dissolução foi uma ideia que persistiu mesmo após instrução. O efeito da regressão evidenciou que o ensino não foi tão efetivo quanto o professor pensou. O ensino de certos conceitos pode não ter impacto sobre as concepções alternativas e estas acabam sendo mascaradas pela memorização de conceitos.

Segundo Pozo et al. (1991), as possíveis causas do aparecimento de ideias alternativas podem estar ligadas ao: pensamento dominado pela percepção, interesse pelo aparente, raciocínio causal linear, predomínio de conceitos indiferenciados, pensamento dependente do contexto que o ative.

O aluno, ao tentar explicar o observável, pode ativar três tipos de saberes: declarativo (consistente com o conhecimento descritivo do mundo), procedimental (consistente com as habilidades efetivas que dispõem para atuar sobre o mundo) e o explicativo, que consiste em saber por que os fatos acontecem, exigindo um domínio de modelos e teorias que dariam significado aos fatos e ações.

A busca de causas para o observável implica na utilização de um nível mais complexo de pensamento, que requer domínio de sistemas conceituais e teóricos que vão além dos dados perceptíveis. As ideias, conhecidas como parte do pensamento causal, participam de um equilíbrio cognitivo e estão sempre presentes e, por isso, resistem a mudanças, pois permitem prever acontecimentos e situações, quando não, controlá-las.

Ao tentar prever e controlar os acontecimentos, o aluno passa a atribuir um efeito a uma determinada causa. Abandonar uma ideia em que acredita é supor perder o controle da situação, o que pode ser uma das razões para a resistência dos alunos à mudança conceitual, principalmente se a nova teoria não dá conta de explicar, o que toda sua concepção, mesmo que alternativa, controla e explica.

A explicação causal dos fatos é muito importante para o funcionamento cognitivo, e é compartilhada por pessoas de diferentes características (idade, país de origem, sexo, formação etc.), chegando a aparecer nos alunos de hoje, ideias similares à elaborada por filósofos e cientistas de tempos passados. Isto pode orientar uma metodologia de ensino, uma vez que, tais explicações podem ser identificadas por meio da linguagem.

Segundo Pozo et al. (1991), são identificados alguns componentes principais nas explicações causais, ainda que em contínua interação e podem originar boa parte das concepções alternativas:

- Princípios causais (Concepções espontâneas): ideias e teorias explicativas inatas e de caráter geral, quando se tenta dar significado às atividades cotidianas principalmente por meio de processos sensoriais e perceptivos. Buscam-se as causas segundo certas regras ou critérios existentes no pensamento causal. Para toda causa existe um efeito. Estas regras constituem parte do raciocínio cotidiano e servem para explicar situações novas ou imprevistas, permitindo certo controle sobre os acontecimentos. Por exemplo, para explicar a ruptura de um cristal, sem ter algum conhecimento sobre cristais, o aluno poderá pensar que a ruptura se deva a um golpe.
- Regras de inferência: quando o indivíduo apresenta ideias prévias débeis ou até ausentes sobre a natureza de um determinado fenômeno, as inferências passam a constituir formas de busca de causas para indagar a realidade, a qual não se consegue explicar. Desta forma, as próprias expectativas determinam o que deve ser explicado. Estas regras formam-se, quando os alunos ativam, para a compreensão, analogias ou similaridades, um esquema ou uma ideia correspondente a outro domínio que sirva para a compreensão da nova situação.

Assim, tanto as regras de inferências quanto as ideias causais podem ser responsáveis pela origem das concepções alternativas, além dos outros fatores já citados: predomínio do perceptivo, influência da sociedade e cultura canalizadas, principalmente através da linguagem, efeitos nocivos de certas práticas didáticas que, às vezes, não só modificam as ideias alternativas como geram novas ideias cientificamente incorretas.

Segundo a posição construtivista o ensino deve se basear no conhecimento das ideias e modelos explicativos que os alunos já têm. Uma vez não reconhecidas, as concepções alternativas podem tornar-se mais elaboradas e estáveis e servirem de obstáculos à apropriação de conceitos científicos. Hoje, entre as várias abordagens

para aproximar as concepções alternativas das concepções científicas destacam-se os Modelos de Mudança Conceitual.

1.2. Modelos de Mudança Conceitual

Visto que as concepções alternativas desempenham papel fundamental no processo de construção de conceitos científicos a compreensão pelo professor do conteúdo dessas ideias e as razões de sua persistência e resistência à mudança, poderia auxiliar os alunos a reestruturarem seus conhecimentos.

Os modelos de Mudança Conceitual visam, não apenas a mudança no conjunto de ideias e teorias, mas à reestruturação deste conjunto de ideias sob o impacto de novas ideias ou de novas informações. Um dos modelos pioneiros nesta linha foi proposto por Posner et al. (1982), o qual sugere a necessidade de uma situação de conflito, de forma que o aluno fique insatisfeito frente à nova situação, uma vez que suas concepções iniciais não atendam à resolução de novos problemas. Os autores estabelecem quatro condições cognitivas para a ocorrência da mudança conceitual:

- Insatisfação com as concepções existentes - O sujeito deve perceber que seus conceitos não são suficientes para resolver o problema.
- A nova concepção deverá ser inteligível - O novo conceito deve ser minimamente entendido.
- Uma nova conceitualização deve ser inicialmente plausível - O novo conceito deve ser capaz de resolver os problemas, anteriormente gerados, e também se adaptar a outros conhecimentos, caso contrário não será aceito.
- Um novo conceito deve sugerir a possibilidade de um programa de pesquisa profícuo - O conceito deve ser potencialmente ampliado para explorar novas áreas de pesquisa e tecnologia.

Segundo os autores, o mecanismo da mudança conceitual, poderá ocorrer em etapas. Na primeira etapa, uma mudança superficial ou assimilação³ poderá ter lugar, quando o estudante tenta ajustar as novas ideias às suas estruturas já existentes. A

³ Neste trabalho os termos “acomodação e assimilação”, embora sejam termos empregados por Piaget, serão utilizados sem nenhum comprometimento com suas teorias.

segunda etapa é caracterizada pela organização ou substituição de estruturas já existentes por novas ideias, uma vez que as concepções iniciais não conseguem explicar os fenômenos, dando origem a uma mudança mais profunda ou acomodação. Todo esse processo pode estar fortemente ligado à ecologia conceitual⁴ do aluno, que poderá ou não, dar sentido à determinada situação. Dentro da ecologia conceitual, nem todos os conceitos são modificados e os que acabam orientando as mudanças conceituais são aqueles que não conseguem resolver o problema estabelecido.

Embora esse modelo de mudança conceitual tenha sido muito criticado, há que se considerar sua importância e valor nas pesquisas cognitivas, dado que atende a muitas pesquisas nesta área e auxilia na elaboração de estratégias de ensino. Do ponto de vista do aprendiz, é um modelo de aprendizado que depende de sua atividade racional e, do ponto de vista do professor, exigirá mais reflexão na sua ação para mediar a insatisfação do aluno em relação às suas teorias iniciais. Outra crítica que se destaca na aplicação deste modelo, consiste no fato de que nem sempre a insatisfação estabelecida levará a uma mudança de concepção.

Strike e Posner (1992), em revisão crítica de sua teoria de mudança conceitual, apontam que se devem considerar alguns fatores para descrever a ecologia conceitual dos estudantes, tais como: motivações, objetivos e as origens institucional e social dos alunos, as quais desempenharão fortes influências sobre os conceitos na mudança conceitual. Também sugerem que as concepções científicas em processamento e as concepções alternativas fazem parte da ecologia conceitual dos aprendizes e não se encontram isoladas. Deste modo, a mudança conceitual não pode ser entendida como um conjunto de conquistas revolucionárias definitivas, mas sim em constante interação e desenvolvimento, influenciada pela ação mútua entre os vários componentes de uma ecologia conceitual.

De fato, deve-se considerar que a ecologia conceitual do aluno exercerá forte influência no impacto de novas informações. No entanto, é preciso que esta ecologia seja compreendida pelo professor para que a mudança conceitual seja efetiva. Parece de grande valia que se invista em pesquisas que proporcionem o reconhecimento da ecologia conceitual do indivíduo e a natureza de suas concepções, além do

⁴ Ecologia conceitual será entendida como um conjunto de ideias, na qual, cada ideia está articulada de forma complexa a outras ideias.

mecanismo pelo qual elas são acionadas, para que se proponham estratégias de ensino mais pontuais.

Pintrich et al. (1993), em revisão aos modelos de mudança conceitual utilizados no ensino, sugerem duas características críticas: natureza e função da motivação e os fatores contextuais da sala de aula. Destacam que os fatores motivacionais são mediadores potenciais do processo de mudança conceitual, tais como: objetivos, valores, autonomia, poder e controle das crenças existentes. Apontam três aspectos do comportamento individual, que consideram relevantes para a mudança conceitual: a escolha da tarefa, nível de participação nas tarefas e a disposição do aluno para realizá-las. No que concerne ao contexto da sala de aula, para o estabelecimento de relação entre a motivação dos alunos e a mudança conceitual, destacam: estrutura das tarefas, desafios, estrutura da autoridade, estrutura da avaliação, erros positivos, gerenciamento da sala de aula, uso do tempo, normas de participação, modelo de professor, mediação do professor.

Para os autores, basicamente, o modelo de mudança conceitual descreve a aprendizagem como a interação entre as experiências individuais, concepções e ideias. Fazem uma crítica ao modelo conceitual de Posner et al. (1982), evidenciando que a aprendizagem cognitiva não deve ser “fria e isolada”, dependente apenas das quatro condições cognitivas propostas por esses autores, mas que, vai além destas condições e são dependentes de uma variedade de fatores cognitivos motivacionais (afetivos) e contextuais de sala de aula. Portanto, propõem que a mudança conceitual poderá ocorrer quando da interação entre: insatisfação, inteligibilidade, plausibilidade e proficiência, e os fatores citados. Também destacam que a aprendizagem em sala de aula não é isolada, mas influenciada pelas observações e interações que se dão entre professor e alunos. Por outro lado, os objetivos sociais (amizades, namoros, tentativas de impressionar os pares) podem dificultar o compromisso intelectual.

Os autores sugerem que do ponto de vista epistêmico, o estudante quando em face de uma discrepância, poderá não desistir de sua concepção inicial e tentar um bloqueio cognitivo. Entretanto, a crença motivacional do aprendiz a respeito do seu conhecimento inicial ou acerca do conhecimento a ser aprendido poderá conduzir a discrepância a um caminho de resolução, ocorrendo uma mudança conceitual.

Wheathley (1991) descreve o processo de construção de conhecimento nas aulas de ciências e matemática com base no construtivismo e faz considerações sobre

os papéis da linguagem na comunicação e na natureza ativa da aprendizagem. Ressalta a aprendizagem, como a neutralização de perturbações e argumenta sobre o papel das interações sociais na construção do conhecimento.

Com base nestas considerações concebe que o conhecimento é construído a partir de uma atividade de cognição do sujeito e, que ideias e pensamentos não são “pacotes” de palavras que se colocam na cabeça dos outros, mas que as pessoas podem construir significados. Além de que, por mais que se tente dar sentido aos outros, dos fatos e acontecimentos, os significados são elaborados de forma individual por cada pessoa.

Para o autor, o conhecimento está relacionado à ação e às experiências do aprendiz. Em ciências, os alunos assumem suas conjecturas como verdades, exceto quando as mesmas são desafiadas por experiências, o que pode levá-los a reconsiderar suas próprias ideias e decidir em modificá-las ou não. Desta forma, o conhecimento não é uma mera transferência de dados, mas é produzido por interação social, sendo a comunicação uma das formas, pelas quais, os significados começam a ser atribuídos aos objetos com base na coordenação e ação de esquemas efetivos num processo de reconstrução subjetiva de modelos, através da negociação de significados nas interações sociais.

O autor considera a sala de aula como um espaço de aprendizagem, mais do que um espaço de trabalho, e o papel do professor como facilitador da aprendizagem e não detentor da autoridade. O papel do aprendiz também é fundamental, pois seu envolvimento com as atividades de aprendizagem proporciona resultados potencialmente significativos. Argumenta que o aprendizado se dá quando o aprendiz encontra-se diante de uma situação problemática e tenta, por meio de sua função cognitiva, encontrar uma solução. Assim, é fundamental o professor focalizar-se no entendimento dos estudantes para elaborar situações potencialmente problemáticas que conduzam à aprendizagem, o que requer do professor uma atenção para as ideias centrais da disciplina e dos alunos.

Para Carvalho et al. (1992), a interação social (aluno-aluno, aluno-professor) é vista como um aspecto fundamental para a construção de conhecimentos. Os debates e discussões em sala de aula podem promover o aproveitamento máximo das perturbações e a reelaboração de argumentos, nos quais os pontos de vista particulares são revistos e passíveis de ser melhorados. Neste caso, o papel do

professor é fundamental como agente provocador, instigador, nas tentativas de vencer as perturbações, visto que é aquele que conhece o conteúdo específico e as informações necessárias sobre o objeto em construção e capaz de promover as integrações.

Segundo Hewson e Thorley (1989), para que a mudança conceitual ocorra, são necessárias três condições: uma concepção ser inteligível, plausível e frutífera para o aprendiz. Desta forma, a mudança conceitual está relacionada à mudança do status⁵ das concepções durante o processo de acomodação. Para os autores, as concepções já existentes e as novas informações podem coexistir com tendência a se integrarem, ocorrendo uma diminuição no status da concepção inicial e aumento no status da nova concepção. Neste sentido, um conceito poderia ter os seguintes status progressivamente mais elevados: nenhum status ou status I (Inteligibilidade), status IP (Inteligível e Plausível) ou status IPF (Inteligível, Plausível e Frutífero). No processo de ensino seria fundamental a utilização de estratégias que visassem diminuir o status das concepções alternativas e elevar o status das concepções científicas.

Mortimer (1994) sugere um caráter evolutivo do processo de mudança conceitual e propõe a “Mudança de Perfil Conceitual”. O autor argumenta que uma pessoa pode empregar diferentes formas de pensar, em contextos apropriados: perfil realista - pensamento de senso comum, perfil empirista - baseado nos aspectos experimentais, perfil racionalista - quando os conceitos passam a fazer parte das relações racionais. Segundo o autor, as concepções iniciais não são substituídas por novos conceitos, mas passam a conviver com os mesmos e, desta forma, a evolução conceitual é descrita como uma mudança no perfil conceitual do aluno.

Dreyfus et al. (1990) sugerem que para se processar uma mudança conceitual, a fim de que se aprenda um novo conceito consistente com a ciência, os estudantes devem passar por um processo de reforma e reestruturação de seus conhecimentos, tendo como ponto de partida a identificação dos pré-conceitos que podem ser conseguidos por meio de um diálogo socrático, a fim de que o estudante possa analisar seus pontos de vista e, ao confrontarem-se com novas perspectivas, fiquem surpreendidos e prontos a reconsiderarem a validade de sua ideia original.

⁵ “status” é reconhecido neste estudo como a extensão pela qual a concepção incorpora três condições: inteligibilidade, plausibilidade e o fato de ser frutífera.

Chinn e Brewer (1993) analisam o papel dos dados anômalos⁶ na aquisição do conhecimento. Segundo os autores, os dados anômalos objetivam provocar as concepções dos estudantes, de forma que, insatisfeitos com suas teorias de momento, reajam quando o que acreditam entra em contradição com as novas informações. Desta forma, entender como o estudante responde à anomalia é fundamental para a compreensão do processo de mudança da teoria. Os autores consideram sete formas de respostas aos dados anômalos: desconsideração dos dados - na qual o estudante nem se importa em explicá-los, e sua teoria permanece inalterada; rejeição dos dados - os estudantes não aceitam os dados e não mudam suas teorias, mas tentam explicar porque os rejeitam; exclusão dos dados da teoria atual - quando os dados estão fora do domínio da teoria e o aluno não faz nem julgamento de sua validade, manutenção dos dados em latência - o estudante mantém sua teoria inalterada e mantém os dados anômalos, na perspectiva de utilizá-los posteriormente; reinterpretação dos dados - quando o aluno tenta dar uma explicação por meio de teorias diferentes; mudanças periféricas - são posições que ocorrem quando os estudantes tentam dar explicações, mas a hipótese central mantém-se; mudança de teoria - quando os estudantes aceitam os dados e nas suas explicações aparecem novos elementos, mudando sua teoria central.

Destacam os autores, quatro componentes pertinentes à interação das pessoas com os dados anômalos: conhecimento anterior, uma teoria alternativa plausível, características dos dados e estratégias de processamento dos dados. De acordo com estes componentes, a firmeza da teoria anterior do indivíduo permitir-lhe-á dar amplas explicações para as mais diversas situações, satisfazendo os objetivos sociais. Quando os dados contrariam estes comprometimentos, tendem a gerar respostas de preservação da teoria. A menos que os dados sejam muito convincentes, o indivíduo poderá abandonar a crença firmada ou ainda fazer mudanças periféricas. Crenças fortemente firmadas levam à rejeição das ideias científicas ou fazem acreditar que o conhecimento científico é mera memorização de fatos que não se aplicam à vida cotidiana. O conhecimento básico do indivíduo pode ter efeitos diversos nas respostas aos dados anômalos. Os autores exemplificam que um indivíduo rejeitou a ideia de que a terra ficaria na escuridão por 18 meses, após o impacto de um meteoro e que

⁶ Dados anômalos serão entendidos neste estudo como dados que contestam a teoria dos alunos.

toda forma de vida seria extinta. O aluno reinterpretou a evidência, argumentando que: “Algumas coisas podem sobreviver sem luz, por exemplo, respiradores anaeróbios”.

Traçando um paralelo com as ideias de Pintrich et al. (1993), os quais destacam que o pouco conhecimento na área implica em uma barreira menor para se alcançar a aprendizagem de novos conceitos, em Chinn e Brewer (1993), também encontrou-se que a falta de conhecimentos básicos pode facilitar a mudança de teoria. No entanto, neste estudo, evidenciou-se que a falta de conhecimento básico, dificultou a aprendizagem da visão microscópica das soluções, não somente pelo fato de os alunos não apresentarem conhecimentos prévios, mas por não apresentarem conhecimentos diversos que pudessem levá-los a inferir sobre o fenômeno em questão.

Outro fator que influencia as respostas dos alunos aos dados anômalos está relacionado à disponibilidade e qualidade (precisão, objetivo, consistência e simplicidade) de uma teoria alternativa plausível que permita explicar os dados. As características dos dados, tais como: credibilidade, ambiguidade - que torna mais provável sua reinterpretação por teorias concorrentes e a multiplicidade dos mesmos, obtidas através de experimentos, são fatores que contribuem para as respostas aos dados e devem ser considerados no processo de mudança de teorias.

Considerou-se que este modelo de aquisição de conhecimento, embora bastante complexo, é muito eficaz. Uma das dificuldades apontadas é no que diz respeito à elaboração dos dados. É preciso elaborar dados que realmente contrariem as expectativas dos alunos, para isto, o professor precisa conhecer a ecologia conceitual do estudante. Tal fato acarretará na exigência do professor em mudar seu olhar, buscando caminhos que tornem o uso dos dados anômalos mais eficazes. Isto implica que o professor deverá estar atento na interpretação das respostas dos alunos à contradição, para mediar uma mudança favorável. Apesar de o modelo mostrar-se bem estruturado, pareceu carente da consideração de aspectos motivacionais e afetivos.

Martínez (1999a) destaca o processo de desenvolvimento do conhecimento como evolutivo e parte dos significados atribuídos aos conceitos de uma teoria podem ter origem a partir do significado de formulações anteriores. Desta forma, a aquisição de conceitos poderia ser vista como a incorporação e eliminação gradual de certas qualidades da concepção inicial, na qual se modificaria.

Psicologicamente Martinez (1999) comenta que, segundo Vygotski os alunos poderiam não utilizar efetivamente as concepções científicas, não porque as desconheçam ou não as possuam, mas porque as mesmas se encontram dentro do que ele chama de Zona de Desenvolvimento Proximal. Espaço no qual graças à interação e a ajuda de outros, resolver um problema ou uma determinada tarefa seria possível em um nível que individualmente não se conseguiria, e somente poderiam ser acionadas pelo professor, companheiro ou material de apoio.

Destaca a autora, o modelo de mudança (Licht⁷, 1987 apud Martinez, 1999) que propõe o estabelecimento de uma fase intermediária entre os níveis intuitivos e o nível teórico e explicativo das novas ideias. Nesta fase, os alunos podem descobrir, de forma orientada, regras e regularidades através de suas próprias observações e descobrir os fenômenos em termos qualitativos e quantitativos sem que ocorra uma mudança substancial na natureza das ideias mantidas. Poderiam estabelecer com as ideias intuitivas uma rede lógica de interconexões e diferenciações entre os conceitos, que lhes permitiriam algumas generalizações e argumentações a respeito do fenômeno. A perspectiva não seria extinção das ideias dos alunos, mas a utilização por eles destas ideias de forma flexível, em que as noções intuitivas serviriam de ponte para as noções científicas.

Martínez (1999b) critica o modelo conceitual de Posner e outros, dada a limitada capacidade de explicar os mecanismos de mudança conceitual e a ênfase que atribui às condições para que ocorra a mudança conceitual. Muitos modelos sugerem como se adquirem as ideias, mas poucos apontam sugestões de como se transformar as ideias existentes.

Para Martínez (1999a), a substituição de concepções com base em modelos que propõem insatisfação, inteligibilidade, plausibilidade é subjetiva e depende de fatores afetivos e motivacionais, por isso a autora considera difícil pensar em um esquema de simples eliminação de uma ideia e substituição por outra.

Concorda-se com a visão da autora, pois aspectos afetivos e motivacionais puderam ser reconhecidos, nesta pesquisa como significativos no processo de aprendizagem dos alunos. Além disso, os mesmos podem afetar diretamente a

⁷ LICHT, P. "A strategy to deal with conceptual and reasoning problems in introductory electricity education". *Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and educational strategies in science and mathematics*. Cornell University: Ithaca, 1987.

disposição dos alunos na explicitação de suas ideias, quando de uma proposta construtivista.

Ainda em Martínez (1999a) encontraram-se posicionamentos sobre a natureza das concepções dos estudantes que merecem destaque nesta pesquisa, dada a valiosa contribuição, permitindo reflexões para uma melhor compreensão do processo de evolução conceitual. Com base no movimento das teorias implícitas (teorias pessoais, estáveis, consistentes, úteis e resistentes à mudança), verdadeiros obstáculos epistemológicos, a autora discute que *“nem todo conhecimento interno chega a se exteriorizar de um modo direto e inequívoco através das concepções que, como investigadores, chegamos a extrair”*.

De fato, concorda-se com esta posição, pois nem todas as estratégias de propostas para detectar as concepções prévias dos alunos, fazem com que estas efetivamente se externizem, explicitando todo o conhecimento que realmente existe por detrás do pensamento do aluno. Além disso, a própria autora destacou a possibilidade de o aluno dispor de um determinado esquema e não o ativar em uma determinada situação e sim em outras, ou ainda de se ativarem concepções distintas, o que pode estar relacionado à existência de esquemas distintos que convivem no pensamento do aluno.

A consistência das concepções foi outro argumento utilizado pela autora para defender a existência de concepções firmemente assumidas pelos alunos frente a situações comuns. Sugere que o fato de o aluno manter suas concepções em contextos distintos pode estar relacionado ao tipo de tarefa proposta para sua detecção.

Marton (1981) argumenta que existem variações nos conceitos dos indivíduos e, dependendo da situação, os significados atribuídos pelas pessoas ou grupos de pessoas variam para um mesmo fenômeno. Para o autor, os conceitos não são característicos de um indivíduo, mas das relações entre indivíduo, conteúdo e contexto. A mudança conceitual deste ponto de vista não implicará na substituição de conceitos e sim no incremento de novas ideias e na capacidade de distinção pelo indivíduo de utilizar determinadas ideias conforme a situação.

Para Linder (1993), em uma pessoa podem coexistir várias concepções em relação a um mesmo conteúdo. O autor denomina esta situação de dispersão

conceitual, e sugere que o aluno possa decidir qual a concepção que acionará em certo momento e contexto. Isto nos remete a destacar a importância do papel de estratégias de ensino que ativem as concepções em um determinado contexto para levar a cabo uma evolução conceitual.

No que se refere ao grau de organização interna das concepções, Martínez (1999a) sugere que as concepções não são tão homogêneas e estruturadas como as concepções científicas e nem tão dispersas e fragmentadas, pois o aluno apresenta certo grau de homogeneidade em suas concepções que surgem através de distintos contextos e tarefas.

Com base nos modelos e argumentos apresentados, o posicionamento do presente estudo, é de que, para ocorrer a evolução conceitual, as concepções prévias dos alunos devem ser identificadas pelo professor para cada tópico que se deseja ensinar e reconhecidas pelos alunos. Em seguida as mesmas devem ser perturbadas e reorganizadas. Somos favoráveis aos modelos que propõem explicitar as concepções através de situações problemáticas potenciais, com a finalidade de o aluno identificar a validade de suas ideias e reestruturá-las. Concorde-se com as posições que defendem a mudança conceitual como um processo evolutivo, e com os modelos que argumentam que as concepções iniciais podem coexistir com as novas informações, das quais, os alunos possam discernir qual deva acionar para explicarem os fenômenos conforme o contexto. Também se considerou essencial que o ensino atente para os fatores: conhecimento do aluno sobre o assunto, conhecimento do assunto a ser ensinado, aspectos afetivos, motivacionais, linguagem e o contexto de ensino, para que se criem estratégias que efetivamente proporcionem a construção do conhecimento. Salienta-se também a carência de modelos e mecanismo que orientem a evolução conceitual, pois, considera-se que não basta apenas reconhecer as concepções, mas entender como as mesmas evoluem. Para tanto, encontrou-se em Benarroch (2000, 2001), apoio neste aspecto e que merece apreciação.

Segundo a autora, distinguem-se diferentes graus de generalidade na organização cognitiva dos alunos. Ela destaca dois níveis: esquemas operatórios e esquemas específicos. Os esquemas operatórios seriam responsáveis pelos efeitos de transferência originados pelo desenvolvimento cognitivo dos estudantes. Os esquemas específicos seriam dependentes do conteúdo que surgem de abstrações simples e empíricas das propriedades dos objetos. Para a autora, aprender ciência é

um processo gradual, durante o qual as estruturas iniciais são continuamente enriquecidas e reestruturadas. Para uma interpretação da evolução conceitual do aluno, a autora sugere como marco teórico o Modelo Cognitivista de Marin (esquemas operatórios e específicos).

O modelo propõe que para interpretar as respostas dos alunos a determinadas situações, é preciso distingui-las entre o plano observável e o plano não observável do sujeito. No plano observável, situam-se as respostas que podem acionar estruturas internas em níveis de menor reflexão, e, no plano não observável, encontram-se os esquemas operatórios e os esquemas específicos que ativam estruturas cognitivas em maiores níveis de abstração.

Os esquemas explicativos, por sua vez, são reconstruções que o investigador realiza a partir das respostas dos alunos a uma diversidade de contextos e situações problemáticas para o mesmo conteúdo, e são construídos quando se apresenta a seguinte regularidade: repetição - utilização do mesmo esquema diante de situações distintas; generalização - utilização de esquemas diante de situações distintas, porém cientificamente equivalentes; diferenciação - adaptação do esquema diante de novas situações por reconhecimento das semelhanças e diferenças das variáveis apresentadas.

Como exemplo, Benarroch (2000, 2001) destaca que quando da dissolução do açúcar em água, o aluno, ao utilizar um esquema explicativo sempre da mesma forma, mesmo não percebendo o sabor e o aspecto granular da substância, estará apresentando uma repetição. Se utilizar a mesma explicação diante de outras situações, tais como líquidos em água, estará generalizando. E se diferenciar ou modificar o esquema explicativo adequadamente para novas situações terá evoluído conceitualmente.

Portanto, Benarroch (2000, 2001) propõe um mecanismo para interpretar a evolução conceitual que pode levar ao desenvolvimento muitas investigações nas mais diversas áreas. Com base nestes modelos de mudança conceitual, estratégias de ensino têm sido sugeridas e, a seguir se faz uma revisão de algumas propostas apresentadas.

1.3. Estratégias de Ensino para Mudança Conceitual

As estratégias de ensino, visando à mudança conceitual, apresentam como princípio fundamental o reconhecimento das concepções iniciais (pré-conceitos), sua explicitação, reconhecimento e reestruturação de acordo com o ponto de vista da ciência. Um dos propósitos deste estudo é o de encontrar caminhos para ajudar o aluno a se conscientizar de sua aprendizagem para que possa decidir quais conceitos vai abandonar ou substituir para construir seu conhecimento.

De acordo com Scott et al. (1991), ocorrem dois tipos de estratégias para promoção da mudança conceitual: estratégias baseadas na explicitação de concepções e aquelas baseadas no desenvolvimento de ideias consistentes de acordo com a visão científica. Serão abordadas apenas as estratégias que fazem explicitar as ideias dos alunos por conflito e sua resolução, uma vez que foi este o enfoque deste estudo.

1.3.1. Estratégias que Explicitam as Concepções dos Estudantes

Estratégias baseadas no conflito cognitivo e sua resolução são aquelas que envolvem a promoção de situações, nas quais os alunos expõem suas ideias sobre algum fenômeno e então as mesmas são diretamente desafiadas para que se crie um estado de perturbação cognitiva para, em seguida, serem reorganizadas. Este tipo de conflito pode ser gerado através de eventos discrepantes (experimentos críticos, anomalias etc.) e conflito entre ideias.

Por exemplo, neste estudo, a cromatografia da tinta de caneta (evento discrepante) foi utilizada para conflitar a ideia do aluno de que a homogeneidade de um sistema não implicava necessariamente na existência de substância pura.

No conflito entre ideias, Stavy e Berkovits⁸ (1980 apud Scott et al., 1991) chamam a atenção para dois tipos de conflitos: conflito gerado entre a estrutura cognitiva da criança relacionado a certa realidade física e a realidade física real e conflito gerado entre duas estruturas cognitivas diferentes relacionadas à mesma realidade.

⁸ STAVYS, R. and BERKOVITS, B. "Cognitive conflict as a basis for teaching quantitative aspects of the concept of temperature". *Science Education*. 64, 1980, p. 679-692.

Por exemplo, os autores citam que uma criança entre 9 e 10 anos, provavelmente irá assegurar que água morna mais água morna, irá produzir ainda água morna, e mais ainda, eles terão consigo que água a 30°C, mais água a 30°C irá produzir água a 60°C. Nas estratégias que envolvem o conflito entre ideias podem ser utilizados como instrumentos: folhas de exercícios, trabalhos práticos e discussões para que os alunos se conscientizem do conflito existente no seu modo de pensar e tentem reestruturar suas concepções de acordo com a visão da ciência.

Para Baker e Piburn (1996), um caminho importante para a mudança conceitual é o momento em que as coisas não funcionam da forma como se esperava. O reconhecimento da irregularidade é a força motriz que leva as pessoas a rejeitarem esquemas e substituí-los por outros.

Em Scott et al. (1991), encontra-se uma proposta de ensino com base no ciclo de aprendizagem de Piaget para a explicitação das ideias dos estudantes, organizado em quatro fases:

- 1- Fase preliminar: o professor necessita compreender a visão da ciência, o ponto de vista do estudante e sua própria visão.
- 2- Fase de focos: deve-se dar oportunidade ao estudante para que ele explore o contexto do conceito, preferencialmente dentro de uma situação “real” do dia-a-dia. Como exemplo, destacou-se, em Ebenezer e Gaskell (1995), uma atividade sugerida, na qual os alunos deveriam exemplificar situações relacionadas a soluções, para tanto os mesmos foram submetidos a provar uma solução (suco) para elaborar conceitos sobre algumas propriedades da solução, bem como desenvolver a linguagem científica sobre o assunto, tais como: soluto, solvente e homogeneidade. Muitos estudantes não percebem que as soluções fazem parte do seu dia-a-dia, o ar atmosférico é um exemplo típico desta situação, portanto o contexto da situação deve ser explorado para atingir a finalidade.
- 3- Fase desafio: os estudantes devem discutir entre si, os prós e contras de suas visões. Após a etapa nas quais as ideias são discutidas, o professor pode introduzir a visão científica, ajudando os estudantes a “quebrarem” velhas estruturas e construírem as novas. Segundo Baker e Piburn (1996), uma maneira de se fazer isso é utilizar aulas expositivas, nas quais, o

resultado de ideias provenientes da fase exploratória e discussões de ideias a partir da história da Ciência sobre o tópico, deve ser considerado.

- 4- Fase da aplicação: dar oportunidade aos estudantes de aplicarem a nova ideia em outras situações.

Mortimer (2000) critica o uso de estratégia por conflito no início do ensino, pois alega que uma teoria só poderá ser substituída por outra, após outra melhor ter sido construída. Sugere que o conflito só deva ser proposto após os estudantes terem tido a oportunidade de esclarecerem suas próprias ideias e o ponto de vista científico ter sido introduzido.

Discorda-se desta posição, uma vez que o conflito cognitivo pode ser visto como fator motivador na busca de novas explicações.

Niaz (2001) apresenta uma sequência de estudo, na qual, os estudantes deveriam responder a uma contradição na resolução de problemas, envolvendo equilíbrio químico. Seu objetivo foi investigar como uma sequência de estudo poderia facilitar o entendimento dos alunos. Trabalhou com estudantes “calouros”, de um curso de Química da Universidade de Oriente (Venezuela). Participaram 151 estudantes no estudo 1; 30 no estudo 2; e 27 no estudo 3. Apresentou uma reação química em equilíbrio, na qual um reagente foi adicionado como um efeito externo. No estudo 1 - O professor apresentou uma concepção alternativa principal: “Depois da reação iniciada, o sentido da reação direta avançou com o tempo e da inversa diminuiu, até que o equilíbrio foi atingido”. No estudo 2 - o conceito alternativo foi apresentado por último. E no estudo 3 - apenas apresentou a afirmação: “O sentido da reação inversa aumenta gradualmente”. Em todos os três estudos, os alunos tiveram que concordar com ou discordar de, e apresentar justificativas.

Os resultados obtidos mostraram que, pelo menos um grupo de estudantes do primeiro estudo, usou um modelo de resposta contraditória, baseada na geração e resolução de um conflito cognitivo, o qual facilitou o entendimento conceitual. Nos estudos 2 e 3, os estudantes não experienciaram um conflito cognitivo similar. Esta estratégia corroborou com a posição de que o conflito pode ser um fator motivador de novas explicações.

Outra estratégia de conflito de ideias (Champagne et al.⁹, 1985 apud Scott et al., 1991) é sugerida por confrontação ideacional que envolve as seguintes etapas:

- 1- Os estudantes tornam explícitas suas concepções a partir de uma situação física comum. Conforme aponta Ebenezer e Gaskell (1995), para fazer explicitar as concepções dos alunos sobre solubilidade, os alunos observaram a demonstração de alguns experimentos, tais como: I - cubo de açúcar inserido em água quente; II - sistema contendo álcool/água/corante e tiner formando duas camadas distintas; III - frasco fechado contendo água/sal em excesso.
- 2- Os estudantes analisam suas concepções e apresentam à classe.
- 3- Os estudantes tentam convencer uns aos outros a respeito da validade de suas ideias. Discussões e argumentos são utilizados para que cada estudante fique consciente de sua ideia. Como parte deste processo, Baker e Piburn (1996) sugerem que os estudantes testem seus prognósticos em atividades de laboratório.
- 4- O professor faz uma demonstração (experimento, modelos, diagramas etc.) e apresenta uma explicação científica. Pode-se, citar o caso em que a professora, no estudo de Ebenezer e Gaskell (1995), utilizando-se de modelos microscópicos da dissolução do cloreto de sódio em água, tentou estabelecer uma relação entre as interpretações microscópicas com as observações macroscópicas dos alunos.
- 5- Novas discussões são realizadas para permitir aos estudantes confrontarem suas análises com os conceitos científicos, projetando-se assim a mudança conceitual.

Neste tipo de estratégia, devem-se proporcionar ao estudante múltiplas oportunidades para debaterem suas interpretações e as possíveis relações entre suas concepções e o evento proposto.

Dreyfus et al. (1990), aplicando estratégias de conflito cognitivo, salientam que, para aprender um conceito científico, os alunos devam ser ativamente incluídos em

⁹ CHAMPAGNE, A. B., GUNSTONE, R. F. and KLOPFER, L. E. *Effecting changes in cognitive structures among physics students in Cognitive Structure and Conceptual Change*. West L. and Pines A. (eds). Academic Press, 1985.

um processo de reforma e reestruturação de seus conhecimentos. Para provocar as mudanças conceituais acerca de conceitos em Biologia, os autores propuseram: identificação dos conceitos prévios por meio de testes escritos e entrevistas com questões abertas; decisões de quais conceitos em nível científico deveriam ser ensinados; entrevistas com pequenos grupos homogêneos, utilizando questões abertas, incluindo um conceito errado; debates, confrontando as ideias e envolvendo os estudantes em situações de conflito cognitivo; identificação dos conflitos significativos; resolução do conflito em um nível tal que fosse significativo aos estudantes e cientificamente aceitáveis.

Segundo Carvalho et al. (1992), nas estratégias que lançam mão do conflito cognitivo, o aluno aprende naturalmente, quando suas previsões são contrárias aos observáveis. Na tentativa de superar o conflito, a aprendizagem é favorecida. Se a perturbação causada for muito intensa, acima do nível de assimilação/acomodação, o estudante poderá não reconhecer o conflito e este não terá efeito. No uso de estratégia por perturbações lacunares, informações adicionais são fornecidas, pois faltam objetos ou condições para realizar uma ação, ou ainda faltam conhecimentos suficientes para resolver o problema. Os autores exemplificam que, ao se perguntar ao aluno sobre a temperatura de um bloco de madeira e outro de alumínio, numa manhã fria, ele tenderá a responder que a temperatura do bloco de alumínio é mais baixa. Se forem deixados ambos os blocos ao Sol, a resposta será invertida. Mas, ao medir a temperatura, ele poderá obter um dado experimental que a temperatura dos dois blocos é a mesma, o que contradiz sua expectativa. A explicação errônea do aluno pode estar ligada à falta de conhecimento sobre condutividade (perturbação lacunar), ou ele pode ter confundido a temperatura com a sensação de quente e frio (conflito). Num processo de mudança conceitual, segundo a autora, as “estratégias baseadas em situação de conflito são necessárias, mas não suficientes, uma vez que apenas a insatisfação com as ideias prévias não implica na ocorrência da mudança”. Quanto às estratégias por perturbação lacunar nas quais informações adicionais são fornecidas, novos elementos poderão dar suporte para a mudança conceitual.

Carvalho et al. (1999) destacam estratégias baseadas em atividades experimentais, defendendo que a utilização de experimentos pode ser um ponto de partida para o desenvolvimento da compreensão de conceitos, uma vez que o aluno, ao participar do processo de aprendizagem, sai de uma postura passiva e age sobre

o objeto, estabelecendo relações com outros acontecimentos e buscando as causas dessa relação. Para tanto, as atividades devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo. Neste tipo de estratégia, o papel do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, mas envolver reflexões, relatos, discussões, ponderações e explicações características de uma atividade científica.

Weaver (1998) sugere mudanças na metodologia instrucional depois de examinar o ambiente escolar em três turmas, 4º ano do ensino elementar, 8º ano do ensino fundamental e 10º ano do ensino secundário em escolas do Colorado. Utilizou entrevistas com professores e grupos de estudantes, a fim de verificar o entendimento de ciências em sala de aula. Segundo suas observações a autora destaca:

- Atributos positivos destacados pelos alunos para melhoria do entendimento de ciência na sala de aula: trabalhos práticos, assuntos relevantes à vida cotidiana, assuntos interessantes, oportunidade para a criatividade, trabalho em grupo, demonstrações e um bom ambiente em sala de aula.
- Atributos negativos apontados pelos alunos: leituras, trabalho com livros, testes, a necessidade de habilidades matemáticas, repetitividade de explicações, interrupção das explicações dos alunos, classes lotadas, desafios insuficientes, textos cansativos.
- Sugestões dos alunos para melhoria do entendimento nas aulas: aulas práticas de laboratório, melhoria na variedade dos tópicos, estudo de campo, demonstrações, mais tempo para a realização dos trabalhos em sala de aula, assuntos relevantes ao mundo real, utilização de computadores.

A autora observou que as aulas eram realizadas, utilizando trabalhos em pequenos grupos, leitura passiva, experimentos designados pelo professor ou pelo livro, pouco uso do computador e experimentos realizados de forma independente pelos alunos.

Diante dos dados obtidos, a autora sugere, para a prática instrucional promover mudanças conceituais, as seguintes implicações:

- O uso de atividades experimentais com a participação ativa do estudante e encorajamento dos mesmos para reflexões, leva à promoção de habilidades cognitivas com pensamento crítico, capacidade de síntese e criatividade. Além disso, o trabalho de laboratório possibilita desenvolver atitudes como a curiosidade, perseverança, aumentando a motivação, auxiliando na identificação de concepções prévias.

A autora sugere que, para encorajar a mudança conceitual através de atividades de laboratório, é necessário integrar o desenvolvimento de habilidade com o conhecimento conceitual, pois a simples apresentação da informação não encoraja a mudança de conceitos.

- Um segundo ponto que destaca é o uso de assuntos relevantes à vida real que mantêm o interesse dos alunos. Sugere a utilização de um modelo educacional que apresenta como meta CTS (ciência, tecnologia e sociedade), no qual, os alunos começam a examinar assuntos relativos ao dia-a-dia da sociedade em um contexto científico e desenvolvem a postura de cidadãos críticos.

A autora destaca que os alunos são mais interessados em lições que realmente relatam fatos do cotidiano. Para encorajar o aluno no processo de reflexão, sugere que o professor, desempenhe um papel de mediador das discussões sobre os dados conflitantes, alegando que isto ajudaria os estudantes a construir conhecimentos e habilidades, além de manter o interesse pelo assunto e resultaria em um conflito menor.

Em Scott et al. (1991), encontrou-se uma proposta feita por Rowell e Dawson, que propõem que a resolução entre ideias pré-concebidas e novas concepções ocorrem após as novas concepções serem introduzidas. Os autores acreditam que uma teoria é sempre substituída por uma melhor e não descartada com base em uma evidência contraditória. A estratégia proposta por estes autores envolve seis passos: as ideias relevantes para situar o problema são estabelecidas e as discussões são registradas; o aluno é conscientizado que uma teoria melhor será apresentada, e que sua ajuda será solicitada na construção deste conceito; a nova teoria é apresentada pela ligação desta com o conhecimento disponível; o aluno é solicitado a aplicar a nova teoria para a resolução do problema, registrando seus dados e os comparando

com os dos colegas do início ao fim; as qualidades das ideias são examinadas para que se adquira o conhecimento desejado.

Banet e Núñez (1996), trabalhando com a reestruturação de ideias dentro do tema relacionado à nutrição humana, sugerem que alguns aspectos sejam observados para o desenvolvimento das estratégias de ensino: conhecer as ideias iniciais dos alunos sobre o assunto em questão; o interesse dos estudantes para o favorecimento da atividade mental; que os conteúdos sejam inteligíveis para os estudantes, mais explicativos e funcionais do que seus esquemas iniciais; que a atividade permita a participação do aluno no processo de aprendizagem, incentivando o trabalho em equipe e reflexões sobre o conteúdo; motivação e explicitação das ideias dos estudantes.

Descrevem a intervenção, considerando os seguintes passos: explicitação e confronto das ideias no início da atividade em pequenos grupos, por meio da apresentação de uma discrepância sobre o conceito; discussões em equipe e apresentação de uma explicação comum; organização das ideias apresentadas, mediadas pelo professor; reestruturação das ideias com o objetivo de ampliar os conhecimentos dos alunos, o que pode ser motivado por questionamentos e experimentações; estabelecimento de relações com outros conceitos; apresentação de conceitos novos; ampliação e revisão das novas ideias por meio da resolução de várias questões a uma situação problemática; realização de informes, destacando as relações mais importantes com sua forma de pensar.

A proposta das autoras, a nosso ver, tem um caráter motivador e integrador, uma vez que estimula a aprendizagem em grupo e se utiliza de materiais que promovem a reflexão do aluno: caderno de trabalho, mapas conceituais, exercícios de reflexão individuais. Além disso, o aluno é estimulado a refletir constantemente sobre suas próprias ideias e a validade das mesmas diante das novas informações.

Chinn e Brewer (1993), utilizando dados anômalos propõem uma sequência de eventos para a aprendizagem, na qual os alunos reconhecem o cenário físico de uma situação e o professor os motiva a fazerem previsões. Os estudantes justificam suas previsões através de explicações teóricas. Por meio de discussões, em pequenos grupos ou em sala, as explicações se estabelecem das mais variáveis formas até que se chegue a uma explicação aceitável. Caso isto não ocorra, o professor pode intervir, sugerindo uma alternativa. Os estudantes observam o resultado da situação

experimental e avaliam as teorias concorrentes e os dados anômalos em comparação com as explicações por eles levantadas e vão dando sentido aos conhecimentos.

Considerou-se a sequência proposta por Chinn e Brewer (1993) bastante viável no processo de ensino/aprendizagem, uma vez que, ao fazerem previsões, os alunos expõem suas concepções e passam a tomar consciência delas, ao mesmo tempo em que podem estabelecer relações entre suas ideias e as ideias de outros colegas, o que pode estimular a mudança de conceitos.

Villani e Carvalho (1995) analisaram a produção de conflitos cognitivos, mediante o uso de experiências simples. A investigação consistiu em uma série de entrevistas sobre choques em mecânica. Participaram do processo, estudantes da Universidade de São Paulo de escola média superior. Os autores fazem uma descrição dos tipos de alguns conflitos cognitivos (externos, internos e mistos) e das reações dos estudantes quando se encontram frente a uma ou mais divergências objetivas.

Dessa forma, descrevem os conflitos externos como sendo aqueles caracterizados por uma divergência entre o modo de ver dos estudantes e os elementos externos a ele. Por exemplo, as ideias dos estudantes sobre um experimento e o resultado do mesmo. Conflitos internos são caracterizados por uma divergência entre elementos cognitivos internos (ideias, exigências epistemológicas ou cognitivas) e a ecologia conceitual. Conflitos mistos, quando aparece uma estrutura complexa que inclui várias divergências simultâneas, ou seja, quando estas se referem tanto a elementos internos quanto aos externos.

Segundo os autores, os estudantes podem reagir de diversas maneiras diante de um conflito cognitivo: não ter consciência da divergência, minimizar os elementos divergentes, não dar muita atenção à divergência, bloquear-se cognitivamente, reconhecer parcialmente a divergência, reconhecer a divergência e permanecer indeciso sem fazer uma eleição, reconhecer a divergência e reelaborar suas ideias. Estes resultados mostraram-se compatíveis com os resultados apresentados por Chinn e Brewer (1993), referentes às respostas dos alunos diante dos dados anômalos.

Os autores destacam como contribuição didática a sequência de intervenções apresentada pela entrevistadora que seguiu os seguintes passos:

- Produção de conflitos efetivos, nos quais ela individualizava as divergências e organizava as intervenções.
- Reativação da dinâmica, evitando círculos viciosos, afrontando os problemas pessoais, subdividindo os problemas e abrindo novos conflitos.
- Estimulação de conclusões e modificações, evitando discursos longos, estimulando as perguntas dos estudantes, modificando o contexto, distinguindo as situações, analisando as condições de validade, propondo novas situações.

Limón (2001) faz uma avaliação crítica sobre estratégias instrucionais que envolvem a utilização do conflito cognitivo através de divergências, apesar de destacar que este tipo de estratégia foi uma das principais implementações na sala de aula. A autora indaga sobre algumas controvérsias em relação à aplicação deste tipo de estratégia, citando alguns autores não favoráveis, que argumentam que o aluno, mesmo confrontado com uma informação contraditória, não é capaz de alcançar um conflito cognitivo significativo ou ficar insatisfeito com seus conceitos prévios. No entanto, destaca que outros autores apresentam estudos favoráveis ao uso deste tipo de estratégia. Apesar de os diversos estudos apontarem efeitos positivos, a autora salienta que a falta de eficácia no emprego deste tipo de estratégia tem comprometido uma reestruturação forte das concepções dos alunos e, conseqüentemente, um entendimento profundo da nova informação.

Limón (2001) relaciona algumas dificuldades que implicam na eficácia da mudança conceitual por conflito cognitivo: a necessidade de se distinguir entre um conflito interno e um conflito externo, nem sempre o aluno é envolvido com o conflito estabelecido. O professor pode considerar o conflito significativo para os alunos, mas nem sempre realmente é conflitante para eles; os estudantes precisam se sentir motivados à curiosidade sobre as atividades de aprendizagem; os tópicos ensinados necessitam ser relevantes; os estudantes precisam apresentar certo conhecimento prévio para entender a nova informação; as atitudes e crenças epistemológicas sobre o aprendizado e sobre o assunto apresentado podem contribuir ou prejudicar a tarefa introduzida pelo professor como algo significativo; fatores motivacionais e emocionais influenciam na habilidade de raciocínio e também são relevantes para alcançar o

conflito; discussões e trabalhos em grupo podem auxiliar os estudantes a olharem a tarefa introduzida como significativa.

Desta forma, a autora agrupa as dificuldades em três tipos de problemas:

1º Problema: fatores motivacionais, crenças epistemológicas, falta de conhecimento prévio, valores e atitudes, engajamento cognitivo e uso de estratégias de bom senso, além dos fatores sociais.

2º Problema: relaciona-se aos aspectos mais gerais: teóricos e metodológicos que as pesquisas sobre mudança conceitual ainda têm para resolver, tais como: a importância de conhecer o que o aluno pensa e o grau de conhecimento que se espera que ele atinja; modelos de mudança conceitual centrados nos processos cognitivos do indivíduo. Futuros modelos poderiam focalizar na interação entre os aspectos cognitivos individuais e outros aspectos (afetivos, sociais, crenças epistemológicas e ontológicas, entre outros); a necessidade de investigar outros domínios, ou seja, outras áreas de conhecimento; desenvolver metodologias que possibilitem identificar o conhecimento prévio do aluno e como ativá-lo.

3º Problema: é de ordem prática da aplicação do conflito cognitivo. A autora destaca que muitas estratégias focalizam apenas o aprendiz e não o professor. No entanto, a mudança conceitual ocorre em uma estrutura real e também depende do professor. Portanto, sugere que os professores devam ser providos de treinamento para agir como facilitadores de discussões nas implicações de dados conflitantes, para se tornarem hábeis a fim de deixar claro o conflito para os alunos. Enfatiza que o professor nem sempre apresenta uma pergunta científica real e, então, é difícil para ele conhecer as dificuldades e exigências associadas à mesma. Destaca como outro fator, a insegurança que sentem os professores em promover discussões, pois lhes falta o domínio do conteúdo. O período de aula, insuficiente para desenvolverem as atividades planejadas, e a pressão para o cumprimento do programa estabelecido, também são fatores que podem reduzir a motivação do professor, mesmo que a estratégia para a mudança conceitual seja considerada excelente. Segundo Tilema e Knol¹⁰

¹⁰ TILEMA, H. H. and KNOL, W. E. "Promoting student teacher learning through conceptual change or direct instruction". *Teaching and Teacher Education*. 13 (6), 1997, p. 579-595.

(1997 apud Límon, 2001), em um programa para estimular futuros professores a aproximações com estratégias de mudança conceitual, não foram bem sucedidos, uma vez que os professores não mudaram sua posição durante a implementação do programa, por pensarem que não estavam bem preparados para aplicarem o que lhes havia sido ensinado, mostrando reações de tensão e nervosismo. Os professores deviam pensar que estratégias deste tipo, são lentas e requerem muita exigência de suas ações, para as quais eles não se sentiam preparados. Outro fator, que a autora considera que deva ser levado em conta para explicar as dificuldades da implementação do sucesso dessas estratégias, seria as crenças epistemológicas dos professores sobre o aprendizado e ensino em geral e também sobre a matéria a ser ensinada.

Todas as abordagens revistas, a nosso ver, possuem um elemento real de conflito. No entanto, apenas o professor pode estar consciente da situação, pois mesmo que o conflito seja evidenciado, não existe garantia que os estudantes reconhecerão sua existência e importância. Para Dreyfus et al. (1990), “os conflitos significativos nem sempre trazem êxito, no sentido que nem sempre eles asseguram a construção do conhecimento requerido e ou do conhecimento esperado”.

O conhecimento científico para ser construído pelos estudantes precisa ser apresentado a eles e parecer inteligível o que é determinado pelas estratégias de ensino. Alguns pesquisadores reconhecem que os professores precisam intervir para sugerir a visão aceita, em meio às sugestões dos estudantes, uma vez que as concepções científicas não são construções pessoais e sim desenvolvidas a partir de uma comunidade científica e, portanto, devem ser transferidas através da cultura da ciência. (Dreyfus et al., 1990)

Para os autores a decisão do que ensinar e qual o nível a ensinar deverá seguir os parâmetros: o tipo de conhecimento que o estudante consegue dar valor; a habilidade do estudante em atingir o nível de insatisfação; a habilidade do estudante em resolver o conflito de maneira cientificamente aceitável; o impacto do novo conhecimento construído quando o estudante o utiliza de forma independente; as atitudes do estudante em direção às tarefas escolares; conhecimento escolar e outros compromissos de aprendizagem.

O sucesso de qualquer estratégia, baseada em conflito, depende também da motivação e habilidade do aprendiz em reconhecê-lo e resolvê-lo.

1.4. Estudos Focalizando o Tema Soluções

O propósito deste tópico foi realizar uma revisão bibliográfica de alguns estudos, focalizando as concepções dos alunos e estratégias, visando à mudança conceitual sobre conceitos relacionados a soluções. Além de auxiliar na elaboração das categorias de análise, contribuiu com sugestões de atividades para o processo de ensino, utilizadas neste estudo, e serviu de apoio para a análise dos resultados obtidos na presente pesquisa.

Prieto et al. (1989) descreveram as ideias de estudantes espanhóis, entre 11 e 14 anos, a respeito da natureza e do processo de dissolução. O estudo ocorreu em Málaga (Espanha) com a participação de 319 estudantes dos últimos três anos da Educação Básica Geral. A distribuição dos estudantes atendeu a diferentes níveis de educação: 6º ano (11-12 anos), 7º ano (12-13 anos) e 8º ano (13-14 anos).

Dois objetivos principais foram destacados: explorar as concepções apresentadas pelos estudantes sobre o fenômeno de dissolução e verificar se estas eram resultados do conhecimento escolar ou social.

Três questões foram utilizadas para explicitar as concepções dos estudantes: o que pensavam a respeito da expressão: “dissolver uma substância em outra”; como imaginavam uma substância dissolvida em água e; em que contexto encontrava a palavra “dissolver”: contexto escolar ou social.

Os autores identificaram nas respostas dos estudantes seis aspectos diferentes para explicar o processo de dissolução, conforme descrito no quadro 1.1.

Quadro 1.1

Aspectos revelados nas respostas dos alunos sobre o processo de dissolução

A - Exigência (termos empregados pelos alunos ao se referirem ao soluto e solvente).	Soluto e solvente como: substâncias diferentes, solvente no estado líquido, solvente em maior quantidade, solvente mais forte que o soluto e solvente e soluto com densidades iguais e diferentes.
B - Ações (Referências a aspectos do tipo).	Misturar, adicionar, mudar, unir, fluir, correr, introduzir, outros.
C - Ideias relativas ao soluto.	Transformando-se; fundir, quebrar, decompor, desaparecer, outros. Distribuído: o soluto em solução ou no fundo do recipiente. Dissolvido.
D - Ideias relativas ao solvente.	Absorvido, eliminado, adquirindo outras propriedades (cor, odor, sabor), outras.
E - Ideias de interações entre soluto e solvente.	Interações físicas: soluto e solvente misturados, unidos sem distinção. Interações químicas: soluto e solvente resultando apenas uma substância ou substâncias diferentes.
F - Ideias em relação às características do sistema.	Sistema resultante: água como bom solvente, aumento de massa e volume, o solvente não se altera, somente certas substâncias são dissolvidas, o calor auxiliando a dissolução do soluto, soluto e solvente separados.

Os autores verificaram que, com o aumento do nível de escolaridade do 6º ano para o 8º ano, as ideias dos estudantes evoluíram a aspectos menos apoiados em exemplos concretos, aumentando o uso da terminologia científica.

As respostas também foram classificadas conforme o grau de generalidade: geral - atribuídas a qualquer substância sem nenhuma especificação, tal como: *“quando se mistura uma substância em outra elas desaparecem uma dentro da outra”*, alunos do 8º ano; média - quando se referenciavam ao estado de agregação da matéria, tal como: *“misturando um líquido com um sólido, o sólido desaparece”*, alunos do 7º ano; concreto - referente a situações concretas, tal como: *“quando se coloca um sólido em água, este vai ficando cada vez menor até dissolver”*, alunos do 6º ano.

Quanto ao contexto escolar e social, o estudo detectou que alunos do 8ºano associaram a palavra dissolver ao contexto escolar e os de 6º e 7º anos apresentam familiaridade maior com as situações cotidianas.

Cerca de 25% dos alunos (19% do 7º ano e 33% do 8º ano) apresentaram ideias de que as interações entre soluto e solvente eram de natureza química e que o resultado destas interações era a formação de uma substância que apresentava características tanto do soluto quanto do solvente (odor, sabor). Tais ideias poderiam representar uma concepção alternativa para o conceito de reação química.

Estudantes do 8º ano comentaram que uma nova substância foi formada a partir desta interação, mesmo depois de receberem instruções sobre a diferença entre fenômeno físico e químico.

25% dos estudantes referiram-se ao processo de dissolução simplesmente dizendo: “isto dissolve”. Segundo os autores, estes alunos apresentaram dificuldade para expressarem exatamente o que estava acontecendo.

Quatro termos foram empregados na indicação das mudanças que ocorriam com o soluto: desapareceu (desaparecer da vista); quebrou (insinuando a subdivisão do soluto, sem dimensionar até que ponto isto ocorreu); fundi e decompôs. Estes são termos que, segundo os autores, do ponto de vista científico, são inadequados, pois o soluto não muda para líquido e nem se decompõe em substâncias mais simples quando é dissolvido. Alguns estudantes do 6º ano apresentaram crenças de que o soluto ficava distribuído ou que se dirigia para o fundo do recipiente.

Houve um predomínio de ideias que justificavam a dissolução como uma interação física com expressões do tipo: misturar (36% do 7º ano e 29% do 8º ano), juntar (41% do 7º ano e 12% do 8º ano). Alguns estudantes mais velhos fizeram referência à imperceptibilidade do soluto e solvente após a dissolução, comentando que eram produzidas soluções de íons.

Poucos estudantes utilizaram termos como: átomos e moléculas para explicarem a dissolução e, quando o faziam (8º ano) expressavam-se da seguinte forma: “moléculas de água e açúcar se juntam”. Segundo os autores, embora os estudantes tenham recebido instruções básicas sobre a natureza particular da matéria, seus conhecimentos a respeito de partículas não foram suficientes para descreverem o processo de dissolução. Em relação às representações gráficas e explicações manifestadas pelos alunos aos modelos desenhados, oito tipos diferentes de representações foram encontrados. Predominaram, nos três níveis de educação, as seguintes representações:

Cerca de 25% das explicações em cada ano foram associadas à representação A - homogeneidade da solução e descontinuidade da matéria, na qual as partículas do soluto foram desenhadas por meio de pontinhos que não poderiam ser vistas a “olho nu”, mas possível de serem vistas ao microscópio, como uma “espécie de pó”. As representações B, e C evidenciaram a ideia da homogeneidade e continuidade da matéria. Em B, o soluto não poderia ser visto, mas coloria a água e, em C, ocorria o desaparecimento da substância (alunos do 8º ano), ou ainda, a substância ficava transparente na água (alunos do 7º ano).

Portanto, dois critérios surgiram desta análise: homogeneidade da solução, com 3/4 dos estudantes e a continuidade ou não do soluto. 62% dos alunos indicaram a continuidade do mesmo.

Os estudantes exemplificaram a dissolução como um fenômeno restrito à substância sólida dissolvida em um líquido (85%), apenas poucos estudantes, (22%) todos do 8º ano, deram exemplos de líquidos dissolvidos em líquidos e nenhum exemplo foi atribuído à presença de gases.

Em geral, a maioria dos exemplos foram associados às experiências cotidianas. Segundo os autores, estas podem ser responsáveis pelas ideias dos alunos a respeito do processo de dissolução.

Concordou-se com os autores, pois o processo de dissolução para os alunos é visto como um fenômeno relacionado aos aspectos macroscópicos e são poucas as relações que eles estabelecem com ideias sobre a natureza particular da matéria. Não é muito provável que os alunos por si venham aplicar tais conceitos.

Nesta pesquisa, verificou-se que as ideias de estudantes mais velhos, que apresentavam nível mais elevado de escolaridade, eram similares às dos estudantes que tiveram um contato menor com o ensino de química, não correspondendo aos resultados obtidos por estes autores.

Fernandez et al. (1988) realizaram uma pesquisa com 238 alunos espanhóis (do 2º curso BUP) para verificar as causas da dificuldade na compreensão de alguns conceitos de química que implicavam na aprendizagem de outros. O objetivo principal de seu estudo foi de conhecer com que classe de fenômenos, físicos ou químicos, os alunos associavam a formação de dissoluções de sólidos em líquidos. Verificaram que 76,4% dos estudantes associavam a dissolução de um sólido em um líquido a um

fenômeno químico, e tal ideia estava fortemente ligada ao “desaparecimento da substância”.

Longden et al. (1991), em um estudo sobre a interpretação das crianças, através de desenhos e escrita livre, sobre o fenômeno de dissolução, investigaram dois caminhos diferentes: exploraram a natureza das interações entre as ideias ensinadas nas aulas de ciência e aquelas originadas fora da escola; e verificaram se este trabalho resultou em algum entendimento de problemas de aprendizagem e de desenvolvimento nessa área.

Participaram do estudo, crianças da Inglaterra que estavam no 1º ano da educação secundária (11-12 anos, n=246) e no 3º ano (13-14 anos, n=196). Foram apresentadas às crianças duas figuras: a primeira mostrava um cristal vermelho sendo dissolvido em um líquido colorido de azul. A segunda figura era uma representação da primeira depois do cristal ter dissolvido, em termos de partículas, na qual os “átomos” do líquido eram coloridos com pontos azuis e os “átomos” do cristal com pontos vermelhos.

As crianças deveriam escrever, ao lado de cada figura, com a ajuda de explicações mediadas pelo professor, o que representavam as figuras para elas. Em uma segunda folha, que continha um desenho do perfil de dois béqueres, deveriam desenhar, utilizando lápis azul e vermelho, a representação do sistema quando os cristais eram dissolvidos e a representação do sistema em relação aos átomos do cristal quando este era dissolvido.

Segundo os autores, houve melhoria no entendimento das crianças sobre o processo de dissolução com a utilização do modelo de partículas nas atividades elaboradas no estudo. Buscando a consistência entre a visão macroscópica e microscópica, perceberam os autores uma pequena tendência na elaboração de ideias mais coerentes, permanecendo a maioria das crianças inconsistentes entre as duas visões. Segundo eles, a aparente persistência do caráter das noções do cotidiano, mesmo depois de considerável desenvolvimento intelectual, sugere que o ensino foi pouco efetivo na aprendizagem de novos modelos.

A inconsistência entre a visão macro e microscópica, segundo os autores, pode ser decorrente da ausência de aquisição de tipos operacionais em lógica formal. A

escola desenvolve tolerâncias contra a inconsistência e aquele que não consegue adequar-se à isto apresentará dificuldades em aprender.

Quanto às ideias alternativas que surgiram durante o ensaio, desaparecimento e acúmulo de substância no fundo do recipiente, os autores verificaram que ocorreram mudanças nas concepções (1º ano com 37% e 3º ano, 8%). A noção de que a substância simplesmente desaparece foi atribuída, em parte, pelo uso da linguagem cotidiana de difícil superação, o que implica considerar que, nas aulas de ciência, faz-se necessária a utilização do discurso cotidiano e a diferenciação entre estes termos e os que aparecem na linguagem científica.

Echeverria (1993) estudou a concepção dos estudantes sobre soluções antes e depois do processo de ensino, com o objetivo de verificar como o ensino contribuiu com alguns conceitos para a compreensão do processo de dissolução em relação aos aspectos qualitativos. Sua investigação foi realizada com alunos de uma Escola Técnica de Química de Campinas - SP. Em um primeiro estudo, foi aplicado um teste com questões abertas para 17 alunos de 1ª série e 34 alunos de 2ª série. As respostas foram agrupadas em: ideias sobre soluções, dissolução e a diferenciação entre substância e solução.

Na análise, a autora percebeu que os alunos de 1ª série apresentaram a ideia de que a solução é uma mistura, que a dissolução é um fenômeno físico, e poucos conseguiram diferenciar solução de substância. Entre os alunos de 2ª série, notou a tendência em definirem a solução como uma mistura de duas ou mais substâncias e a dissolução foi vista como um fenômeno físico, na qual, existiam interações entre soluto e solvente.

Seu estudo aponta que a maioria dos alunos admitiu a existência de interações entre soluto e solvente, mas apresentaram dificuldade em diferenciar substância e solução. Nenhum aluno caracterizou a substância por meio de propriedades físicas.

Dentre as concepções dos estudantes relativas à dissolução, verificou a preponderância, entre os alunos de 2ª série, de explicações em função dos aspectos macroscópicos e a falta de estabelecimento de relações conceituais, as quais deveriam acionar para explicarem o fenômeno. Segundo a autora, os alunos não chegarão a este nível de compreensão sozinhos, a menos que o ensino medie esta aproximação.

Em um segundo estudo com alunos de 2ª série (36 alunos) que iniciavam o estudo de soluções, Echeverria investigou: o processo de ensino e aprendizagem no tratamento das relações macroscópicas-microscópicas; a sistematização conceitual como fator relevante da aprendizagem dos alunos e o papel do professor no processo. Utilizou um teste escrito, registro e observação de aulas, entrevistas com alunos que haviam respondido ao teste e participado do ensino sobre soluções.

A autora destacou que os alunos atribuíam relevante importância ao tamanho das partículas, dada à ênfase da professora quando da classificação das dispersões de acordo com o tamanho das partículas. No processo de dissolução do NaCl em água, 97% dos alunos consideraram que o sal se dissocia em íons, 57% citaram que o fenômeno era do tipo físico, utilizando, como principal argumento, a reversibilidade do processo. Apesar do alto índice de alunos indicando a dissociação em íons, apenas 48% dos mesmos interpretaram o fenômeno microscopicamente. A dissolução do açúcar em água foi pouco interpretada pelos estudantes em nível microscópico, com apenas 37% das respostas. O papel da água no processo foi explicado pelos alunos de acordo com uma visão macroscópica.

Durante o processo de ensino sobre este tema, a autora aponta que não foram estabelecidas relações conceituais e a ação sistematizadora da professora em torno dos conceitos envolvidos não foi satisfatória. A ênfase maior foi dada aos aspectos quantitativos, e, quando das explicações em nível microscópico, pouco tempo das aulas foi dispendido, nas quais, a própria professora respondia às questões levantadas. Mesmo percebendo que os alunos não compreendiam os aspectos microscópicos, as explicações eram simplesmente repetidas sem oportunizá-los a se manifestarem. O ensino apresentou abordagem tradicional e verificou-se a resistência da professora a mudanças que objetivavam o estabelecimento de relações conceituais.

Entre os alunos entrevistados, notou-se um consenso geral sobre a formação de íons na dissociação do sal (NaCl) em água. 64% dos alunos admitiam a existência de espaços vazios entre as partículas, 44% faziam referência ao tamanho das partículas como a causa da dissolução. A maioria dos alunos não explicou suas ideias com fundamentação nas interações entre as partículas, mesmo afirmando a existência de formação de íons, permanecendo as explicações em nível macroscópico.

O fenômeno de dissolução do sal em água foi considerado reversível, no entanto, no transcorrer da entrevista, esta consideração foi colocada em dúvida, dada à manifestação de explicações microscópicas. Em relação à dissolução do açúcar em água, os alunos tiveram dificuldade em classificar o fenômeno como, físico ou químico, ainda que prevalecesse a ideia da reversibilidade do processo.

A autora ressalta que as dificuldades apresentadas pelos alunos sobre o processo de dissolução em nível microscópico podem estar ligadas a um ensino que não foi desenvolvido de forma adequada, apontando a ação pedagógica pouco desafiadora e até mesmo a falta de conhecimento do professor para desenvolver o ensino destes conceitos. Para Echeverria (1993), cabe ao professor estimular o aluno para que este possa utilizar o conhecimento adquirido e reconstruí-lo.

“Se o professor valorizou no ensino de soluções apenas os aspectos macroscópicos e quantitativos não se pode esperar que o aluno vislumbre explicações microscópicas.”

O estudo de Ebenezer e Gaskell (1995) investigou as mudanças nos conceitos dos alunos, a natureza da aprendizagem e as condições que encorajaram e dificultaram o processo de mudança, em um contexto de ensino que se baseou na colaboração entre um pesquisador e uma professora experiente. O conteúdo químico foi solução e as atividades desenvolvidas objetivaram investigar as concepções alternativas dos alunos e a reestruturação das mesmas, principalmente sobre solubilidade e a diferenciação entre fusão e dissolução.

O estudo foi realizado em uma escola secundária, urbana e pública no sudoeste de British Columbia, com estudantes do 11º e 12º anos, no qual participaram treze estudantes (9 mulheres e 4 homens). Para investigar o entendimento dos estudantes sobre solubilidade, o autor usou a “fenomenografia”, que, segundo Marton (1981), dependendo do contexto, podem ocorrer diferentes conceitos sobre um mesmo fenômeno. Portanto, os conceitos não são características de um indivíduo, mas das relações entre o indivíduo, o conteúdo e o contexto. A mudança conceitual, deste ponto de vista, não impõe necessariamente mudança nos conceitos, mas utilização de novas ideias em contextos adequados.

O estudo iniciou-se com o pesquisador investigando as concepções dos estudantes sobre solubilidade por meio de entrevista, após a demonstração de alguns experimentos: **A** (açúcar/água) - dissolução de um cubo de açúcar em um frasco

contendo água quente; **B** (água/álcool/solvente - timer) - o álcool foi adicionado à água em presença de uma pequena quantidade de corante alimentar para dar efeito visual e, logo após, a adição do solvente timer, formando fases distintas e agitação do recipiente; **C** (sal/água) - recipiente fechado contendo água com sal cristalizado no fundo do recipiente. Explorou-se a ideia do que aconteceria em cada sistema, por meio de desenhos e das explicações dos mesmos, que foram realizados pelos alunos.

Os dados foram categorizados e orientaram o desenvolvimento da unidade didática, na qual, pesquisador e professora coletaram dados de campo e mantiveram um diário sobre o processo de ensino. O pesquisador realizou entrevistas formais e informais com a professora e entrevistas pós-instrução com os treze estudantes, para analisar com mais profundidade a aprendizagem.

A análise dos conceitos dos estudantes, nesse estudo, revelou que alguns fatores influenciaram a natureza da aprendizagem dos alunos neste tópico da química. Os autores mencionaram: ambiguidade de teorias químicas sobre a dissolução por causa de seu comportamento duplo - um processo químico em alguns contextos e um processo físico em outros. Melhor seria um ensino que permitisse, ao estudante, avaliar a dissolução não como um conceito único, mas de acordo com os diferentes contextos. Citam também problema com relação às explicações do observável. Na maioria das vezes, as explicações dos alunos são baseadas naquilo que eles percebem (visão macroscópica), portanto, esperar que incorporem o modelo particular da matéria para superar suas percepções diretas não é tarefa simples. O ensino espera que os alunos aprendam a utilizar, de forma adequada os modelos científicos em contextos adequados. Outro problema no processo de aprendizagem é a discrepância entre a linguagem científica e a linguagem do conhecimento cotidiano. Palavras como partículas e soluções são usadas em ambos os contextos: escolar e social.

Para alguns alunos, partículas podem significar: “grãos, pedaços”, enquanto que para o professor são moléculas. Estes termos precisam ser esclarecidos para que os estudantes possam reconhecê-los e aplicá-los de forma adequada. Segundo Ebenezer e Gaskell (1995), a linguagem química escolar leva tempo para ser construída, e a aula de química é um contexto, no qual a ênfase deve ser tal que permita aos estudantes perceberem e reconhecerem quando e em que contextos

devem utilizá-la. Embora os estudantes tenham aprendido alguma terminologia química, os contextos nos quais podem aplicá-los são limitados.

Ebenezer e Erickson (1996), em um estudo similar ao de Ebenezer e Gaskell (1995), utilizando as mesmas tarefas, questões e público alvo do estudo anterior do grupo, procuraram documentar as concepções dos estudantes sobre solubilidade, utilizando também, como ferramenta analítica, a fenomenografia. Com esse método, procuraram distinguir, qualitativamente, os diferentes caminhos experimentados pelos estudantes diante de um determinado fenômeno, o qual ocorria em um mesmo contexto físico ou cultural.

As questões primordiais da pesquisa foram: quais as concepções mais comuns encontradas entre os estudantes antes da instrução formal sobre solução química? Como estas concepções são agrupadas dentro de categorias significativas? Quais são os fatores pedagogicamente significativos que influenciam a compreensão dos estudantes sobre solubilidade?

Segundo os autores, muitos estudantes concebem a dissolução como um processo, no qual o sólido transforma-se em líquido. Constataram o emprego do termo “derretendo” em explicações dos estudantes, o que pode estar associado à experiência e à linguagem cotidiana que experimentam.

Apareceu, entre as concepções dos alunos, uma visão contínua do líquido, pois os alunos apresentaram a ideia de que o sal ou o açúcar na água começam a derreter e ficam líquidos. Outros estudantes utilizaram ideias de natureza microscópica para explicar o processo de dissolução, empregando termos como: átomos, moléculas e partículas, no entanto, atribuindo propriedades macroscópicas para estas entidades microscópicas. O movimento das moléculas também foi citado, como se estas fossem pacotes que se encontravam de forma unida. Alguns alunos associaram o calor da água como a causa do movimento das moléculas, implicando na ideia da utilização da teoria cinética molecular.

Quase a metade dos estudantes imaginou a dissolução como um processo de combinação de duas ou mais substâncias. Um exemplo destacou-se, quando uma aluna comentou que o açúcar em água resultava em açúcar/água. A diferença de densidade entre duas substâncias foi um argumento utilizado pelos alunos para explicarem a razão pela quais os líquidos não se dissolviam. No caso do sal depositar

no fundo do frasco, o argumento utilizado foi o fato de o sal ser mais denso, maior ou mais pesado.

Alguns estudantes sugeriram que o soluto ocupava os espaços vazios existentes entre as partículas de água, ou ainda que as substâncias não se dissolviam, pois não encontravam espaços no meio para dissolver. Comentaram que a água é uma solução porque hidrogênio e oxigênio estão combinados e sugeriram que o hidrogênio é o solvente, pois se encontra na água constituindo duas partes. Os alunos fizeram referências à existência de atrações entre água e álcool, mas não entre água e tiner, pois estes eram insolúveis. Não conseguiram explicar a causa da não dissolução, apenas citaram que as substâncias não se misturavam.

Segundo os autores, as concepções apresentadas pelos estudantes sugerem que suas explicações estão apoiadas em experiências do cotidiano e do contexto escolar. Os alunos focalizaram naquilo que podiam ver, associando fatos decorrentes destas experiências para justificarem suas crenças. O fato de a dissolução estar ligada à ideia de combinação química pode também ser influência da experiência cotidiana, como no caso do açúcar que, ao ser dissolvido em água, pode ser visto pelo aluno como um sistema que mudou a aparência e gosto.

Os autores destacaram que a escola procura mediar a mudança nas concepções dos alunos, de modelos perceptíveis a favor de modelos científicos, no entanto, interpretar os fenômenos do ponto de vista microscópico pode ser difícil para os estudantes, mais do que o professor possa considerar, gerando dificuldades instrucionais. Na visão dos autores, é importante que o professor compreenda a natureza das concepções que os estudantes trazem para sala de aula e se conscientizem da linguagem e da representação visual que utilizam, bem como dos materiais instrucionais como livro texto, multimídia e outros, que podem abrir múltiplas interpretações por parte dos alunos.

Concordou-se com este estudo, que são muitas as dificuldades pelas quais passam os professores e os alunos no processo de ensino e aprendizagem do tema sobre soluções. De fato, as experiências do cotidiano são marcantes quando os alunos voltam-se para o contexto escolar, mas conclui-se serem estas experiências que impulsionam a elaboração de estratégias para melhorias da aprendizagem.

Difícil é romper a barreira de um pensamento comum para um pensamento científico. Para tanto, o ensino deve ser bem planejado, pois o aluno só irá abrir mão de suas ideias, se novas teorias justificarem melhor o que ele observa. Assim, o professor deve estar sempre atento às atividades que propõe, aos objetivos que almeja e como articular tais atividades.

O ensino de soluções é constituído de diversos termos que, na maioria das vezes, são apresentados aos alunos como se lhes fossem comuns. É preciso investir nos conceitos das palavras de forma cautelosa, construindo significados junto aos alunos e auxiliando-os a estabelecerem novas relações teóricas.

Blanco e Prieto (1997) verificaram a interação entre as ideias provenientes do contexto escolar e as originadas fora deste contexto, em relação aos fatores agitação e temperatura no processo de dissolução de um sólido em um líquido.

Participaram do estudo 458 estudantes de escolas secundárias de Málaga (Espanha), com idade entre 12-18 anos distribuídos da seguinte forma: Nível I (n=112, idade entre 12-13 anos), estudantes que ainda não haviam iniciado o curso de química, embora possam ter tido algum conhecimento esporádico de soluções. Nível II (n=127, idade entre 14-15 anos), estudantes que, em anos anteriores, tiveram seu primeiro contato com química como parte da matéria de ciências naturais. Nível III (n=105, idade entre 16-17 anos), estudantes que, em anos anteriores, tiveram seu segundo contato com química, como parte da matéria: química e física. Nível IV (n=114, idade entre 17-18 anos), estudantes que, no ano em que fizeram o teste tinham seu terceiro contato com química.

O estudo propôs aos alunos desenharem e explicarem como enxergavam o sistema - sal/água (pouco sal) - em diferentes situações: deixando o sal na água por um longo tempo; agitando o sistema e depois deixando em repouso; adicionando o sal na água quente e, então, deixando-o em repouso. A seguinte situação foi descrita: “Como você conhece, é comum dissolver sal em água. Em 100 cm³ de água destilada (a 18°C), dissolvem-se no máximo, 35 g de sal. Dentro de três copos de béqueres, cada um contendo 100 cm³ de água, foram dissolvidos 20 g de sal”. Foi proposto aos alunos que descrevessem o desenho e explicassem o que acontecia em cada béquer. Em seguida, foi proposto cobrirem os béqueres para evitar a evaporação da água, deixá-los em repouso e, no dia seguinte, retornarem e verificarem o que continha em cada um deles.

Os autores analisaram os dados de acordo com quatro modelos explicativos, que representavam as diferentes explicações em relação aos fatores: agitação e temperatura no processo de dissolução.

- P1 - A agitação e o aquecimento não tendo efeito sobre a dissolução do sal (P1A). Uma dispersão momentânea ou mistura do sal em água foi produzida (P1B). Nos béqueres A, B e C nada aconteceu.
- P2 - A agitação e/ou aumento da temperatura são pré-requisitos para a dissolução do sal em água. No béquer A nada aconteceu e nos béqueres B e C o sal dissolveu primeiro e com o tempo precipitou totalmente.
- P3 - Agitação e/ou aumento da temperatura são pré-requisitos para a dissolução do sal em água. No béquer A nada aconteceu e nos béqueres B e C o sal foi totalmente dissolvido.
- P4 - Agitação e/ou aquecimento não são pré-requisitos para a dissolução. No béquer A o sal dissolveu e no béquer B e C o sal também dissolveu.
- Nos casos em que as respostas eram confusas (G), que os alunos não sabiam responder (H) e as que não foram possíveis de serem enquadradas em nenhum foram classificadas como WP (sem modelo).

Os principais resultados obtidos da porcentagem de respostas através de cada modelo explicativo para os dois aspectos (agitação e temperatura) são apresentados a seguir:

Modelo P1 - Poucos alunos manifestaram concepções dentro deste modelo (P1A), tais concepções foram mais apresentadas pelos alunos do nível I. Percebeu-se a ausência de palavras como: “dissolve”, “dissolução” ou “dissolvido” e, quando as utilizavam, a visão sobre as mesmas era diferente do conceito químico de dissolução. A agitação foi associada ao conceito de dispersão ou mistura (P1B), o maior índice foi manifestado pelos alunos do nível II (19%) e do nível III (22%), o aumento da temperatura foi associado à ideia de que o calor produz movimento na água e esta arrasta o sal, com alunos do nível II com 9,5%.

Segundo os autores, três razões podem ter levado os alunos a este modelo: por não reconhecerem a dissolução ou não terem lido cuidadosamente a questão, por

associarem a dissolução com dispersão ou por utilizarem a palavra “dissolução” como uma ideia da quebra somente do soluto.

As concepções baseadas na experiência escolar foram caracterizadas pelo modelo P4 e a porcentagem de alunos neste modelo diminui no nível II e III. Respostas com base em experiências escolares foram pouco perceptíveis com 27,5% (nível I) para 32,5% (nível IV), mesmo depois de seis anos e três contatos com aulas de química.

Enquanto os estudantes do nível III e IV utilizaram ideias dentro dos dois aspectos: agitação e temperatura, os pertencentes aos níveis I e II expressaram ideias de dissolução utilizando mais o fator agitação.

Os modelos P2 e P3 apresentaram concepções baseadas em experiências do contexto escolar, interagindo com outros conhecimentos de química adquiridos em caminhos alternativos. Estudantes do nível IV (29%) expressaram que a agitação é um requisito para a dissolução, destacando que, mesmo não agitando, se a água estiver quente, o sal dissolve, circulando através do líquido. A corrente de convecção da água é a responsável pela separação do soluto desde um ponto de vista macroscópico para microscópico. Alunos do nível III (22%) apontaram que: “o sal é dissolvido pela ação do calor da água e, ao esfriar, os íons se associam novamente no fundo do recipiente”.

Os resultados mostraram, em um primeiro momento, que os modelos (P2 + P3) tiveram em média um aumento de 13% dos alunos do nível I para 35% de alunos ao nível IV, isto sugere que o aumento da idade e instrução reforçou e mesmo aumentou este tipo de concepção. No entanto, a porcentagem de respostas em WP diminuiu o que demonstra avanço no grau de compreensão do processo de dissolução.

A ação agitar, relacionada à dissolução, foi um fator que persistiu por todos os níveis. Isto pode residir no fato de que muitas das experiências em relação a fenômenos relacionados à dissolução, seja no contexto escolar ou no cotidiano, envolvem estes tipos de ações. A acentuada porcentagem de alunos no nível IV com 32,5% das explicações apontou a agitação como um fator determinante da dissolução, o que pode estar relacionado ao ensino que normalmente introduz estes conceitos nos níveis mais elevados.

Com relação ao efeito da temperatura no processo de dissolução, a importância atribuída pelos alunos pareceu ser menor. Somente em níveis mais altos, este fator foi maior, isto ilustra que o conhecimento de química melhorou o nível das interpretações, seja pela suposição de que o sal decompõe até certa temperatura ou pelo fato de que a temperaturas mais elevadas a dissociação do sal é facilitada.

Segundo Blanco e Prieto (1997), a persistência das concepções apresentadas pode estar ligada a um modelo geral que está ancorado nas ideias dos estudantes, como um “núcleo comum” de explicações centradas em argumentações causais. No caso da dissolução do sal em água, os estudantes interpretam a mudança que ocorre no sistema como reversível: quando o agente cessa a ação (agitar ou aquecer) o sistema retorna ao estado inicial.

Os autores sugerem que, para mediar mudanças nas concepções dos alunos, inicie-se desde cedo nas aulas de ciências: realizações e demonstrações experimentais com substâncias familiares como o sal e açúcar, dissolvendo-as em água e deixando-as em repouso por certo período de tempo, e, experimentos envolvendo substâncias que não dissolvem, mesmo se o sistema for agitado ou aquecido; demonstrações de que a solubilidade das substâncias não está relacionada com a sua densidade; utilização de conceitos de movimento e interações a nível molecular; análise e esclarecimento do papel da agitação e da temperatura no processo de dissolução.

Sánchez Blanco et al. (1997) apresentam um modelo de planejamento de uma unidade didática, envolvendo o estudo das soluções na educação secundária. A proposta buscou exemplificar a aplicação de um modelo de planejamento, aprofundar o conhecimento científico, refletir sobre um dos temas em educação (dissoluções), bem como integrar contribuições didáticas nas intervenções em aula junto aos professores em exercício.

Os autores propõem como sequência dessa tarefa: análise do conteúdo científico, análise didática, seleção de objetivos, seleção de estratégias didáticas e avaliação. Sugerem que a determinação do conteúdo acadêmico considere a integração entre conceitos, procedimentos e atitudes.

A seleção dos conteúdos implicados considerou: a identificação do fenômeno em estudo, ou seja, o reconhecimento das propriedades características das soluções,

como sendo sistemas materiais e processo físico; a interpretação do fenômeno, para ir além dos aspectos perceptíveis através de modelos ou teorias que justifiquem o comportamento do fenômeno e a relação dos conteúdos com a ciência. Assim propõem três diferentes tipos de orientações para o planejamento:

- *Perguntas centrais de identificação: O que é uma dissolução? Que propriedades apresentam as dissoluções?*
- *Perguntas centrais de interpretação: Como e por que se produz uma dissolução? Por que as propriedades se modificam em uma dissolução se alterarmos a concentração?*
- *Procedimentos científicos implicados em A e B (Processos básicos e processos integrados).*

Dentre as ideias prévias, os autores destacam, por exemplo, o reconhecimento das soluções condicionado à natureza dos componentes, apresentando maior dificuldade quando da utilização de soluções dos tipos: líquido-líquido e gás-gás. Considerações de que as soluções são sistemas que apresentam sólidos não dissolvidos ou sistemas nos quais ocorre alguma mudança de cor. Dificuldade na diferenciação entre os conceitos de solução saturada e insaturada, solução diluída e concentrada. Os esquemas operatórios necessários para a compreensão do tema, segundo os autores, seriam: conservação da matéria, operações matemáticas elementares, identificação e controle de variáveis, habilidades de investigação e utilização de modelos.

Da análise das concepções dos alunos e das exigências operatórias do conteúdo, apontam-se, para o ensino deste tópico: identificação das soluções com soluto e solvente em diferentes estados de agregação; introdução do conceito de concentração partindo da proporcionalidade dos componentes, sem a exposição a dificuldades de cálculos; demonstração experimental do princípio da conservação da massa e justificativas que este princípio não é extensível ao volume e a interpretação do processo de dissolução com a utilização do modelo particular da matéria.

Como estratégias didáticas para a evolução das concepções dos alunos dentro do tema escolhido, destacaram-se: a importância do trabalho cooperativo, o confronto de ideias, e o ensino como um processo de investigação na ação e na aprendizagem significativa. Nesta perspectiva, os autores propõem um planejamento de situações

nas quais os alunos possam reconhecer suas ideias, confrontá-las, refletindo sobre elas individualmente.

Os autores apresentam, para o ensino deste tema, a seguinte sequência: **fase de iniciação** - com contextualização do tema apresentando conteúdos relevantes relacionados com a vida cotidiana e realização de experimentos que levem à explicitação de ideias sobre os conceitos de dissolução, solubilidade e concentração; **fase de introdução de novos conhecimentos** - utilização de critérios de classificação e identificação dos sistemas materiais; **fase de aplicação** - utilização dos conhecimentos em situações cotidianas, realização de exercícios com a resolução de problemas que envolvam: cálculos, interpretação de tabelas, dados e gráficos; e a **fase de revisão** - construção de mapas conceituais envolvendo os conteúdos abordados.

Para a avaliação do processo de ensino, os autores levam em conta a evolução dos conhecimentos dos alunos, considerando o diagnóstico das ideias prévias sobre soluções e a evolução destas ideias durante o processo de ensino, bem como o desenvolvimento da unidade didática. Destaca que, a motivação proporcionada pelas atividades; a adequação ao tempo previsto; o quanto as atividades proporcionaram aprendizagem; a clareza e compreensão do tema por meio dos materiais escritos (folhas de trabalho, documentos etc.), são fatores essenciais para o desenvolvimento da unidade didática e merecem reflexão.

Considerou-se que o modelo de planejamento da unidade didática apresentado por Sánchez Blanco et al. (1997) é uma contribuição fundamental, pois permite a reflexão profunda e consciente quando se pretende ensinar de forma significativa. Neste contexto, é reconhecido que nem sempre o professor tem claro para si, quais os conteúdos e conceitos básicos que deva abordar para o ensino que propõe e, muitas vezes, pode abordar os conceitos de forma desconexa.

Auxiliar o aluno na construção de conceitos e avaliar esse processo não são atitudes comuns a muitos dos professores no exercício de sua prática, isto requer reflexões sobre sua ação que é uma atitude ainda não enraizada no docente. As considerações das exigências cognitivas dos alunos e das exigências operatórias dos conteúdos parecem que são pouco tratadas no ensino. O professor limita-se na maioria dos casos, a seguir uma programação que lhe foi imposta, sem ao menos questionar suas implicações na aprendizagem. Apresentar e utilizar o modelo

particular da matéria para explicar os fenômenos na química parece uma ideia remota, visto que, nem mesmo o professor, em muitas das situações, dá conta de utilizá-lo adequadamente.

Portanto, a contribuição dos autores para o exercício da prática docente é significativa e poderá motivar os professores a um ensino de melhor qualidade. No entanto, não se pode deixar de comentar que as dificuldades pelas quais passa o professorado dada a desvalorização profissional, salários baixos, falta de recursos didáticos, falta de orientação, falta de tempo, formação arcada em um ensino tradicional, baixas perspectivas para investimento em sua formação continuada, clientela cada vez mais desmotivada são motivos que dificultam um olhar mais centrado na ação e sobre a ação de sua prática profissional. Assim, o planejamento de uma unidade didática, em nível apresentado pelos autores, parece difícil de ser desenvolvida em todos os detalhes propostos.

Domínguez et al. (2002) investigaram as concepções prévias dos estudantes com idade entre 19 a 24 anos da Licenciatura em Química da Faculdade de UNAM (Universidade Autônoma do México, Faculdade de Química), a respeito de conceitos necessários para a compreensão do curso de Química Inorgânica: ligação química, solubilidade e condutividade.

O objetivo do curso foi verificar se as construções dos estudantes em relação aos conceitos citados evoluíam em diferentes níveis de instrução (1º, 3º, 5º, 7º semestre) das primeiras às etapas finais do curso. O cerne da investigação foi o conceito de ligação química, mas foi considerada a relação deste com solubilidade e condutividade.

As concepções foram exploradas por meio de experimentos simples, nos quais os estudantes observavam e, em seguida, explicitavam suas concepções através da expressão verbal, escrita e gráfica. O método serviu também como uma alternativa ao ensino experimental, como recurso para o estabelecimento de novas hipóteses, novos problemas cuja finalidade foi propiciar uma aprendizagem formativa.

A amostra para o estudo foi composta de três estudantes de química de cada um dos semestres, os quais foram selecionados de forma aleatória através de um convite informal.

Foram realizadas entrevistas individuais por meio de questões que solicitavam a descrição e reconhecimento das substâncias. As entrevistas foram do tipo clínica (conversa direta, condução do entrevistado a contrastar as ideias, hipóteses e propostas). Os registros das entrevistas foram feitos por meio de áudio, nas quais um professor interagia com o entrevistado e outro se encarregava da gravação e das observações.

As substâncias escolhidas eram supostamente conhecidas pelos entrevistados, NaCl, enxofre sólido pulverizado, iodo, sacarose, água e tetracloreto de carbono. Estas substâncias foram selecionadas, pois apresentavam um grande número de ligações de variados tipos, eram facilmente encontradas nos laboratórios, sendo que a solubilidade e a condutividade elétrica poderiam ser explicadas em função destas ligações. Foi solicitada a construção de mapas conceituais com alguns termos relacionados ao tema central (ligações), com o objetivo de verificar os conceitos mínimos que os estudantes possuíam, para, em seguida, compará-los com a construção de novos mapas e verificar a evolução na interligação dos conceitos: ligações químicas, solubilidade e condutividade.

No estudo dos referidos autores foi dada ênfase à análise dos aspectos referentes à solubilidade, pois era de interesse para a presente pesquisa, as ideias apresentadas pelos alunos sobre solubilidade, tais como:

- Os alunos do 1º semestre acreditam que existe uma troca de íons no processo de solubilização, ou seja, ocorre uma reação.

“Solubilidade é a capacidade que tem um elemento de dissociar-se em água.”

- Os alunos do 3º semestre parecem conceber a dissolução como uma reação química entre soluto e solvente. Os alunos não se aprofundavam nas características micro em suas explicações. Neste estágio, as ideias da solubilidade do NaCl em água estavam relacionadas com a separação de íons.

“Supondo que há uma interação de íons com as moléculas de água, sendo a água muito polar, então se separam as moléculas de água e as de cloreto de sódio em íons.”

- Os alunos do 5º semestre estabeleceram uma relação entre os tipos de ligações e a possibilidade de dissociação. Ocorreram, em suas explicações, ideias de solvatação.
- Para os alunos do 7º semestre o conceito de solubilidade não pareceu esclarecido e notaram-se confusões entre ionização e polaridade.

“A solubilidade é a tendência de juntar as moléculas, ou melhor, dissociar, não sei como chamar”

“As moléculas de cloreto de sódio e água estariam muito dispersas no meio, como que flutuando. As moléculas não solúveis ficariam separadas, de um lado as positivas e do outro as negativas. ”

Na análise, os autores procuraram identificar as características das transições entre os conceitos, a estrutura física indicada pelos estudantes e suas representações gráficas. Com relação à visão microscópica da matéria, todos os níveis representavam as partículas como íons ou moléculas por meio de círculos flutuantes, em um meio transparente e imaginário. Apesar da ideia de que a matéria é formada por partículas, eles não estabeleceram inter-relações com as ligações químicas em suas explicações.

Quanto à solubilidade das substâncias, surgiram ideias confusas. Na medida em que avançaram os semestres, os estudantes empregaram uma quantidade maior de termos químicos, no entanto, não esclareciam os conceitos referentes a tais termos. Somente nos 3º e 5º semestres é que começaram a estabelecer algumas relações entre ligações e a solubilidade. Os alunos, nestes semestres, conceberam a estrutura da matéria como partículas esféricas flutuantes e isoladas entre si. Manifestaram a ideia de que as partículas carregadas com o mesmo sinal podiam se unir como um grupo, separando-se das de sinais contrários. Os elétrons para eles, estavam ligados à ideia de corrente elétrica, e para que esta se transmitisse, estes elétrons deveriam deslocar de um íon a outro.

Diante do quadro apresentado, os autores consideraram que existe a necessidade da implantação de estratégias que permitam identificar as confusões ou a falta de clareza nos conceitos-chaves. Julgaram que é preciso um investimento maior no âmbito das ciências dos materiais, para que o aluno observe as características e propriedades macroscópicas, para depois enfatizar as estruturas microscópicas em níveis superiores de abstração. Sugerem a seleção de conceitos

básicos e indispensáveis para se chegar a outros de nível de maior complexidade. Consideram que o trabalho em laboratório é um bom instrumento para desenvolvimento do pensamento hipotético dedutivo.

1.5. Teoria das Soluções: Da Óptica de Arrhenius às Atuais Concepções

Perto do final do século XIX, três grandes nomes, Svante August Arrhenius, Ostwald Wilhelm e Jacob Hendrik Van't Hoff deram contribuições fundamentais para um dos mais difíceis problemas da época: a compreensão racional do que ocorria quando uma corrente elétrica atravessava uma solução.

De acordo com Jaffe (1976), Svante Arrhenius, nascido em 1859 em Wijk, na Suécia, aos 22 anos já havia realizado inúmeros experimentos relacionados com a passagem de eletricidade através de soluções aquosas. Durante dois anos, trabalhou no laboratório da Universidade de Uppsala, coletando uma série de dados, relativos à condutividade elétrica de diferentes tipos de soluções de: ácidos, bases e sais (eletrólitos), das quais verificou que, quanto mais diluída a solução, mais facilmente se dava a passagem da corrente elétrica. Embora tenha tentado interpretar a condutividade elétrica em soluções aquosas de açúcar, não obteve sucesso; entretanto apresentou valorosas técnicas para mensurar a condutividade elétrica (Laylin, 1993).

Formulou a hipótese de que as soluções aquosas continham partículas carregadas, íons. Para Arrhenius, segundo Jaffe (1976), a água pura, propriamente dita, não conduzia a corrente elétrica e nem o sal sólido (cloreto de sódio), porém, misturados, uma rápida mudança ocorria, na qual a corrente elétrica passava com facilidade. Para Arrhenius, as “moléculas”, de cloreto de sódio separavam-se dissociadas ou ionizadas, em partículas (íons). Defendia que estes íons já estavam presentes na solução, mesmo antes da corrente passar.

Segundo Harrington (1989), os íons, livres na solução, de acordo com Arrhenius, “nadavam” por toda a parte, em todas as direções e a corrente elétrica era transportada por dois íons: íons sódio e íons cloro, eletricamente carregados, que se moviam com diferentes velocidades e *“os íons de uma solução eletrolítica não podiam ser combinados de maneira a completar as moléculas”*, esta ideia foi revolucionária para a época e causou grande impacto, contrariando grandes cientistas, tais como Rudolf Clausius, que defendia a ideia de que somente algumas moléculas

encontravam-se nesta condição peculiar de desagregação. Em Laylin (1993), encontrou-se que Arrhenius apresentou uma ideia central para o século XX sobre as concepções de soluções químicas.

Arrhenius representou a dissociação como se segue:

“Solução aquosa de cloreto de sódio $\longrightarrow$ íons sódio + íons cloro”

Assim, de acordo com Jaffe (1976), ficou estabelecida a química dos íons:

“Estranhas partículas, infinitésimas da matéria e dotadas de cargas elétricas que permitiam a passagem da corrente elétrica através da solução quando estas tocavam os eletrodos, abandonando suas cargas elétricas e retornando mais uma vez para o estado atômico.”

Este fenômeno ocorria cada vez que um ácido inorgânico, álcali ou sal dissociava em água, e quem primeiro propôs uma explicação a este fenômeno foi Arrhenius, que conquistou a confiança de Ostwald e Van't Hoff, com os quais trabalhou junto por um longo período de tempo e, com a ajuda destes brilhantes homens, seu estudo sobre a teoria química dos eletrólitos foi divulgado em 1887, em um periódico¹¹.

Finalmente no ano de 1890, a química dos átomos e moléculas, deu lugar à química dos íons (Jaffe, 1976), que serviu de base para a química analítica, fundamentando a eletrólise, galvanoplastia e outras aplicações eletroquímicas.

Em 10 de dezembro de 1903, Arrhenius recebeu o Prêmio Nobel em reconhecimento ao valor de sua teoria da dissociação eletrolítica, continuando um pesquisador incansável e um versátil cientista, atuando no campo da cosmologia, meteorologia e bioquímica, até sua morte, em 1927.

1.5.1. Soluções: Um Modelo Explicativo para o Mecanismo da Dissolução

Atualmente, as misturas homogêneas recebem o nome de soluções ou dissoluções, nas quais as substâncias que as constituem encontram-se distribuídas de forma uniforme pelo sistema. As moléculas ou íons dos componentes presentes

¹¹ (Zeitschrift für physikalische Chemie, I, 631, 1887). Periódico, no qual Svante Arrhenius, publicou seu artigo sobre a dissolução das substâncias em água, intitulado: On the Dissociation of Substances Dissolved in Water.

estão misturados de forma que a composição é a mesma por todo sistema. A seguir, o quadro 1.2, apresenta a diferenciação entre misturas e substância pura.

Quadro 1.2
Diferenças entre misturas e substâncias:

Mistura	Substância
Os componentes podem ser separados por técnicas físicas.	Os componentes não podem ser separados por técnicas físicas.
A composição é variável.	A composição é fixa.
As propriedades estão relacionadas com as de seus componentes.	As propriedades são as mesmas de seu componente.

Fonte: Extraído do Livro Chemistry (Molecules, Matter, and Change).

É comum, nas soluções, expressar o componente dissolvido ou aquele que se encontra em menor quantidade como soluto. O solvente, por sua vez, é reconhecido como o componente mais abundante ou o agente da dissolução.

Quando uma quantidade de sólido é adicionada a uma quantidade fixa de líquido, sem que haja reação química, sempre ocorrerá um limite no qual o sólido irá dissolver a uma dada temperatura. Dentro deste limite, as misturas formadas apresentam-se homogêneas e são consideradas soluções saturadas. Acima desse limite, qualquer quantidade de sólido adicionada dará origem a um sistema heterogêneo, ficando aparentemente sem se alterar, desde que a temperatura permaneça constante e não haja perda de solvente por evaporação. Em outras palavras, numa solução saturada, o soluto dissolvido e o não dissolvido estarão em equilíbrio dinâmico, pois a taxa com que ocorre a dissolução é igual à taxa na qual o soluto volta ao estado sólido.

Na formação de uma solução, ocorrem interações entre as partículas do soluto e do solvente, nas quais as forças eletrostáticas que mantêm as partículas soluto/soluto unidas, devem dar lugar a novas interações soluto/solvente.

A dissolução dos compostos iônicos na água é, essencialmente, um processo de separação dos íons preexistentes do soluto. Dessa forma, os íons existentes no cloreto de sódio, por exemplo, encontram-se fortemente atraídos através de forças eletrostáticas, devido à atração entre as cargas opostas dos íons. Quando este sólido entra em contato com o solvente molecular (H_2O), a ação deste solvente enfraquece

as atrações eletrostáticas existentes entre os íons do composto, enquanto que os íons tornam-se solvatados ou hidratados pelas moléculas da água.

A água é um composto polar. Em virtude de seu caráter dipolar, as moléculas da água, quando colocadas em um campo elétrico, tendem a se orientar com as extremidades negativas voltadas para o polo positivo e as extremidades positivas, para o polo negativo. Esta orientação das moléculas da água enfraquece as forças atrativas dos íons.

Dessa forma, ocorrem ligações de hidrogênio com os ânions Cl^- (cloreto), e as cargas parciais do oxigênio da água são atraídas pelos cátions Na^+ (sódio), dando lugar a uma interação conhecida como íon-dipolo. Esta forte atração que exercem os íons em relação às moléculas da água facilita a passagem dos mesmos para a solução. Ambas as espécies de íons sofrem solvatação. Em geral, a solvatação dos cátions é mais intensa do que dos ânions, porque os primeiros costumam ser menores. Consequentemente, a solvatação diminui a distância efetiva entre os íons. Cada íon do composto iônico que se dissolve, é “rodeado” pelas moléculas polares da água e não volta a ser atraído pelo íon de carga oposta.

O rompimento de uma interação requer energia e, portanto, na formação das interações soluto/solvente, deve ocorrer a compensação energética, ou seja, a energia para romper interações entre as partículas soluto/soluto é muito maior quando comparada com a liberação de energia que ocorre na formação de interações entre as partículas soluto/solvente. Isto implica dizer que um composto iônico é tanto mais solúvel quanto mais fraca é a sua energia reticular e quanto mais forte é a energia de solvatação.

O saldo energético, quando uma substância dissolve, é chamado de entalpia da solução. Alguns sólidos dissolvem exotermicamente como cloreto de lítio (LiCl $\Delta H = -37 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) e outros endotermicamente como nitrato de amônio (NH_4NO_3 $\Delta H = 25,7 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$).

No caso de compostos moleculares, como por exemplo a sacarose, o processo de dissolução pode ser descrito da seguinte forma: as moléculas do açúcar estão em contato com as moléculas da água; na superfície do sólido, moléculas de açúcar são atraídas para a solução pelas moléculas da água, em consequência das fortes ligações de hidrogênio que podem ser formadas entre ambas. Da mesma forma, as

moléculas de açúcar são auxiliadas a retornarem ao sólido por outras moléculas de açúcar, também através da formação das ligações de hidrogênio. Como as interações de hidrogênio entre a molécula de água e a do açúcar são mais intensas, as moléculas de açúcar do sólido afastam-se da superfície deste e acabam interagindo com as moléculas de água. O desprendimento de calor, após a mistura, indica que, na solução, os componentes alcançaram um estado de energia mais baixo do que em seus estados puros, e isto só é possível se as forças de atração entre as moléculas diferentes forem mais intensas do que as forças de atração entre moléculas de mesmo tipo.

CAPÍTULO 2

METODOLOGIA

A coleta de dados teve início no mês de fevereiro e término em junho de 2003 e foi desenvolvida junto a duas escolas estaduais da Rede Pública de Ensino, situadas na cidade de São Bernardo do Campo, São Paulo, uma localizada no centro da cidade e outra próxima à região comercial.

2.1. Caracterização das Instituições e dos Sujeitos

Foram envolvidos, no total, três professores e 101 alunos do Ensino Médio, de quatro classes: 73 alunos de segunda série e 28 alunos de terceira série. Nestas classes, não havia sido ensinado ainda o tópico referente a soluções.

As duas escolas funcionavam nos três períodos (manhã, tarde e noite), uma atendia alunos do Ensino Médio e Fundamental e, a outra, a alunos do Ensino Médio. Da escola, que se chamou de E_1 , participaram duas turmas de 2ª série do período matutino, 2ª série A (23 alunos) e 2ª série B (29 alunos). Da escola, que se chamou de E_2 , participaram duas turmas, 2ª série G (21 alunos) do período vespertino e 3ª série D (28 alunos) do período matutino. Escolheu-se a 3ª série D, pois estes alunos iriam iniciar o estudo de soluções, conteúdo até então não ministrado em anos anteriores.

Inicialmente, realizou-se um contato com os professores para esclarecimento dos objetivos da pesquisa e aplicação de um questionário aberto (anexo 1) que objetivou a percepção das características pessoais, profissionais e dos aspectos gerais de suas práticas pedagógicas.

Tinha-se, inicialmente, a perspectiva da participação ativa do professor no processo de planejamento e aplicação das atividades de ensino para a coleta de dados. No entanto, isto não se concretizou, uma vez que os professores alegaram que não dispunham de tempo para participar da elaboração das atividades e também não se dispuseram a aplicá-las. Dessa forma, a própria pesquisadora atuou como professora na coleta dos dados.

Esta pesquisa seguiu uma metodologia qualitativa (Lücke e André, 1996) do tipo pesquisa-ação, uma vez que foi necessária sua imersão no processo de ensino, planejando, implementando, observando e refletindo, num ciclo que se repetiu ao longo do estudo.

Entrevistas semiestruturadas foram realizadas com os professores, baseadas em um roteiro não fechado, gravadas em áudio, com duração de aproximadamente 60 minutos, cuja finalidade foi caracterizar as concepções dos professores em relação ao ensino de soluções, bem como diagnosticar a visão do professor quanto às dificuldades conceituais apresentadas pelos alunos sobre soluções e processo de dissolução. As entrevistas permitiram momentos de reflexão sobre suas próprias concepções e práticas de ensino.

Os professores serão caracterizados por P1, P2 e P3. Professora P1 da 2ª série A e B da escola E₁, professor P2 da 2ª série G e professora P3 da 3ª série D, ambos da escola E₂, apresentaram as seguintes características pessoais e profissionais, que se encontram indicadas no quadro a seguir (Quadro 2.1).

Quadro 2.1

Caracterização Pessoal e Profissional dos Professores P1, P2 e P3

Professor	Idade	Atividade principal	Outra atividade	Instituição que leciona	Nível de Ensino	Tempo de magistério	Carga horária atual
P1	33 anos	Professora	Não	Rede Estadual de Ensino	Ensino Médio	10 anos	33h/aula
P2	51 anos	Professor	Consultor técnico	Rede Estadual e Particular	Ensino Médio	Mais de 28 anos	36h/aula
P3	36 anos	Professora	Não	Rede Estadual	Ensino Médio e Fundamental	13 anos	41h/aula

Em relação às práticas pedagógicas destes professores, identificou-se um ensino com fortes características de transmissão de conhecimento com exceção do

P2, e a utilização de livros didáticos¹² como recursos para organizar e planejar as aulas. A professora P1 foi remanejada para a escola E₁ no ano de 2003 e não conhecia muito bem o perfil dos alunos que foram alvo da investigação. Constatou, entre suas informações, que os alunos da 2ª série A e B já passaram pelo ensino de modelos atômicos, estrutura da matéria, estados físicos da matéria, ligações químicas, conceitos que darão suporte para a compreensão dos aspectos microscópicos do processo de dissolução neste estudo, e que, segundo Echeverria (1993), são conceitos fundamentalmente escolares. A professora P3 acompanhou seus alunos desde a primeira série e evidenciou que os conceitos citados já foram iniciados com seus alunos em anos anteriores. O professor P2 advertiu que a 2ª série G compõe-se de uma turma bastante heterogênea, formada por alunos provenientes de diversas escolas, não sendo possível avaliar até que ponto tais conceitos foram estruturados pelos alunos.

Os professores atribuem importância ao ensino de soluções, justificando que os conceitos desenvolvidos no tema auxiliam a compreensão de outros conceitos na química, além da percepção, por parte dos alunos, da importância das soluções em seu cotidiano.

No ensino de soluções, os professores definem as soluções como sendo mistura homogêneas de substâncias, discutem os conceitos de soluto, solvente, fazem comentários a respeito dos tipos de soluções existentes, mas a ênfase maior é atribuída às soluções líquidas. Desenvolvem os conceitos de solução saturada e insaturada e avançam para os aspectos quantitativos do tema. Não investem na visão microscópica do fenômeno de dissolução, alegando falta de tempo, dificuldades particulares e a falta de pré-requisitos dos alunos para a compreensão dos aspectos microscópicos ligados ao assunto, como citado por Echeverria (1993).

Para efeito da pesquisa, foram consideradas as concepções iniciais dos 101 alunos que realizaram o diagnóstico inicial. Para a análise da evolução conceitual dos alunos, consideraram-se as concepções dos que participaram de todas as situações de ensino propostas na pesquisa (diagnóstico inicial, atividades de aula, diagnóstico

¹² USBERCO, J. e SALVADOR, E. *Química*. São Paulo: Ed. Moderna, 4ª edição, 1999, volume único.
GEPEQ - Grupo de Pesquisa em Educação Química. *Interações e Transformações: Química para o 2º Grau*. São Paulo: EDUSP, 1994.

final), totalizando 59 alunos cujas características, por turma, são discriminadas na tabela a seguir (TAB 2.1).

Tabela 2.1
Características Gerais dos alunos por turma

Turma	Nº alunos por turma	Nº de alunos envolvidos na análise da evolução conceitual	Número de alunos de acordo com a idade				Número de alunos de acordo com o sexo	
			15 anos	16 anos	17 anos	18 anos	Feminino	Masculino
2ª série A	23	9	14	8	1	0	16	7
2ª série B	29	19	13	12	4	0	16	13
2ª série G	21	11	7	11	3	0	12	9
3ª série D	28	20	0	8	18	2	23	5

A 2ª série A da escola E₁ mostrou-se ser uma classe um tanto agitada, mas com alunos questionadores. Embora realizassem a maioria das atividades com muita dispersão, surgiram momentos ricos de questionamentos e perguntas interessantes. Predominaram, nesta turma, alunos com idade de 15 anos, totalizando 60,9% do total de alunos da turma. Houve um índice elevado de faltas no decorrer do processo, e a frequência de participação foi de 39,1%, considerando todas as atividades.

Na 2ª série B da mesma escola, as atividades transcorreram com mais tranquilidade, envolvimento e interesse dos alunos. O índice de frequência dos alunos foi de 65,5%, e predominaram alunos com idade de 15 anos, perfazendo 51,7% da turma.

A maioria das atividades desenvolvidas nessa escola ocorreu no período planejado, com poucas alterações nos planos de aplicação. Na última etapa do processo, quando da aplicação do diagnóstico final, o índice de faltas foi elevado em ambas as turmas, o que pode estar relacionado ao fato de que o semestre encontrava-se no término e muitos alunos deixaram de comparecer às atividades escolares.

Na escola E₂, as interrupções no plano de aplicação foram mais frequentes devido a: reuniões de planejamento, conselho de classe, semana de avaliações, semana cultural e mudança nos horários dos professores.

Na 2ª série G, 52,5% dos alunos tinham 16 anos, dos quais, 57,1% eram do sexo feminino, nos pareceu uma turma apática e desanimada. Os alunos estudavam

no período vespertino e a maioria apresentou dificuldade em manifestar suas concepções, resistindo a exporem-nas. Houve uma frequência de 52,4% na totalidade das aulas desenvolvidas nesta pesquisa.

Uma característica marcante desta turma foi o fato de alguns alunos já terem trabalhado com um material alternativo (Interações e Transformações – GEPEQ, ver nota de rodapé 12) na 1ª série, embora no ano corrente alguns alunos estivessem em contato com este material pela primeira vez.

A 3ª série D da escola E₂ período matutino, mostrou-se participativa. No entanto, os alunos habituados a um ensino por transmissão de conhecimento, esperavam, na maioria das vezes, que o professor concluísse as ideias. A frequência de participação na totalidade das atividades foi de 67,8%. Houve predomínio do sexo feminino e alunos na faixa de 17 anos. O interesse durante as atividades variou entre eles.

2.2. Planejamento do Diagnóstico Inicial

De acordo com os resultados obtidos durante as entrevistas com os professores e fundamentados nos estudos sobre soluções, realizados através da literatura, elaborou-se um instrumento (diagnóstico inicial) para verificar as concepções alternativas dos alunos sobre o tema em questão (anexo 2), o qual se constituiu de questões abertas cujos objetivos são discriminados no quadro 2.2.

As questões do diagnóstico inicial foram elaboradas para fazer explicitar as concepções dos alunos sobre soluções e processo de dissolução antes das atividades de ensino. O instrumento foi aplicado aos alunos durante uma aula de química e solicitado que os mesmos respondessem as questões propostas individualmente.

Surgiram diversas manifestações de atitudes entre os alunos: curiosidade, resistência, sátira, incertezas, desconfiança, entre outras. A maioria dos alunos, no entanto, realizou o diagnóstico inicial de forma cuidadosa. Foi notável a preocupação dos mesmos quanto à avaliação de suas respostas. Durante o diagnóstico, observaram-se alunos em conflito, pelo fato de não conseguirem expressar suas ideias em relação a algumas questões solicitadas, com manifestações:

“Agora eu faço questão de saber a resposta, pois percebo que muita coisa eu não sei!”

Quadro 2.2
Planejamento do Diagnóstico Inicial

Questões	Objetivo
Questões 1 e 2	<p>Verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • As concepções dos alunos sobre o conceito de solução e processo de dissolução. • A percepção dos alunos em relação às soluções como um sistema caracteristicamente homogêneo. • A evidência de concepções sobre interações entre partículas no processo de dissolução.
Questões 3 e 9	Verificar a influência das experiências do dia-a-dia, na exemplificação e seleção de sistemas representativos de soluções, bem como o conhecimento da existência de soluções sólidas, líquidas e gasosas.
Questão 4	Explorar, através da escrita livre e da composição de desenhos, concepções sobre o processo de dissolução, verificando a ocorrência da visão contínua ou descontínua da matéria.
Questão 5	Verificar as concepções dos alunos em relação à distribuição do soluto e do solvente no processo de dissolução, quando lhes são apresentadas ideias alternativas em relação a estes constituintes. Identificar a valorização atribuída pelos alunos em relação à necessidade de um líquido ou da água como meio para a dissolução, e como concebem a influência da agitação e da temperatura neste processo.
Questão 6 (Não utilizada neste estudo) ¹³	Verificar ideias relativas à conservação da massa no processo de dissolução.
Questão 7	Explorar noções microscópicas em relação ao processo de dissolução, supondo a utilização de instrumentos de maiores capacidades de observação.
Questão 8	Verificar as concepções dos alunos relativas à não solubilização de algumas substâncias.
Questão 10	Verificar as concepções dos alunos relativas à solução saturada e insaturada.

2.3. Planejamento das Atividades Propostas para o Ensino de Soluções, Visando à Evolução Conceitual

O resultado obtido, a partir da análise de dados do diagnóstico inicial, orientou a elaboração das atividades aplicadas em sala de aula, durante as situações de

¹³ Esta questão não foi utilizada porque não atingiu o objetivo que se pretendia ao realizá-la.

ensino. Foi planejado um total de seis atividades, que sofreram alterações na medida em que os alunos manifestavam suas concepções. Foram planejadas para serem aplicadas duas por semana, quando da não ocorrência de eventuais problemas. A estratégia para o desenvolvimento das atividades foi baseada no conflito cognitivo, cujo objetivo foi manifestar as concepções prévias dos alunos em relação às concepções sobre soluções e o processo de dissolução. O quadro 2.3, relaciona os objetivos, sequência e instrumentos utilizados para a coleta de dados.

Essas atividades tinham a intenção de poder provocar nos estudantes algumas reflexões sobre os conceitos químicos, desencadeando a elaboração de representações mentais. E, também, mostrar que no processo de ensino a consideração de tais reflexões deve provocar no professor reflexões educacionais.

Quadro 2.3

Atividades propostas visando à evolução conceitual de conceitos pertinentes ao tema soluções

Atividade	Objetivo	Sequência de Atividades	Instrumentos de Coleta de Dados
1	<ul style="list-style-type: none"> - Diferenciar, entre os sistemas materiais, os representativos de substâncias puras, compreendendo sua diferença entre misturas de substâncias. - Distinguir entre os sistemas materiais, as misturas homogêneas das misturas heterogêneas. - Interpretar a solução como uma mistura homogênea de substâncias, percebendo a homogeneidade como uma característica fundamental das soluções. 	<ul style="list-style-type: none"> - Observação, pelos alunos, de alguns sistemas materiais e estabelecimento de um critério para a classificação dos sistemas em substâncias puras. - Explicitação das ideias iniciais do aluno, utilizando uma folha de trabalho, na qual, evidenciou o critério utilizado para a seleção do sistema como substância pura. - Confronto entre as ideias dos alunos sob a orientação da professora para precisar a identificação dos sistemas materiais. - Realização de um experimento discrepante (cromatografia da tinta de caneta esferográfica), cuja finalidade foi perturbar a concepção dos alunos, de que um sistema homogêneo não é necessariamente representativo de substância pura. - Elaboração de um mapa conceitual, no qual, o aluno organizou os conceitos construídos, de acordo com sua concepção. 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Folha de trabalho como exercício de reflexão individual.</p> <p>Confronto das ideias apresentadas.</p> <p>Mapa conceitual.</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> - Rever o conceito de solução. - Elaborar o conceito de soluto e solvente. - Tomar conhecimento da existência das soluções: sólidas, líquidas e gasosas, segundo a natureza dos componentes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão do conceito de soluções por meio de eventos discrepantes, discussões em grande grupo (sala de aula), confronto de ideias e demonstração de experimentos. - Análise de dados referente a um conjunto de propriedades que caracterizam a substância pura, ilustradas através de transparência. 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Folha de trabalho com exercícios de reflexão.</p> <p>Contextualização do tema através de texto.</p>

Continuação do quadro 2.3

Atividade	Objetivo	Sequência de Atividades	Instrumentos de Coleta de Dados
2 (cont.)	- Compreender aplicações e importância das soluções no cotidiano.	- Explicitação das ideias, com utilização de folha de trabalho, sendo solicitado ao aluno que identificasse o soluto, solvente e o tipo de solução, de acordo com o estado de agregação dos componentes à medida que observava alguns sistemas materiais apresentados pela professora.	
3	<ul style="list-style-type: none"> - Classificar as soluções de acordo com a quantidade máxima de soluto em uma quantidade fixa de solvente, elaborando o conceito de solubilidade. - Aplicar o conceito de solubilidade em outras situações. - Analisar as variáveis: temperatura e agitação no processo de dissolução. - Analisar e interpretar curvas de solubilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento de atividade experimental sobre a solubilidade do sal (cloreto de sódio) e açúcar, realizada em pequenos grupos, sob a orientação da professora, visando à elaboração do conceito de solubilidade. - Estabelecimento de discussões e confronto de ideias entre os alunos no pequeno grupo. - Classificação das soluções segundo a quantidade máxima de soluto capaz de se dissolver em quantidade fixa de solvente, elaborando o conceito de solução saturada e insaturada. - Verificação da influência da temperatura e agitação na obtenção das soluções, mediante experimentos guiados pela professora. - Interpretação de curvas de solubilidade. 	Discussões gravadas em áudio e vídeo e manifestações de concepções por escrito em folha de trabalho.
4	- Compreender a influência da agitação e da variação de temperatura no processo de dissolução.	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de um quadro geral dos dados de acordo com os resultados de cada equipe na atividade 3. - Confronto entre as ideias dos alunos com relação aos dados obtidos e as discussões estabelecidas durante a atividade 3. 	Exercícios de interpretação de curvas de solubilidade.

Continuação do quadro 2.3

Atividade	Objetivo	Sequência de Atividades	Instrumentos de Coleta de Dados
4 (cont.)	<ul style="list-style-type: none"> - Elaborar a ideia de que a concentração da solução varia em função da quantidade de partículas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Interpretação de curvas de solubilidade, ilustradas por meio de transparência, com aplicação dos conceitos de solução saturada e insaturada. - Demonstração de um experimento realizado pela professora, para conflitar as ideias dos alunos em relação à influência da agitação no processo de dissolução. - Resolução de exercícios. - Contextualização do tema, com leitura e discussão de um texto, explorando a possibilidade da existência de vida aquática. 	
5	<ul style="list-style-type: none"> - Refletir sobre o fato de que a densidade não é o fator que determina a dissolução das substâncias. - Elaborar a ideia de que a dissolução das substâncias está relacionada com as interações que ocorrem entre as partículas de soluto e solvente que entram em contato no processo de dissolução. - Utilizar o modelo particular para interpretar a dissolução. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reflexão, por parte dos alunos, através de questões dirigidas, sobre o fato da existência de materiais que dissolvem e os que não dissolvem. - Confronto entre as ideias estabelecidas pelos alunos, sob a orientação da professora. - Análise de dados de uma tabela, ilustrada por meio de transparência, que relaciona a densidade e a solubilidade de algumas substâncias, objetivando a percepção, por parte dos alunos, de que a densidade não é o fator que determina a solubilidade. - Utilização de: desenhos, fotografias ilustradas por meio de transparências, da água no estado sólido e líquido e do cristal cloreto de sódio, para a retomada de alguns conceitos sobre interações atômicas e moleculares, mediando a elaboração de ideias sobre a dissolução como um processo de interações entre as partículas de soluto e solvente. 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Exercícios individuais realizados na folha de trabalho.</p>

Continuação do quadro 2.3

Atividade	Objetivo	Sequência de Atividades	Instrumentos de Coleta de Dados
5 (cont.)		<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de desenhos e explicações, a nível microscópico, por parte dos alunos a respeito de uma situação, na qual, entram em contato: cloreto de sódio (sólido) e água, e açúcar e água: soluções condutoras e não condutoras de eletricidade. - Observação dos alunos de um experimento demonstrado pela professora sobre a condutividade elétrica de algumas soluções, para a percepção de que, no processo de dissolução, as interações entre as partículas de soluto e solvente podem formar diferentes tipos de soluções. (Condutoras e não condutoras de eletricidade). 	
6	<ul style="list-style-type: none"> - Formular um mapa conceitual para organizar os conceitos elaborados. - Explicitar as relações estabelecidas entre os conceitos construídos. - Compartilhar significados no contexto das atividades propostas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Formação de equipes, visando um trabalho cooperativo. - Confronto entre as ideias dos alunos, em pequenas equipes, com a retomada dos conceitos construídos durante as atividades. - Elaboração de um mapa conceitual. 	<p>Discussões gravadas em áudio e vídeo.</p> <p>Mapa conceitual.</p>

Após duas semanas da aplicação das atividades, foram realizadas entrevistas individuais e semiestruturadas (anexo 3), com três alunos de cada turma, que foram gravadas em áudio após permissão prévia de cada estudante. O objetivo destas, foi o de conhecer mais detalhadamente como as novas concepções estavam sendo estruturadas pelos alunos.

Por fim, um diagnóstico (anexo 4) foi aplicado cerca de um mês após o término das atividades, cuja finalidade foi verificar as concepções dos estudantes após o processo de ensino.

2.4. Descrição das Atividades

Atividade 1 - Caracterização das ideias a partir da diferenciação entre substância pura e mistura de substâncias. Construção do conceito de solução em nível macroscópico.

Dada à dificuldade apresentada pelos alunos de diferenciar substâncias puras das misturas de substâncias e também em conceituar solução, que caracterizavam como uma mistura de: “elementos, materiais, produtos químicos”, a atividade objetivou a elaboração do conceito de solução como uma mistura homogênea de substâncias. Considerou-se que a ideia da homogeneidade pudesse desencadear reflexões posteriores sobre as possíveis interações que ocorrem entre o soluto e o solvente no processo de dissolução.

Para tanto, foi proposto aos alunos, observarem alguns sistemas materiais, dos quais, eles deveriam selecionar os que consideravam uma substância pura. Os sistemas foram identificados por letras sem que houvesse qualquer discriminação de seus componentes.

O quadro 2.4 indica os componentes de cada um dos sistemas materiais que foram utilizados nesta atividade.

Quadro 2.4
Sistemas materiais

Sistemas materiais					
Sistema	Componente	Sistema	Componente	Sistema	Componente
A	Sulfato de cobre sólido	H	Barra de cobre	O	Areia
B	Bicarbonato de sódio + carbonato de cálcio	I	Cloreto de sódio sólido + água	P	Granito
C	Enxofre sólido	J	Vinagre + óleo	Q	Prego de aço
D	Leite de magnésia + água	K	Serragem de pau-brasil	R	Aliança de ouro 18 quilates
E	Solução aquosa de sulfato de cobre	L	Tinta de caneta	S	Liga de latão
F	Barra de zinco	M	Carvão em pó + óxido de cobre		
G	Barra de alumínio	N	Enxofre sólido + ferro em pó		

Os alunos foram dispostos em círculo e, no centro, sobre uma mesa, organizaram-se os sistemas em ordem alfabética. A seguir, a professora, circulando próximo aos alunos, permitiu que eles visualizassem os sistemas para que pudessem selecionar os representativos de substâncias puras.

Utilizando uma folha de trabalho, o aluno anotou a letra do sistema que julgou representar uma substância pura. Ao final de suas observações, explicou por escrito o critério que utilizou para classificar os sistemas como substância pura.

Os sistemas materiais apresentados constituíram-se de: substâncias puras (A, C, F, G, H), mistura heterogênea de substâncias (B, D, J, K, M, N, O, P) e mistura homogênea de substâncias (E, I, L, Q, R, S), compondo, assim, sistemas homogêneos, aparentemente homogêneos e sistemas heterogêneos. A homogeneidade do sistema poderia suscitar um conflito em relação à diferença entre substância pura e mistura homogênea de substâncias, dadas as ideias apresentadas no diagnóstico inicial. Esperava-se que, pela aparência, os alunos classificassem os sistemas materiais homogêneos em substâncias, não sentindo a necessidade de mais informações para fazerem tal classificação.

Na sequência, foi realizada uma ampla discussão, sob a orientação da professora, na qual os alunos confrontaram suas ideias a fim de obter um critério único de classificação dos sistemas como substâncias puras. Segundo Dreyfus et al. (1990),

o aluno, através do confronto de ideias, pode analisar sua visão em relação a uma nova perspectiva e reconsiderá-la. Considerou-se que dar esta oportunidade ao aluno, seria relevante para que ele começasse a expor suas ideias e pensar sobre as mesmas.

Dado que o critério estabelecido para identificar o sistema como uma substância pura foi a homogeneidade, os alunos foram motivados a refletirem sobre a validade desta ideia através do experimento: cromatografia da tinta de caneta esferográfica (extraído de Ambrogi e Lisbôa¹⁴, 1983). A tinta de caneta esferográfica, aparentemente homogênea, separava-se em pigmentos de diferentes cores, na condição do experimento. A atividade consistiu em o aluno desenhar um pequeno ponto com a caneta esferográfica a cerca de 3 cm da extremidade de uma tira de papel de filtro e emergir essa tira em um recipiente contendo álcool, sem o álcool atingir diretamente o ponto com a tinta.

O álcool absorvido pelo papel começou a subir e arrastar os componentes da tinta com velocidades diferentes, dado que estes componentes são solúveis no álcool, impregnando o papel com várias cores relativas a cada substância constituinte da tinta.

O experimento objetivou a percepção, por parte dos alunos, de que um sistema homogêneo poderia ser constituído por mais de um componente e nem sempre caracterizaria uma substância pura. Procurou-se abalar a crença dos alunos de que o aspecto homogêneo do sistema não era garantia de que se constituía de uma substância pura.

Através de discussões, a professora sistematizou os conceitos de substância pura e mistura de substâncias junto aos alunos, mediando a elaboração do conceito de solução como mistura homogênea de substâncias. Os alunos refletiram e escreveram sobre as ideias (conceitos novos) que foram desenvolvidas durante essa atividade e, sob orientação da professora, foram motivados a elaborarem individualmente um mapa conceitual (anexo 5) com o propósito de organizar o conjunto de significados conceituais construídos.

¹⁴ AMBROGI, A. e LISBÔA, J. C. F. *Misturas e substâncias: Reações Químicas*. Centro de Estudos de Ciências de São Paulo. São Paulo: Ed. Hamburg, 1983, p. 34 -36.

Atividade 2 - Construção e aplicação dos conceitos de soluto, solvente na identificação das soluções em sólidas, líquidas e gasosas.

A atividade foi desenvolvida em duas etapas:

I - Revisão do conceito de solução.

Pelo diagnóstico das aulas gravadas e da análise dos mapas conceituais elaborados pelos alunos, pôde-se observar que o conceito de substância pura e de mistura homogênea de substâncias ainda não estava claro na visão dos alunos. Resolveu-se, então, valorizar as dificuldades apresentadas pelos alunos e revisar os conceitos anteriores.

Esta decisão foi necessária, pois, segundo Posner et al. (1982), uma nova concepção, para ser aceita, precisa ser minimamente entendida e plausível para o aluno. Visto que esta condição cognitiva pareceu incerta, investiu-se na fase de revisão do conceito. A atividade transcorreu, na maior parte do tempo, por meio de discussões e confrontos de ideias, de acordo com as etapas:

1 - Encaminhou-se a discussão para que o aluno reconsiderasse a ideia de que uma substância pura apresenta propriedades características próprias que permite sua diferenciação de uma mistura de substâncias. Para esta finalidade, os alunos observaram o sistema contendo água e óleo, cuja aparência permitiu a visualização de mais de uma fase. Esta situação auxiliou na elaboração dos conceitos de fase e de número de componentes.

Outros sistemas heterogêneos foram apresentados: enxofre sólido + ferro em pó; leite de magnésia + água. O reconhecimento de que uma mistura heterogênea de substâncias apresenta mais de uma fase e, portanto, mais de um componente, pareceu esclarecida e permitiu a elaboração da diferenciação entre um sistema heterogêneo e a aparente substância pura.

2 - A seguir, um recipiente sem nenhuma identificação, contendo uma solução aquosa de cloreto de sódio com a mesma aparência da água pura (sistema material homogêneo **A**) foi apresentado aos alunos que foram questionados se o sistema representava uma solução ou uma substância pura. Aqueceu-se uma pequena porção do conteúdo do sistema material **A**, até restar no final um sólido. O objetivo foi colocar em conflito as ideias manifestadas pelos alunos de que o sistema **A** continha apenas

a substância pura água. O experimento possibilitou que eles percebessem que o sistema **A** era composto por mais de uma substância.

Alguns alunos ficaram surpresos diante do resultado experimental e, segundo Dreyfus et al. (1990), isto pode representar uma reação positiva do aluno diante do conflito cognitivo. O experimento contribuiu, então, para dar credibilidade à ideia de que um sistema homogêneo não representava necessariamente uma substância pura. Em outra demonstração, dissolveu-se sulfato de cobre sólido, de cor azul em água, obtendo-se um sistema homogêneo. A coloração azulada, desenvolvida após a dissolução, tornou evidente que o sistema, embora homogêneo, fosse formado por uma mistura de substâncias. Novamente o aluno podia perceber que a homogeneidade não era uma característica apenas das substâncias puras.

Os alunos foram motivados a refletirem como diferenciariam se um sistema homogêneo caracterizava uma substância pura ou uma solução. Alguns sugeriram: sentir o odor, observar a coloração e submeter ao aquecimento. Uma tabela de dados foi apresentada por meio de uma transparência, ilustrando as propriedades físicas de algumas substâncias puras (anexo 6). Os dados analisados serviram para desencadear discussões e facilitar a percepção, por parte do aluno, de que as substâncias puras têm propriedades características e constantes que lhes são peculiares, diferenciando-as, portanto, das misturas de substâncias.

II - Elaboração do conceito de soluto, solvente e reconhecimento das soluções segundo a natureza física de seus componentes.

O diagnóstico inicial revelou que a ideia de solução, na maioria das vezes, associava-se à utilização de um líquido como meio. Foi necessário que os alunos identificassem, nas soluções, o soluto e o solvente, em diferentes estados de agregação, para que percebessem que, além das soluções líquidas, também existiam soluções sólidas e gasosas, conforme o estado de agregação de seus constituintes.

Os alunos, na maioria das vezes, exemplificam as soluções com base em suas experiências do dia-a-dia e nem sempre são exemplos representativos de soluções, tais como: aspirina em água, achocolatado no leite. Entre os exemplos apresentados, predominaram aqueles que utilizavam sólidos em líquidos. Considerou-se então, a necessidade da percepção, por parte dos alunos, da existência de outros tipos de

soluções e suas diversas aplicações, para que a aprendizagem dos conceitos se tornasse mais significativa.

Preenchendo uma folha de trabalho (anexo 7), conforme observavam alguns experimentos realizados pela professora, esperava-se que os alunos elaborassem o conceito de soluto e solvente e percebessem os diversos tipos de soluções, sólidas, líquidas e gasosas, conforme a natureza de seus componentes.

Experimentos Realizados:

1º Experimento: Evaporação de uma solução salina.

O aluno deveria perceber o sólido resultante da evaporação como o componente que se encontrava em menor quantidade, o soluto.

2º Experimento: Dissolveu-se o sólido, sulfato de cobre em um líquido (água), para que o aluno distinguísse entre o soluto e o solvente nesta dissolução.

Para não firmar a ideia de que o soluto deva sempre ser um sólido e o solvente um líquido, outra demonstração foi realizada.

3º Experimento: Agitou-se uma garrafa contendo água mineral gasosa, de forma que os alunos puderam observar a liberação de um gás. Além da existência do gás, neste momento também se explorou a ideia da existência de sais minerais dissolvidos na água. Portanto, o aluno poderia elaborar a ideia da existência de outros tipos de soluto, além dos sólidos. A aula foi contextualizada com discussões sobre a importância da dissolução dos gases na obtenção das soluções. Discutiu-se a respeito da composição do ar atmosférico e construiu-se, junto aos alunos, a ideia de solução gasosa.

A seguir, um prego de aço foi apresentado aos alunos e estes foram questionados sobre o fato do sistema representar ou não uma substância pura. Para mostrar que o aço é constituído por uma solução sólida, utilizou-se como recurso, a apresentação de uma tabela (anexo 8), a qual serviu de motivação para que os alunos refletissem sobre a existência de soluções sólidas, sua composição e a aplicação, inclusive ligas de aço e de ouro 18 quilates. Nesta etapa predominou o diálogo entre professor e os alunos, tendo sido exploradas situações que envolveram o emprego dos tipos de soluções.

Atividade 3 - Construindo os conceitos de solução saturada e insaturada.

Dado que a maioria dos alunos ao tentarem explicar as concepções sobre solução saturada e insaturada expressava conceitos ou ideias carregadas de conceitos alternativos, tais como: “solução pesada, solução misturada, solução estragada, solução que tem sal”, além de outras ideias relacionadas ao sentido da palavra saturada e insaturada, neste sentido a atividade objetivou promover a compreensão, nos alunos, de que:

- No processo de dissolução, existe certa quantidade de soluto, capaz de se dissolver em certa quantidade fixa de solvente. Esta proporção relativa entre as quantidades de soluto e solvente é conhecida como solubilidade e depende de alguns fatores como a temperatura e a pressão.
- A razão entre as quantidades de soluto e o solvente pode variar e, como consequência, alterar a concentração da solução, influenciando em sua aplicação.

Planejou-se a atividade para ser desenvolvida em grupos de, no máximo, cinco alunos. Uma vez dispostos em equipes, os alunos receberam um roteiro de orientação (anexo 9), desenvolvendo o experimento proposto. Nesse experimento foram utilizados: o sal de cozinha (cloreto de sódio) e o açúcar. Os alunos deveriam adicionar “colheradas” de açúcar e “colheradas de sal” em diferentes recipientes contendo 20 cm³ de água, na mesma temperatura, até perceberem a saturação da solução.

Em um primeiro momento, os alunos realizaram o experimento, discutiram e confrontaram suas opiniões. Houve a necessidade da intervenção da professora junto a cada equipe, auxiliando os alunos a organizarem suas ideias, refletirem sobre elas, além de motivar as discussões. Durante as intervenções da professora surgiram ideias interessantes, tais como:

“... O sal dissolve menos porque ele é mais pesado. ” “... O açúcar é mais fininho, por isso dissolve mais rápido. ” “... O sal diluiu na água e o açúcar ficou ligado na água. ”

Estas ideias foram aproveitadas e, posteriormente, utilizadas para a reflexão de que não é a densidade das substâncias que determina sua solubilização. As discussões foram gravadas em áudio e vídeo e mostraram-se ricas em conceitos alternativos.

Atividade 4 - Retomada e aplicação do conceito de solubilidade.

Nesta fase, os conceitos sobre solução saturada e insaturada foram retomados e novas discussões foram estabelecidas no sentido de que as concepções, construídas na atividade anterior, fossem sistematizadas.

Cada equipe explicitou o resultado de seu experimento e os dados foram listados num quadro geral. Nesse momento, os alunos inflamaram-se, pois o número de “colheradas” de substâncias, que cada equipe utilizou, variou. O objetivo de promover as discussões foi de o aluno perceber que era necessária uma quantidade diferente de açúcar e de sal para saturar a mesma quantidade de água a uma dada temperatura. A compreensão de que existe uma extensão, na qual, o soluto dissolve-se no solvente, poderia contribuir na estruturação do conceito de solubilidade.

Durante as discussões, a ideia da influência da agitação do sistema também foi considerada e, entre as concepções dos alunos, ocorreram as seguintes manifestações, diante do questionamento: “Será que se não agitássemos o sistema, o soluto dissolveria?”.

“... Acho que sim, mas seria mais devagar. ” “... A agitação mistura mais o pozinho. ”

Foi, então, realizado outro experimento demonstrativo, adicionando um pequeno cristal de permanganato de potássio em uma proveta contendo água, sem a agitação do sistema. Os alunos ficaram surpresos ao observarem a dissolução do cristal. A finalidade desse experimento foi que percebessem que a agitação facilitava o contato das partículas, mas que, sem agitação, a interação entre elas também ocorria.

Para evidenciar as concepções dos alunos sobre a influência da temperatura no processo da dissolução, eles foram questionados: “Será que uma quantidade maior de sal se dissolveria se aumentássemos a temperatura da água? ” Um aluno afirmou:

“... Vai dissolver mais, pois você agita as moléculas. ”

A influência da temperatura sobre a dissolução também foi tratada, por meio da apresentação de dados, através de transparências sobre a solubilidade de algumas substâncias (anexo 10) em diferentes temperaturas e de curvas de solubilidade (anexo 11). Por meio destas tabelas, explorou-se a influência da temperatura na solubilidade e fundamentaram-se os conceitos de solução saturada e insaturada através da interpretação dos dados apresentados. Ainda foi proposta a leitura de um texto (anexo

12), que objetivou retomar e ampliar a ideia de que as soluções não são formadas apenas de sólidos em líquidos, mas envolvem outros tipos de solutos e solventes. O texto explorou a solubilidade dos gases em função da temperatura, destacando a solubilidade do gás oxigênio na água e sua influência na vida aquática.

Outro fator explorado foi a ideia de que uma solução pode ser mais ou menos concentrada, dependendo da quantidade de partículas de soluto em relação à quantidade de partículas do solvente. Essa ideia foi elaborada, permitindo aos alunos observarem a dissolução de uma quantidade fixa de “pó de suco” industrializado em diferentes volumes de líquido. Pela coloração desenvolvida nos sistemas, através das diferentes intensidades de coloração, o aluno poderia construir os conceitos de solução mais ou menos concentrada.

Conceitos alternativos do tipo: “solução mais forte”, “solução mais fraca”, foram percebidos durante as discussões que se estabeleceram. A atividade finalizou, solicitando aos alunos respostas às questões da folha de trabalho (anexo 13), cujo objetivo foi avaliar a evolução da aprendizagem dos conceitos de solução saturada, insaturada e do conceito de solubilidade.

Atividade 5 - Explorando a visão microscópica do processo de dissolução e construindo um modelo que justifique a dissolução como um conjunto de interações que ocorrem entre as partículas de soluto e solvente.

O diagnóstico inicial revelou que os alunos apresentam muitas ideias alternativas em relação ao processo de dissolução, relacionando-as ao que percebem ou, ao que associam às suas experiências do dia-a-dia. Entre as concepções, a densidade foi, muitas vezes, citada como tentativa de justificar se os materiais dissolviam ou não. Entre suas explicações, surgiram ideias como:

“... Areia tem massa maior do que a água. ” “... Os grãos de areia são grossos e difíceis de dissolver. ”

Em relação ao sistema óleo e água, apareceram frases do tipo:

“... O óleo é muito pesado. ” “... O óleo é menos denso. ”

Do ponto de vista científico, para interpretar o processo de dissolução, é necessário que o aluno possua modelos e teorias que vão além dos aspectos perceptíveis. Aumentar o nível de compreensão microscópica do fenômeno de

dissolução por meio da utilização do modelo científico (modelo particular da matéria), foi um dos objetivos desta atividade.

Para tanto, no início da aula, o aluno recebeu uma folha com três questões (anexo 14) que serviram para motivar a reflexão dos alunos sobre o que ocorria no processo de dissolução, organizar a sequência da atividade, interpretar o processo de dissolução, de acordo com os conceitos construídos nas atividades anteriores e mediar a construção de um modelo explicativo que justificasse o processo de dissolução.

A seguinte situação foi abordada: “existem materiais que dissolvem e materiais que não dissolvem”. Foi solicitado, aos alunos, que exemplificassem alguns materiais que eles consideravam dissolver ou não em água. Os alunos deveriam explicitar suas explicações para um de seus exemplos de dissolução e de não dissolução. Na sequência, deveriam escolher entre os exemplos, duas situações: uma na qual a dissolução ocorria e outra não. Foi um momento difícil para os alunos, uma vez que não estavam acostumados a estabelecerem relações entre os conceitos para justificarem os fenômenos. Foram resistentes, não conseguiam explicitar suas ideias com facilidade e a maioria esperava pela intervenção do professor ou ajuda de colegas. Percebeu-se que não se tratava da existência de lacunas e sim de conflito, uma vez que os alunos, apesar de terem os conceitos necessários, não estabeleciam as relações.

Utilizar a água como solvente poderia reforçar a ideia de ser este o único meio para dissolução. No entanto, esse recurso pareceu ser o mais próximo de suas experiências cotidianas e poderia auxiliar na manifestação de suas concepções. Em um primeiro momento, eles deveriam refletir individualmente sobre sua concepção, explicitando-a, por escrito, na folha de trabalho; em seguida confrontá-las com as dos colegas.

A ideia central que surgiu foi que a dissolução dos materiais estava relacionada à densidade. Para questionar esta concepção foram apresentados dados que relacionaram densidade e solubilidade de algumas substâncias (anexo15). Analisando os dados da tabela, alguns alunos ficaram desapontados quando perceberam que suas ideias sobre a densidade não justificavam o processo de dissolução.

Novas discussões foram motivadas, aproveitando as ideias de partículas que haviam surgido nas atividades anteriores. Retomaram-se alguns conceitos de interações atômicas e moleculares, tais como: a ideia de que os átomos apresentam núcleo e

eletrosfera com partículas eletricamente carregadas com a existência de forças atrativas (forças eletrostáticas) que os mantêm unidos (ligações químicas), formando as substâncias iônicas e moleculares. Para a retomada destes conceitos, foram utilizadas: apresentações gráficas no quadro negro, modelos moleculares (pau e bola) que auxiliaram na representação das interações Inter atômicas.

As noções sobre interações moleculares também foram exploradas em termos de interações eletrostáticas, para tanto, foi apresentada uma figura, através de transparência, ilustrando as interações que ocorrem entre as moléculas do solvente água (anexo 16) e as interações que ocorrem na formação do composto (soluto) cloreto de sódio (anexo 17). Uma fotografia, ilustrando os cristais de cloreto de sódio (anexo 18) também foi apresentada, para que o aluno percebesse, com mais clareza, o arranjo ordenado devido às forças de atrações entre os íons (interações) existentes na formação do composto cloreto de sódio.

Uma vez motivados a refletir sobre os conceitos de interações eletrostáticas, tanto entre as partículas do soluto quanto entre as partículas do solvente, foi solicitado que observassem a ilustração da água no estado líquido e do composto cloreto de sódio, e que elaborassem um desenho representativo de como eles imaginavam microscopicamente a interação entre estas duas substâncias em um processo de dissolução. Eles deveriam explicar o desenho elaborado. O objetivo foi verificar o nível de abstração construído e os modelos explicativos apresentados diante dos conceitos estudados. As folhas de trabalho foram recolhidas.

Uma figura ilustrativa (anexo 19), representando as interações entre as moléculas de água e os íons sódio e cloreto, foi lhes apresentada através de uma transparência que representava a dissolução do cloreto de sódio em água do ponto de vista microscópico, a qual permitiu que os alunos comparassem seus pontos de vista com os de um modelo científico.

Para aprofundar o conhecimento sobre as interações entre as partículas no processo de dissolução, uma solução aquosa de cloreto de sódio foi preparada e, através de um dispositivo constituído de uma lâmpada e um circuito interrompido entre os eletrodos, os alunos puderam observar que a lâmpada acendia quando os eletrodos eram introduzidos na mesma. O experimento desencadeou noções de que algumas

substâncias, quando dissolvidas em água, dissociavam em íons, tornando a solução condutora de eletricidade e outras não.

Não foi intenção desta atividade aprofundar as ideias sobre soluções condutoras e não condutoras e sim elaborar a ideia de que, na dissolução, ocorrem interações entre as partículas de soluto e solvente de maneiras diferentes: separando partículas não eletrizadas e separando as partículas eletrizadas.

Atividade 6 - Elaborando o mapa conceitual.

Nessa atividade, o objetivo foi elaborar um mapa conceitual, para verificar de que forma o conjunto de conceitos desenvolvidos nas atividades anteriores foi estruturado pelos alunos. A construção do Mapa Conceitual foi realizada em grupo. A palavra utilizada para desencadear a conexão dos conceitos foi sistema material.

Em duas das turmas, 2ª série A e 2ª série B, foram fornecidas tiras de papel com os nomes dos conceitos impressos, para que os alunos pudessem organizá-los conforme suas concepções. Para a 2ª série G e a 3ª série D, os alunos podiam escolher quais os conceitos que utilizariam e, para tanto, foram fornecidas tiras de papel em branco. A finalidade foi a mesma, organizar os conceitos de acordo com suas concepções. O objetivo de propor a atividade destas duas formas foi verificar como os alunos organizavam suas concepções em ambas as situações.

Não foi exigido que representassem os conceitos de forma hierárquica, mas foi sugerido aos alunos que, durante a elaboração do mapa conceitual, refletissem sobre as atividades desenvolvidas e discutissem suas ideias com as dos colegas. A atividade organizou-se de maneira que cada grupo recebia: uma folha de papel A3, caneta esferográfica preta, bastão de cola, régua e um envelope contendo tiras de papel, uma etiqueta para indicação dos nomes dos componentes do grupo. Todo material estava disposto de forma organizada, isto causou impacto nos alunos, que se mostraram surpresos e satisfeitos com a organização, e os motivou a realizarem a atividade com interesse. A atividade foi gravada em vídeo e em áudio. Foram gravadas as discussões do grupo. Houve envolvimento entre as pessoas da pesquisa: alunos, professor e pesquisadora.

2.5. Configuração da Análise dos Dados

Para analisar como os esquemas explicativos dos alunos evoluíram em relação ao conceito de solução e ao processo de dissolução, em cada etapa da pesquisa, o olhar

voltou-se para a construção de noções microscópicas dentro do tema. Ideias relativas às interações entre as partículas constituintes do soluto e do solvente na formação de uma mistura homogênea de substâncias foram abordadas através de situações de ensino estruturadas para que os alunos pudessem refletir sobre as ideias que já tinham, retomando-as em níveis diferentes de conceitualização.

A análise dos dados focalizou na perspectiva da evolução conceitual dos esquemas explicativos dos alunos de acordo com as seguintes fases:

- Análise das concepções iniciais dos alunos.
- Análise das concepções dos alunos durante a intervenção pedagógica.
- Análise das concepções dos alunos após a intervenção pedagógica.
- Configuração das explicações dos alunos de acordo com níveis explicativos.

2.5.1. Análise das Concepções Iniciais dos Alunos

Para verificar as concepções iniciais dos alunos, consideraram-se os 101 participantes do diagnóstico inicial. Após sucessivas leituras das respostas fornecidas ao diagnóstico, foram criadas categorias de análise, cujos resultados orientaram a elaboração das situações de ensino desenvolvidas no estudo, conforme foram descritas. As categorias de análise, os dados obtidos e os resultados serão descritos no capítulo 3.

2.5.2. Análise das Concepções dos Alunos Durante a Intervenção Pedagógica

Nesta fase da pesquisa, para análise da evolução conceitual, foram considerados os alunos que participaram de todas as etapas do processo: diagnóstico inicial, atividades e diagnóstico final que constaram de: 9 alunos da 2ª série A, 19 alunos da 2ª série B, 11 alunos da 2ª série G e 20 alunos da 3ª série D, totalizando 59 alunos, todos que não haviam passado pelo ensino de soluções.

Durante as situações de ensino, a evolução conceitual dos alunos foi verificada com base nos esquemas explicativos que construía. Estes foram analisados, após verificar as concepções explicitadas através das folhas de trabalho e das aulas áudio-vídeo gravadas que possibilitaram a elaboração das categorias de análise dentro de três

dimensões: 1ª dimensão - caracterização da solução como uma mistura homogênea de substâncias; 2ª dimensão - ampliação das ideias de homogeneidade na construção do conceito de solubilidade e na diferenciação entre soluções saturadas e insaturadas; 3ª dimensão - construção e utilização de um modelo de interações entre as partículas constituintes da solução que justificassem o processo de dissolução.

Como ferramentas para auxílio da análise dos dados, foram utilizadas as planilhas elaboradas em cada uma das dimensões, com recursos do programa da Microsoft Office Excel 2003 (planilha de dados), utilizando a função lógica, a qual permitiu estabelecer relações entre as categorias de análise, uma em função da outra, dentro das três dimensões. As categorias de análise, as planilhas com os dados e a análise dos resultados, nestas três dimensões, serão apresentadas no capítulo 3.

2.5.3. Planejamento, Aplicação do Diagnóstico Final e Análise das Concepções dos Alunos após o Processo de Ensino

Após o processo de ensino, foi aplicado, em aula, um diagnóstico final (anexo 4), para que os alunos respondessem as questões individualmente. A elaboração do diagnóstico baseou-se nas atividades desenvolvidas durante o processo de ensino. Os objetivos de cada questão proposta no diagnóstico final estão descritos no quadro 2.5.

Quadro 2.5
Planejamento do diagnóstico final

Questões	Objetivo das Questões
Questões 1 e 4	Verificar se o aluno construiu o conceito de solução como uma mistura homogênea de substâncias, e se distingue entre um sistema representativo de solução e de substância pura.
Questões 2 e 7	Verificar se o aluno considera a existência de soluções sólidas, líquidas e gasosas, exemplificando-as e distinguindo-as dentro do contexto social. Verificar se o aluno exemplifica situações nas quais ocorrem a existência de soluções sólidas, líquidas e gasosas.
Questão 3	Verificar se o aluno diferencia solução saturada de solução insaturada, utilizando o conceito de solubilidade.
Questão 5 (I), (II)	Verificar se o aluno foi capaz de relacionar a concentração de uma solução em função da quantidade de partículas. Verificar em que medida as palavras de uso comum foram dando lugar a significados cientificamente corretos, integrando-os na estrutura cognitiva dos alunos ao longo do processo de ensino.
Questão 6	Verificar a importância atribuída pelo aluno, após o processo de ensino, sobre a necessidade de água ou de um líquido no processo de dissolução.
Questões 8a, 10 e 11	Verificar se o aluno elaborou o conceito de solubilidade e o ampliou para a identificação das soluções.
Questão 8b e 9	Verificar se o aluno elaborou um modelo explicativo, para justificar a dissolução como um conjunto de interações entre as partículas, soluto/solvente, e se reestruturou a ideia de que a densidade não é um fator determinante da dissolução.

Após a análise das respostas dos alunos às questões do diagnóstico final, foram verificadas as características das respostas dos alunos para as três dimensões propostas durante a fase de ensino, nas quais foram enquadradas as concepções manifestadas. Também foi utilizada, como ferramenta de análise, uma planilha de dados. As categorias de análise, os dados e os resultados, serão apresentados no capítulo 3.

2.5.4. Configuração das Explicações dos Alunos de acordo com Níveis Explicativos

Após apresentação, análise e discussão das características das explicações dos alunos buscaram-se configurá-las, desde as noções macroscópicas para as noções microscópicas em níveis explicativos, os quais foram elaborados *a posteriori*, conforme as ideias apresentadas em cada uma das fases: (A) antes do ensino, (D) durante o ensino com explicações abrangentes da 1ª, 2ª e 3ª dimensões e (P) após o ensino, de acordo com concepções apresentadas no diagnóstico final.

A finalidade foi visualizar como se configurou a evolução conceitual dos alunos das noções macroscópicas às microscópicas sobre o conceito de solução e do processo de dissolução. Também se utilizou como ferramenta de análise, uma planilha de dados. As concepções dos alunos em cada nível explicativo, os dados obtidos e a análise dos resultados serão apresentados no capítulo 3.

CAPÍTULO 3

APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados obtidos foi realizada de forma a verificar como evoluem os modelos explicativos dos alunos em relação ao conceito de solução e do processo de dissolução, considerando um conjunto de interações entre as partículas constituintes do (soluto/solvente) na formação de uma mistura homogênea de substâncias.

Em cada etapa da pesquisa, o olhar voltou-se para a construção de noções microscópicas dentro do tema, as quais foram abordadas através de situações de ensino estruturadas, para que os alunos pudessem refletir sobre as ideias que já tinham, retomando-as em níveis diferentes de conceitualização.

A análise dos dados focalizou-se na perspectiva da evolução conceitual dos modelos explicativos dos alunos de acordo com seguintes fases:

- Análise das concepções iniciais dos alunos.
- Análise das concepções dos alunos durante a intervenção pedagógica.
- Análise das concepções dos alunos após intervenção pedagógica.

Após apresentação, análise e discussão das características dos modelos explicativos dos alunos, nestas três fases, procuraram-se enquadrar tais modelos em seis níveis explicativos, conforme o modelo que construíram.

A finalidade foi visualizar como se configurou a evolução conceitual dos alunos das noções macroscópicas às microscópicas sobre o conceito de solução e do processo de dissolução.

A verificação das concepções iniciais contou com 101 alunos participantes, e os resultados obtidos orientaram a elaboração das situações de ensino desenvolvidas no estudo.

Na análise da evolução conceitual, foram considerados os alunos que participaram de todas as etapas do processo que constou de: nove alunos da 2ª série A, dezenove alunos da 2ª série B, onze alunos da 2ª série G e vinte alunos da 3ª série D, todos eles não haviam passado pelo ensino de soluções.

3.1. Análise das Concepções Iniciais dos Estudantes

Para analisar o entendimento dos alunos sobre os aspectos macro e microscópicos relativos à solução, foi necessário conhecer as concepções prévias que tinham sobre o tema. Estas foram extraídas das definições espontâneas e individuais, por meio das questões propostas no diagnóstico inicial (anexo 2), aplicado antes do processo de ensino.

A variabilidade de concepções apresentadas dificultou a construção das categorias de análise. Após sucessivas leituras, elaboraram-se, *a posteriori* as categorias iniciais, nas quais as concepções dos alunos foram enquadradas conforme sua regularidade, podendo um mesmo aluno apresentar mais de um tipo de concepção para uma mesma resposta.

Uma vez obtida uma grande classe de categorias, as mesmas foram reagrupadas de acordo com o interesse da pesquisa, focalizando nos aspectos:

- I- Concepções dos alunos sobre o conceito de solução.
- II- Ideias relativas aos constituintes da solução: soluto/solvente.
- III- Ideias relativas sobre a obtenção das soluções.
 - Características e exigências na sua formação.
 - Modelos explicativos relativos ao processo de dissolução.
 - Percepção e reconhecimento dos tipos de soluções: sólidas, líquidas e gasosas.
- IV- Interpretação sobre solubilidade e diferenciação entre os conceitos de solução saturada e insaturada.

3.1.1. Categorias de Análise

I - As Concepções dos Alunos em Relação ao Conceito de Solução

Verificou-se, através da escrita livre, o que entendiam sobre soluções e como explicavam a expressão: “Dissolver uma substância em outra”.

As concepções foram agrupadas em categorias conforme a tabela abaixo:

Tabela 3.1**Concepções iniciais dos alunos sobre o conceito de solução**

Categoria (não exclusiva)	Frequência de respostas				
	2ª série A n=23	2ª série B n=29	2ª série G n=21	3ª série D n=28	Total de alunos N=101
Solução associada à:					
A - Mistura sem especificação de fases	12	14	16	14	56
B - Mistura com especificação de fases	4	8	0	4	16
C - A ideia de substância	1	5	0	1	7
D - A ideia de reação química	9	5	6	9	29
E - A ideia de um processo físico	2	1	1	0	4
F - Outros	1	7	1	4	13
G - Não respondeu/não sabe	0	0	1	1	2

Pela análise da TAB. 3.1, a maioria (71,3%) associou a ideia de solução a uma ação que envolve principalmente o ato de “misturar” (elementos, substâncias, “coisas”, componentes, produtos químicos). Outros verbos também ocorreram para caracterizar o fenômeno, tais como: “dissolver”, “juntar”, “diluir”.

“Solução é uma mistura de coisas. ”

“Solução é a mistura de uma substância na outra, quando se junta com outra ela se dissolve. ”

Houve regularidade entre as turmas quanto à explicitação deste tipo de concepção. Segundo Blanco e Prieto (1997), os alunos veem a dissolução como o resultado de uma ação externa sobre o sistema, tais como: agitar, misturar ou mesmo aquecer.

O termo diluir ocorreu como sinônimo de dissolver e se mostrou mais acentuado entre os alunos da 3ª série D (oito alunos). Talvez o contato mais prolongado com a linguagem química tenha-os levado a usarem essa terminologia sem que soubessem o significado científico, por exemplo:

“Solução é quando algo dilui e passa a se misturar. ”

“Diluir uma substância com a ajuda da outra. ”

“Diluir uma substância na outra em que uma substância possa se misturar com ela. ”

Os alunos apresentaram muitas dificuldades para expressarem suas ideias, e segundo Prieto et al. (1989), isto pode residir na dificuldade apresentada por eles para explicarem o que realmente está acontecendo. Concordou-se com os autores, pois muitas das respostas que surgiram apenas faziam referência à dissolução com expressões do tipo: *“dissolver é dissolver”*.

Estes dados corroboram os de outro estudo realizado por Blanco e Prieto (1997), no qual os alunos, para explicarem o fenômeno da dissolução, comentavam: *“isto dissolve”*.

Os autores apontam que, para os alunos progredirem no sentido de explicarem o fenômeno de acordo com as ideias científicas, é preciso conhecerem e utilizarem o modelo de matéria que inclui as ideias de movimento e interações entre as partículas.

Muitos dos alunos (55,4%) não especificaram se a mistura a que se referiam era do tipo homogênea ou heterogênea. Apenas 15,8% do total de alunos tentaram aproximar a ideia de mistura com a formação de fases, ainda que carregadas de concepções alternativas, tais como:

“Obter uma solução homogênea e, se não dissolver, obter uma solução heterogênea.”

“Solução é uma mistura homogênea de elementos químicos.”

Verificou-se dificuldade na diferenciação entre mistura homogênea de substâncias (solução) da mistura heterogênea de substâncias, nas quais os alunos consideravam ambas como soluções. Tal característica foi comum entre os alunos da 2ª série B, dos quais 8% se mostraram mais questionadores, o que pode ter motivado a reflexão por parte deles na especificação de fases do sistema.

Ocorreu uma variedade de expressões para caracterizar os componentes de uma mistura e a própria mistura, tais como: “coisas”, “algo”, “elementos”, “produtos químicos”, “solução simples”, “solução composta”, “substância homogênea”, “composição simples”. Isto sugere que o aluno não tenha claro para si a diferença entre um sistema representativo de substância, mistura homogênea de substâncias e mistura heterogênea de substâncias.

Somente um aluno da 2ª série B se reportou à solução como uma mistura homogênea de substâncias. Não se notou entre eles a ideia de que a homogeneidade é uma característica importante da solução e muito menos a extrapolação dessa

característica para interpretar a dissolução em termos de interações microscópicas entre seus constituintes.

Segundo Driver et al. (1995), existe uma tendência dos alunos considerarem todo material como substância e, quando não, apresentam mais facilidade de reconhecerem as misturas heterogêneas do que as misturas homogêneas. Os autores recomendam que se utilize, desde cedo, o termo substância pura ou simplesmente substância para facilitar a compreensão dos conceitos de mistura e substância.

Dentro da categoria “outros”, 13% das concepções associaram solução ao sentido da palavra, como a resolução de problema e não no sentido químico do conceito, talvez por não terem lido a questão de forma adequada ou por não conhecerem realmente o conceito químico de solução.

“Solução é resolver um problema.” “Solução é solucionar contas.”

Inseridas na categoria “reações químicas”, 28,7% das concepções caracterizaram a solução como um fenômeno, no qual ocorre a formação de novas substâncias, reações químicas, decomposição ou ainda combinação de: substâncias, “coisas”, componentes, elementos, produtos químicos, compostos. A regularidade de respostas apresentadas revelou uma tendência de o aluno associar a dissolução a uma transformação química.

As explicações atribuídas ao fenômeno basearam-se nos aspectos perceptíveis do sistema, tais como:

“Soluções são componentes formando um só componente.” “É uma mistura que cria outras coisas, reação química.” “União de substâncias que resulta em uma outra.” “Solução é a combinação de elementos.” “Dissolver é colocar uma substância em outra num mesmo recipiente e haverá união, resultando em outra substância apenas.”

No estudo de Ebenezer e Erickson (1996) sobre solubilidade, apareceram concepções, nas quais o aluno indicava que açúcar em água resultava em uma nova substância (açúcar/água), considerando que tinha ocorrido uma reação química.

De acordo com Ebenezer e Gaskell (1995), a associação de solução com uma transformação química pode estar ligada à ambiguidade de teorias sobre dissoluções que às vezes, são apresentadas aos alunos como um fenômeno químico e outras como um fenômeno físico.

II - Ideias Relativas aos Constituintes da Solução (Solute e Solvente)

As concepções a respeito da distribuição soluto/solvente e do que ocorria com os mesmos no processo de dissolução foi explorada por meio de desenhos elaborados pelos alunos dos sistemas: sal/água (pouco sal) e açúcar/água (pouco açúcar), de explicações relativas aos desenhos e da seleção de proposições que constavam de um conjunto de ideias alternativas, das quais os alunos deveriam julgar se as consideravam falsas ou verdadeiras, ou que sugerissem outras explicações. As categorias de análise elaboradas *a posteriori* foram apoiadas no estudo de Prieto et al. (1989) e se apresentam conforme a tabela abaixo (TAB. 3.2).

Tabela 3.2**Ideias relativas aos constituintes de uma solução**

Categoria (não exclusiva)	Frequência de respostas				
	2ª série A n=23	2ª série B n=29	2ª série G n=21	3ª série D n=28	Total de alunos N=101
A - Emprego da terminologia soluto/solvente	0	2	1	9	12
B - Ideias relativas ao soluto <ul style="list-style-type: none"> Dilui Funde Decompõe Desaparece 	20	24	19	24	87
	9	17	4	14	44
	12	12	8	15	91
	1	5	4	4	14
C - Ideias relativas ao solvente <ul style="list-style-type: none"> Sofre alterações Não sofre alterações 	17	19	13	21	70
	6	10	8	7	31
D - Visão da matéria em termos de partículas <ul style="list-style-type: none"> Visão contínua do soluto - sal/açúcar Visão descontínua do soluto - sal/açúcar Visão contínua do solvente - sal/açúcar Não responderam - sal/açúcar 	13/15*	16/16*	11/11*	19/21*	59/63*
	10/8*	12/12*	8/7*	9/7*	39/34*
	23/23*	29/29*	19/18*	28/28*	99/98*
	0/0*	1/1*	2/3*	0/0*	3/4*

* O primeiro número indica a frequência de respostas para a substância sal e o segundo para a substância açúcar.

Pela análise da TAB. 3.2, percebeu-se que poucos foram os alunos (11,9%) que se reportaram aos constituintes de uma solução com o emprego dos termos soluto e solvente, o que implica em termos específicos da linguagem química. Deste total, 8,9% eram alunos da 3ª série D, o que levou a considerar que a experiência escolar tenha contribuído para o emprego deste tipo de linguagem.

Apesar de os resultados apontarem que os alunos, diante de ideias alternativas, consideram como verdadeiras as proposições de que o soluto: funde 43,5%, decompõe 90,1%, desaparece 13,9%, dilui 86,1%, e que o solvente sofre transformações 69,3%, estas concepções não apareceram de forma significativa em seus modelos explicativos através da escrita livre. Apenas dois alunos manifestaram a ideia da fusão do soluto, seis da sua decomposição e cinco do seu desaparecimento. A ideia de diluir, destacada anteriormente, foi utilizada como sinônimo de dissolver.

Quando da transformação do solvente, apenas dez alunos fizeram referências à mudança na cor e gosto da água, com expressões tais como: “água ficou doce” ou “água ficou salgada” isto pode implicar em um pensamento voltado às interações entre os constituintes da solução. Nenhum aluno manifestou preocupação acentuada em relação à ação do solvente na dissolução, focalizando mais sobre o que ocorria com o soluto. Isto também foi verificado por Echeverria (1993).

Em vista desses resultados, é possível que os alunos se apropriem de alguns termos na tentativa de explicitar suas concepções que, nem sempre, traduzem o que realmente estão pensando. Outro fator decorre do uso de uma linguagem associada às suas experiências do cotidiano que, por apresentarem certa similaridade com o fenômeno, acabam sendo incorporadas para justificá-los.

Dada a porcentagem elevada de alunos que optaram pelas ideias de diluir e decompor, conforme mostrou a TAB. 3.2, é possível que estes sejam termos que façam parte de um conjunto de ideias familiares a eles, e são empregados de forma incoerente. É muito comum, no contexto social, a utilização da palavra diluir como sinônimo de dissolver.

Segundo Ebenezer e Erickson (1996), alguns alunos usaram o termo “derreter” para explicar o que ocorria com o soluto no processo de dissolução. Os autores citam que em uma de suas entrevistas, uma aluna comparou a dissolução do açúcar ao que ocorria, quando uma criança chupava um pirulito. Acreditava que se o “pirulito derretia na boca”, o açúcar também derreteria na água para dissolver.

Blanco e Prieto (1997) apontam que se o entendimento do fenômeno de dissolução não está bem estabelecido, ideias preexistentes do cotidiano poderão derrubar as interpretações de aulas.

As opções dos alunos pelas ideias alternativas de decomposição e desaparecimento do soluto também revelaram que pode ter ocorrido uma tentativa da interpretação do fenômeno relativo a uma transformação química, por exemplo:

“Decompor é combinar uma substância em outra para adquirir uma outra substância desejada.”

No entanto, o índice de alunos que manifestaram essas concepções, quando de suas explicações por escrito, foi bem menor do que o índice apresentado por meio das opções que fizeram ao conjunto de ideias alternativas. Isto sugere que eles não

conseguem expressar com clareza suas concepções sobre o fenômeno e não estão habituados a refletirem sobre elas.

Consideraram-se, como visão descontínua da matéria, os desenhos que se apresentavam enriquecidos de: “pontinhos”, “pinguinhos”, “quadrados”, “bolinhas” e contínua os desenhos que apresentavam: linhas horizontais, linhas com hachuras, ausência de elementos indicativos e desenhos totalmente preenchidos.

Abaixo constam algumas ilustrações elaboradas pelos alunos para interpretar os sistemas: sal/água (pouco sal) e açúcar/água (pouco açúcar):

Figura 3.1. Representações da homogeneidade e continuidade da matéria

Figura 3.2. Representações da heterogeneidade e continuidade da matéria

Figura 3.3. Representações da homogeneidade e descontinuidade da matéria

Figura 3.4. Representações da heterogeneidade e descontinuidade da matéria

A maioria dos alunos desenhou os constituintes açúcar 62,4%, sal 58,4% e água 97,5%, manifestando uma visão contínua da matéria. Isto revelou que os aspectos perceptíveis apresentaram influência acentuada nas interpretações dos alunos.

De acordo com a TAB. 3.2 as representações evidenciaram para as noções de descontinuidade, os seguintes resultados: sal 38,6% e açúcar 33,7% das representações gráficas. No entanto, as explicações atribuídas aos desenhos pouco revelaram ideias em termos de partículas. Do total, apenas quatro alunos o fizeram em relação ao sal e seis em relação ao açúcar, mesmo assim, atribuindo às mesmas propriedades macroscópicas, tal como revelaram os exemplos:

“O açúcar tem mais facilidade de se dissolver porque suas partículas são menores.”

“O açúcar dissolve menos que o sal, deixando partículas soltas que não decantam.”

“O sal dissolve, mas ficam pequenas partículas no fundo do recipiente.”

Entre as turmas, notou-se que a visão descontínua foi menos acentuada entre os alunos da 2ª série G e da 3ª série D. Com relação à 2ª série, isto pode evidenciar a dificuldade deles em ultrapassar a barreira do observável, talvez pelo fato de que o ensino anterior não tenha valorizado os aspectos microscópicos. Quanto aos alunos da 3ª série, foi um resultado surpreendente, pois era de se esperar que possuíssem uma visão mais voltada aos aspectos microscópicos, dado o contato maior com a química. No entanto, observou-se que eles não estabeleceram relações conceituais, o que pode significar um ensino estanque e fragmentado.

Nenhum aluno, nesta fase da análise, utilizou-se dos termos, átomos, moléculas e íons ao se referirem ao soluto e solvente. Segundo Prieto et al. (1989), os estudantes, embora possam ter recebido alguma instrução básica sobre a natureza particular da matéria, não apresentam conhecimentos suficientes e linguagem para descreverem um fenômeno em termos de partículas.

Segundo Ebenezer e Erickson (1996), existem muitos conflitos nas aulas de química, dado ao fato de que as expressões linguísticas e metáforas usadas pelos professores e livros textos diferem do significado a que os alunos atribuem. Neste estudo, por exemplo, o aluno pode estar empregando o termo partícula como uma forma de expressar as substâncias sólidas (açúcar e sal) como “grãos ou pedaços” de matéria.

III - Ideias Relativas dos Alunos Quanto à Obtenção das Soluções

Conforme o item II, as categorias aqui apresentadas também se basearam nas concepções manifestadas pelos alunos por meio de desenhos, modelos explicativos,

exposição a um conjunto de ideias alternativas, exemplificações espontâneas e seleção por parte deles de sistemas representativos de soluções.

Três aspectos permitiram caracterizar suas ideias sobre soluções: as características e exigências na obtenção das soluções, os modelos explicativos relativos à dissolução e a percepção e reconhecimento dos tipos de soluções (sólidas, líquidas e gasosas).

A TAB. 3.3 apresenta os dados obtidos das manifestações dos alunos enquadrados nas categorias citadas.

Tabela 3.3

Características e exigências manifestadas pelos alunos na obtenção das soluções

Categoria (não exclusiva)	Frequência de respostas				
	2ª série A n=23	2ª série B n=29	2ª série G n=21	3ª série D n=28	Total de alunos N=101
A - Representações gráficas dos sistemas: sal/água e açúcar/água <ul style="list-style-type: none"> Sistema homogêneo Sistema heterogêneo 	18/17*	22/19*	17/12*	20/20*	77/68*
	5/6*	7/9*	2/7*	8/8*	22/30*
B - Obtenção de novas substâncias	19	23	17	17	76
C - Exigências <ul style="list-style-type: none"> Necessidade de um líquido Aquecimento Agitação 	13	21	15	17	66
	9	7	7	6	29
	9	21	10	16	56

* O primeiro número indica a frequência de respostas para o sistema sal/água e o segundo para o sistema açúcar/água.

Similar à visão contínua da matéria, as representações gráficas apresentadas pelos alunos, relativas à homogeneidade dos sistemas: sal/água, 76,2% e açúcar/água, 67,3%, também foram significativas.

Embora perceba os sistemas como homogêneos, não houve nenhuma relação desta característica com possíveis interações entre as partículas do sistema. Segundo Echeverria (1993), os alunos não chegarão a este nível, a menos que o ensino medie essa aproximação. De fato, é muito difícil para o aluno estabelecer relações

conceituais, uma vez acostumados a um ensino que não promoveu a reflexão e a extrapolação dos conceitos para novas situações. Pôde-se perceber que tanto a visão contínua da matéria quanto a característica homogênea do sistema estão ligados aos aspectos perceptíveis, ou seja, naquilo que eles podem ver e em experiências de seu cotidiano.

Na TAB. 3.4, serão apresentadas as explicações manifestadas pelos alunos em relação à obtenção de uma solução.

Tabela 3.4
Modelos explicativos relativos à obtenção de uma solução

Categoria (não exclusiva)	Frequência de respostas				
	2ª série A n=23	2ª série B n=29	2ª série G n=21	3ª série D n=28	Total de alunos N=101
A - Explicações macroscópicas dos sistemas: sal/água e açúcar/água <ul style="list-style-type: none"> Ideias associadas à proporção das substâncias Ideias relativas à dissolução Ideias relativas à não dissolução 	3/2*	2/1*	0/1*	1/0*	6/4*
	12/10*	20/18*	14/9*	15/18*	60/55*
	7/8*	4/6*	4/8*	9/9*	24/31*
B - Ideias pseudomicroscópicas em relação aos sistemas: sal/água e açúcar/água <ul style="list-style-type: none"> Substancialistas Realistas 	0/1*	0/0*	0/0*	1/0*	1/1*
	1/2*	3/1*	1/1*	0/0*	5/4*
C - Ideias alternativas	1/2*	6/6*	0/0*	3/4*	10/11*
D - Não responderam/não sabem	0/0**	2/1**	2/2**	0/0**	4/3**

* O primeiro número indica a frequência de respostas para o sistema sal/água e o segundo para o sistema açúcar/água.

** O primeiro número indica a frequência de alunos que não responderam e o segundo de alunos que diziam não saber a resposta.

Através das explicações manifestadas em seus modelos explicativos, conforme se apresenta na TAB. 3.4, 89,1% das concepções manifestadas pelos alunos denotaram uma visão macroscópica do processo de dissolução para ambos sistemas.

Consideraram-se, como macroscópicas, as concepções nas quais os alunos não faziam referência alguma a partículas. Dentre elas, surgiram concepções que

associavam a dissolução com a proporção nas quais as substâncias se dissolviam: sal/água, 5,9% e açúcar/água, 4%, que se caracterizaram pelas expressões:

“O sal dissolve, mas depende de sua quantidade em relação à água. Se for superior será heterogênea e se for inferior será homogênea.”

“Se colocarmos uma quantidade excessiva de açúcar será mistura heterogênea, dando para enxergar as partes da solução.”

Embora poucos alunos fizessem este tipo de referência, as expressões acima revelaram que, apesar de não ultrapassarem a barreira do observável, estabeleceram relações quantitativas entre os constituintes da solução na tentativa de justificar a homogeneidade ou heterogeneidade do sistema, o que implica em uma perspectiva da diferenciação entre solução e mistura heterogênea de substâncias.

Outras explicações, ainda dentro de uma visão macroscópica, focalizaram a ideia de dissolução: sal/água 59,4% e açúcar/água 54,4%. O emprego dos verbos misturar e dissolver, também ocorreu durante as explicações para justificar o processo de dissolução exemplificadas com expressões do tipo:

“O açúcar se mistura com a água.”

“O açúcar dissolve instantaneamente na água.”

“Assim como o sal, o açúcar também se dissolve.”

Estes dados parecem indicar que alguns alunos não ultrapassaram a barreira do concreto, não transitando da ação para um modelo explicativo de abstração. Concepções alternativas surgiram 10,4% para explicar o que ocorria ao sal e ao açúcar no processo de dissolução, tais como: “não é perceptível”, “desaparece/some”, “é leve”, “é incolor”.

Também foram manifestadas ideias de que o sal 23,7% e o açúcar 30,7% não eram solúveis sendo apontado, por vários alunos, que esses materiais se depositavam no fundo do recipiente, como por exemplo:

“O açúcar fica no fundo do recipiente.”

“Certa quantidade de sal fica no fundo do recipiente.”

Ficou evidente, através das respostas dos alunos, o fato de pensarem que o açúcar é menos solúvel que o sal. Tal fato pode novamente estar ligado às percepções ou às experiências cotidianas, as quais apreciam no seu dia-a-dia o sal como um produto refinado, o que pode ter influenciado nas interpretações relativas ao processo de dissolução.

Outra alternativa empregada pelos alunos para justificarem a não solubilidade foi a densidade. As expressões a seguir relatam tais ideias:

“O sal desce porque é mais denso que o açúcar.”

“O sal e o açúcar são mais densos que a água e por isso ficam embaixo.”

“O açúcar é mais pesado e fica no fundo do recipiente.”

Estes dados parecem reforçar a ideia de que a característica homogênea da solução não está definida na concepção de muitos alunos.

Chamou-se de pseudomicroscópicas as concepções em que os alunos faziam referência a partículas e a elas foram atribuídas propriedades macroscópicas. Totalizaram em média 5,4% das concepções para ambos os sistemas, nas quais, cerca de 4,5% dessas expressavam concepções realistas, tais como:

“As partículas do açúcar são menores e mais fáceis de dissolver.”

“O sal dissolve, decompondo em minúsculas partículas.”

“É possível ver as partículas do sal no fundo do recipiente.”

“As partículas do açúcar dissolvem menos e ficam partículas soltas que não decantam.”

Galagovsky et al. (1996), com base nos três níveis de representações mentais, descritos por Johnstone¹⁵ (1982 apud Galagovsky et al., 1996), apontam que os alunos, durante a aprendizagem, transitam por níveis mentais que vão do macro ao submicroscópico. No entanto, as autoras reconhecem que deva existir um nível representacional intermediário (nível semi-particulado), no qual o aluno aceita o modelo particular da matéria, porém, atribuem às partículas, propriedades observáveis características do mundo macroscópico.

De acordo com o presente estudo, este nível corresponderia à categoria B da TAB. 3.4 (concepções pseudomicroscópicas), na qual se encontrou baixa porcentagem de alunos incluídos, o que revela que estes alunos estão mais concentrados no nível macroscópico.

Segundo Ebenezer e Gaskell (1995), a utilização da terminologia relativa à partícula pode estar ligada à tentativa do uso de uma linguagem formal, sem que a ideia científica tenha se estabelecido.

¹⁵ JOHNSTONE, A. H. “Macro and micro chemistry”. *School Science Review*. 64 (227), 1982, p. 377-379.

Também se pode aventar que o aluno não conseguiu estabelecer relações com seus conhecimentos sobre a estrutura particular da matéria e ligações químicas para justificar o processo de dissolução.

Com a finalidade de explorar as noções microscópicas, relativas ao processo de dissolução, foi solicitado aos alunos explicarem como imaginavam a dissolução do sal e do açúcar em água, supondo disporem de instrumentos de visualização potentes.

As concepções foram agrupadas e as categorias são apresentadas na tabela abaixo (TAB. 3.5).

Tabela 3.5
Explorando as noções microscópicas do processo de dissolução

Categoria (não exclusiva)	Frequência de respostas				
	2ª série A n=23	2ª série B n=29	2ª série G n=21	3ª série D n=28	Total de alunos N=101
A - Explicações macroscópicas para os sistemas: sal/água e açúcar/água. <ul style="list-style-type: none"> • Baseada nos aspectos perceptíveis • Com atribuições realistas aos constituintes da solução • Apresentando ideias de formação de novas substâncias 	5/6*	9/12*	7/5*	14/12*	35/35*
	1/3*	2/2*	0/2*	3/1*	6/8*
	1/0*	1/0*	1/0*	0/1*	3/1*
B - Explicações pseudomicroscópicas (sal/água e açúcar/água) <ul style="list-style-type: none"> • Com visão realista • Com visão substancialista 	3/4*	3/1*	0/1*	5/4*	11/10*
	0/0*	0/0*	2/1*	1/1*	3/2*
C - Explicações microscópicas <ul style="list-style-type: none"> • Com ideias de interações entre os constituintes e formação de novas substâncias • Com ideias de interações entre os constituintes sem formação de novas substâncias 	2/2*	0/0*	0/0*	0/0*	2/2*
	2/2*	1/1*	0/0*	0/2*	3/5*
D – outros	4	2	1	7	14
E - Não responderam/não sabem	8/7**	12/12**	11/11**	7/8**	38/38**

* O primeiro número indica a frequência de respostas para o sistema sal/água e o segundo para o sistema açúcar/água.

** O primeiro número indica a frequência de alunos que não responderam e o segundo de alunos que diziam não saber a resposta.

Analisando a TAB. 3.5, as concepções macroscópicas totalizaram 43,6% das respostas. Este resultado foi relevante, pois os alunos, mesmo diante da suposição de instrumento potente, mantiveram a visão macroscópica do processo de dissolução. Destas, 34,6% apresentavam apenas descrições do sistema fundamentadas naquilo que podiam perceber, tais como: “dissolve”, “não dissolve”, “dissolve parcialmente”. Exemplos que expressaram essas ideias:

“O sal com a água iria dissolver totalmente.”

“O açúcar se dissolve por completo.”

“É possível ver o resíduo na água.”

A ideia, em termos microscópicos da solução, mostrou-se equilibrada entre os alunos de 2ª e 3ª séries. Características realistas também foram manifestadas, com atributos tais como: fino, grosso, pesado, leve, pequeno, grande. Exemplos que expressaram essas ideias:

“O sal vai para o fundo do recipiente por ser mais pesado que a água.”

“O sal é formado por pequenos grãos pesados.”

Outras concepções, apesar do emprego do termo partícula, também manifestaram a visão realista, com 10,4% de respostas, em média para ambos os sistemas. Ocorreram poucas ideias substancialistas, tais como:

“O sal tem partículas menores e por isso se mistura com mais facilidade.”

“O sal vai virando aos poucos partículas miniaturas que vão ficando transparentes após algum tempo.”

Poucas foram as concepções consideradas microscópicas que faziam referência às interações entre as partículas constituintes sem haver formação de novas substâncias. Apenas 3,0% para o sistema sal/água e 5,0% para açúcar/água.

A simbologia química foi pouco explorada pelos alunos para expressar os conceitos químicos. As fórmulas do sal (cloreto de sódio) e da água apareceram com mais frequência, talvez pelo fato de que, no ensino de química, tais representações costumam ser utilizadas pelos professores em suas exemplificações. Apesar do emprego de uma simbologia, ainda que distante da visão científica, pôde-se perceber a tentativa do aluno em acionar e reorganizar outros conceitos para explicar o processo de dissolução por meio de uma ideia que envolvia a interação entre partículas.

Não houve, por parte dos alunos, menções a respeito da natureza das partículas constituintes das substâncias e muito menos dos tipos de ligações entre elas que pudessem evidenciar o reconhecimento das diferenças entre sal e açúcar em nível microscópico.

As figuras abaixo representam o pensamento microscópico de alguns alunos sobre o processo de dissolução.

Figura 3.5 e 3.6. Modelos representativos da dissolução do sal em água

Figura 3.5

Figura 3.6

Figura 3.7 e 3.8. Modelos representativos da dissolução do açúcar/água

Figura 3.7

Figura 3.8

Segundo Ebenezer e Erickson (1996), quando o aluno indica atrações entre as partículas pode estar explicitando um conhecimento rudimentar que tenta explicar a dissolução.

Dentre outras concepções que surgiram no decorrer das explicações, apareceram ideias (13,8%) indicando que tanto o sal quanto o açúcar podiam ficar “invisíveis”, “derreter”, “fundir”, “desaparecer”. Estes dados confirmam os resultados já encontrados anteriormente (vide item II).

Decorrente do fato de que 37,6% dos alunos não manifestaram explicações e, associado ao elevado índice de explicações macroscópicas, foi possível verificar que predominaram, entre os alunos, concepções macroscópicas do processo de dissolução com tendência acentuada à descrição do sistema com base nos aspectos observáveis.

O reconhecimento dos tipos de soluções pelos alunos, quando solicitados a exemplificarem situações nas quais eles se deparavam com soluções, foi enquadrado nas categorias conforme indicados na TAB. 3.6.

Tabela 3.6
Exemplos manifestados pelos alunos sobre soluções

Categoria (não exclusiva)	Frequência de respostas				
	2ª série A n=23	2ª série B n=29	2ª série G n=21	3ª série D n=28	Total de alunos N=101
A - Exemplificações espontâneas					
• Exemplos envolvendo água como solvente	14	16	9	15	54
• Exemplos envolvendo sólido + líquido	9	16	9	15	49
• Exemplos envolvendo líquido + líquido	5	1	0	0	6
• Exemplos não representativos de soluções	10	12	5	13	40
B - Não exemplificaram	0	3	6	4	13

A presença da água mostrou-se significativa entre os exemplos apresentados (53,6%), mesmo não sendo possível avaliar se eles eram ou não representativos de uma solução, tais como: água com sal, água com açúcar, pó de suco em água, água e álcool.

Como encontrado por Prieto et al. (1989), neste estudo, a maioria dos alunos 48,5% também manifestou em seus exemplos a presença de um líquido. Ocorreu apenas um exemplo de solução líquida, indicado por um aluno da 2ª série A, que não envolvia a presença de água: “tiner + tinta”. Nenhum exemplo de soluções do tipo sólidas e gasosas ocorreu. Isto pode estar relacionado ao fato de que estes tipos de soluções não são comuns aos alunos.

Ao serem estimulados a refletirem sobre a necessidade ou não da água na obtenção de uma solução, 65,3% dos alunos indicaram que era necessária a presença de um líquido (TAB. 3.3), no entanto, comparando este resultado aos exemplos

espontâneos apresentados por eles, pode-se conjecturar que o líquido a que se referem possa ser a água.

Tal visão pode decorrer de experiências escolares, nas quais a maior parte dos exemplos relativos a soluções que lhes são apresentados envolve soluções do tipo líquidas, ou ainda, de experiências cotidianas, nas quais se deparam com muitas soluções, envolvendo principalmente a água como meio.

Decorrente desses resultados pôde-se perceber que a visão dos alunos sobre a existência de soluções do tipo sólidas e gasosas é bastante comprometida.

A TAB. 3.7 apresenta os sistemas considerados pelos alunos como representativos de soluções, quando a eles foram exemplificados os sistemas:

Tabela 3.7

Sistemas considerados pelos alunos representativos de soluções

Sistemas	Frequência de respostas				
	2ª série A n=23	2ª série B n=29	2ª série G n=21	3ª série D n=28	Total de alunos N=101
1. Água mineral	7	14	10	13	49
2. Água do mar	16	24	15	18	73
3. Ar atmosférico	16	16	10	12	54
4. Latão	7	14	7	12	40
5. "Toddyinho"	19	22	14	20	75
6. Leite	13	18	13	13	57
7. Aliança de ouro	13	19	8	8	48
8. Gasolina comercial	20	24	15	19	78
9. Álcool hidratado	15	25	17	19	76

A TAB. 3.7 mostra que a maioria dos alunos selecionou como soluções os sistemas que lhes eram familiares e envolviam líquidos: sistema 8 (77,2%) e sistema 9 (75,2%). São exemplos de sistemas que aparecem em seus cotidianos e facilmente percebidos por eles. Novamente percebeu-se a influência dos aspectos perceptíveis, contribuindo na explicitação de suas concepções. Os sistemas 4 (39,6%) e sistema 7 (47,5%) não foram tão aceitos como soluções, o que retrata a dificuldade no reconhecimento das soluções sólidas, menos comuns ao cotidiano do aluno.

Percebeu-se também que os sistemas 2, 5, 6, embora não representativos de uma solução, foram bastante considerados pelos alunos, o que pode estar ligado à influência das percepções de suas experiências do cotidiano sobre sistemas, nas quais os alunos percebem que as substâncias foram misturadas, ou seja, ocorreu uma ação de misturar. Na TAB. 3.6, categoria A, apareceram exemplos do tipo, “achocolatado”, “areia + água”, “vinagre + óleo”, o que corroborou os resultados obtidos com relação aos sistemas 2, 5, 6. No entanto, a água mineral foi pouco apontada como solução, o que nos levou a inferir que o aspecto aparentemente homogêneo do sistema, pode ter levado os alunos a pensarem que não existe uma mistura de substâncias, pois eles não observam as substâncias misturadas. Entretanto, pelos resultados presentes na TAB. 3.7, pode-se conjecturar que a aparência homogênea e heterogênea não foi um critério para o aluno considerar ou não o sistema como uma solução, mas a ação de misturar pareceu-nos mais evidente.

Fatores como agitação 55,4% e aquecimento 28,7%, tidos como necessários para a obtenção de uma solução (TAB. 3.3) foram opções apontadas como exigência para a dissolução, apesar de que, durante as manifestações por escrita livre, tais concepções não apareceram com tanta frequência: agitação (11 alunos) e aquecimento (2 alunos), sendo que as argumentações foram de natureza causal, uma vez que condicionaram a dissolução ao efeito da agitação ou do aquecimento, por exemplo:

“Antes da agitação o açúcar dissolve na água, mas fica um pouco no fundo, depois da agitação ele dissolve.”

“Açúcar na água obtém uma mistura após a agitação.”

“O sal deve ser mexido ou agitado para se dissolver.”

“Ao agitarmos o sal com água, essas substâncias se misturam, já não é possível identificar as duas separadamente.”

Estes dados são próximos aos obtidos por Blanco e Prieto (1997), nos quais os estudantes percebem a dissolução de um sólido em um líquido como um processo reversível: quando o agente interrompe a ação (agitação), o sistema retorna ao estado inicial. Percebeu-se que o modelo cinético molecular não está firme nas concepções dos alunos, não foi construído por eles ou não foi acionado nesta situação. A temperatura também não se apresentou como um fator relevante nas explicações dos alunos, apenas dois alunos fizeram referência sobre a sua influência na dissolução.

IV - Interpretação dos Alunos sobre a Solubilidade das Substâncias e Diferenciação entre os Conceitos de Solução Saturada e Insaturada

Os aspectos relativos à solubilidade das substâncias foram explorados por meio de explicações por escrito, quando ao aluno foi solicitado refletir sobre a solubilidade dos seguintes materiais: óleo em água e areia em água. A noção de solução saturada e de solução insaturada também foi diagnosticada por meio da escrita livre (anexo 2 - questão 10).

As concepções foram agrupadas em categorias e são apresentadas nas tabelas (TAB. 3.8 e 3.9):

Tabela 3.8
Explicações dos alunos sobre a não dissolução dos materiais

Categorias Sistemas: areia em água e óleo em água	Frequência de respostas				
	2ª série A n=23	2ª série B n=29	2ª série G n=21	3ª série D n=28	Total de alunos N=101
A - Solubilidade relacionada à densidade do material.	6/14*	15/16*	3/5*	7/7*	31/41*
B - Solubilidade relacionada às características do material.	7/3*	2/2*	3/1*	4/2*	16/8*
C - Ideias relacionadas às propriedades do material.	3/4*	3/4*	0/1*	2/1*	8/10*
D - Justificativas baseadas na descontinuidade da matéria, com explicações macroscópicas.	3/0*	0/1*	1/0*	1/3*	5/4*
E - Não responderam/não sabem	2/1**	3/5**	12/11**	10/12**	27/29**
F - Outros	2/1*	6/1*	2/3*	4/3*	14/8*

* O primeiro número indica a frequência de respostas para o sistema areia/água e o segundo para o sistema óleo/água.

** O primeiro número indica a frequência de alunos que não responderam e o segundo de alunos que diziam não saber a resposta.

A maioria dos alunos relacionou a solubilidade dos materiais à sua densidade: areia/água 30,7% e óleo/água 40,6%. Dentre suas concepções, apareceram ideias do tipo: “é mais denso, menos denso, a massa é maior ou menor, é mais pesado, é mais leve”. Alguns exemplos que caracterizam esta categoria:

“Porque a areia é mais densa.”

“Porque o óleo é menos denso.”

“Porque a areia tem massa maior o que a da água, portanto é mais densa e fica embaixo.”

“Porque o óleo e a água são diferentes e um tem a densidade maior que a do outro, a água vai para o fundo e o óleo para cima.”

“Porque a areia é como o açúcar perde peso e vai para o fundo.”

Estas ideias foram mais comuns entre os alunos da 2ª série B, que sempre buscaram por explicações, em todas as questões propostas. Alguns alunos associaram a dissolução com as características do material, das quais se destacam: “espessura, tamanho, granulação, porosidade, estado físico, oleosidade e viscosidade”, reveladas através das expressões:

“Porque a areia são grãos de rochas, pequenos pedaços de pedrinhas.”

“A areia é muito sólida e consistente.”

“Porque os grãos de areia são grossos e assim difíceis de dissolver.”

“Porque o óleo é gorduroso e fica separado da água em cima.”

Pelas expressões, pôde-se observar que as características físicas dos materiais foram fatores de peso na interpretação da solubilidade do material e estão relacionados novamente com o que os alunos podem observar.

Alguns alunos relacionaram suas explicações às propriedades do material, indicando que, por se tratar de uma substância, não apresentavam propriedades do tipo: dissolver, combinar ou misturar com a água (7,9% das concepções para o sistema areia/água e 9,9% para o sistema óleo/água).

No entanto, apesar desse tipo de consideração, nenhum aluno aproximou a ideia de substância, com suas propriedades físicas características que justificassem sua pureza. Isto permitiu considerar a dificuldade apresentada por eles em diferenciarem substância pura de mistura de substâncias, o que pode ser verificado pelas expressões:

“Porque a areia é uma substância concreta e não se dissolve.”

“Porque o óleo são substâncias que não são possíveis de serem diluídos na água.”

“Porque são substâncias heterogêneas e não se misturam.”

“Porque a areia já é uma substância.”

“Porque a areia é uma substância que em contato com a água dilui.”

“O óleo não dissolve, pois o óleo e a água são duas substâncias líquidas.”

Segundo Driver et al. (1995), embora material seja usado na ciência para descrever e qualificar algum tipo de material ou mistura de substâncias que existem a nossa volta, na linguagem do dia-a-dia, os alunos podem apropriar-se da palavra substância para descreverem os diversos materiais que os rodeiam. Existe uma tendência de os alunos considerarem todo material como uma substância.

A complexidade relacionada ao uso deste termo, apresentando uma pluralidade de significados, pode ser uma das dificuldades apresentadas pelos alunos na compreensão e diferenciação dos conceitos de substância, misturas heterogêneas de substâncias e soluções.

Poucos foram os alunos que tentaram justificar a solubilidade a partir de uma visão descontínua da matéria com o emprego do termo partícula e, quando o faziam, suas explicações baseavam-se nos aspectos macroscópicos do sistema (4,5% em média das concepções), o que revelou uma noção microscópica não estabelecida. Algumas frases retratam este fato:

“Porque as partículas do óleo não alcançam esta possibilidade.”

“As moléculas do óleo não se misturam.”

“Porque a areia possui partículas grandes.”

Em média, 27,7% dos alunos não manifestaram concepções para explicar a causa da não solubilidade dos materiais, o que implica que nem o contexto escolar e nem o contexto social, foram suficientes para que o aluno interpretasse o processo de dissolução.

Esse resultado revelou a importância de se estruturar um ensino que permita aos alunos refletirem sobre suas próprias ideias, na perspectiva de que tomem consciência destas e tentem reestruturá-las.

Em relação aos conceitos de solução saturada e insaturada, a TAB. 3.9 apresenta as categorias em que se enquadraram as respostas dos alunos, quando solicitados a refletirem sobre a diferença entre ambas as soluções.

Tabela 3.9**Concepções dos alunos a respeito de solução saturada e insaturada**

Categorias Solução saturada e solução insaturada	Frequência de respostas				
	2ª série A n=23	2ª série B n=29	2ª série G n=21	3ª série D n=28	Total de alunos N=101
A - Visão homogênea do sistema	5/3*	2/1*	0/0*	2/1*	9/4*
B - Visão heterogênea do sistema	5/0*	1/3*	0/0*	0/3*	6/6*
C - Ideias relacionadas à proporcionalidade das substâncias	6/5*	1/0*	1/1*	2/2*	10/8*
D - Não respondeu/não sabe	3/6**	23/24**	15/17**	13/14**	54/61**
E - Outros	3/2*	1/2*	3/3*	10/9*	17/16*

* O primeiro número indica a frequência de respostas para a solução saturada e o segundo para a solução insaturada.

** O primeiro número indica a frequência de alunos que não responderam e o segundo de alunos que diziam não saber a resposta.

Dado o alto índice de alunos que não manifestaram concepções em relação ao conceito de solução saturada 53,4% e solução insaturada 60,3%, aliado à presença de muitas concepções alternativas 16,3% em média, enquadradas na categoria outros, ficou evidente que estes conceitos não estavam claros na visão dos alunos. Por exemplo:

“Solução saturada é uma solução estragada e insaturada é não estragada.”

“Solução saturada é uma mistura pesada.”

“Solução saturada é algo que se resolve e insaturada não.”

“Solução saturada é aquela cortada em partes minúsculas e insaturada que não está totalmente cortada.”

Os alunos associaram a saturação e a insaturação com a homogeneidade e heterogeneidade do sistema. Como homogeneidade, consideraram-se as respostas que manifestaram a ideia do sistema ser: “homogêneo”, “apresentar substância totalmente misturada ou dissolvida”. A relação desta característica com a saturação da solução foi de 8,9% das concepções e em relação à insaturação, 4%. Algumas frases que expressaram estas concepções:

“Solução saturada é aquela que dissolve totalmente e a insaturada não dissolve totalmente.”

“Solução saturada quando as substâncias se misturam totalmente e a insaturada não se misturam.”

Como heterogeneidade, além dos alunos indicarem que o sistema era “heterogêneo”, também se reportavam ao fato de a substância não se dissolver totalmente. Verificaram-se, em média, 5,9% das concepções para ambos os tipos de soluções, o que remeteu a pensar na possibilidade dos alunos associarem tanto a saturação quanto a insaturação com a formação de fases do sistema.

“Solução saturada é heterogênea.”

“Solução insaturada não está totalmente dissolvida.”

“Solução saturada não dissolve totalmente e a insaturada só um pouco.”

Ideias relacionadas à proporção das substâncias também ocorreram (9% em média) e foram caracterizadas por expressões que indicavam: “excesso de substâncias”, “falta de substâncias” e preocupação com o limite de substância a ser dissolvida. Frases do tipo corroboram para este fato:

“Solução saturada é quando admite mais ingredientes e a insaturada pode se misturar mais ingredientes.”

“Solução saturada é aquela que ficou com alto índice (sal) e insaturada que não tem alto índice de sal.”

“Solução saturada é aquela em que o soluto/solvente são proporcionais havendo uma mistura total.”

As interpretações dos alunos sobre a solubilidade foram apoiadas em suas observações macroscópicas. Nenhum aluno justificou a causa da solubilidade, considerando interações entre as partículas constituintes, o que evidencia a falta de compreensão microscópica do processo de dissolução.

3.2. Análise das Concepções dos Alunos - Fase de Intervenção Pedagógica

Na fase de intervenção pedagógica, a evolução conceitual dos alunos foi investigada, tendo como base os esquemas explicativos que construíram e que foram analisados em três dimensões: 1ª dimensão - caracterização da solução como uma mistura homogênea de substâncias, 2ª dimensão - ampliação das ideias de homogeneidade na construção do conceito de solubilidade e na diferenciação entre solução saturada e insaturada, 3ª dimensão - construção e utilização de um modelo

de interações entre as partículas constituintes da solução (soluto/solvente) que justifique o processo de dissolução.

Como ferramentas para auxílio da análise de dados, foram utilizadas as planilhas elaboradas com recursos do programa da Microsoft Office Excel 2003 (planilha de dados), utilizando a função lógica, a qual permitiu estabelecer relações entre as categorias de análise, uma em função da outra, dentro das três dimensões.

3.2.1. 1ª Dimensão: Caracterização da Solução como uma Mistura Homogênea de Substâncias

A homogeneidade foi considerada uma característica importante na interface da transposição da visão macroscópica para a visão microscópica, e a compreensão dessa propriedade das soluções poderia desencadear reflexões mais críticas por parte dos alunos sobre a interação entre as partículas constituintes de uma solução.

Analizou-se a construção pelo aluno do conceito de solução como uma mistura homogênea de substâncias e sua diferenciação entre substância pura e mistura heterogênea de substâncias.

Descrição das categorias de análise:

Com base na análise dos resultados apresentados através dos mapas conceituais, elaborados individualmente pelos alunos, após a 1ª intervenção pedagógica (atividade 1) e nas explicações manifestadas durante a 2ª intervenção (atividade 2), elaboraram-se cinco categorias de análise, nas quais se enquadraram as concepções dos alunos que serão descritas a seguir e apresentadas nas tabelas 3.10 e 3.11.

A - A percepção pelo aluno de que um sistema poderia representar uma substância pura ou uma mistura de substâncias.

B - O avanço na caracterização das misturas como agrupamentos de substâncias, sem, no entanto, elaborarem a ideia de fases.

C - Caracterização da mistura como um sistema homogêneo e/ou heterogêneo de substâncias, elaborando a ideia de fases.

D - O emprego do termo solução, embora o mesmo tenha sido utilizado para explicitar a ideia tanto de um sistema homogêneo quanto de um sistema heterogêneo.

E - A construção do conceito de solução como uma mistura homogênea de substâncias.

Na tabela 3.10, apresentam-se as categorias nas quais se enquadram as concepções dos estudantes.

Tabela 3.10

Primeira dimensão: ideias relativas à caracterização da solução como uma mistura homogênea de substâncias

		Categorias				
Turma:		A	B	C	D	E
2ª série A	1A	1	0	1	0	0
	2A	0	0	1	0	1
	3A	0	0	1	1	0
	4A	1	0	1	0	0
	5A	1	0	1	0	0
	6A	0	1	0	1	0
	7A	0	0	1	1	0
	8A	0	0	1	0	0
	9A	0	0	1	1	0
Total	9	3	1	8	4	1
%		33,3	11,1	88,9	44,4	11,1
2ª série B	1B	1	0	1	1	0
	2B	1	0	1	0	0
	3B	1	0	1	1	0
	4B	1	0	1	0	0
	5B	1	0	0	1	0
	6B	1	0	0	1	0
	7B	0	0	0	0	0
	8B	1	0	0	1	0
	9B	1	1	0	1	0
	10B	0	0	0	0	0
	11B	0	0	1	0	1
	12B	1	0	1	0	0
	13B	0	0	0	0	0
	14B	1	0	1	0	1
	15B	1	0	1	0	1
	16B	1	0	1	1	0
	17B	0	0	0	0	0
	18B	1	0	1	0	0
	19B	0	0	0	0	0
Total	19	13	1	10	7	3
%		68,4	5,3	52,6	36,8	15,8

Continuação da tabela 3.10

		Categorias				
Turma:		A	B	C	D	E
2ª série G	1G	1	0	1	0	1
	2G	0	0	0	0	0
	3G	0	0	1	0	1
	4G	0	0	0	0	0
	5G	0	0	1	0	1
	6G	1	1	0	1	0
	7G	0	0	0	0	0
	8G	0	0	0	0	0
	9G	0	0	0	0	0
	10G	0	0	0	0	0
	11G	1	1	0	1	0
Total	11	3	2	3	2	3
%		27,3	18,2	27,3	18,2	27,3
3ª série D	1D	1	1	0	0	1
	2D	0	0	1	0	1
	3D	1	0	1	0	0
	4D	1	1	1	0	1
	5D	1	0	1	0	1
	6D	0	0	1	0	0
	7D	1	0	1	1	0
	8D	1	0	1	0	0
	9D	0	1	0	1	0
	10D	1	1	0	0	0
	11D	1	1	1	0	1
	12D	1	1	1	0	0
	13D	1	0	1	0	1
	14D	1	1	1	0	0
	15D	1	0	1	0	1
	16D	0	1	0	0	0
	17D	1	1	0	0	1
	18D	0	1	1	0	0
	19D	0	0	0	1	0
	20D	1	1	1	0	1
Total	20	14	11	14	3	9
%		70,0	55,0	70,0	15,0	45,0
Total geral	59	33	15	35	16	16
%		55,9	25,4	59,3	27,1	27,1
Legenda: 1 (um) indica a presença do aluno na respectiva categoria; 0 (zero) indica a ausência do aluno na respectiva categoria.						

Analisando os resultados da TAB. 3.10, pode-se observar que os alunos evoluíram em diferenciar as substâncias puras das misturas de substâncias em relação ao diagnóstico inicial. Na categoria A, observaram-se os seguintes resultados:

33,3% dos alunos da 2ª série A, 68,4% da 2ª série B, 27,3% da 2ª série G e 70,0 % da 3ª série D e 55,9% no total das séries.

No decorrer da atividade 1, foi possível perceber que muitos alunos tinham dificuldades em adotar um critério que lhes permitissem diferenciar entre os sistemas representativos de substância pura e mistura de substâncias, dado o fato de que, para eles, todos os sistemas constituíam substâncias. Isto evidenciou que a noção de substância não estava clara para estes alunos, principalmente na 2ª série G, na qual foi necessária uma maior mediação da professora.

Segundo Carvalho et al. (1992), diante de perturbações lacunares, faltam conhecimentos, objetos e condições para a realização de uma ação. Isto implica que os alunos da 2ª série G estavam diante de um conflito e não apresentavam conhecimentos suficientes para resolver o problema, ou seja, diferenciar entre substância pura e mistura de substâncias.

De acordo com Chinn e Brewer (1993), uma das condições cognitivas para que o aluno avance na construção de novas concepções é a insatisfação com as concepções existentes. No entanto, a ideia de que todos os sistemas representavam substâncias satisfazia plenamente aos alunos, e este obstáculo não foi explorado pela professora no início da atividade, negligenciando a célebre frase de Ausubel: *“O fator singular mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já conhece, descubra-o e o ensine de acordo”*.

A professora, aos poucos, foi confrontando as ideias dos alunos e explorando a noção de substância como um sistema que apresentava características próprias, com isto, foi-se elaborando um critério que permitisse diferenciar os sistemas pela aparência.

Desta forma, a caracterização da mistura como um agrupamento de substâncias começou a surgir, embora não se tenha notado acentuada preocupação na diferenciação das fases, como mostra a categoria B (TAB. 3.10): 2ª série A 11,1%, 2ª série B 5,3%, 2ª série G 18,2%, 3ª série D 55%, no total 25,4%. A 3ª série D foi a que mais avançou no sentido de perceber nos sistemas a existência de mais de um tipo de substância, talvez pelo fato de que, nesta turma, a aula transcorreu com mais tranquilidade, e os alunos puderam observar os sistemas por mais tempo. A aparência do sistema foi um fator determinante que possibilitou a percepção da existência de sistemas homogêneos e heterogêneos, abalando a ideia de que todo sistema era

representativo de substância pura. Os alunos, frente à nova situação, começaram a considerar ainda mais a possibilidade da existência de misturas de substâncias, surgindo inclusive a ideia da existência de fases.

Segundo Scott et al. (1991), alguns autores destacam que a origem de algumas crenças, pode estar centrada no aparente, no observável. Tal fato pôde ser evidenciado nesta pesquisa, na qual o aluno fundamentou a maior parte de suas explicações naquilo que ele podia observar.

Segundo Posner et al. (1982), o aluno pode estar ajustando a situação a suas estruturas, modificando-as. Nas aulas áudio vídeo gravadas, surgiram concepções de que, se as substâncias estavam “separadas” (sistema heterogêneo), então elas constituíam uma mistura de substâncias.

“Mistura é quando as substâncias estão separadas. ” “Mistura dá para perceber que elas estão juntas, ou seja, dá para ver que elas não se juntam. ” “Na mistura dá para ver as coisas misturadas. ” “Substância você vê uma coisa só. ” “Substância é que forma um elemento só, não precisa ter dois elementos do tipo (vinagre + óleo). ”

Tais concepções evidenciaram a dificuldade dos alunos em atribuir significados às palavras, não conseguindo pensar conceitualmente. É preciso que se utilizem as palavras certas para expressarem os conceitos corretos, pois o conceito, segundo Maldaner¹⁶, é um instrumento do pensamento.

Com a experiência de cromatografia da tinta de caneta (aparentemente homogênea), novamente a crença dos alunos foi perturbada e eles puderam perceber que nem todo sistema homogêneo poderia representar uma substância pura. Desta forma, a mistura passou a ser caracterizada como um sistema tanto homogêneo quanto heterogêneo, conforme mostra a categoria C (TAB. 3.10): 2ª série A 88,9%, 2ª série B 52,6%, 2ª série G 27,3%, 3ª série D 70%, no total 59,3%.

Segundo Marton (1981), existem variações nos conceitos dos indivíduos e, dependendo da situação, os significados atribuídos variam de um fenômeno para outro. Neste caso, a situação na qual foram confrontados não implica em mudança na concepção, mas que houve um incremento de novas ideias. Este fato pode ser justificado, pois a maioria dos alunos que apresentaram concepções nas categorias A e C (TAB. 3.10),

¹⁶ ENEQ-2004 – Minicurso “Entendimento da termoquímica no ensino médio: quais conceitos são necessários e suficientes”. Prof. Dr. Otávio Aloísio Maldaner (UNIJUI-RS).

avançaram em utilizar o conceito de solução, mesmo o considerando um sistema tanto homogêneo quanto heterogêneo que, do ponto de vista científico, não é correto, 2ª série A 44,4%, 2ª série B 36,8%, 2ª série G 18,2%, 3ª série D 15%, no total 27,1% (TAB. 3.10). Como resultado final, a construção do conceito de solução não foi tão efetiva como se esperava, como se apresenta na categoria E (TAB. 3.10): 2ª série A 11,1%, 2ª série B 15,8%, 2ª série G 27,3%, 3ª série D 45%, no total 27,1%. Na 2ª série G, este resultado foi considerado apreciável, dada à evolução que atingiram durante esta atividade, visto que, estes alunos, no início do processo, pouco se manifestavam, apresentando uma postura apática com muita dificuldade de exporem suas concepções.

Dada a experiência com as outras turmas na 3ª série, além de se considerar o contato maior com os termos químicos, a atividade transcorreu por parte da professora, de forma mais cuidadosa, pois aproveitou melhor as explicações dos alunos, deixando que expusessem suas concepções com mais tranquilidade sem tantas intervenções precipitadas.

Pareceu-nos necessário, a princípio, segundo Echeverria (1993), um período maior para a internalização dos conceitos, visto que, nesta fase do ensino, foi tratada uma diversidade de conceitos em pouco tempo: “substância”, “mistura”, “homogeneidade”, “heterogeneidade”, “fases”, “mistura homogênea”, “solução”. Talvez não houvesse tempo suficiente para o aluno reorganizar os conceitos em suas estruturas cognitivas, no entanto, notaram-se tentativas do emprego de palavras corretas para expressar significados corretos.

Segundo Martínez (1999a), os alunos podem não acionar efetivamente as concepções científicas, não porque as desconheçam ou não as possuam, mas porque as mesmas se encontram, de acordo com Vygotski, dentro do que ele chama Zona de Desenvolvimento Proximal. De fato, com ajuda e interação, talvez o aluno possa conceituar corretamente soluções em um nível que individualmente não conseguiria. Acreditamos nesta possibilidade, pois durante as entrevistas individuais percebemos um avanço maior nas concepções dos alunos do que através do mapa conceitual e das explicações escritas.

Percebendo tais dificuldades, investiu-se na retomada dos conceitos na atividade 2 e se observou que houve um avanço no sentido de diferenciarem as substâncias puras das misturas de substâncias, mas as explicações permaneceram no plano do observável. Isto implica em dizer que a questão do concreto é forte na elaboração das noções sobre soluções, e daí deriva o fato de se trabalhar com exemplos mais próximos da realidade

do aluno. Este foi um dos motivos que nos levou a desenvolver a pesquisa, separando a visão macroscópica da microscópica, pois se percebeu que o aluno não abstraiu os conceitos microscópicos para compreender a solução como um processo de interações de partículas (soluto/solvente).

Diante deste resultado, pode-se conjecturar que o ensino anterior não valorizou os conceitos de ligações químicas, ou ainda, o aluno não conseguiu estabelecer relações destes conceitos com o conceito de solução. Isto sugere que o ensino anterior foi estanque e fragmentado e a proposta da pesquisa deverá despertar o aluno para tais construções.

A TAB. 3.11 procurou estabelecer a relação das categorias da TAB. 3.10 uma em função da outra para as concepções de cada um dos alunos. Cujas finalidades foram verificar como a concepção do aluno em uma determinada categoria estava relacionada a outra concepção dentro das categorias elaboradas.

Tabela 3.11

Relações entre as categorias da primeira dimensão - uma em função da outra

		Relação da categoria A com as categorias B, C, D e E				Relação da categoria B com as categorias A, C, D e E				Relação da categoria C com as categorias A, B, D e E				Relação da categoria D com as categorias A, B, C e E			
Turma:		B	C	D	E	A	C	D	E	A	B	D	E	A	B	C	E
2ª série A	1A	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	3A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	4A	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	5A	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	6A	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	7A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
	8A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Total		9	0	3	0	0	0	1	0	3	0	3	1	0	1	3	0
%		0,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	33,3	0,0	33,3	11,1	0,0	11,1	33,3	0,0
2ª série B	1B	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	2B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	3B	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	4B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	5B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	6B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	7B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9B	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	10B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	12B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	13B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14B	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	15B	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	16B	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	17B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18B	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	19B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		19	9	7	2	1	0	1	0	9	0	3	3	7	1	3	0
%		5,3	47,4	36,8	10,5	5,3	0,0	5,3	0,0	47,4	0,0	15,8	15,8	36,8	5,3	15,8	0,0

Continuação da tabela 3.11

		Relação da categoria A com as categorias B, C, D e E				Relação da categoria B com as categorias A, C, D e E				Relação da categoria C com as categorias A, B, D e E				Relação da categoria D com as categorias A, B, C e E			
Turma:		B	C	D	E	A	C	D	E	A	B	D	E	A	B	C	E
2ª série G	1G	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	2G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	4G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	6G	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
	7G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11G	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Total	11	2	1	2	1	2	0	2	0	1	0	0	3	2	2	0	0
%		18,2	9,1	18,2	9,1	18,2	0,0	18,2	0,0	9,1	0,0	0,0	27,3	18,2	18,2	0,0	0,0
3ª série D	1D	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	3D	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	4D	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	5D	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	6D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7D	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	8D	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	9D	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	10D	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11D	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
	12D	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	13D	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	14D	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	15D	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	16D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17D	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	18D	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	19D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20D	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Total	20	8	11	1	8	8	6	1	5	11	6	1	7	1	1	1	0
%		40,0	55,0	5,0	40,0	40,0	30,0	5,0	25,0	55,0	30,0	5,0	35,0	5,0	5,0	5,0	0,0
Total Geral	59	11	24	10	11	11	6	5	5	24	6	7	14	10	5	7	0
%		18,6	40,7	16,9	18,6	18,6	10,2	8,5	8,5	40,7	10,2	11,9	23,7	16,9	8,5	11,9	0,0

Legenda: 1 (um) indica a presença do aluno na respectiva categoria; 0 (zero) indica a ausência do aluno na respectiva categoria.

40,7% dos alunos apresentavam concepções na categoria C e A (TAB. 3.11). Isto implica que o aluno ao diferenciar substância pura de mistura de substâncias passa a caracterizar as soluções tanto como sistemas homogêneos quanto como sistemas heterogêneos, possibilitando a evolução das concepções na caracterização das soluções como misturas homogêneas de soluções.

18,6% apresentaram concepções na categoria A e B (TAB. 3.11), o que nos leva a perceber que a diferenciação entre substância pura e mistura, auxilia na compreensão da mistura como um agrupamento de substâncias.

23,7% dos alunos manifestaram concepções na categoria E e C (TAB. 3.11). Portanto, a caracterização de uma mistura como um sistema tanto homogêneo quanto heterogêneo, permitiu aos alunos evoluírem, caracterizando as soluções como mistura homogênea de substâncias. Estes dados revelaram a importância de o aluno diferenciar entre substância pura e mistura de substância para que construa o conceito de solução.

3.2.2. 2ª Dimensão - Ampliação das Ideias de Homogeneidade na Construção do Conceito de Solubilidade e na Diferenciação entre Solução Saturada e Insaturada

Considerou-se que, a partir da ideia de homogeneidade, o aluno construísse o conceito de solubilidade como a quantidade máxima de soluto capaz de ser dissolvida em uma quantidade padrão de solvente em determinadas condições de temperatura e pressão, diferenciando as soluções saturadas das soluções insaturadas.

A finalidade foi a de propiciar um pensamento mais abstrato sobre as possíveis interações que possam ocorrer entre as partículas do soluto e solvente. Dois aspectos básicos foram explorados nesta fase: a construção do conceito de solubilidade e sua ampliação para explicar o processo de dissolução na formação das soluções insaturadas e saturadas.

Esta dimensão contou com as intervenções pedagógicas constituídas pelas atividades 3, 4 e 5, através das quais, foi possível avaliar os modelos explicativos elaborados pelos alunos.

Foram elaboradas três categorias de análise após estudo dos resultados obtidos pelos instrumentos: aulas áudio vídeo gravadas e folhas individuais de trabalho. Estas categorias foram nomeadas de F até H para facilitar o entendimento dos dados na tabela. As categorias são descritas a seguir:

F - Construção do conceito de solubilidade e diferenciação entre solução saturada e insaturada.

Evidenciou-se, nesta categoria, a construção pelo aluno do conceito de solubilidade de acordo com a quantidade máxima de soluto capaz de se dissolver em uma quantidade padrão de solvente, em determinadas condições de temperatura e

pressão, e ampliação deste conceito na compreensão entre a diferença de solução saturada e insaturada.

G - Explicações macroscópicas do processo de dissolução sem a utilização do conceito de solubilidade.

O aluno não utiliza o conceito de solubilidade para justificar o processo de dissolução e suas explicações se baseiam naquilo que ele pode observar.

H - Explicações pseudomicroscópicas do processo de dissolução sem utilização do conceito de solubilidade.

As explicações apareceram carregadas de elementos microscópicos, com emprego de termos, tais como: partículas, íons, moléculas, as quais foram atribuídas propriedades macroscópicas. Não houve nenhuma aproximação à utilização do conceito de solubilidade para justificar o processo de dissolução.

A princípio, apresenta-se uma análise em função das aulas áudio vídeo gravadas, que proporcionaram elementos ricos para compreensão dos modelos explicativos que serão comentados e analisados, e, posteriormente, será feita uma análise, a partir dos resultados obtidos das folhas de trabalho.

Durante as aulas, foi possível verificar que, de acordo com o desenvolvimento da atividade 3, os alunos ao se referirem ao processo de dissolução, tanto do sal de cozinha (NaCl) quanto do açúcar (sacarose) em água, apropriaram-se com mais clareza dos termos: solução, mistura homogênea, evidenciando a noção da dissolução como a formação de um sistema monofásico.

“Dissolver significa ficar uma só fase.”

“Dissolver significa formar uma mistura homogênea.”

Segundo Hewson e Thorley (1989), pode ter ocorrido uma mudança no status das concepções, ou seja, as concepções podem coexistir, ocorrendo diminuição no status da concepção anterior e aumento no status da nova ideia. Concordeu-se com estes autores, pois se percebeu que os alunos passaram a integrar novos termos em suas explicações.

Segundo Ebenezer e Erickson (1996), o ensino de soluções é carregado de diferentes termos, e estes, na maioria das vezes, são apresentados aos alunos como

se lhes fossem familiares. É preciso investir nos conceitos das palavras, auxiliando o aluno a estabelecer relações com o que conhecem e vivenciam.

Neste sentido, pode-se dizer que, durante o ensino, nas intervenções apresentadas nesta pesquisa, buscou-se, sempre que possível, relacionar as soluções com situações próximas dos alunos.

No entanto, foi verificada a persistência de ideias alternativas nos alunos, pois expressaram a dissolução com frases do tipo:

“O sal se fundiu na própria mistura, ou melhor, diluiu.”

“O sal some, ele está aí, mas não aparece mais, sumir foi uma forma de dizer, o aspecto é o mesmo.”

“A substância é meio que derrete na outra e se dilui na outra.”

Segundo Longden et al. (1991), a noção de que a substância desaparece é atribuída em parte pelo uso da linguagem cotidiana de difícil superação. Segundo Chinn e Brewer (1993), o aluno pode estar reinterpretando os dados, mantendo sua teoria e fazendo apenas mudanças periféricas, pois a ideia central e alternativa ainda não foi derrubada.

Segundo Ebenezer e Erickson (1996), os estudantes utilizam a linguagem comum para expressarem suas ideias, objetivos e sentimentos. É importante que o professor codifique o significado dos termos empregados pelos alunos e estabeleça relações com os códigos especializados da disciplina. Os autores destacam que não é uma tarefa fácil, pois, para os estudantes, a linguagem que possuem é suficiente para se expressarem, e, quando na aula de ciências, deparam-se com a linguagem científica, os mesmos resistem a mudanças e o ensino passa a ser desgastante e a aprendizagem torna-se difícil.

Apenas um aluno, para explicar o que ocorria no sistema (dissolução do sal/açúcar em água), sugeriu: - quebra de substâncias, no sentido de formar uma mistura, avançando para noções microscópicas.

“Quando ocorre hidrólise, há quebra da substância com a água, ou seja, ocorre uma mistura.”

Segundo Prieto et al. (1989), são poucos os estudantes que se utilizam de termos como: átomos e moléculas para explicarem a dissolução e, outras vezes o

conhecimento que possuem é precário para estabelecer estas relações. Os dados obtidos no presente estudo também revelaram a pouca utilização desses termos.

A solução foi muitas vezes chamada de “solução homogênea”, o que denota a influência dos aspectos perceptíveis nas concepções dos alunos e uma tendência de aproximar melhor o conceito de solução.

“O sal dissolvido na água forma uma solução, uma solução do tipo homogênea.”

Com base na teoria piagetiana, pode-se conjecturar que houve uma perturbação inicial dos esquemas de pensamento do aluno e teorias específicas podem ter sido elaboradas para explicar e reorganizar o sistema, e um novo estado de equilíbrio foi alcançado, ou seja, houve uma tentativa de integração entre a perturbação e suas teorias (Carvalho et al., 1992).

Em continuidade, na atividade, percebeu-se que o aluno construiu a noção de que existe um limite de dissolução em que as substâncias se dissolvem, e, ultrapassando este limite, ocorre a formação de misturas heterogêneas. Algumas frases revelaram esta ideia:

“Vai formar uma mistura heterogênea, parte do sal dissolve e parte não dissolve.”

“Se não dissolver forma mistura heterogênea.”

“Chega uma hora que não dissolve mais e vai ficar heterogênea.”

Para explicarem a não dissolução de algumas substâncias, ocorreram concepções relacionadas à densidade, ao aspecto físico da substância e à capacidade de dissolução, tais como:

“Porque tem mais substância do que pode dissolver.”

“Porque a densidade do sal é maior do que a da água.”

“O sal é mais grosso que o açúcar.”

“O sal é completamente mais pesado e ao açúcar mais leve, assim o açúcar dissolve mais rápido.”

Segundo Ebenezer e Erickson (1996), a diferença de densidade entre duas substâncias é um argumento utilizado para explicarem a razão pela qual a substância não se dissolve e tal argumento deve ser aproveitado pelo professor para gerar um

conflito. Isto ocorreu durante as intervenções, pois o aluno pôde perceber que não é a densidade a causa da dissolução, construindo o conceito de solubilidade.

Diante da noção da existência de um limite ou uma média, para a ocorrência da dissolução de uma substância, a ideia de solubilidade foi firmada como a quantidade máxima de soluto capaz de ser dissolvido em uma quantidade padrão de solvente. O conceito de solubilidade não ocorreu espontaneamente, mas contou com a intervenção da professora, que aproveitou de momentos importantes das discussões em grupo para intermediar a construção do conceito. Este posicionamento da professora foi ao encontro da sugestão proposta por Weaver (1998), de que o professor deve mediar as discussões, para auxiliar os alunos na construção dos conceitos e manter seu interesse pelo assunto.

Muitas expressões denotaram a evolução da concepção do aluno na elaboração deste conceito, tais como:

“Acho que têm um limite que não dá mais para colocar.”

“Acho que há uma proporção de até onde o sal pode dissolver na água.”

“Há um limite para a substância dissolver na quantidade de água.”

“Chega a uma quantidade máxima.”

“Há uma hora que o sal não dissolve mais.”

Notou-se a percepção, por parte dos alunos, de que o açúcar era mais solúvel que o sal, e que, para dissolver mais substância, seria necessário intervir nas quantidades de soluto/solvente e na temperatura. O aluno passou a perceber que existe uma relação quantitativa entre as substâncias, as quais afetam a dissolução.

“Para dissolver depende da quantidade do solúvel e do solvente.”

“Não dissolve, porque a quantidade de sal em pouca água vai acumular no fundo.”

“O sal dissolveu na água, o básico é a quantidade de água.”

“Se tivesse mais água dava para dissolver mais açúcar.”

A influência da temperatura foi pouco considerada no processo de dissolução, no entanto, entre os alunos, ocorreram concepções de que a temperatura ajudaria a “derreter” a substância, principalmente o açúcar, o qual foi relacionado à formação do caramelo. Isto denota mais uma vez, a influência das experiências do cotidiano nas

explicações dos alunos. Também ocorreram situações de discordância entre os alunos em relação a estas concepções, quando do confronto entre as ideias.

“Se a temperatura aumenta, o açúcar derrete mais rápido.”

“Não irá derreter, irá dissolver na água.”

“O açúcar vira uma mistura.”

“Quanto mais quente mais dissolve.”

Estas frases revelaram que, embora o efeito da temperatura tenha sido pouco considerado pelos alunos, o nível de interpretação melhorou, pois passaram a considerar mais uma variável no processo de dissolução. Segundo Blanco e Prieto (1997), somente em níveis mais altos de cognição este fator é percebido.

A ideia de que o aumento da temperatura provoca “derretimento” da substância, está fortemente ligada às experiências que os alunos experimentam no seu cotidiano. Segundo Ebenezer e Erickson (1996), a associação que os estudantes fazem ao ver o gelo e a parafina “derreterem” pode ser uma das causas da presença desta concepção em suas explicações.

Desta forma, a ideia de solubilidade foi elaborada em função da temperatura, por meio da interpretação de curvas de solubilidade que, uma vez apresentadas aos alunos, puderam auxiliar na desmistificação da ideia de “derretimento”.

A participação dos alunos nesta fase foi passiva e se destacou aqui uma falha na intervenção, pois se considerou necessária a participação mais ativa do aluno na utilização do conceito de solubilidade, por meio da resolução de exercícios.

As noções de solução saturada e insaturada também foram construídas de acordo com a ampliação do conceito de solubilidade. Tal fato pode ser conferido dadas as explicações verbais dos alunos, quando questionados sobre o tipo de solução obtida, quando a quantidade de soluto estava abaixo do limite de solubilidade:

“Mistura homogênea e insaturada.”

“Não ficaria sólido no fundo iria dissolver.”

“Haveria uma solução homogênea.”

E no limite da solubilidade:

“A solução ainda é homogênea.”

“Dissolveria.”

“Solução saturada.”

“Parte do sal iria para o fundo.”

Apesar da persistência de alguns termos alternativos nas frases apresentadas, pode-se inferir que o pensamento teórico do aluno evoluiu no sentido de diferenciar: soluções de misturas heterogêneas, soluções saturadas de soluções insaturadas.

Muitas concepções alternativas detectadas no diagnóstico inicial, como a visão pseudomicroscópica das substâncias, ainda prevaleceram, tais como, a ideia de que o sal é formado de partículas (grãos visíveis).

Segundo Santos (1998), as concepções alternativas podem ter caráter regressivo e reaparecer após o processo de ensino. Elas se mantêm por um período de latência, no entanto, em algumas situações elas ressurgem, dando provas de que o ensino não foi tão efetivo como se pensou.

No caso da construção dos conceitos de solubilidade e diferenciação de solução saturada e insaturada, pareceu que a ideia foi elaborada pelos alunos e se mostrou plausível.

Na 2ª série G, embora a participação não tenha sido intensa, foi constante e regular, e os alunos evidenciaram que os conceitos de solução saturada e insaturada foram construídos.

“Quando a substância dissolve, forma uma solução, ou seja, uma mistura homogênea.”

“Se existe sólido embaixo significa que passou do limite de saturação.”

“Solução insaturada não está no limite.”

“É preciso mais açúcar para dissolver na água, o limite dele é maior.”

A 2ª série A, apesar de evidenciarem a compreensão dos conceitos propostos, os alunos apresentaram algumas concepções alternativas persistentes, tais como: o fato da temperatura “derreter” a substância. Esta turma se manteve o tempo todo agitada, surgiram muitas brincadeiras, o que pode ter comprometido a intervenção.

Segundo McCloskey¹⁷ (1983 apud Dreyfus et al., 1990) aprender é visto não apenas como uma atividade, mas também como uma atitude. Concordou-se com o autor que é preciso um comprometimento com o ensino, pois muitos alunos preferem

¹⁷ McCLOSKEY, M. “Intuitive physics. *Scientific American*. 248, 1983, p. 122-130.

permanecer com seus pré-conceitos. Talvez, para estes alunos, o nível de insatisfação não tenha sido atingido, o que pode ter refletido em suas atitudes.

Na 3ª série D a construção do conceito de solubilidade e de solução saturada e insaturada parece ter sido atingida, mas a ideia de diluir como sinônimo de dissolver continuou forte entre os alunos. Para eles, ao ser adicionado solvente a uma massa fixa de soluto, formava-se uma solução “aguada”. Os conceitos de diluir e concentrar foram então explorados em termos de quantidades relativas de partículas de soluto e solvente. Mas, a ideia da diluição foi de difícil aceitação dada a forte influência do senso comum.

Descrição das categorias de análise:

Analisando os dados a partir das folhas de trabalho, foram elaboradas, como já descritas, as categorias de análise representativas da 2ª dimensão e são apresentadas na TAB. 3.12.

F - Construção do conceito de solubilidade e diferenciação entre solução saturada e insaturada.

G - Explicações macroscópicas do processo de dissolução sem a utilização do conceito de solubilidade.

H - Explicações pseudomicroscópicas do processo de dissolução sem utilização do conceito de solubilidade.

Tabela 3.12

**Segunda dimensão: Construção do conceito de solubilidade na interpretação
do processo de dissolução**

		Categorias		
Turma		F	G	H
2ª série A	1A	1	0	1
	2A	1	1	0
	3A	1	0	1
	4A	1	0	1
	5A	1	1	0
	6A	1	0	1
	7A	1	0	1
	8A	1	0	1
	9A	1	0	1
Total	9	9	2	7
%		100,0	22,2	77,8
2ª série B	1B	1	0	1
	2B	1	0	1
	3B	1	1	0
	4B	1	0	1
	5B	1	0	1
	6B	1	1	0
	7B	0	1	0
	8B	0	0	1
	9B	1	1	0
	10B	1	1	0
	11B	1	1	0
	12B	0	1	0
	13B	0	0	0
	14B	1	1	0
	15B	1	1	0
	16B	1	0	1
	17B	1	1	0
	18B	1	0	1
	19B	1	1	0
Total	19	15	11	7
%		78,9	57,9	36,8
2ª série G	1G	0	1	0
	2G	1	1	0
	3G	1	0	0
	4G	1	0	0
	5G	1	0	1
	6G	1	1	1
	7G	1	1	0
	8G	1	0	1
	9G	1	0	1
	10G	1	0	1
	11G	0	0	1
Total	11	9	4	6
%		81,8	36,4	54,5

Continuação da tabela 3.12

		Categorias		
Turma		F	G	H
3ª série D	1D	1	0	1
	2D	1	1	0
	3D	1	1	0
	4D	1	0	1
	5D	0	1	0
	6D	1	1	0
	7D	1	0	1
	8D	1	0	1
	9D	0	1	0
	10D	1	1	0
	11D	1	1	0
	12D	1	1	0
	13D	0	1	0
	14D	1	0	1
	15D	1	1	0
	16D	1	1	0
	17D	1	1	0
	18D	1	0	1
	19D	1	1	0
	20D	1	1	0
Total	20	17	14	6
%		85,0	70,0	30,0
Total geral	59	50	31	26
%		84,7	52,5	44,1
Legenda: 1 (um) indica a presença do aluno na respectiva categoria; 0 (zero) indica a ausência do aluno na respectiva categoria.				

Pôde-se perceber um progresso na construção do conceito de solubilidade e diferenciação entre solução saturada e insaturada (categoria F, TAB. 3.12): 100% dos alunos da 2ª série A manifestaram tais ideias, 2ª série B 78,9%, 2ª série G 81,8%, 3ª série D 85%, no total geral 84,7% de alunos. Estes dados revelaram que um ensino motivado através da experimentação e do confronto de ideias, desempenhou forte papel na compreensão da nova ideia.

Segundo Baker e Piburn (1996), é importante que o aluno encontre-se insatisfeito logo no início do ensino, e isto pode ser conseguido, através de: experimentos, discussões em sala de aula, desenhos e mapas conceituais. Para Nussbaum e Novick (1982), os experimentos aguçam a preconceção dos alunos, criando perturbações na tentativa de estimular os estudantes a explicitarem suas concepções, encorajando-os para a acomodação de novas ideias.

Embora o conceito de solubilidade tenha sido construído com sucesso nesta intervenção, ele não foi ampliado pelos alunos, que permaneceram com uma visão macroscópica sem terem utilizado a ideia de solubilidade (categoria G, TAB. 3.12): 2ª

série A 22,2%, 2ª série B 57,9%, 2ª série G 38,4%, 3ª série D 70,0%, no total de alunos 52,5%. Segundo Echeverria (1993), não se podem esperar grandes avanços na visão microscópica do fenômeno de dissolução se o ensino não valorizar tais aspectos. Concordou-se com a autora, pois, nesta fase do ensino, os aspectos microscópicos não foram efetivamente explorados. No entanto, esperava-se que os alunos ampliassem suas abstrações para tentar compreender melhor este fenômeno.

Percebeu-se, no entanto, que houve enriquecimento por parte de alguns alunos em suas explicações com elementos microscópicos, embora tenham atribuído às partículas propriedades macroscópicas. Estes alunos avançaram na aprendizagem para um estágio que se denominou pseudomicroscópico (categoria H, TAB. 3.12): 2ª série A 77,8%, 2ª série B 36,8%, 2ª série G 54,5%, 3ª série D 30,0% e no total geral 44,1%.

Segundo Galagovsky et al. (1996), os alunos podem estar aceitando um modelo particular da matéria, porém atribuindo às partículas propriedades observáveis do nível macroscópico. Neste estágio, deve-se reconhecer que atravessam um nível interpretativo intermediário entre o macro e o submicroscópico.

Na 2ª série G, foi surpreendente o avanço nas concepções dos alunos e de suas atitudes de comprometimento com o ensino, visto que, aula a aula, expuseram-se com cuidado, manifestando suas ideias e confrontando-as com entusiasmo. Segundo Pintrich et al. (1993), a natureza da motivação e os fatores contextuais da sala de aula podem ser significativos para a construção dos conceitos. Não se pode negar que nesta turma, estes fatores podem ter influenciado, visto o nível de participação dos alunos.

A 2ª série A, mesmo se mostrando pouco desinteressada, foi a que evidenciou maior avanço das explicações macroscópicas para visões particulares da matéria. Talvez durante a intervenção, por meio do experimento, os alunos tenham se sentido motivados a tal ponto que suas insatisfações puderam ser resolvidas e dado conta de provocar reflexões mais críticas. E estes, uma vez satisfeitos com a nova concepção, não tenham dado importância à atividade 4, na qual se realizou a retomada dos conceitos. Segundo Weaver (1998), o uso de atividades experimentais com a participação ativa dos alunos, promove e encoraja a reflexão e a construção dos

conceitos. No entanto, é preciso integrar o desenvolvimento de habilidades com o conhecimento conceitual. Talvez tenha faltado à professora, estabelecer esta ligação.

Na 3ª série D esperava-se um progresso maior nas concepções e um nível mais avançado em seus modelos explicativos, no entanto, os resultados não evidenciaram esta hipótese, dado que apenas 30% dos alunos passaram para a categoria H (TAB. 3.12). Isto levou a inferir que, o ensino, para estes alunos, não foi tão efetivo como se esperava.

A TAB. 3.13 procurou estabelecer uma relação entre as categorias da 1ª e 2ª dimensão para as concepções de cada um dos alunos.

Tabela 3.13
Relações entre as categorias de primeira e segunda dimensão

		Categoria A 1a. Dimensão			Categoria B 1a. Dimensão			Categoria C 1a. Dimensão			Categoria D 1a. Dimensão			Categoria E 1a. Dimensão		
Turma		F	G	H	F	G	H	F	G	H	F	G	H	F	G	H
2ª série A	1A	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2A	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
	3A	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
	4A	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	5A	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	6A	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
	7A	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
	8A	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	9A	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
Total	9	3	1	2	1	0	1	8	2	1	4	0	4	1	0	0
%	33,3	11,1	22,2	11,1	0,0	11,1	88,9	22,2	11,1	44,4	0,0	44,4	11,1	0,0	0,0	
2ª série B	1B	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
	2B	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3B	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
	4B	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	5B	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
	6B	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	7B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9B	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	10B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11B	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
	12B	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	13B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14B	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
	15B	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
	16B	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
	17B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18B	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	19B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	19	11	6	7	1	1	0	9	5	0	6	3	4	3	0	0
%	57.9	31.6	36.8	5.3	5.3	0.0	47.4	26.3	0.0	31.6	15.8	21.1	15.8	0.0	0.0	

Continuação da tabela 3.13

		Categoria A 1a. Dimensão			Categoria B 1a. Dimensão			Categoria C 1a. Dimensão			Categoria D 1a. Dimensão			Categoria E 1a. Dimensão		
Turma		F	G	H	F	G	H	F	G	H	F	G	H	F	G	H
2ª série	1G	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	4G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
	6G	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0
	7G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11G	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Total	11	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	1	2	2	0	0
%		9,1	18,2	18,2	9,1	9,1	18,2	18,2	9,1	18,2	9,1	9,1	18,2	18,2	0,0	0,0
3ª série	1D	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	2D	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
	3D	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	4D	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0
	5D	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	6D	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	7D	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
	8D	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	9D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	10D	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11D	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
	12D	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	13D	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	14D	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	15D	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
	16D	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17D	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	18D	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	19D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
	20D	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
Total	20	12	9	5	10	7	4	12	9	4	2	2	1	7	0	0
%		60,0	45,0	25,0	50,0	35,0	20,0	60,0	45,0	20,0	10,0	10,0	5,0	35,0	0,0	0,0
Total geral	59	27	18	16	13	9	7	31	17	7	13	6	11	13	0	0
%		45,8	30,5	27,1	22,0	15,3	11,9	52,5	28,8	11,9	22,0	10,2	18,6	22,0	0,0	0,0

Legenda: 1 (um) indica a presença do aluno na respectiva categoria; 0 (zero) indica a ausência do aluno na respectiva categoria.

Relacionando as categorias da 1ª dimensão com as categorias da 2ª dimensão, pode-se verificar que: 45,8% dos alunos manifestaram concepções na categoria A (TAB. 3.10) e na categoria F (TAB. 3.13). Isto implica dizer que a diferenciação entre substância pura e mistura de substâncias, auxilia na construção do conceito de solubilidade e na diferenciação entre solução saturada e insaturada. Também foi possível verificar que a presença de concepções na categoria A da TAB. 3.10, contribuiu na construção de modelos explicativos interpretando o processo de

dissolução com explicações pseudomicroscópicas com 27,1% dos alunos, categoria H (TAB. 3.13).

22,0% dos alunos manifestaram concepções na categoria F (TAB. 3.13) e na categoria B (TAB. 3.10), contribuindo para a construção do conceito de solubilidade. Isto implica que caracterizar a mistura como um agrupamento de substâncias auxilia o aluno a refletir sobre a diferença entre solução saturada e insaturada.

Quando o aluno passou a considerar a importância ou não da existência de fases na caracterização das misturas (categoria C, TAB. 3.10), percebeu-se que 52,5% dos alunos tiveram mais facilidade na construção do conceito de solubilidade e diferenciação entre solução saturada e insaturada (categoria F, TAB. 3.13).

Ao relacionarmos a categoria D (TAB. 3.10) com a categoria F e H (TAB. 3.13), pode-se perceber que 22% e 18% dos alunos, respectivamente, manifestaram concepções nessas categorias. Portanto caracterizar as soluções considerando a existência de fases, auxiliou os alunos na construção do conceito de solubilidade e na diferenciação entre solução saturada e insaturada, proporcionando também a elaboração de modelos explicativos com interpretações pseudomicroscópicas para o processo de dissolução.

Também se verificou que os alunos que apresentavam concepções na categoria E (TAB. 3.10), também apresentavam concepções nas categorias F e G (TAB. 3.13) com 22% e 20,3% dos alunos, respectivamente. Desta forma, foi possível verificar que a construção do conceito de solução como uma mistura homogênea de substâncias, permitiu ao aluno avançar na construção do conceito de solubilidade e na diferenciação entre solução saturada e insaturada. A interpretação do processo de dissolução considerando a existência de partículas também foi possível ser verificado, mesmo que as explicações ainda permanecessem carregadas de ideias realistas e substancialistas, com características pseudomicroscópicas. No entanto, foi possível perceber a evolução das concepções com base nos aspectos perceptíveis para interpretações com níveis de maior abstração.

3.2.3. 3ª Dimensão - Construção e Utilização de um Modelo de Interações entre as Partículas Constituintes da Solução (Solutos/Solvente) que Justifique o Processo de Dissolução

Nesta fase da intervenção pedagógica, o objetivo foi de construir, junto aos alunos, concepções relativas ao processo de dissolução como um conjunto de interações entre as partículas constituintes da solução (solutos/solvente).

Esta ideia foi desencadeada a partir da situação de ensino (atividade 5), na qual foram retomados alguns conceitos sobre ligações químicas, valorizando os aspectos relativos a interações atômicas, forças eletrostáticas e interações intermoleculares. Objetivou-se a reconstrução e a ampliação, por parte dos alunos, de um modelo que permitisse justificar o processo de dissolução a nível microscópico.

Cinco categorias de análise foram elaboradas após verificação das folhas de trabalho da atividade 5 e são, a seguir, apresentadas:

I - O aluno não avançou na construção de um modelo microscópico para explicar o processo de dissolução.

O processo de dissolução foi justificado através de concepções macroscópicas. O aluno não se reportou aos constituintes da solução em termos de partículas, que evidenciassem noção microscópica do processo de dissolução.

J - O aluno construiu um modelo pseudomicroscópico.

Nas explicações, embora os alunos fizessem referência à ideia de partículas, íons, moléculas, atribuíam às mesmas características macroscópicas sem nenhuma ampliação para a ideia de interações.

K - O aluno avançou na construção de um modelo microscópico, sem considerar interações entre as partículas constituintes do soluto e do solvente.

Apareceram, entre as explicações, elementos microscópicos, sem a caracterização do processo de dissolução como um conjunto de interações entre as partículas constituintes da solução. Embora os alunos ultrapassassem a barreira do observável, suas explicações apresentaram-se carregadas de erros conceituais.

L - Aproximação de um modelo microscópico, considerando interações entre as partículas do soluto e do solvente.

O aluno passou a explicitar que ocorriam interações entre as partículas do soluto e do solvente. No entanto, suas explicações não revelaram coerências com a visão científica, estando carregadas de erros conceituais.

M - Construíram um modelo microscópico coerente com a visão científica.

O aluno construiu com coerência um modelo explicativo microscópico para o processo de dissolução, fundamentado em um conjunto de interações entre as partículas constituintes da solução (soluto/solvente) que permitisse perceber sua compreensão na interpretação do processo de dissolução.

Uma vez que o diagnóstico inicial revelou que o processo de dissolução na interpretação dos alunos relacionava-se aos aspectos perceptíveis do sistema, cujas explicações eram predominantemente macroscópicas, foi necessário avançar nesta fase do ensino com modelos e teorias que fossem além dos aspectos observáveis.

Pela análise das aulas áudio vídeo gravadas, o processo de dissolução para os alunos relacionava-se com a densidade dos constituintes (soluto/solvente). Segundo Ebenezer e Erickson (1996), a diferença de densidade entre duas substâncias é um argumento utilizado pelos estudantes para explicar a razão pela qual os líquidos não dissolviam. O presente estudo concordou com os achados dos autores uma vez que também foi verificado este fator nesta pesquisa. As seguintes frases, apresentadas pelos alunos, expressaram este tipo de concepção:

“A areia não dissolve, pois ela é mais densa.”

“Tem a ver com a densidade. O óleo é mais denso que a água.”

Surgiram ideias interessantes, das quais se pôde perceber a ampliação das concepções no uso do conceito de solubilidade.

“Eu acho que não dissolveu, pois ultrapassou o limite da solubilidade.”

“Para ocorrer a dissolução depende da quantidade das substâncias.”

Notou-se que o aluno acionou alguns conceitos elaborados nas atividades anteriores, o que sugere que a proposta das situações de ensino não os levou a uma aprendizagem estanque e fragmentada. Embora ocorressem explicações centradas nos aspectos observáveis, se notou que apesar de o aluno permanecer no nível do observável, ele começou a empregar as palavras certas para expressar um pensamento mais elaborado, como expresso pelas frases abaixo, nas quais se pôde

observar a relação estabelecida entre a dissolução e a formação de um sistema homogêneo.

“Quando dissolve forma uma mistura homogênea e quando não dissolve fica heterogênea.”

“Porque o açúcar forma uma mistura heterogênea.”

“Dissolve, pois em contato com a água se dispersa e vai dissolvendo.”

Outras explicações avançaram para noção pseudomicroscópica, com atribuição de características macroscópicas para as partículas. No entanto, observaram-se indícios de um modelo que sugere interações entre as partículas.

“Eu coloquei que o açúcar derrete. É como se as partículas da água fossem maior que as partículas do sal, assim a água, entrando em movimento vão agindo com as partículas do açúcar, e onde vai acontecer a dissolução.”

Segundo Prieto et al. (1989), apesar de os estudantes terem recebido instruções básicas sobre a natureza particular da matéria, seus conhecimentos a respeito de partículas não foram suficientes para descreverem o processo de dissolução de forma coerente com a visão científica. Isto também foi destacado por Echeverria (1993), argumentando que, apesar da utilização de termos químicos, os alunos não apresentam necessariamente uma real compreensão dos fenômenos, pois não internalizaram os conceitos por completo, e este nível de explicação não ocorrerá, a menos que o ensino auxilie nesta aproximação.

No presente estudo, outra ideia considerada interessante foi o modelo de interações descrito por uma aluna, manifestado através da seguinte concepção:

“Assim eu penso, que o soluto é uma bolinha fechada e o solvente uma bolinha aberta. O solvente quando consegue dissolver, ele envolve a bolinha fechada que é o soluto, então começa a dissolver, então as duas bolinhas ficam juntas, uma com a outra, e consegue misturar. Quando não conseguem, não se misturam.”

Alguns alunos chegaram até supor que as partículas “se quebram e se separam”. De acordo com Driver et al. (1995), a busca de causa para o observável implica em um nível de utilização mais complexo de pensamento, que requer domínio de sistemas conceituais e teóricos.

Ao tentar prever e controlar os acontecimentos, o aluno passa a atribuir um determinado efeito a uma determinada causa. Neste caso, a aluna atingiu um nível de

pensamento mais avançado, no entanto, os conceitos que possuía não estavam definidos a ponto de justificar sua explicação, e ela passou a utilizar analogias, como uma tentativa de expressar uma concepção que avançou a um maior nível de abstração.

Diante das situações descritas, o ensino questionou a ideia de que a densidade era a causa da solubilidade das substâncias. O conflito foi guiado através da comparação dos dados referentes à solubilidade e à densidade das substâncias, em que os dados relativos à densidade não justificavam o processo de dissolução.

Para Baker e Piburn (1996), um caminho importante para a mudança conceitual é o momento em que as coisas não funcionam da forma como se esperava. O reconhecimento da irregularidade é a força motriz que leva os indivíduos a rejeitarem esquemas e substituí-los por outros. Considerou-se, portanto, que o conflito gerado, a partir da densidade, poderia ajudar os alunos a refletirem sobre outras ideias.

Em vista do momento de insatisfação a professora aproveitou as concepções que haviam surgido sobre partículas e as ideias de interações, e retomou conceitos referentes a interações atômicas e intermoleculares, conforme descrito na metodologia (atividade 5). Foi uma fase difícil do ensino, na qual, predominou a fala da professora. Embora se motivasse a participação dos alunos, os mesmos se mantinham passivos diante da intervenção. A compreensão de conceitos como: íons, moléculas e ligações químicas pelos alunos se mostraram insuficientes para a compreensão do processo de dissolução através de um modelo microscópico.

Muitos alunos da 2ª série G evidenciaram desconhecimento destes conceitos, outros alunos da 2ª séries A e B e 3ª série D demonstraram esquecimento. A maioria não acionou tais conceitos para interpretar a dissolução. Segundo Echeverria (1993), o ensino anterior pode ter sido estanque e fragmentado, o que dificultou o estabelecimento de relações conceituais neste momento da intervenção. Este foi um dos motivos da intervenção ter sido, na maior parte do tempo, centrada na professora, que seguiu reelaborando estas ideias para investir na construção de um modelo de interações entre partículas soluto/solvente que justificasse a dissolução.

Segundo Baker e Piburn (1996), o professor pode introduzir a visão científica, ajudando os estudantes a “quebrarem” velhas estruturas e construírem as novas, uma maneira de se fazer isso é utilizar aulas expositivas, resultado de ideias da fase

exploratória e discussões entre ideias. Neste estudo, durante as intervenções, o ensino procurou fazer uso destes recursos.

Em todas as turmas, notou-se muita dispersão por parte dos alunos. Entre as turmas, os alunos da 2ª séries A e B foram os mais participativos, evidenciando que possuíam embasamentos para enfrentarem as discussões. Os alunos da 3ª série D não acionaram com tanta frequência os conceitos durante a intervenção e se mostraram desinteressados nesta fase do ensino. Segundo Chinn e Brewer (1993), estes alunos podem estar mantendo os dados em latência, na perspectiva de utilizá-los posteriormente.

Na 2ª série G, ficou nítida a falta de conhecimento destes conceitos, e surgiram momentos em que os próprios alunos satirizavam seu desconhecimento. Para Carvalho et al. (1992), podem ter ocorrido perturbações lacunares, ou seja, falta de conhecimentos para resolver o problema. Isto nos levou a inferir que estes alunos sem conhecimentos básicos, não sentiam a necessidade de conciliar as novas ideias às suas próprias, de forma que não alcançaram o conflito. Apresenta-se a seguir a TAB. 3.14, cujas categoriais de análise formam elaboradas após a análise das folhas de trabalho dos alunos.

Descrição das categorias de análise:

Analisando os dados a partir das folhas de trabalho da atividade 5, foram elaboradas, como já descritas, as categorias de análise representativas da 3ª dimensão e são apresentadas na TAB. 3.14.

I - O aluno não avançou na construção de um modelo microscópico para explicar o processo de dissolução.

J - O aluno construiu um modelo pseudomicroscópico.

K - O aluno avançou na construção de um modelo microscópico, sem considerar interações entre as partículas constituintes do soluto e do solvente.

L - Aproximação de um modelo microscópico, considerando interações entre as partículas do soluto e do solvente.

M - Construíram um modelo microscópico coerente com a visão científica.

Tabela 3.14

Terceira dimensão: Construção e utilização de um modelo microscópico para a interpretação do processo de dissolução

		Categorias				
turma		I	J	K	L	M
2ª série A	1A	0	0	0	1	0
	2A	0	0	0	1	0
	3A	0	0	0	0	1
	4A	0	0	0	1	0
	5A	1	0	0	0	0
	6A	0	0	0	1	0
	7A	1	0	0	0	0
	8A	1	0	0	0	0
	9A	1	0	0	0	0
Total	9	4	0	0	4	1
%		44,4	0,0	0,0	44,4	11,1
2ª série B	1B	0	0	0	1	0
	2B	0	0	1	0	0
	3B	0	0	0	0	1
	4B	0	0	0	1	0
	5B	0	0	0	1	0
	6B	1	0	0	0	0
	7B	0	0	1	0	0
	8B	0	0	0	1	0
	9B	0	0	0	1	0
	10B	0	0	0	0	0
	11B	1	0	0	1	0
	12B	0	0	0	1	0
	13B	0	0	0	0	1
	14B	0	0	0	1	1
	15B	0	0	0	0	0
	16B	0	0	0	1	0
	17B	0	0	0	1	0
	18B	0	0	0	0	1
	19B	0	1	0	0	0
Total	19	2	1	2	10	4
%		10,5	5,3	10,5	52,6	21,1
2ª série G	1G	0	1	0	0	0
	2G	0	0	0	1	0
	3G	1	0	0	0	0
	4G	0	1	0	0	0
	5G	0	0	0	0	1
	6G	1	0	0	0	0
	7G	1	0	0	0	0
	8G	0	0	0	1	0
	9G	0	0	0	1	0
	10G	1	0	0	0	0
	11G	0	0	0	1	0
Total	11	4	2	0	4	1
%		36,4	18,2	0,0	36,4	9,1

Continuação da tabela 3.14

		Categorias				
turma		I	J	K	L	M
3ª série D	1D	0	0	0	1	0
	2D	0	0	0	0	1
	3D	0	1	0	0	0
	4D	0	0	0	0	1
	5D	0	0	0	1	0
	6D	0	0	0	1	0
	7D	0	0	0	1	0
	8D	0	0	0	1	0
	9D	0	0	0	1	0
	10D	0	0	0	1	0
	11D	0	0	0	1	0
	12D	0	0	0	1	0
	13D	0	0	0	1	0
	14D	0	0	0	0	1
	15D	0	0	0	1	0
	16D	0	0	0	1	0
	17D	0	0	0	1	0
	18D	0	0	0	1	0
	19D	0	0	0	1	0
	20D	0	0	0	0	0
Total	20	0	1	0	15	3
%		0,0	5,0	0,0	75,0	15,0
Total geral	59	10	4	2	33	9
%		16,9	6,8	3,4	55,9	15,3
Legenda: 1 (um) indica a presença do aluno na respectiva categoria; 0 (zero) indica a ausência do aluno na respectiva categoria.						

Pôde-se verificar que, no início da atividade 5, o aluno não avançou em utilizar noções microscópicas que justificassem a dissolução, pois não observou-se em suas explicações uma aproximação com um modelo cientificamente aceito. Muitos alunos mantiveram as concepções macroscópicas conforme se evidenciou na categoria I (TAB. 3.14): 44% dos alunos da 2ª série A, 10,5% da 2ª série B, 36,4% da 2ª série G e no total geral 16,9%.

Segundo Posner et al. (1982), nem todos os conceitos centrais são modificados; trata-se de um processo lento e gradual, com ajuste de concepções anteriores e posteriores. Isto pôde ser observado, pois poucos alunos utilizaram conceitos pseudomicroscópicos, referindo-se a partículas (íons ou moléculas) e, quando o faziam, atributos macroscópicos surgiam para referenciar tais partículas. Tal explicação foi manifestada entre os alunos, com: 5,3% da 2ª série B, 18,2% 2ª série G, 3ª série D 5% e no total de alunos 6,8%, conforme indicado na categoria J (TAB. 3.14). Pôde-se perceber

que os alunos da 2ª série G começaram a considerar a possibilidade da existência de partículas. Algumas explicações justificam esta consideração:

“O açúcar dissolve, pois as partículas estão separadas umas das outras.”

“O açúcar dissolve na água porque suas moléculas permitem a dissolução no sal.”

A retomada e a sistematização dos conceitos auxiliaram na elaboração de um modelo microscópico que considerasse interações entre as partículas (categoria L, TAB. 3.14), na qual verificaram-se os seguintes resultados: 44,4% destas concepções entre os alunos da 2ª série A, 52,6% 2ª série B, 36,4% 2ª série G, 75% 3ª série D, no total geral 55,9%. Segundo Chinn e Brewer (1993), os alunos podem estar aceitando os dados e mudando a sua teoria inicial, pois nas suas explicações aparecem novos elementos. No entanto, as explicações dos alunos não se manifestaram coerentes a ponto de se considerar real a compreensão microscópica do fenômeno e surgiram carregadas de erros conceituais, tais como:

“O açúcar dissolve, pois suas partículas conseguem se juntar com as da água e se separam, formando novas interações.”

“O sal na água dissolve, pois a parte positiva da água foi atraída pela parte negativa do sal.”

“A água quebra as partículas do sal, atraindo elétrons com prótons e prótons com elétrons.”

“Para cada molécula negativa de oxigênio, uma positiva de sódio e para cada molécula positiva de hidrogênio, vai negativa de cloro, porque os opostos se atraem na chamada ligação intracelular.”

Pôde-se perceber que houve um avanço nas concepções dos alunos e também a percepção de que o ensino promoveu a elaboração de um pensamento mais abstrato em relação ao fenômeno de dissolução, segundo um modelo microscópico, ainda que incoerente do ponto de vista científico.

Segundo a proposta que se apresentou nesta intervenção, um modelo coerente que permitisse justificar o processo de dissolução, contou com os seguintes resultados: 2ª série A 11,1%, 2ª série B 21,1%, 2ª série G 9,1%, 3ª série D 15%, no total de alunos 15,3% (categoria M, TAB. 3.14).

“O cloro negativo atrai o hidrogênio da água, mas o hidrogênio está fortemente atraído pelo oxigênio, já o sódio é atraído pelo oxigênio, quebrando a ligação entre as moléculas.”

“As moléculas interagem e se juntam, quebrando as ligações iniciais NaCl e água. Ao quebrar as ligações, elas se atraem devido à eletronegatividade, resultando na dissolução e depois a mistura homogênea.”

“São rompidas interações anteriores do NaCl e da água e passam ocorrer novas interações entre eles.”

Embora o resultado não tenha sido expressivo no que concerne à construção do modelo cientificamente aceito, é preciso destacar que: a oportunidade dos alunos em refletir melhor sobre suas ideias, o tempo destinado para tratar os aspectos microscópicos e a ênfase dada a um ensino formativo prejudicou na construção dos conceitos. Torna-se oportuno comentar que o tempo não foi suficiente, pois se percebeu a necessidade de investir na retomada de alguns conceitos, dado que os alunos não os tinham de forma esclarecida e tais conceitos eram necessários para a construção da visão microscópica.

Segundo Martínez (1999a), os sistemas conceituais evoluem em cadeia e a cada etapa ocorre a incorporação de novas informações. O sistema, ao tentar se ajustar, resiste a mudanças e entra em uma fase de estabilização, na qual ocorrem acumulações e refinamentos da etapa anterior. No entanto, em determinado momento, o sistema evolui para uma captação caótica, na qual poucas informações são adicionadas e o esquema conceitual atinge reestruturação, originando um sistema de ideias mais estáveis.

Ainda com base nos dados presentes na TAB. 3.14, os resultados revelaram uma evolução significativa no pensamento dos alunos, no que diz respeito à construção de um modelo microscópico, sem considerar as interações entre as partículas (categoria K, TAB. 3.14) para modelo microscópico que leve em conta a existência de interações (categoria L, TAB. 3.14). Isto nos levou a inferir na possibilidade destes alunos transporem para um modelo explicativo mais coerente com a visão científica, se a eles for dada a oportunidade de refletirem melhor sobre suas concepções.

Com relação aos alunos da 3ª série D, diante dos resultados apresentados, esperava-se que a transposição destes alunos de um modelo microscopicamente incoerente (categoria L, TAB. 3.14) para um modelo mais coerente (categoria M) fosse maior. No entanto, a maioria destes alunos permaneceu com suas concepções de acordo com a categoria L, o que pode estar relacionado ao reflexo do ensino, a que foram submetidos todos estes anos, de características predominantemente marcadas pela transmissão do conhecimento. Portanto, as dificuldades na elaboração do modelo

microscópico, a falta de interesse durante a intervenção e a passividade diante da situação de ensino, revelaram que estão habituados a um ensino centrado no professor.

Segundo Martínez (1999a), nesta transição, os alunos poderiam estabelecer, com as ideias intuitivas, uma rede lógica de interconexões e diferenciações entre os conceitos, que lhes pudessem permitir generalizações e argumentações a respeito do fenômeno.

A seguir, apresentam-se as tabelas (TAB. 3.15 e 3.16), as quais permitiram estabelecer uma relação entre as categorias da 1ª e 2ª dimensões com as categorias da 3ª dimensão.

Tabela 3.15

Relações entre as categorias da primeira e terceira dimensão

		Categoria A 1a. Dimensão						Categoria B 1a. Dimensão						Categoria C 1a. Dimensão					
Turma		I	J	K	L	M	O	I	J	K	L	M	I	J	K	L	M		
2ª série A	1A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	2A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	3A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	4A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	5A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
	6A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
	7A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
	8A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
	9A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
total	9	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	4	0	0	3	1			
%		11,1	0,0	0,0	22,2	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	44,4	0,0	0,0	33,3	11,1	0		
2ª série B	1B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	2B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
	3B	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	4B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	5B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	6B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	7B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	8B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	9B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
	10B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	11B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0		
	12B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	13B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	14B	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1		
	15B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	16B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	17B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	18B	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	19B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Total	19	1	0	1	8	3	0	0	0	1	0	1	0	1	6	3			
%		5,3	0,0	5,3	42,1	15,8	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	5,3	0,0	5,3	31,6	15,8	0		

Continuação da tabela 3.15

		Categoria A 1a. Dimensão						Categoria B 1a. Dimensão						Categoria C 1a. Dimensão					
turma		I	J	K	L	M	O	I	J	K	L	M	I	J	K	L	M		
2ª série G	1G	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
	2G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	3G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
	4G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	5G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	6G	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	7G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	8G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	9G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	10G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	11G	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
Total	11	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1			
%		9,1	9,1	0,0	9,1	0,0	9,1	0,0	0,0	9,1	0,0	9,1	9,1	0,0	0,0	9,1			
3ª série D	1D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
	2D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		
	3D	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0		
	4D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	5D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	6D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	7D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	8D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	9D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
	10D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
	11D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0		
	12D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0		
	13D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	14D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1		
	15D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0		
	16D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
	17D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
	18D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0		
	19D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	20D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Total	20	0	1	0	10	2	0	0	0	8	2	0	1	0	9	3			
%		0,0	5,0	0,0	50,0	10,0	0,0	0,0	0,0	40,0	10,0	0,0	5,0	0,0	45,0	15,0			
Total geral	59	3	2	1	21	5	1	0	0	11	2	6	2	1	18	8			
%		5,1	3,4	1,7	35,6	8,5	1,7	0,0	0,0	18,6	3,4	10,2	3,4	1,7	30,5	13,6			
Legenda: 1 (um) indica a presença do aluno na respectiva categoria; 0 (zero) indica a ausência do aluno na respectiva categoria.																			

Continuação da tabela 3.15

		Categoria D 1a. Dimensão					Categoria E 1a. Dimensão				
turma		I	J	K	L	M	I	J	K	L	M
2ª série A	1A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3A	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	4A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	7A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	9	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0
%		22,2	0,0	0,0	11,1	11,1	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0
2ª série B	1B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	2B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3B	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	4B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	6B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	9B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	10B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11B	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
	12B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	15B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	17B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	19	1	0	0	5	1	1	0	0	2	1
%		5,3	0,0	0,0	26,3	5,3	5,3	0,0	0,0	10,5	5,3
2ª série G	1G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	2G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3G	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	4G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	6G	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11G	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Total	11	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1
%		9,1	0,0	0,0	9,1	0,0	9,1	9,1	0,0	0,0	9,1

Continuação da tabela 3.15

		Categoria D 1a. Dimensão					Categoria E 1a. Dimensão				
turma		I	J	K	L	M	I	J	K	L	M
3ª série D	1D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	3D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	5D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	8D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	10D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	12D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	14D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	16D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	18D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	20D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	20	0	0	0	3	0	0	0	0	6	2
%		0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	10,0
Total geral	59	4	0	0	10	2	2	1	0	9	4
%		6,8	0,0	0,0	16,9	3,4	3,4	1,7	0,0	15,3	6,8
Legenda: 1 (um) indica a presença do aluno na respectiva categoria; 0 (zero) indica a ausência do aluno na respectiva categoria.											

Ao relacionarmos as categorias da 1ª dimensão com as categorias da 3ª dimensão, foi possível perceber que 35,6% dos alunos apresentavam concepções na categoria L (TAB. 3.15) e concepções na categoria A (TAB. 3.10). Isto implica que diferenciar substância pura de mistura de substâncias contribuiu no avanço da interpretação microscópica do processo de dissolução, considerando a existência de interações entre as partículas constituintes da solução.

Através da relação entre a categoria C (TAB. 3.10) e as categorias da 3ª dimensão, percebeu-se que 30,5% dos alunos apresentaram concepções na categoria L (TAB. 3.15), o que implica em caracterizar a mistura como um agrupamento de substâncias considerando a existência de fases, contribuindo na evolução das interpretações microscópicas do processo de dissolução.

15,3% dos alunos manifestaram concepções na categoria L (TAB. 3.15) e na categoria E (TAB. 3.10). Isto reforça que o conceito de solução uma vez construído de maneira formal, permite ao aluno atingir um nível maior de abstração na interpretação do processo de dissolução, considerando a existência de interações entre as partículas constituintes da solução.

Tabela 3.16

Relações entre as categorias da segunda e terceira dimensão

		Categoria F 2a. Dimensão					Categoria G 2a. Dimensão					Categoria H 2a. Dimensão				
Turma		I	J	K	L	M	I	J	K	L	M	I	J	K	L	M
2ª série A	1A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2A	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	3A	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	4A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5A	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	7A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	8A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	9A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Total	9	4	0	0	4	1	1	0	0	1	0	3	0	0	3	1
%		44,4	0,0	0,0	44,4	11,1	11,1	0,0	0,0	11,1	0,0	33,3	0,0	0,0	33,3	11,1
2ª série B	1B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2B	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3B	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	4B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6B	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7B	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	8B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9B	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	10B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11B	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	12B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	13B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14B	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	15B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	17B	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	18B	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	19B	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	19	2	1	1	8	3	2	1	1	5	2	0	0	1	5	1
%		10,5	5,3	5,3	42,1	15,8	10,5	5,3	5,3	26,3	10,5	0,0	0,0	5,3	26,3	5,3

Continuação da tabela 3.16

		Categoria F 2a. Dimensão					Categoria G 2a. Dimensão					Categoria H 2a. Dimensão				
Turma		I	J	K	L	M	I	J	K	L	M	I	J	K	L	M
2ª série G	1G	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2G	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	3G	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4G	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5G	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	6G	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	7G	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8G	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9G	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	10G	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	11G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Total	11	4	1	0	3	1	2	1	0	1	0	2	0	0	3	1
%		36,4	9,1	0,0	27,3	9,1	18,2	9,1	0,0	9,1	0,0	18,2	0,0	0,0	27,3	9,1
3ª série D	1D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	2D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	3D	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	5D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	6D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	7D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	8D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	9D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	10D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	11D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	12D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	13D	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	14D	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	15D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	16D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	17D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	18D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	19D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	20D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	20	0	1	0	12	3	0	1	0	11	1	0	0	0	4	2
%		0,0	5,0	0,0	60,0	15,0	0,0	5,0	0,0	55,0	5,0	0,0	0,0	0,0	20,0	10,0
Total geral	59	10	3	1	27	8	5	3	1	18	3	5	0	1	15	5
%		16,9	5,1	1,7	45,8	13,6	8,5	5,1	1,7	30,5	5,1	8,5	0,0	1,7	25,4	8,5
Legenda: 1 (um) indica a presença do aluno na respectiva categoria; 0 (zero) indica a ausência do aluno na respectiva categoria.																

Nesta fase da análise, foi possível verificar que os alunos que apresentavam concepções nas categorias F, G, H da TAB. 3.12, apresentavam concepções na categoria L (TAB. 3.16), com 45,8%, 30,5% e 25,4%, respectivamente. Desta forma, a construção do conceito de solubilidade, a diferenciação entre solução saturada e insaturada permitiram progressos na evolução das concepções dos alunos, que transitaram de um nível macroscópico em suas interpretações para um nível microscópico, interpretando o processo de dissolução com maiores níveis de abstração.

Assim podemos conjecturar que durante a fase de ensino, o caminho percorrido pelos alunos na construção de modelos explicativos relativos a conceitos sobre solução e o processo de dissolução, indicou um avanço desde um nível concreto de suas interpretações, evoluindo de forma significativa para um estágio semiparticulado para que finalmente atingisse um nível de abstração mais elevado (microscópico).

3.3. Análise das Concepções dos Alunos após Intervenção Pedagógica

Para verificar como os conceitos elaborados durante as situações de ensino foram estruturados na rede de conhecimento dos alunos, aplicou-se um instrumento com questões, envolvendo tais conceitos após cerca de um mês do processo (anexo 4). Analisaram-se as respostas dos alunos de acordo com as três dimensões aqui propostas, nas quais, pudemos verificar as seguintes características:

A - Diferenciação entre substância pura e mistura de substâncias.

O aluno distingue entre uma substância pura, a qual apresenta características próprias e a mistura de substâncias de composição variável.

B - Caracterização das soluções como mistura homogênea de substâncias sem a identificação de fases.

O aluno percebe as soluções como uma mistura de substâncias, sem que caracterize a presença de fases no sistema.

C - Caracterização das soluções como mistura de substâncias, considerando a existência de fases.

O aluno percebe as soluções como uma mistura de substâncias, no entanto considera tanto as misturas homogêneas quanto as heterogêneas como sistemas representativos de solução.

D - Caracterização da solução como uma mistura homogênea de substâncias.

O aluno percebe a solução como uma mistura de substâncias e que a homogeneidade é uma característica fundamental da solução.

E - Ideias relativas ao que ocorre com o soluto e o solvente no processo de dissolução.

Avaliou-se a persistência na concepção dos alunos de ideias alternativas em relação ao que ocorre com o soluto e o solvente no processo de dissolução, tais como: desaparecimento do soluto (E1), diluição do soluto (E2), necessidade de um líquido (E3), necessidade de água como solvente (E4).

F - Reconhecimento e classificação das soluções em sólidas, líquidas e gasosas.

Verificou se o aluno passou a considerar que, além das soluções líquidas, existem soluções sólidas e gasosas e que as mesmas fazem parte integrante de seu contexto cotidiano.

G - Diferenciação entre solução saturada e insaturada.

O aluno distingue entre as soluções saturadas e insaturadas, utilizando o conceito de solubilidade.

H - Aplicação do conceito de solubilidade

O aluno aplicou o conceito de solubilidade de forma coerente na resolução de problemas, envolvendo dados sobre a solubilidade das substâncias, permitindo interpretar as características do sistema final.

I - Reconhecimento da solução utilizando o conceito de solubilidade.

O aluno, ao aplicar o conceito de solubilidade, amplia seus conhecimentos, identificando se o sistema final representa uma solução, caracterizando-a como uma mistura homogênea de substâncias.

J - Interpretação do processo de dissolução em nível macroscópico.

O aluno não conseguiu ultrapassar a barreira do observável, mantendo concepções que levam à interpretação do processo de dissolução com base nos aspectos perceptíveis.

K - Interpretação da dissolução utilizando concepções pseudomicroscópicas.

Verificou se nas explicações dos alunos, para interpretar o processo de dissolução, surgiram elementos microscópicos com a presença de atribuições de caráter macroscópico.

L - Interpretação da dissolução avançando na construção de um modelo microscópico que considere interações entre as partículas constituintes da solução.

O aluno ampliou suas concepções para interpretar a dissolução através de um modelo microscópico, envolvendo possíveis interações entre as partículas constituintes da solução, com aproximações a um modelo científico.

M - Construção de um modelo microscópico coerente com a visão científica na interpretação do processo de dissolução.

O aluno construiu um modelo capaz de explicar o processo de dissolução, envolvendo possíveis interações entre as partículas do soluto e do solvente de acordo com o modelo científico.

De acordo com estas características, elaborou-se a TAB. 3.17, que será apresentada a seguir, na qual foi possível visualizar as características das concepções, abrangentes às três dimensões de análise.

Tabela 3.17
Características das concepções dos alunos após a intervenção

Categorias									
Turma		A	B	C	D	E1	E2	E3	E4
2ª série A	1A	1	0	0	1	0	1	0	1
	2A	1	0	1	0	0	1	0	0
	3A	1	1	0	0	0	1	0	1
	4A	1	0	0	1	0	1	0	1
	5A	0	1	0	0	0	1	0	1
	6A	0	0	0	1	0	1	0	0
	7A	0	1	0	0	0	1	1	0
	8A	1	0	0	1	0	0	1	1
	9A	0	1	0	0	0	1	0	1
Total	9	5	4	1	4	0	8	2	6
%		55,6	44,4	11,1	44,4	0,0	88,9	22,2	66,7
% ausência		0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0
2ª série B	1B	1	0	0	1	0	0	1	0
	2B	0	0	0	1	1	0	0	1
	3B	0	0	0	1	0	1	0	1
	4B	-	0	0	1	0	1	0	1
	5B	0	0	0	1	1	1	0	1
	6B	0	0	1	0	0	0	0	1
	7B	1	0	0	1	0	0	1	1
	8B	0	0	1	0	0	1	0	1
	9B	1	1	0	0	0	1	0	1
	10B	0	1	0	0	0	1	0	1
	11B	0	0	0	1	0	0	0	1
	12B	0	0	1	0	0	1	0	1
	13B	1	0	0	1	0	1	0	1
	14B	0	0	0	1	0	1	0	1
	15B	0	0	0	1	0	1	1	1
	16B	1	0	0	1	0	1	0	1
	17B	1	1	0	0	0	1	1	1
	18B	1	1	0	0	0	1	0	1
	19B	1	1	0	0	0	1	0	1
Total	19	8	5	3	11	2	14	4	18
%		42,1	26,3	15,8	57,9	10,5	73,7	21,1	94,7
% ausência		5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Continuação da tabela 3.17

		Categorias							
Turma		A	B	C	D	E1	E2	E3	E4
2ª série G	1G	0	1	0	0	0	0	0	1
	2G	0	0	0	1	0	1	1	0
	3G	1	0	1	0	0	0	1	1
	4G	0	1	0	0	0	1	1	1
	5G	0	-	-	-	1	1	-	-
	6G	1	1	0	0	0	0	0	1
	7G	-	-	-	-	0	1	-	-
	8G	0	1	0	0	0	1	0	1
	9G	0	1	0	0	0	1	0	1
	10G	1	1	0	0	0	1	1	1
	11G	1	1	0	0	0	1	0	1
Total	11	4	7	1	1	1	8	4	8
%		36,4	63,6	9,1	9,1	9,1	72,7	36,4	72,7
% ausência		9,1	18,2	18,2	18,2	0,0	0,0	18,2	18,2
3ª série D	1D	1	0	0	1	0	1	1	1
	2D	1	0	0	1	0	1	1	0
	3D	0	-	-	-	-	-	1	1
	4D	1	0	0	1	0	1	1	1
	5D	0	0	0	1	1	0	1	0
	6D	0	-	-	-	0	0	-	-
	7D	1	1	0	0	0	1	1	1
	8D	-	-	-	-	-	-	-	-
	9D	0	0	0	1	0	1	0	1
	10D	0	1	0	0	0	1	0	1
	11D	0	1	0	0	0	1	1	1
	12D	0	1	0	0	0	1	0	1
	13D	0	0	1	0	1	0	0	1
	14D	0	1	0	0	1	0	1	0
	15D	0	-	-	-	0	1	1	1
	16D	1	1	0	0	0	1	1	0
	17D	1	0	0	0	0	1	1	1
	18D	0	1	0	0	0	1	1	1
	19D	1	1	0	0	0	1	0	1
	20D	0	0	0	1	0	1	1	0
total	20	7	8	1	6	3	14	13	13
%		35,0	40,0	5,0	30,0	15,0	70,0	65,0	65,0
% ausência		5,0	20,0	20,0	5,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Total geral	59	24	24	6	22	6	44	23	45
%		40,7	40,7	10,2	37,3	10,2	74,6	39,0	76,3
% Total ausência		5,1	10,2	10,2	10,2	5,1	3,4	6,8	6,8
Legenda: 1 (um) indica a presença do aluno na respectiva categoria; 0 (zero) indica a ausência do aluno na respectiva categoria; - indica alunos que não manifestaram as suas concepções.									

Continuação da tabela 3.17

		Categorias							
Turma		F	G	H	I	J	K	L	M
2ª série A	1A	1	1	1	0	0	0	1	0
	2A	1	0	1	0	-	0	-	-
	3A	1	1	0	1	0	0	1	0
	4A	1	1	1	0	0	0	1	0
	5A	1	1	0	0	-	-	-	-
	6A	1	0	1	1	0	0	1	0
	7A	1	1	0	0	-	-	-	-
	8A	1	0	0	-	-	-	-	-
	9A	1	0	0	0	-	-	-	-
Total	9	9	5	4	2	0	0	4	0
%		100,0	55,6	44,4	22,2	0,0	0,0	44,4	0,0
% ausência		0,0	0,0	0,0	11,1	55,6	44,4	55,6	55,6
2ª série B	1B	1	1	1	-	-	-	-	-
	2B	0	1	0	-	-	-	1	-
	3B	1	1	1	1	0	0	1	0
	4B	1	1	1	0	-	-	-	-
	5B	0	0	1	-	-	-	1	-
	6B	1	1	0	-	-	-	-	-
	7B	1	1	0	0	1	0	0	-
	8B	1	0	0	0	1	0	0	0
	9B	1	1	1	0	1	0	0	0
	10B	0	0	0	0	-	-	-	-
	11B	1	1	0	-	-	-	1	-
	12B	1	0	-	-	-	-	-	-
	13B	1	1	1	1	0	1	0	0
	14B	1	1	1	1	0	1	0	0
	15B	1	1	1	1	0	1	0	0
	16B	1	1	1	1	0	0	1	0
	17B	1	1	0	0	1	0	0	0
	18B	1	1	1	1	0	0	0	0
	19B	1	1	1	1	0	0	0	0
Total	19	16	15	11	7	4	3	5	0
%		84,2	78,9	57,9	36,8	21,1	15,8	26,3	0,0
% ausência		0,0	0,0	5,3	31,6	42,1	42,1	26,3	47,4
2ª série G	1G	1	0	1	0	-	-	-	-
	2G	1	1	0	0	-	-	-	-
	3G	1	1	0	1	-	-	-	-
	4G	1	1	0	0	1	0	0	0
	5G	1	1	0	-	-	-	-	-
	6G	1	-	-	-	-	-	-	-
	7G	-	1	0	-	-	-	-	-
	8G	0	1	0	0	-	-	-	-
	9G	1	1	1	1	-	-	-	-
	10G	0	1	0	1	-	-	-	-
	11G	1	1	0	0	-	-	-	-
Total	11	8	9	2	3	1	0	0	0
%		72,7	81,8	18,2	27,3	9,1	0,0	0,0	0,0
% ausência		9,1	9,1	9,1	27,3	90,9	90,9	90,9	90,9

Continuação da tabela 3.17

		Categorias							
turma		F	G	H	I	J	K	L	M
3ª série D	1D	1	1	1	1	0	0	1	1
	2D	1	1	1	1	0	1	0	0
	3D	1	1	0	-	-	-	-	-
	4D	1	1	1	1	1	0	0	0
	5D	1	1	0	0	0	0	1	0
	6D	1	0	-	-	-	-	-	-
	7D	1	1	0	0	-	-	-	-
	8D	-	-	-	-	-	-	-	-
	9D	1	1	0	0	-	-	-	-
	10D	1	0	0	-	-	-	-	-
	11D	1	1	1	1	0	1	0	0
	12D	1	0	-	-	-	-	-	-
	13D	1	1	1	1	0	1	0	0
	14D	1	1	0	1	0	1	0	0
	15D	0	1	1	0	0	1	0	0
	16D	1	0	0	0	-	-	-	-
	17D	1	1	0	0	-	-	-	-
	18D	1	0	-	0	0	1	0	0
	19D	1	1	1	1	0	0	1	0
	20D	1	1	0	1	-	-	-	-
total	20	18	14	7	8	1	6	3	1
%		90,0	70,0	35,0	40,0	5,0	30,0	15,0	5,0
% ausência		5,0	5,0	20,0	25,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Total geral	59	51	43	24	20	6	9	12	1
%		86,4	72,9	40,7	33,9	10,2	15,3	20,3	1,7
% Total ausência		3,4	3,4	10,2	25,4	55,9	54,2	50,8	57,6
Legenda: 1 (um) indica a presença do aluno na respectiva categoria; 0 (zero) indica a ausência do aluno na respectiva categoria; - indica alunos que não manifestaram as suas concepções.									

Os resultados apresentados na TAB. 3.17, após as intervenções pedagógicas, evidenciaram que 40,7% do total dos alunos, compreenderam a diferença entre uma substância pura e uma mistura de substâncias. Os alunos da 2ª série A, foram os que mais apresentaram a compreensão entre estes conceitos, totalizando 55,6% dos alunos (característica A, TAB. 3.17). Tal fato pode estar relacionado ao interesse apresentado por estes alunos nesta fase do ensino, questionando e refletindo sobre suas próprias ideias e elaborando os conceitos propostos.

A noção de que a solução é constituída de uma mistura homogênea de substâncias (característica D, TAB. 3.17), resultou um índice de 37,3% do total de alunos. Mesmo não sendo considerado um resultado expressivo, foi possível verificar que, nas explicações apresentadas por estes alunos, as concepções evoluíram na construção do conceito, quando comparado com a categoria E (TAB. 3.10). Também

ocorreu que 10,2% dos alunos não manifestaram suas concepções, o que nos leva a inferir que estes alunos talvez possam estar transitando entre a elaboração ou não deste conceito.

Embora persistisse a ideia de que a solução é uma mistura de substâncias, tanto homogênea quanto heterogênea, com 10,2% dos alunos (característica C, TAB. 3.17), notou-se que tais concepções regrediram em relação aos resultados apresentados na primeira intervenção (categoria B, TAB. 3.10), que contou com 25,4% dos alunos. Isto revelou que a percepção da característica homogênea das soluções começou a ser considerada pelos alunos. Também foi possível verificar que a influência dos aspectos perceptíveis persistia, pois 40,7% dos alunos mantiveram a concepção de que a solução é simplesmente uma mistura de substâncias (característica B, TAB. 3.17), sem caracterizarem as fases do sistema, o que implica que as explicações ainda estão baseadas naquilo que percebem, o que resulta na dificuldade, por eles apresentada, na reestruturação de suas concepções.

Segundo Posner et al. (1982), nem sempre os estudantes se sentem insatisfeitos com suas concepções, dado o seu grau de comprometimento epistemológico. Isto nos remeteu a pensar que a ideia de solução como uma mistura de substâncias foi suficiente para satisfazer a crença dos alunos sobre o conceito de solução.

A concepção alternativa que persistiu com maior frequência nas concepções dos alunos, foi a ideia de que, na dissolução, é preciso existir água como solvente, e contou com 76,3% dos alunos (característica E, TAB. 3.17). Embora, durante o ensino, esta ideia tenha sido rebatida diversas vezes, é previsível que façam estas considerações uma vez que eles têm mais convivência com as soluções aquosas.

Outra concepção, que se manteve firme entre os alunos, foi de que o soluto no processo de dissolução dilui-se, 74,5% dos alunos manifestaram este tipo de concepção (característica E, TAB. 3.17). Isto revelou que a diferenciação entre diluição e dissolução não estava clara para os alunos, embora se percebesse, em suas explicações, que os mesmos não utilizavam o conceito de diluição, mas faziam uso da palavra diluir como sinônimo de dissolver.

O reconhecimento, pelos alunos, da existência de soluções sólidas, líquidas e gasosas contou com 86,4% dos mesmos (característica F, TAB. 3.17). Este resultado foi significativo em relação às concepções iniciais, nas quais os alunos pouco

reconheciam as soluções sólidas e gasosas. Após o ensino, estes evidenciaram a percepção que existem outros tipos de soluções além das soluções aquosas, principalmente as soluções sólidas como as ligas metálicas. Este fato ocorreu e foi positivo, devido ao fato de o ensino ter explorado neste momento, várias situações, nas quais os alunos podiam reconhecer as soluções. Segundo Ebenezer e Erickson (1996), muitos estudantes não percebem que as soluções fazem parte do seu dia-a-dia, e, portanto, o contexto da situação deve ser explorado.

Na 2ª dimensão de análise (categoria F, TAB. 3.12), os resultados indicaram que 84,7% dos alunos construíram o conceito de solubilidade (atividade 3), diferenciando as soluções saturadas das insaturadas. Após a intervenção, estas concepções mostram-se estabelecidas, com 72,9% dos alunos (característica G, TAB. 3.17), revelando que tais conceitos, uma vez ausentes na fase inicial, foram de fato construídos, no entanto, a aplicação do conceito em situações distintas, contou com apenas 40,7% dos alunos. Embora o resultado não seja expressivo, percebeu-se que o aluno estabeleceu relações conceituais, utilizando o conceito construído. Nesta fase, vale destacar que o ensino careceu da aplicação de exercícios que pudessem desenvolver nos alunos capacidade de lidar com cálculos referentes à solubilidade das substâncias.

Os conceitos de solubilidade foram explorados a partir da análise de curvas de solubilidade, e a aula transcorreu na maior parte do tempo, através de discussões traçadas com a classe no geral, com o auxílio de transparências como recurso didático. Não foi dado aos alunos um momento de reflexão individual, através da qual, pudessem perceber suas dificuldades, e isto dificultou que ampliassem suas concepções para o reconhecimento das soluções de acordo com a solubilidade das substâncias. Percebeu-se que 33,9% dos alunos (característica I, TAB. 3.17), estabeleceram esta relação. Este resultado nos leva a inferir que, apesar das dificuldades, a proposta de ensino foi satisfatória.

Com relação à interpretação do processo de dissolução, os resultados obtidos após intervenção pedagógica, contrariam os resultados obtidos durante o processo de ensino. De acordo com a 3ª dimensão de análise, o avanço da visão macroscópica para a visão microscópica do processo de dissolução (categoria L, TAB. 3.14) contou com 55,9% dos alunos que consideraram a existência de interações entre as partículas microscópicas do soluto e solvente. No entanto, após o processo de ensino,

esta concepção não se mostrou tão estabelecida, visto que, 15,3% dos alunos apresentaram interpretações pseudomicroscópicas e 20,3% aproximaram suas explicações a um modelo microscópico que considerava interações entre partículas, ainda que incoerente com a visão científica (categoria L, TAB. 3.17).

Um alto índice de alunos 55,9% (categoria L, TAB. 3.17) não manifestou suas concepções após o ensino. Segundo Posner et al. (1982), para compensar a situação de conflito, o sujeito poderá rejeitar o observável, desprezar os achados experimentais, compartimentar o conhecimento, impedindo a situação de conflito.

Observou-se que, nesta pesquisa, três fatores podem ter contribuído para a abstenção da exposição de seus modelos explicativos: o fato do diagnóstico final ter sido aplicado no findar do semestre, no qual, os alunos encontravam-se próximos ao período de férias, não mantendo o compromisso com a aprendizagem; a possibilidade dos mesmos não conseguirem expor suas ideias e opiniões, ou por não terem realmente elaborado um modelo explicativo que lhes permitissem explicar o processo de dissolução.

Segundo Posner et al. (1982), nem todos os conceitos centrais são modificados, trata-se de um processo lento que se efetua de forma gradual, com ajuste das concepções anteriores e posteriores, na qual o final é uma reorganização ou mudança conceitual. Em vista do processo de ensino, pode-se inferir que a falta de comprometimento na fase final do processo (após intervenção) foi um fator relevante deste resultado, de forma que os resultados obtidos durante o processo de ensino podem ser mais seguros e confiáveis para caracterizar a evolução conceitual na construção de um modelo microscópico que justifique o processo de dissolução.

Segundo Dreyfus et al. (1990), aprender é visto não apenas como uma atividade, mas como uma atitude. Muitos estudantes não assumem o conhecimento escolar, pois não estão comprometidos com o ensino e preferem permanecer com seus pré-conceitos. Para os autores, a decisão do que se deve ensinar e qual o nível a ensinar deverá levar em consideração: o tipo de conhecimento que o aluno consegue dar valor, a habilidade dos estudantes em atingir o nível de insatisfação, e a habilidade do estudante de resolver o conflito de maneira cientificamente aceitável. É possível que na fase da elaboração de um modelo microscópico o ensino não tenha avaliado estas considerações.

3.4. Níveis Explicativos - Configuração da Evolução Conceitual dos Alunos, das Noções Macroscópicas às Noções Microscópicas sobre Soluções e Processo de Dissolução

Com objetivo de verificar como se configurou a construção dos esquemas explicativos dos alunos, foram elaborados níveis de explicação, em função do avanço apresentado pelos alunos na elaboração de suas explicações desde as noções macroscópicas para as microscópicas em relação a conceitos de solução e processo de dissolução.

Este modelo de análise fundamentou-se nos estudos realizados por Benarroch (2000, 2001), sobre o desenvolvimento cognitivo dos estudantes na área da natureza corpuscular da matéria, no qual a autora apresentou a evolução das concepções dos alunos através de níveis explicativos, elaborados após aproximações sucessivas de suas respostas.

Dessa maneira, os níveis de explicação, aqui apresentados, também foram elaborados após análise das respostas dos alunos em cada uma das fases do ensino: (A) antes do ensino, (D) durante o ensino com explicações abrangentes da 1ª, 2ª e 3ª dimensões e (P) após o processo de ensino. Na sequência, estes níveis explicativos foram agrupados de acordo com três características:

- explicações macroscópicas, fundamentadas nos aspectos perceptíveis e abrangem os níveis I, II, III e IV;
- explicações pseudomicroscópicas, nas quais os alunos ultrapassam a barreira do observável, e surgem elementos microscópicos; no entanto são atribuídos aos mesmos características macroscópicas. Abrangem os níveis V, VI, VII;
- explicações microscópicas, nas quais as explicações dos alunos são enriquecidas com elementos microscópicos, níveis VIII, IX e X.

Considerou-se que este conjunto de ideias consolida a construção de conceitos podendo levar à aprendizagem significativa.

A característica da explicação e as concepções apresentadas, em cada nível explicativo, que serviram para configuração da evolução conceitual dos alunos, são descritas no quadro a seguir (quadro 3.1):

Quadro 3.1

Níveis Explicativos

Característica das explicações	Nível explicativo	Concepção apresentada
Explicações macroscópicas	I	O aluno não apresenta o conceito de solução. Explica o processo de dissolução com base nos aspectos perceptíveis e não faz referência alguma a partículas, apresenta uma visão macroscópica do processo de dissolução. Não diferencia soluções saturadas das insaturadas e não apresenta o conceito de solubilidade.
	II	A solução é concebida como uma mistura de substâncias. As explicações sobre o processo de dissolução permanecem sob a influência dos aspectos perceptíveis. O aluno não diferencia solução saturada de insaturada e não apresenta o conceito de solubilidade.
	III	A solução é concebida como uma mistura de substâncias. As explicações são fundamentalmente macroscópicas. O aluno passa a diferenciar solução saturada das insaturadas, construindo o conceito de solubilidade, mas não o amplia para justificar o processo de dissolução.
	IV	O conceito de solução é definido como uma mistura homogênea de substâncias. As explicações sobre o processo de dissolução permanecem no plano do observável. Os alunos diferenciam solução saturada das insaturadas, constroem o conceito de solubilidade e não o ampliam para justificar o processo de dissolução.

Continuação do quadro 3.1

Característica das explicações	Nível explicativo	Concepção apresentada
Explicações pseudomicroscópicas	V	A solução é concebida como uma mistura de substâncias. As explicações referentes ao processo de dissolução ultrapassam a barreira do observável, no qual, aparecem referências a partículas com atributos caracteristicamente macroscópicos. O aluno não diferencia soluções saturadas das insaturadas e não apresenta o conceito de solubilidade.
	VI	A solução é concebida como uma mistura de substâncias. As explicações sobre o processo de dissolução ultrapassam a barreira do observável, atingindo nível pseudomicroscópico. Os alunos diferem as soluções saturadas das insaturadas e constroem o conceito de solubilidade, no entanto, não o ampliam para justificar o processo de dissolução.
	VII	O conceito de solução é definido como uma mistura homogênea de substâncias. As explicações sobre o processo de dissolução ultrapassam a barreira do observável, atingindo nível pseudomicroscópico. Os alunos diferem as soluções saturadas das insaturadas e constroem o conceito de solubilidade, no entanto, não o ampliam para justificar o processo de dissolução.
Explicações microscópicas	VIII	A solução é concebida como uma mistura de substâncias. As explicações são enriquecidas com elementos microscópicos. Os alunos diferenciam soluções saturadas das insaturadas, constroem o conceito de solubilidade, mas não o ampliam para justificar a dissolução. Avançam na interpretação da dissolução com a utilização de modelos microscópicos, considerando interações entre as partículas constituintes da solução. No entanto, suas explicações aparecem carregadas de erros conceituais.

Continuação do quadro 3.1

Característica das Explicações	Nível Explicativo	Concepção apresentada
Explicações microscópicas	IX	O conceito de solução é definido como uma mistura homogênea de substâncias. As explicações são enriquecidas com elementos microscópicos. Os alunos diferenciam soluções saturadas das insaturadas, constroem o conceito de solubilidade, mas não o ampliam para justificar a dissolução. Avançam na interpretação da dissolução com a utilização de modelos microscópicos considerando interações entre as partículas constituintes da solução. No entanto suas explicações aparecem carregadas de erros conceituais, ainda incoerentes com a visão científica.
	X	O aluno construiu o conceito de solução. As explicações sobre o processo de dissolução são enriquecidas com elementos microscópicos. Os alunos diferenciam soluções saturadas das insaturadas, constroem o conceito de solubilidade. Avançam na interpretação da dissolução com a utilização de modelos microscópicos considerando interações entre as partículas constituintes da solução coerentes com a visão científica.

Em cada fase as ideias apresentadas permitiram incluir o aluno em um dos níveis explicativos, conforme mostram as tabelas: TAB. 3.18, TAB. 3.19 e TAB. 3.20.

Tabela 3.18

Níveis explicativos - Explicações macroscópicas

Níveis explicativos:		I			II			III			IV		
Turma		A	D	P	A	D	P	A	D	P	A	D	P
2ª série A	1A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2A	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	3A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	5A	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	6A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8A	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	9A	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Total		9	2	0	0	5	0	2	0	0	1	0	1
%		22,2	0,0	0,0	55,6	0,0	22,2	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0	11,1

Continuação da tabela 3.18

Níveis explicativos:		I			II			III			IV		
Turma		A	D	P	A	D	P	A	D	P	A	D	P
2ª série B	1B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	2B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3B	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
	4B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	5B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	6B	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
	7B	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	8B	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	9B	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	10B	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	11B	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12B	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	13B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	16B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17B	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
	18B	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	19B	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Total	19	4	0	0	10	2	3	0	4	3	0	1	5
%		21,1	0,0	0,0	52,6	10,5	15,8	0,0	21,1	15,8	0,0	5,3	26,3
2ª série G	1G	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	2G	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	3G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	4G	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	5G	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	6G	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	7G	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	8G	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	9G	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	10G	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	11G	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Total	11	2	0	0	7	0	1	0	0	8	0	2	1
%		18,2	0,0	0,0	63,6	0,0	9,1	0,0	0,0	72,7	0,0	18,2	9,1
3ª série D	1D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	2D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	3D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	4D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	5D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6D	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	7D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	8D	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	9D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	10D	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	11D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	12D	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	13D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	14D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	15D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	16D	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	17D	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	18D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	19D	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	20D	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1
total	20	1	0	0	15	0	5	1	0	3	0	1	5
%		5,0	0,0	0,0	75,0	0,0	25,0	5,0	0,0	15,0	0,0	5,0	25,0
Total geral	59	9	0	0	37	2	11	1	4	15	0	4	12
%		15,3	0,0	0,0	62,7	3,4	18,6	1,7	6,8	25,4	0,0	6,8	20,3

Legenda: A - Antes do ensino; D - Durante o ensino; P - Após o ensino. 1 (um) indica concepções no nível explicativo; 0 (zero) indica ausência de concepções no nível explicativo.

Tabela 3.19

Níveis explicativos - Explicações pseudomicroscópicas

Níveis explicativos:		V			VI			VII		
Turma		A	D	P	A	D	P	A	D	P
2ª série A	1A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2A	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	3A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5A	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	6A	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	7A	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	8A	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	9A	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Total	9	2	1	0	0	3	1	0	0	0
%		22,2	11,1	0,0	0,0	33,3	11,1	0,0	0,0	0,0
2ª série B	1B	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9B	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	10B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	12B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13B	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	14B	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	15B	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	16B	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	17B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	19	4	0	0	0	1	0	1	0	3
%		21,1	0,0	0,0	0,0	5,3	0,0	5,3	0,0	15,8
2ª série G	1G	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3G	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	4G	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	5G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6G	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	7G	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	8G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10G	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	11G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	11	2	0	0	0	4	0	0	0	0
%		18,2	0,0	0,0	0,0	36,4	0,0	0,0	0,0	0,0

Continuação da tabela 3.19

Níveis explicativos:		V			VI			VII		
Turma		A	D	P	A	D	P	A	D	P
3ª série D	1D	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	2D	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	3D	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	4D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5D	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	6D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11D	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	12D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13D	1	0	0	0	0	1	0	0	0
	14D	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	15D	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	16D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18D	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	19D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	20	3	0	1	0	3	4	0	1	0
%		15,0	0,0	5,0	0,0	15,0	20,0	0,0	5,0	0,0
Total geral	59	11	1	1	0	11	5	1	1	3
%		18,6	1,7	1,7	0,0	18,6	8,5	1,7	1,7	5,1

Legenda: A - Antes do ensino; D - Durante o ensino; P - Após o ensino. 1 (um) indica concepções no nível explicativo; 0 (zero) indica ausência de concepções no nível explicativo.

Tabela 3.20

Níveis explicativos – Explicações microscópicas

Níveis explicativos:		VIII			IX			X		
Turma		A	D	P	A	D	P	A	D	P
2ª série A	1A	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	2A	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	3A	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	4A	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	5A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6A	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	7A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9A	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	9	0	4	1	0	1	3	0	0	0
%		0,0	44,4	11,1	0,0	11,1	33,3	0,0	0,0	0,0

Continuação da tabela 3.20

Níveis explicativos:		VIII			IX			X		
Turma		A	D	P	A	D	P	A	D	P
2ª série B	1B	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	2B	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	3B	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4B	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	5B	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	6B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9B	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	10B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11B	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	12B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13B	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	14B	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	15B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16B	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	17B	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18B	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	19B	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Total	19	0	9	0	0	2	5	0	0	0
%		0,0	47,4	0,0	0,0	10,5	26,3	0,0	0,0	0,0
2ª série G	1G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2G	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	3G	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	4G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	5G	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	6G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8G	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	9G	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	10G	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	11G	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Total	11	0	4	0	0	0	1	0	1	0
%		0,0	36,4	0,0	0,0	0,0	9,1	0,0	9,1	0,0
3ª série D	1D	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	2D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	3D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4D	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	5D	0	0	0	0	1	1	0	0	0
	6D	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	7D	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	8D	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	9D	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	10D	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	11D	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	12D	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	13D	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	14D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15D	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	16D	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	17D	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	18D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19D	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	20D	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	20	0	8	0	0	6	2	0	1	0
%		0,0	40,0	0,0	0,0	30,0	10,0	0,0	5,0	0,0
Total geral	59	0	25	1	0	9	11	0	2	0
%		0,0	42,4	1,7	0,0	15,3	18,6	0,0	3,4	0,0

Legenda: A - Antes do ensino; D - Durante o ensino; P - Após o ensino. 1 (um) indica concepções no nível explicativo; 0 (zero) indica ausência de concepções no nível explicativo.

De acordo com os dados apresentados nas tabelas os resultados revelaram que a maioria dos alunos 79,7%, antes do ensino, apresentava uma visão macroscópica do processo de dissolução, dos quais, 62,7% concebiam a solução como uma mistura de substâncias e não diferenciavam entre solução saturada e insaturada (nível II, TAB. 3.18).

Entre as turmas, este aspecto se mostrou mais evidente entre os alunos da 3ª série D, com 75% dos mesmos (nível II, TAB. 3.18). Isto pode estar relacionado ao fato de que estes alunos estavam habituados a raciocinar sobre o real, dado o ensino por transmissão de conhecimento ao qual foram submetidos.

Os gráficos apresentados a seguir (GRAF. 3.1 a 3.4) apresentam para cada turma, a distribuição dos alunos nos níveis explicativos nas fases do ensino, o que possibilitou uma melhor caracterização destas turmas no processo de ensino.

Gráfico 3.1 - Distribuição dos alunos da 2ª série A nos níveis explicativos nas fases do ensino.

Gráfico 3.2 - Distribuição dos alunos da 2ª série B nos níveis explicativos nas fases do ensino.

Gráfico 3.3 - Distribuição dos alunos da 2ª série G nos níveis explicativos nas fases do ensino.

Gráfico 3.4 - Distribuição dos alunos da 3ª série D nos níveis explicativos nas fases do ensino.

De acordo com os gráficos, verificou-se que apenas um aluno da 3ª série D (nível III, GRAF. 3.4) diferenciou entre solução saturada e insaturada, antes do ensino. Em todas as turmas, observou-se que, antes do ensino, ocorreram concepções com características pseudomicroscópicas, nas quais, os alunos, apesar de fazerem referência às partículas, atribuíam às mesmas características macroscópicas. Isto revelou que, embora se utilizem de termos como íons, moléculas e partículas, não significa necessariamente que os alunos estejam pensando em entidades microscópicas, mas talvez em “grãos invisíveis” ou “pedaços da matéria”. Os seguintes resultados foram verificados: 22,2% dos alunos da 2ª série A, 26,4% da 2ª série B, 18,2% da 2ª série G, 15% da 3ª série D e no total 20,3% (TAB. 3.19).

Durante a fase de ensino, verificou-se que, na 2ª série A, houve a extinção dos níveis explicativos I, II, III e IV (explicações com características macroscópicas) e os alunos progrediram, transpondo a barreira do observável, pois em suas explicações começaram a surgir características pseudomicroscópicas, com 44,4% dos alunos (TAB. 3.19). Os alunos desta série (33,3%) identificavam a solução como uma mistura de substâncias e diferenciavam as soluções saturadas das soluções insaturadas (nível VI, TAB. 3.19). Também foi possível verificar que 55,5% dos alunos desta turma (níveis VIII e IX, TAB. 3.20) progrediram no sentido de utilizar um modelo microscópico que considerasse as interações entre as partículas constituintes da solução.

Na 2ª série B, embora tenham persistido concepções com características macroscópicas, 36,9% dos alunos (níveis II, III, IV TAB. 3.18), houve um pequeno avanço para os níveis VIII com 47,4% e IX com 10,5% dos alunos (TAB. 3.20), os quais ampliaram suas concepções, estruturando a ideia da solução como uma mistura homogênea de substâncias e passaram a utilizar modelos microscópicos para explicarem o processo de dissolução. Poucos alunos desta turma apresentaram, nesta fase, concepções pseudomicroscópicas, 5,3% (nível VI, TAB. 3.19).

Na 2ª série G, também houve a persistência de concepções com explicações macroscópicas, 18,2% dos alunos (nível IV, TAB. 3.18), ocorreram 36,4% de explicações pseudomicroscópicas (nível VI, TAB. 3.19), no entanto, a interpretação do processo de dissolução contou com 45,5% dos alunos com concepções no nível VIII e X dos níveis explicativos (TAB. 3.20).

Na 3ª série D, a distribuição das concepções dos alunos durante o processo de ensino, apresentou-se com: características macroscópicas, 5% dos alunos (nível IV, TAB. 3.18), 20% dos alunos com explicações do tipo pseudomicroscópicas (níveis VI e VII, TAB. 3.19) e 75% dos alunos com explicações microscópicas (níveis VIII, IX e X, TAB. 3.20).

Percebeu-se, entre as turmas, que na 2ª série A e na 2ª série G, houve durante a fase de ensino, uma transição gradual de explicações pseudomicroscópicas para as de interpretação microscópica. Podemos inferir que a 2ª série A, por apresentar alunos questionadores, sentiram a necessidade, de um período maior de discussões centradas em explicações de nível pseudomicroscópico. Na 2ª série G, foi necessário maior investimento por parte da professora, mediando as reflexões das noções macroscópicas para as noções microscópicas, visto que estes alunos apresentavam dificuldade para exporem as suas concepções.

Entre os alunos da 2ª série B e da 3ª série D, verificou-se que o progresso das noções macroscópicas para as noções microscópicas ocorreu de forma mais direta. Talvez isto possa estar relacionado ao fato de que os alunos da 2ª série B, embora participativos, não questionassem tanto sobre as novas ideias. Quanto aos alunos da 3ª série D, o contato mais prolongado com a linguagem química, talvez os tenha permitido estabelecerem relações conceituais mais profícuas na compreensão de um modelo microscópico para interpretar o processo de dissolução.

O GRAF. 3.5 apresentado a seguir, configura a distribuição de todos os alunos, nos níveis explicativos em todas as fases do ensino.

Gráfico 3.5 - Distribuição dos alunos de todas as turmas nos níveis explicativos nas fases do ensino.

De acordo com Benarroch (2000, 2001), pode-se considerar que os esquemas específicos e gerais do aluno causaram, durante as situações de ensino, a transformação dos dados perceptíveis em respostas mais significativas.

Também foi possível verificar que as turmas 2ª série A, 2ª série B e a 3ª série D, foram as que mais se aproximaram de um modelo cientificamente aceito, durante o processo de ensino com a seguinte porcentagem de alunos: 55,5% dos alunos da 2ª série A, 57,9% 2ª série B e 75% de alunos da 3ª série D. Este fato pode estar relacionado com o ensino anterior, pois pôde-se observar que, nestas turmas, os conceitos relativos a moléculas, íons, ligações químicas encontravam-se mais definidos nas concepções destes alunos do que em relação aos alunos da 2ª série G.

No entanto, não se pode ocultar a significativa evolução conceitual dos alunos da 2ª série G, os quais, no início do ensino, evidenciaram poucos conhecimentos microscópicos, mas que, ao longo do estudo, passaram de um nível fundamentalmente concreto, nível II, para um de maior abstração, nível VIII.

Durante o ensino, os níveis IX e X, contaram com uma pequena porcentagem de alunos: 15,3% para o nível IX e 3,4% para o nível X (TAB. 3.20). Isto pode estar relacionado ao fato de que a professora não encontrou a estratégia adequada para motivar os alunos quanto à utilidade do modelo científico. Também pode estar relacionado à ausência de conhecimentos prévios que pudessem sustentar a acomodação dos conceitos em níveis de maior abstração, ou ainda a lacunas e contradições acerca do conhecimento microscópico.

Não se pode, no entanto, subestimar a capacidade dos alunos para uma interpretação do processo de dissolução em nível microscópico, pois existem outras variáveis no processo que podem ser consideradas, tais como: condições de trabalho do professor, reconhecimento das concepções alternativas dos alunos.

Limón (2001) aponta fatores como estes, responsáveis pelas dificuldades na implementação e sucesso de estratégias de ensino por conflito cognitivo, que tenham real sucesso na promoção da mudança conceitual.

Todos estes fatores poderão dar condições para que o professor possa investir melhor na sua atuação, no que diz respeito ao processo de ensino/ aprendizagem, direcionando o caminho que o aprendiz deverá percorrer.

Embora se tenha investido na presente pesquisa, em um planejamento das atividades dentro de um limite de aulas possível de ser trabalhado, para que não atrapalhasse a programação dos professores titulares, investiu-se em conceitos, supondo-se que os alunos os tivessem. No entanto, durante a verbalização em aula, os alunos não demonstraram conhecimentos prévios suficientes para se prosseguir com a pesquisa. Houve necessidade de investir na retomada de alguns conceitos e permitir a verbalização das ideias. Os professores titulares, durante as entrevistas, podem ter confundido o que os alunos já experienciaram com o conhecimento que realmente eles possuíam.

Portanto, o tempo disponível, para que os conceitos fossem acomodados na estrutura cognitiva dos alunos, pôde não ter sido suficiente, visto que as atividades

desenvolvidas nas situações de ensino transcorreram de forma rápida, nas quais muitos conceitos foram apresentados em um período de tempo relativamente curto.

Segundo Posner et al. (1982), os conceitos centrais são modificados de forma lenta e gradual, com ajuste e reajuste de concepções. De acordo com Benarroch (2001), mais do que obter uma mudança ou reestruturação súbita, requer-se uma revisão lenta do sistema conceitual inicial através da incorporação, coordenação e diferenciação de esquemas.

Pôde-se verificar, após a intervenção didática, que o conceito de solução como uma mistura homogênea de substâncias foi apresentado por cerca de 44% dos alunos, distribuídos nos níveis IV, VII, IX e X (TAB. 3.18, TAB. 3.19 e TAB. 3.20). Deve ser lembrado que apenas de 1,7% dos alunos apresentavam tais concepções iniciais.

A compreensão do conceito de solubilidade e a diferenciação entre solução saturada e insaturada, pareceu estarem mais estruturadas pelos alunos com 79,6%, (TAB. 3.18, TAB. 3.19 e TAB. 3.20). Isto sugere que a estratégia utilizada na construção destes conceitos foi satisfatória. Pode-se inferir que, durante esta situação de ensino, o fato de os alunos defrontarem-se com situações reais, nas quais, participaram mais efetivamente, realizando experimento, confrontando suas ideias, questionando, deformando o observável, contribuiu para uma estruturação mais efetiva dos conceitos. Segundo Weaver (1998), a construção de conceitos é mais favorável, quando os alunos participam de atividades de laboratório e se defrontam com assuntos relevantes ao seu dia-a-dia. Salienta-se, portanto, o valor de propostas educacionais que envolvam o aluno na construção de seu conhecimento.

Os dados revelaram que, depois de atingido o nível VIII, o aluno apresentou dificuldade para avançar a níveis superiores (IX e X) o que requereu, por parte deles, a apropriação de palavras corretas para expressarem conceitos pertinentes à solução e uma exigência maior no que diz respeito ao estabelecimento de relações conceituais, dos conceitos microscópicos (íons, moléculas, ligações químicas, interações atômicas e moleculares) na interpretação do processo de dissolução.

Explicações coerentes em termos de modelos microscópicos (nível VIII, IX e X) foram apresentadas por 20,3% dos alunos. Muitas das explicações, no entanto, estavam carregadas por uma terminologia ainda não estritamente adequada.

Pôde-se verificar ainda que, após o processo de ensino, permaneceram alunos com uma visão macroscópica do processo de dissolução com 44,4% dos alunos da 2ª série A, 57,9% 2ª série B, 90,9% da 2ª série G e 65% da 3ª série D. Quanto à visão pseudomicroscópica se verificou: 11,11% dos alunos da 2ª série A, 15,8% 2ª série B, e 25% da 3ª série D. Portanto, percebeu-se a forte influência dos aspectos observáveis sobre suas concepções.

Apesar de os resultados não se mostrarem tão expressivos, o modelo proposto permitiu verificar um enriquecimento do aluno em termos de sua evolução conceitual, uma vez que se verificou um progresso dos esquemas explicativos do nível macroscópico para o nível microscópico. Embora o objetivo não tenha sido avaliar as atividades, é importante destacar que as mesmas oportunizaram os alunos a refletirem, bem como a pensar, a perguntar e a argumentar. Isto revelou que se atingiu muito além dos aspectos relativos somente às soluções, mas acima de tudo comprometimento, afetividade e envolvimento do aluno com sua aprendizagem.

CAPÍTULO 4

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

Esta pesquisa permitiu estabelecer os níveis explicativos para conceitos relacionados à formação de soluções, apresentados pelos alunos. Os resultados obtidos podem ser de valia para orientar o desenvolvimento de intervenções pedagógicas mais eficazes, modificando, incrementando e até mesmo orientando novas estratégias de ensino.

Procurou-se, nesta pesquisa, ir além do conhecimento de concepções alternativas, propondo uma estratégia de ensino que pudesse contribuir para a superação das mesmas, avaliando a configuração da evolução conceitual do aluno dentro de um dos temas da química.

Em vista dos resultados obtidos durante esta investigação, chegou-se às seguintes conclusões:

- Os alunos, em geral, fornecem explicações macroscópicas aos conceitos relacionados à solução, influenciados pelos aspectos observáveis e pelas experiências que vivenciam em seu cotidiano.
- O conceito de solução, como uma mistura homogênea de solução, foi atingido por 44% dos alunos e contribuiu para que o aluno refletisse sobre o processo de dissolução em um nível mais elevado de abstração.
- Os conceitos de solução saturada e insaturada foram construídos por 79,6% dos alunos, e isto evidenciou que a participação efetiva do aluno, realizando o experimento, confrontando suas ideias, argumentando, discutindo, leva à construção dos conceitos com mais facilidade.
- Explicações coerentes, em termos de um modelo microscópico para justificar o processo de dissolução, foram construídas por 20,3% dos alunos, ainda que carregados de uma terminologia não efetivamente adequada.

- A evolução conceitual dos alunos, de níveis concretos, com pouca abstração para níveis conceituais mais complexos de cognição, mostrou-se razoável com 33,9% dos alunos.
- Comparando as séries, pôde-se verificar que a participação dos alunos foi efetiva, pois os mesmos evidenciaram interesse, atenção, afetividade, envolvimento e comprometimento em quase todas as fases do ensino.
- A 2ª série G foi a turma que exigiu maior atenção durante o processo de ensino, dada a dificuldade apresentada pelos alunos quanto à exposição e à reflexão de suas próprias ideias e das novas ideias que surgiam.
- A 3ª série, embora tenha tido um contato mais prolongado com o ensino de química, apresentou dificuldades no emprego da terminologia, utilizando inadequadamente os termos químicos.
- Foi difícil aos estudantes perceberem a utilidade do modelo microscópico científico, uma vez que são capazes de raciocinar sobre o real, sobre o que conhecem.
- Fatores motivacionais no decorrer do processo de ensino mostraram-se significativos para a construção dos conceitos.
- Além da construção de um instrumento de análise (níveis explicativos), que permitiu avaliar o progresso da evolução das concepções dos alunos, a estratégia de ensino aqui proposta, foi baseada em pressupostos construtivistas, considerando a participação efetiva do aluno na construção de seu conhecimento.

Algumas considerações podem ser feitas em função dos obstáculos que dificultaram a evolução conceitual dos alunos:

- A defasagem, apresentada pelos alunos, de conceitos anteriores ao ensino de soluções, dificultando a aprendizagem.
- A falta de conhecimentos básicos para a elaboração dos conceitos propostos e a dificuldade no estabelecimento de relações conceituais.

- O comprometimento do aluno, que não foi tão efetivo, na última fase do ensino, quando da realização do diagnóstico final, comprometendo a avaliação.
- A gama de conceitos explorados, em uma única atividade, contribuiu para dificultar a estruturação dos conceitos, que apresentavam termos químicos muito parecidos, dificultando o emprego das palavras corretas para os conceitos corretos.
- Mais oportunidade de novas situações para que ocorresse a internalização e generalização dos conceitos construídos.
- A falta de conhecimentos prévios do domínio da linguagem científica, também dificultou a aprendizagem, embora, no ensino construtivista o professor tenha de enfrentá-la, no presente estudo, foi uma barreira que se tentou vencer no prazo de que se dispunha.
- Falta de investimento na utilização de situações problemáticas que garantisse a generalização dos conceitos.

O estudo desenvolvido permitiu importantes reflexões sobre a atuação do professor no processo de ensino e aprendizagem que se desenvolveu nesta pesquisa, tais como:

- Importância de o professor identificar as concepções prévias dos alunos e as ações por eles utilizadas que resistem a acomodações, para que possa elaborar um plano de ação que venha mediar a construção do conhecimento.
- Necessidade de reflexão em sua ação pedagógica e sobre sua ação, para investir em atividades inovadoras dirigidas aos alunos para que se alcancem os objetivos propostos.
- Saber aproveitar durante as aulas as concepções explicitadas pelos alunos para estimular reflexões que os levem a tomar consciência de suas próprias ideias.
- Importância do domínio do conteúdo e de visão de ciência, e da consciência da sua própria visão.

- Maior investimento nos aspectos afetivos e motivacionais através de experimentos, discussões e recursos diversificados que provoquem ganhos significativos na forma de pensar.
- Falta da percepção do emprego de uma linguagem carregada de conceitos com significados muito próximos sem que o aluno compreenda com clareza os conceitos envolvidos.

Em vista dos resultados obtidos nesta pesquisa, o assunto aponta para reflexões em relação à formação inicial e continuada dos professores, de forma a contribuir com sugestões na superação de dificuldades no processo de ensino e aprendizagem.

- Necessidade de um professor reflexivo que saiba da existência das concepções espontâneas para planejar o seu ensino e que tenha consciência dos esquemas conceituais dos seus alunos.
- Necessidade de um professor, que além de planejar situações potencialmente problematizadoras, faça explicitar as concepções dos alunos, e os levem a evoluir nos seus conceitos, habilidades e atitudes. Deve saber dirigir os trabalhos em sala de aula de forma encorajadora, considerando que a motivação e a afetividade desempenham papéis importantes no contexto de sala de aula além dos aspectos do domínio cognitivo.
- Importância de o professor conhecer como se dá a construção do conhecimento, evitando visões dogmáticas acerca do conteúdo a ser ensinado, bem como, ter domínio do conteúdo específico.
- Planejar o ensino considerando as Interações associadas à construção do conhecimento focalizando a importância da ciência, tecnologia e sociedade.
- Trabalhar em equipe, adquirindo conhecimentos em outras áreas evitando um ensino estanque e fragmentado.
- Romper a barreira entre a prática e a pesquisa para que haja acesso aos novos conhecimentos e podendo assim também contribuir com a melhoria da qualidade do ensino.

- Ter autonomia na elaboração de estratégia e materiais que proporcionem um ensino que esteja afinado com a realidade em que atua.

Nesta pesquisa evidenciou-se que, além de um ensino estrategicamente estruturado, é preciso considerar: que existem outras variáveis tais como as condições de trabalho do professor; o conhecimento do conteúdo; o reconhecimento das concepções alternativas dos alunos sobre o tema e a demanda cognitiva destes que implicaram no real sucesso na promoção da mudança conceitual.

Portanto, esta pesquisa pode contribuir para que os professores possam planejar um ensino mais significativo para os alunos, especificamente dentro do tema solução e para que se arrisquem no planejamento de outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIB, M. L. V. S. *A Construção do Conhecimento sobre Ensino na Formação Inicial do Professor de Física: "... agora, nós já temos as perguntas"*. Tese de Doutorado: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1996.

ANDRÉ, Marli E. D. A & LÜDKE, M. *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

ARRUDA, S. M. e VILLANI, A. *Mudança Conceitual no Ensino de Ciências*. Caderno Cat. Ensino de Física, Vol. 11 (2), p. 88-99, ago. 1994.

BANET, E. e NÚÑEZ, F. *Actividades en el aula para la reestructuración de ideas: un ejemplo relacionado con la nutrición humana*. Investigación en la Escuela, nº. 28, p. 38-58, 1996.

BAKER, D. R e PIBURN, M. D. *Constructing Science in Middle and Secondary Scholl Classrooms*. USA: Lachina Publishing Services, p. 1-44 e p. 341-365, 1996.

BENARROCH, B. A. *El Desarrollo Cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia*. Enseñanza de Las Ciencias, V. 18 (2), p. 235-246, 2000.

_____. *Una Interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia*. Enseñanza de las Ciencias, V. 19 (1), p. 123-134, 2001.

BLANCO, A. e PRIETO, T. *Pupil's views on how stirring and temperature affect the dissolution of a solid in a liquid: a cross-age study (12 to 18)*. International Journal of Science Education, vol. 19 (3), p. 303-315, 1997.

CARVALHO, A. M. P., CASTRO, R. S, LABURU, C. E. e MORTIMER, E. F. *Pressupostos Epistemológicos para a Pesquisa em Ensino de Ciências*. Caderno de Pesquisa, São Paulo, nº. 82, p. 85-89, ago. 1992.

CARVALHO, A. M. P. (coordenadora). *Termodinâmica: um ensino por investigação*. São Paulo: FEUSP, 1999.

- CHINN, C. A. e BREWER, W. F. *O papel dos dados anômalos na Aquisição do Conhecimento: Um quadro Estrutural e Implicações Teóricas para a Instrução para a Ciência*. *Análise da Pesquisa Educacional*, V. 63 (1), p.1-49, 1993.
- DOMÍNGUEZ, A. E., RODRÍGUEZ, M., FLORES, F. C. e GALLEGOS, L. C. *Estudio longitudinal sobre la construcción de conceptos: enlace, solubilidad y conductividad*. *Investigación Educativa*, V. 13 (4), oct. 2002.
- DREYFUS, A., JUNGWIRTH, E. e ELIOVITCH, R. *Applying the "Cognitive Conflict" Strategy for Conceptual Change: Some Implications, Difficulties, and Problems*. *Science Education*, Vol. 74 (5), p. 555-569, 1990.
- DRIVER, R., SQUIRES, A., RUSHWORTH, P., ROBINSON, W. V. *Making Sense of secondary Science-Research into children's ideas*. London: Routledge Falmer. Taylor & Francis Group, p. 73-101, 1995.
- EBENEZER, J. V. e ERICKSON, G. L. *Chemistry Students' Conceptions of Solubility: A Phenomenography*. *Science Education*, vol. 80 (2), p. 181-201, 1996.
- EBENEZER, J. V. e GASKELL, P. J. *Relational Conceptual Change in Solution Chemistry*. *Science Education*, vol. 79 (1), p. 1-17, 1995.
- ECHEVERRIA, A. R. *Dimensão Empírico-Teórica no Processo de Ensino-Aprendizagem do Conceito Soluções no Ensino Médio*. Tese de Doutorado: Faculdade de Educação: Universidade de Campinas, Campinas, 1993.
- _____. *Como os estudantes concebem a formação de soluções*. *Química Nova na Escola*, nº 3, maio 1996.
- FERNANDEZ, J. M., TRIGUEROS, T. e GORDO, L. *Ideas sobre los cambios de estado de agregación y las disoluciones en alumnos del 2º curso del BUP*. *Enseñanza de Las Ciencias*, V. 6 (1), p. 42-46, 1988.
- GALAGOVSKY, L. R., RODRÍGUEZ, M. A., STAMATI, N. e MORALES, L. F. *Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla*. *Enseñanza de Las Ciencias*, v. 21 (1), p. 107-121, 1996.
- HEWSON, P. W. & THORLEY, N. R. *The Conditions of conceptual change in the classroom*. *International Journal of Science Education*, v. 11, p. 541-553, 1989.

JAFFE, B. *Crucibles: The story of chemistry*. New York: Dover Publications, 4ª ed., p. 165-180, 1976.

LAYLIN, K. J. *Nobel Laureates in Chemistry: 1901–1992*. Jeffrey L. Sturchio, series Editor, Merck & Co. American Chemical Society and the Chemical Heritage Foundation, p. 15–20, 1993.

LIMÓN, M. *On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal*. Learning and Instruction, v. 11, p. 357–380, 2001.

LINDER, C. J. A. *Challenge to conceptual change*. Science Education, v. 77 (3), p. 293-300, 1993.

LONGDEN, K., BLACK, P. e SOLOMON, J. *Children's interpretation of dissolving*. International Journal of Science Education, v. 13 (1), p. 59-68, 1991.

LÜCKE, M., ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas*. São Paulo: EPU, 1996.

MARTÍNEZ, O. J. M. *Algunas Reflexiones sobre Las Concepciones Alternativas y el Cambio Conceptual*. Enseñanza de Las Ciencias, v.17 (1), p. 93-107, 1999a.

_____. *Ideas para La discusión sobre Las Concepciones del Cambio Conceptual - Comentarios acerca del artículo "Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual" de N. Marín Martínez*. Enseñanza de La Ciencia, v. 17 (1), p. 115-117, 1999b.

MARTON, F. *Phenomenografy – describing conceptions of the word around us*. Instructional Science, v. 10, p. 177-220, 1981.

MOREIRA, M. A. e MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, p. 1-39, 1982.

MORTIMER, E. F. *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

_____. *Evolução do Atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais*. Tese de Doutorado: Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

NIAZ, M. *Response to Contradiction: Conflict Resolution Strategies Used by Students in Solving Problems of Chemical Equilibrium*. Journal of Science Education and Technology, v.10 (2), 2001.

NUSSBAUM, J. e NOVICK, S. *Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation*. Instructional Science, v. 11, p. 183- 208, 1982.

ONTORIA, A., BALLESTEROS, A., CUEVAS, C., GIRALDO, L., GÓMEZ, J., MARTÍN, I.; MOLINA, A., RODRIGUEZ, A., VÉLEZ, U. *Mapas Conceituais: Uma Técnica para Aprender*. Lisboa: Edições Asa, p. 7-25, 1994.

PARTINGTON, J. R. *A Short History of Chemistry*. Macmillan, New York: St Martin's Press, Dover Publications, p. 330-341, 1957.

PÉREZ, G. D. *Contribución de La Historia y de La Filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de Enseñanza/aprendizaje como investigación*. Enseñanza de Las Ciencias, 11 (2), p. 197-212, 1993.

PÉREZ, D. G. e CARRASCOSA, A. *Bringing Pupils! Learning closer to a Scientific Construction of Knowledge: A permanent feature in innovations in Science Teaching*. Science Education, v. 78 (3), p. 301-315, 1994.

PINTRICH, P. R., MARX, R. W., BOYLE, R. A. *Beyond Cold Conceptual Change: The role of Motivational Beliefs and Classroom Contextual Factors in the Process of Conceptual Change*. Review of Educational Research, v. 63, nº. 2, p.167-199, 1993.

POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W. e GERTZOG, W. A. *Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change*. Science Education, v. 66 (2), p. 211-22, 1982.

POZO, J. I., CRESPO, M. A. G., LIMON, M. e SERRANO, S. A. *Procesos cognitivos en la Comprensión de la Ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madri: Ministerio de Educación y Ciencia, CIDE-MEC, p. 10-159, p. 64-218, 1991.

PRIETO, T., BLANCO, A. e RODRIGUEZ, A. *The ideas of 11 to 14-years - old students about the nature of solutions*. International Journal of Science Education, v. 11 (4), p. 451-464, 1989.

SÁNCHEZ BLANCO, G., DE PRO BUENO, A. e 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, v. 15 (1), p. 35-50, 1997.

SANTOS, M. E. V. M. *Mudança Conceitual na Sala de Aula: Um desafio Pedagógico Epistemologicamente Fundamentado*. Lisboa: Livros Horizonte, p. 23-128, 1998.

SANTOS, M. E. V. M e PRAIA, J. F. *Ensino das Ciências e Formação de Professores: "Percurso de Mudança na Didática das Ciências, sua Fundamentação Epistemológica"*. Lisboa: Projeto Mutare - Universidade de Aveiro, nº. 1, p. 7-30, 1992.

SCOTT, P. H., ASOKO, H. M. e Driver, R. H. *Teaching for Conceptual Change: A review of strategies*. In: Duit, R., Goldberg, F. and Niedderer, H. (Eds.). *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* Kiel: OPN, 1991.

STRIKE, K. A. e POSNER, G. J. *A revisionist Theory of Conceptual Change*. In: Duschl, R. and Hamilton, R. (Eds.), *Philosophy of Science Cognitive psychology and educational theory and practice*, p. 147-176, 1992.

VILLANI, A. e CARVALHO, L. O. *Conflictos Cognitivos, experimentos cualitativos y actividades didácticas*. Enseñanza de Las Ciencias. v.13 (3), p. 279-294, 1995.

WEAVER, G. C. *Strategies in K-12 Science Instruction to Promote Conceptual Change*. John Wiley & Sons, p. 455–472, 1998.

WHEATHLEY, G. H. *Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning*. Science Education, v. 75 (1), p. 9-21, 1991.

ANEXOS

ANEXO 1

QUESTIONÁRIO

PESSOAL:

NOME: _____
ENDEREÇO: _____
CEP: _____ TELEFONE: _____ E-mail: _____
IDADE: _____ ESTADO CIVIL: _____ TEM FILHOS _____ QUANTOS: _____

PROFISSIONAL

FUNÇÃO: _____
INSTITUIÇÃO: _____
ENDEREÇO: _____
CEP: _____ TELEFONE: _____ E-MAIL: _____
INSTITUIÇÃO: () PÚBLICA () PARTICULAR () FUNDAÇÃO () OUTROS
NÍVEL: () FUNDAMENTAL () MÉDIO () SUPERIOR
POSSUI ALGUMA SEGUNDA ATIVIDADE PROFISSIONAL? () SIM () NÃO
QUAL: _____

QUAL SUA CARGA HORÁRIA ATUAL? _____ AULAS: _____
HORAS/SEMANA - CLASSES: _____ ALUNOS: _____
HÁ QUANTO TEMPO VOCÊ LECIONA? _____
HÁ QUANTO TEMPO VOCÊ ESTÁ FORMADO? _____
EXERCEU OUTRA FUNÇÃO ANTES DE LECIONAR? _____ QUAL? _____

CARACTERIZAÇÃO DA PRÁTICA PEDAGÓGICA:

1- DE QUE MANEIRA VOCÊ COSTUMA ENSINAR QUÍMICA OS CONCEITOS DE QUÍMICA?

2- VOCÊ TEM TENTADO FAZER INOVAÇÕES NA SUA FORMA DE ENSINAR? COMO?

3- USA LIVROS DIDÁTICOS? _____ QUAL(S): _____
POR QUÊ? _____
PARA QUE? _____

4--QUAIS AS PRINCIPAIS DIFICULDADES QUE ENCONTRA PARA EXERCER SUA FUNÇÃO, EM RELAÇÃO AOS ALUNOS E AO SISTEMA.

5- O QUE VOCÊ CONSIDERA IMPORTANTE AO PREPARAR SUA AULA?

6- COMO PLANEJA SUAS AULAS? (no que se baseia, o que pretende alcançar como produto final do ensino, etc.).

7- QUAL O INSTRUMENTO QUE UTILIZA PARA REALIZAR SUAS AVALIAÇÕES? (PROVAS, EXERCÍCIOS, RELATÓRIOS, ETC).
DESCREVA OS INSTRUMENTOS UTILIZADOS:

8- COMO INTERPRETA OS RESULTADOS DA AVALIAÇÃO?

9- COMO VOCÊ INTERPRETA AS DIFICULDADES DOS ALUNOS PARA APRENDER OS CONCEITOS DE QUÍMICA?

10- QUE DIFICULDADES VOCÊ ENCONTRA PARA O ENSINO DO CONCEITO DE SOLUÇÃO NO DESEMPENHO DE SEU TRABALHO?

ANEXO 2

ESTUDO SOBRE SOLUÇÕES

Nome _____

Ensino Médio - série: _____

Idade ____ anos.

Data: ____/____/2003-

- 1- Em uma aula de química seu professor vai ensinar sobre soluções. Escreva três frases que indiquem suas ideias sobre o assunto.

- 2-Explique com suas próprias palavras o que entende sobre a expressão: Dissolver uma substância em outra.

- 3-Exemplifique situações onde você encontra o fenômeno de dissolução.

- 4- Foi colocado em um recipiente contendo água uma pequena colher de sal e em outro recipiente também contendo água uma pequena colher de açúcar. Como você representaria os sistemas: I - sal com água II - açúcar com água Desenhe e explique seu desenho.

Água com sal Desenho	Explicação
Água com açúcar Desenho	Explicação

5- Indique a validade de cada uma das afirmações que se seguem utilizando: verdadeira (V), falsa (F). Caso considere que nenhuma é verdadeira ou caso tenha outras considerações a fazer, escreva no espaço em branco "outra", uma que seja verdadeira na sua opinião.

I- No processo de dissolução a substância dissolvida(soluto) na verdade:

- a) fundiu ()
- b) decompõe ()
- c) desapareceu ()
- d) virou líquido ()
- e) ficou transparente ()
- f) ficou ligado a água ()
- g) quebrou ()
- h) vai para o fundo ()
- i) fica distribuído ()

Outra _____

II-No processo de dissolução a substância que dissolve o soluto (solvente) na verdade:

- a) não sofre alterações, não muda suas propriedades ()
- b) sofre alterações mudando suas propriedades ()

Outra _____

III-A obtenção de uma solução exige necessariamente:

- a) água e um sólido ()
- b) água como meio para dissolver ()
- c) um líquido ()
- d) agitação ()
- e) aumento da temperatura ()

Outra _____

VI-Na dissolução ocorre:

- a) formação de novas substâncias ()
- b) separação de substâncias ()

Outra _____

V-Quando dissolvemos sal em água a substância dissolvida na verdade se dilui. ()

Outra _____

VI-Quando dissolvemos o açúcar em água obtemos uma nova substância(água/açúcar) ()

Outra _____

VII-O açúcar e o sal dissolvem-se em grãos invisíveis que perdem seu peso e volume()
Outra _____

6- Em um recipiente foi adicionado água e uma quantidade em massa (m_1) de sal. Após agitação obtivemos um sistema sem sólido no fundo do recipiente. Explique o que você acha que ocorreu com a quantidade da massa (m_1) de sal antes e após a agitação.

7-Supondo que você disponha de um microscópio super potente, como você explicaria o que ocorre com o soluto e o solvente durante o processo de dissolução no sistema sal com água e açúcar com água da questão n.º 4.

Sal com água
Explicação

Açúcar com água
Explicação

8-No nosso dia a dia deparamos com algumas situações onde nos perguntam:

I - Porque a areia não se dissolve em água?

II - Porque o óleo não se dissolve em água?

Como você explicaria estas situações utilizando os conhecimentos de química que já possui?

I _____

II _____

9) Dos sistemas abaixo indique aquele que você julga ser solução.

a) água mineral	()
b) água do mar	()
c) ar atmosférico	()
d) latão	()
e) "toddyinho"	()
f) leite	()
g) aliança de ouro	()
h) gasolina comercializada	()
i) álcool hidratado	()

10- Qual a primeira ideia que você acha que um aluno faz ao ouvir estas palavras: solução saturada e solução insaturada?

ANEXO 3

- 1- Como você sentiu-se em relação às atividades durante o nosso curso?
- 2- O que significa para você quando escuta dizer: Solução?
- 3- Você poderia dar exemplos de situações, nas quais, você encontra soluções no seu dia a dia e a importância que atribui a mesmas?
- 4- Você seria capaz de comentar, qual o componente que representa o soluto e o solvente destas soluções? Que critério utilizou?
- 5- O que você imagina estar acontecendo nos sistemas: dissolução de cloreto de sódio em água e dissolução do açúcar em água? Pôr que? Você poderia desenhar o que está imaginando? Conforme desenha, explique seu desenho.
- 6- O que você considera estar ocorrendo ao soluto e ao solvente nos processos de dissolução citados anteriormente?
- 7- Você considera os sistemas representativos de uma solução? Pôr que?
- 8- Podemos dissolver qualquer quantidade da substância em dado volume de água? Pôr que você acha isto?
- 9- A quantidade de substância é sempre a mesma em certo volume de água? Explique por quê?
- 10- Quando a substância não mais dissolve, o que você considera que está acontecendo?
- 11- Se não houvesse agitação será que a substância dissolveria?
- 12- Se houvesse variação da temperatura você acha que a substância dissolveria mais ou menos? Pôr que?
- 13- Em qual dos sistemas da atividade 3 foi dissolver mais colheradas de substância? Pôr que?
- 14- Você considera importante que algumas substâncias se dissolvam? Pôr que?
- 15- Você poderia explicar microscopicamente o que está ocorrendo nas dissoluções dos sistemas anteriores? Por favor, desenhe o que está imaginado.

ANEXO 4

E.E _____

Nome do aluno (a) _____

Turma _____ data ____/____/____

1-Explique com suas próprias palavras o que você entende por solução?

2- Dos sistemas abaixo:

butijão com GLP(gás propano e principalmente gás butano), colher de aço inox [Ferro,carbono e cromo (18 a 20%) e Niquel(8 a 12%)], água mineral gasosa, água mineral, aliança de ouro 18 quilates 18 partes de ouro e 6 partes de cobre), soro fisiológico (água + cloreto de sódio) ar atmosférico (oxigênio, nitrogênio e outros gases) água do mar, barra de cobre,água destilada, refrigerante, álcool comercial (hidratado).

Analisando os sistemas, escolha entre eles aquele (s) que represente a(s) seguinte(s) soluções:

Explique o critério que utilizou para a seleção.

Solução Sólida:

Solução Líquida :

Solução Gasosa:

3- Ao ouvir em uma aula de química o professor comentar sobre: solução saturada e solução insaturada, como você as diferenciaria?

4- (Fuvest- adaptada)

Analisando a frase:

A água potável e a água mineral são consideradas substâncias puras.

Você julga que a frase está correta ou incorreta. Explique sua resposta.

5- Analise a validade de cada uma das afirmações utilizando V (verdadeiro), F (falso)
No caso de não considerar nenhuma verdadeira, escreva no espaço em branco, uma outra consideração que seja verdadeira em sua opinião:

I - Considerando que 5g de sal de cozinha equivale a 10 partículas, ao colocarmos 5g de sal em 50ml de água (solução I) e 5g do sal em 100ml de água (solução II), podemos dizer que a solução I é mais concentrada. Outra: _____

II - No processo de dissolução o soluto:

a) funde () b) decompõe () c) desaparece () d) dilui (). Outra: _____

6- Em um laboratório dois estudantes resolveram preparar uma solução.

Estudante A - Utilizou necessariamente água na preparação.

Estudante B - Utilizou necessariamente um líquido na preparação.

Qual dos estudantes você acha que procedeu de forma correta? Explique sua resposta.

7- Exemplifique situações na qual você depara no seu dia a dia com a utilização de soluções do tipo:

sólida _____

líquida _____

gasosa _____

8- Considere a seguinte situação: Você foi solicitado a misturar as seguintes substâncias;

20g do sal (KCl) cloreto de potássio um composto iônico com 100mL de água a 20°C.

Dado: Solubilidade do KCl 34g/100g de água a 20°C.

a) Você considera que formará uma solução? Explique sua resposta.

b) Faça desenho que represente microscopicamente a formação da solução, caso considere que esta se formou. Explique seu desenho.

Utilize a legenda:

9- Em sua opinião você considera que ao colocarmos em contato água e gasolina ocorrerá a dissolução? Explique sua resposta.

10- Um aluno adicionou uma amostra de 50g de bicarbonato de sódio a 500g de água a 20°C (sistema I) e outra amostra de 30g do mesmo sal a 500g de água a 0°C (sistema II). Após agitar por algum tempo o aluno obteve:

a) Solução insaturada apenas no sistema I.

b) Mistura heterogênea apenas no sistema I.

c) Mistura heterogênea apenas no sistema II.

d) Solução insaturada em ambos os sistemas.

e) Mistura heterogênea em ambos os sistemas.

Dado: Solubilidade do bicarbonato de sódio:
9,6g/100g de água a 20°C e 6,9g/100g de água a 0°C

11- (Fuvest-SP adaptada) Quatro tubos contém 20mL (mililitros) de água cada um. Coloca-se nesses tubos dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) nas seguintes quantidades.

	Tubo A	Tubo B	Tubo C	Tubo D
Massa de $K_2Cr_2O_7$	1,0	3,0	5,0	7,0

A solubilidade do sal, a 20°C, é igual a 12,5g por 100mL de água. Após agitação, em quais tubos coexistem, nessa temperatura, solução saturada e fase sólida? Explique sua resposta.

ANEXO 5

Atividade 1

E.E. _____

Nome _____

Ensino Médio - série: _____

Data ____/____/____ 2003

1-Quais foram as ideias (conceitos), palavras novas introduzidas nesta atividade?

2- Baseando-se nas observações e nas discussões que foram realizadas na atividade-1-, relacione as palavras introduzidas construindo um mapa conceitual.

Utilize o espaço abaixo, partindo da palavra chave:

MATERIAL

ANEXO 6

PROPRIEDADES FÍSICAS DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS PURAS						
Substância	cor	odor	sabor	Estado físico	P. E (ponto de ebulição) °C	P. F (Ponto de fusão) °C
Gás cloro	Verde amarelada	Forte e sufocante	Forte amargo	gás	-34,6	-101,6
Água	incolor	inodoro	Sem sabor	líquida	100	0
Açúcar	branca	inodora	doce	sólido	170-186	-
Ácido acético	incolor	Como o vinagre	amargo	liquido	118	16,7

ANEXO 7

Atividade- 2-

E E _____

Série _____ data ____/____/____

Nome _____

- 1- De acordo com as discussões e interpretações realizadas na aula, complete o quadro abaixo:

Sistema	Qual o Solute	Qual o Solvente	Trata-se ou não de uma solução	Justifique
1				
2				
3				
4				
5				
6				

2- (UNICAMP-97)

"Os peixes estão morrendo porque a água do rio está sem oxigênio, mas nos trechos de maior correnteza a quantidade de oxigênio aumenta". Ao ouvir esta informação de um técnico do meio ambiente, um estudante que passava pela margem do rio ficou confuso e fez a seguinte reflexão: "Estou vendo a água no rio e sei que a água contém, em suas moléculas, oxigênio; então como pode ter acabado o oxigênio do rio?".

Qual a confusão cometida pelo estudante em sua reflexão?

Porque nos trechos de maior correnteza a quantidade de oxigênio aumenta?

ANEXO 8

Liga	Metais	Aplicações Comuns
Aço	Fe, C (0,03% a 1,4%) podendo conter: Mn, Cr,V,Ni, Cu	Pontes, automóveis, estruturas para construções.
Aço inoxidável	Fe,C,Cr(18% a 20%) e Ni(8% a 12%)	Talheres, baixelas, cubas para pias, equipamentos odontológicos e cirúrgicos.
Amálgama dentário	Ag, Hg (Sn, Zn, Cu)	Obturações dentárias
Bronze comercial	Com aproximadamente 90% de Cu e 10% de Sn	Engrenagens, cunhagem de moedas, canhões.
Latão	Cu (67%), Zn (33%)	Tubos, maquinaria, objetos de adorno, arruelas.
Ligas de magnésio	Al, Mg	Bicicletas, aviões, automóveis.
Metal de solda	Pb e Sn	Solda
Níquel-cromo	Ni, Cr e Fe	Resistores elétricos
Ouro branco	Au, Ag	Joalheria
Ouro x quilates	Au, Cu e ou Ag	Joalheria, odontologia
Prata de lei	Ag(90%) e Cu (10%)	Moedas, baixelas

Fonte: Vera Novaes. Química- V.2, Ed. Atual, 1999, p. 5-6

ANEXO 9

Atividade- 3-

E. E _____

Data ____/____/____

Nome dos alunos:

Título: _____
(O título deverá ser dado por cada equipe ao final das discussões)

1-Escolha entre vocês um colega da equipe, este ficará encarregado de anotar as ideias que surgirão durante as discussões em grupo no verso desta folha.

2- Cada grupo receberá as substâncias: sal, açúcar e água e o material necessário para a realização do experimento.

3-Utilizando dois copos, colocar em cada um deles 20mL de água à temperatura ambiente, medidos através de uma proveta.

4- Verificar a temperatura inicial da água contida nos copos: _____°C.

5- Vá até a balança e com a ajuda do professor verifique quando pesa uma "colherzinha com sal" e uma colherzinha com açúcar".

6-Adicionar separadamente, uma colherzinha de sal em um dos copos e uma colherzinha de açúcar no outro copo. Agitar. Observar. Anotar suas observações.

7- Continuar adicionando uma de cada vez "colheradas de sal" e "colheradas de açúcar" em cada copo sempre agitando, deixando alguns segundos em repouso. Observando.

Procure ser rigoroso e utilize aproximadamente a mesma medida para cada adição das substâncias.

Continuem adicionando uma de cada vez as "colheradas", até perceber que a substância não mais dissolva.

8-Anotar quantas "colheradas" foram utilizadas _____.

ANEXO 10

SOLUBILIDADE DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS EM ÁGUA

Identificação			Solubilidade em g/100mL H ₂ O	
Nome usual	Nome Oficial	Fórmula	Quantidade (gramas)	Temperatura (°C)
Sal de cozinha	Cloreto de sódio	NaCl	36,0	20
Bicarbonato	Bicarbonato de sódio	NaHCO ₃	9,6	20
-	Bicarbonato de cálcio	Ca(HCO ₃)	16,6	20
Açúcar	Sacarose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	203,9	20
Oxigênio	Gás oxigênio	O ₂	0,004339	20
Gás carbônico	Dióxido de carbono	CO ₂	0,1688	20
Cal	Óxido de cálcio	CaO	0,131	10

Fonte: Dados Extraídos do Hand Book

ANEXO 11

Solubilidade de vários compostos em água

Curvas de solubilidade

Fonte: Físico Química, V. 2 –
Usberco e Salvador

Temperatura (°C)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Massa de Ca(OH) ₂ em mg/100 g de H ₂ O	185	176	165	153	141	128	116	106	94	85	77

Fonte: Físico
Química- V.2 Antonio
Sardella

Fonte: Fundamentos de
Química Geral: Hein e
Arena

ANEXO 12

Solubilidade dos gases e sua importância

A solubilidade dos gases pode ser verificada no engarrafamento de bebidas com gás tais como cerveja, vinhos espumantes e muitos refrigerantes.

Estas bebidas são engarrafadas sob pressão de CO_2 (gás carbônico) tão altas quanto a 4 atm. Quando a garrafa ou lata é aberta, a pressão acima do líquido cai para 1 atm e o dióxido de carbono borbulha rapidamente para fora da solução. Recipientes pressurizados para creme de barbear, creme Chantilly e queijos cremosos seguem sob um princípio semelhante. Pressionando-se uma válvula, reduz-se a pressão no gás dissolvido, causando seu escape da solução, saindo o líquido do frasco sob a forma de espuma.

Uma outra consequência do efeito da pressão na solubilidade do gás é o doloroso, às vezes fatal, acidente conhecido como descompressão. Isto ocorre quando uma pessoa sobe rapidamente das águas profundas (altas pressões) para a superfície (pressão menor). A rápida descompressão faz com que o ar, dissolvido no sangue e outros fluidos do corpo, borbulhe para fora da solução. Estas bolhas impedem a circulação do sangue e afetam os impulsos nervosos. Para minimizarem estes efeitos, mergulhadores de mar profundo e aquanautas respiram uma mistura de hélio-oxigênio, em vez de ar comprimido (nitrogênio - oxigênio). O hélio é três vezes menos solúvel que o nitrogênio. Portanto, muito menos gás é removido da solução sob descompressão.

Ao contrário da maioria dos sólidos a solubilidade dos gases aumenta com o decréscimo da temperatura. Isto é importante para a vida aquática.

A tabela mostra a solubilidade do gás oxigênio em água:

Solubilidade em água à pressão de 760mmHg (mg/100g H_2O)			
Gás	Temperatura		
	0°C	20°C	50°C
N_2	2,9	1,9	1,2
O_2	6,9	4,3	2,7
CO_2	33,5	169	16

Fonte: Dados Extraídos do livro: Interações e Transformações III - GEPEQ

Note que a solubilidade do gás oxigênio a 30°C é duas vezes menor que a solubilidade a 0°C.

A solubilidade do gás depende não só da temperatura como da pressão. Todos os animais necessitam de oxigênio para sobreviver, entretanto, principalmente os seres aquáticos não podem extrair oxigênio da molécula da água. Estes organismos aquáticos extraem o oxigênio que está dissolvido na água.

Além da dissolução natural o oxigênio existente dissolvido na água ocorre pela fotossíntese de plantas verdes e plânctons existentes na água. A solubilidade do oxigênio é importante por estar relacionada a vida de seres aquáticos.

A morte de rios e lagos pode ser explicada pela atuação de bactérias aeróbias (que consomem oxigênio) sobre materiais estranhos à vida aquática. Estes são na maioria compostos orgânicos e inorgânicos que servem de alimento a essas bactérias. Com isso, elas se multiplicam, passando a consumir mais oxigênio (aumento da demanda bioquímica de oxigênio - DBO). Esse processo reduz, portanto, a quantidade de O_2 dissolvido na água, pondo em risco, por vezes, a sobrevivência animal.

Variação da solubilidade de O_2 em água com a pressão		
Pressão atmosférica(mmHg)	Pressão parcial O_2 (mmHg)	Solubilidade O_2 em água a
760	158	43
560	117	31
270	56	15

Fonte: Dados Extraídos do livro: Interações e Transformações III- GEPEQ

ANEXO 13

Atividade-04

E. E _____
Nome _____ Turma _____
Data ____/____/____

1- Supondo a dissolução de um sólido em um líquido escolha três frases para selecionar entre solução saturada e solução insaturada.

- Há sólido no fundo
- Dissolve mais sólido
- Existe uma quantidade máxima de sólido dissolvido
- Não há sólido no fundo
- Não dissolve mais o sólido
- Não atingiu a quantidade máxima de sólido dissolvido

Solução insaturada _____

Solução Saturada _____

2- Algumas bebidas, como o chá, são consumidas quentes ou geladas, enquanto outras não como a Coca-Cola, são consumidas geladas? Por que?

3- Supondo que 1g de um sólido equivale a 10 partículas, represente as partículas nos sistemas:

- I- Sistema com 50 mL de água
II- Sistema com 100mL de água

Escolha qual sistema se encontra mais concentrado? Explique sua escolha.

4- Observe os sistemas, onde os pontinhos representam partículas de um sólido em certa quantidade de líquido.

A

B

Qual o sistema que apresenta solução menos concentrada? Explique sua resposta.

ANEXO 14

Atividade- 5-

E. E _____

Aluno (a) _____

Data ____/____/____

1-Pense em algumas "coisas" que se dissolvem em água e outras que não se dissolvem e faça uma relação logo abaixo:

"materiais que se dissolvem"

"materiais que não se dissolvem"

2- Da relação que você listou, escolha uma "coisa que se dissolve" e outra que não se dissolve e escreva como você explicaria o fato de uma dissolver e outra não.

3- Observe na transparência o modelo que representa o sal (cloreto de sódio), com base no que foi estudado e discutido até o momento, represente através de desenho (modelo) e explique seu modelo (desenho) como você imagina o que aconteceria com esta substância quando ela entrar em contato com a água.

ANEXO 15

TABELA RELACIONANDO A SOLUBILIDADE E A DENSIDADE DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS

Substância	Densidade	Solubilidade (g/100mL de H₂O)
Álcool	0,789g/mL a 20°C	Infinito
Acetona	0,7899g/cm ³ a 20°C	Infinito
Gás Oxigênio	1,429g/L a 0°C	2,46 cm ³ a 50°C ou 4,89m ³ a 0°C
Gás Carbônico	1,977g/L a 0°C	90,1 cm ³ a 20°C ou 171,3cm ³ a 0°C
Cloreto de sódio	2,165 g/cm ³ a 25°C	36g a 25°C
Carbonato de cálcio	2,710g/cm ³ a 18°C	1,3 x 10 ⁻⁵ g a 25°C
Permanganato de Potássio	2,703g/cm ³ a 25°C	6,38g a 20°C
Giz - Sulfato de cálcio	2,61g/cm ³ a 25°C	7 x 10 ⁻⁴ g a 25°C

Fonte: Dados extraídos do Hand Book

ANEXO 16

PONTE DE HIDROGENIO

A ponte de hidrogênio ocorre em algumas moléculas que contêm hidrogênio, como a água, por exemplo. Na molécula da água, os elétrons de carga negativa estão concentrados em torno do átomo de oxigênio, conferindo-lhe uma carga levemente negativa em relação àquela dos átomos de hidrogênio. As porções de cargas elétricas opostas de moléculas vizinhas atraem-se mutuamente, originando a ponte de hidrogênio.

*

Fonte: Fundamentos de Química: Hein e Arena

* De acordo com as recomendações atuais não mais se utiliza o termo “ponte de hidrogênio”, mas “ligação de hidrogênio”. Mesmo assim, optou-se por utilizar esse material didático, pois ele servia ao propósito da atividade elaborada.

Fonte: Química para o Ensino Médio: Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado

ANEXO 17

Fonte: Ciência da Natureza e Matemática. A Química do Ambiente: Marcos Autuori e Oswaldo F. Jr.

Figura 20: Representação esquemática da estrutura cristalina do sal cloreto de sódio mostrando o arranjo geométrico dos íons. Pode-se perceber que os íons de cloro (Cl^-) e os íons de sódio (Na^+) formam uma rede cúbica.

Fonte: Ciência da Natureza e Matemática. A Química do Ambiente: Marcos Autuori e Oswaldo F. Jr.

ANEXO 19

Dissolução do cloreto de sódio em água.

Fonte: Fundamentos de Química Geral: Hein e Arena