

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**“Investigação Sobre a Construção de Modelos Mentais  
Para o Conceito de Soluções Por Meio de Animações”**

**Gustavo Bizarria Gibin\***

Dissertação apresentada como  
parte dos requisitos para  
obtenção do título de MESTRE  
EM QUÍMICA, área de  
concentração: QUÍMICA.

**Orientador: Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira**

**\* bolsista CNPQ**

**São Carlos - SP**  
**2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

G446is

Gibin, Gustavo Bizarria.

Investigação sobre a construção de modelos mentais para o conceito de soluções por meio de animações / Gustavo Bizarria Gibin. -- São Carlos : UFSCar, 2009.  
260 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2009.

1. Modelos mentais. 2. Química - estudo e ensino. 3. Animação. 4. Solução (química). I. Título.

CDD: 540 (20<sup>a</sup>)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
*Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia*  
*Departamento de Química*  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**  
**Curso de Mestrado**

---

*Assinaturas dos membros da banca examinadora que avaliaram e aprovaram a defesa de dissertação de mestrado do candidato **Gustavo Bizarria Gibin**, realizada em 20 de fevereiro de 2009:*

  
Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira

  
Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig

  
Prof. Dr. Agnaldo Arroio

À minha mãe Ivonilde, ao meu pai Moacir,  
e minha irmã Érica, por me apoiarem sempre.

À Grazielle, a luz que me guia.

## AGRADECIMENTOS

- A minha família, que sempre me apoiou e incentivou nos estudos e em tudo o que faço.
- A Grazielle, que esteve do meu lado em todos os momentos.
- A todos os amigos do grupo LENAQ – Laboratório de Ensino e Aprendizagem de Química, por criarem um ambiente de estudos fantástico.
- Ao Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira, pela amizade, pela orientação sempre competente e pela paciência.
- Aos Profs. Dr. Agnaldo Arroio e Dr. Dácio Rodney Hartwig pelas contribuições ao estudo, apresentadas na defesa da dissertação.
- Aos Profs. Dr. Dácio Rodney Hartwig e Dra. Wania Conceição Moreira pelas contribuições ao estudo, apresentadas no Exame de Qualificação.
- Ao CNPq, pelo apoio financeiro.
- A todos os alunos que colaboraram com esta pesquisa, em especial às Professoras Simone, Giovana e Mazé.
- Aos amigos Ricardo, Ana Cláudia e Mônica, pelo auxílio durante a aplicação do curso e na coleta de dados.
- Ao serviço de referências da Biblioteca Comunitária da UFSCar, pela correção das referências do presente trabalho.
- Às secretarias do PPGQ, pela eficiência e pelo trabalho sempre ágil.
- A Deus, que sempre me dá forças para continuar.

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Dados colhidos por meio dos textos individuais sobre os modelos mentais dos alunos referentes à dissolução do cloreto de sódio. ....	43
TABELA 2 – Modelos mentais investigados por meio de registros audiovisuais dos depoimentos individuais dos alunos referentes à dissolução do cloreto de sódio. ....	48
TABELA 3 – Explicações individuais adicionais dos alunos sobre a não dissolução do NaCl na água. ....	53
TABELA 4 – Explicações individuais adicionais dos alunos sobre a recristalização do NaCl na água. ....	53
TABELA 5 – Dados sobre as animações produzidas em grupo, sobre a dissolução do NaCl. ....	56
TABELA 6 – Dados sobre a evolução dos modelos mentais dos estudantes com relação à dissolução do cloreto de sódio. ....	63
TABELA 7 – Dados colhidos por meio dos textos individuais sobre os modelos mentais dos alunos referentes ao sistema com água e gasolina. ....	67
TABELA 8 – Dados colhidos por meio dos depoimentos individuais sobre os modelos mentais dos alunos referentes ao sistema formado por água e gasolina. ....	72
TABELA 9 – Dados sobre as animações produzidas em grupo, sobre o sistema heterogêneo formado por água e gasolina. ....	82
TABELA 10 – Dados sobre a evolução dos modelos mentais dos estudantes com relação à formação de um sistema heterogêneo. ....	87
TABELA 11 – Dados colhidos por meio dos textos individuais sobre os modelos mentais dos alunos referentes à solução saturada de cloreto de sódio. ....	89
TABELA 12 – Modelos mentais investigados por meio dos registros audiovisuais dos depoimentos individuais dos alunos referentes à solução saturada de cloreto de sódio. ....	91
TABELA 13 – Dados sobre as animações produzidas em grupo, sobre a formação da solução saturada de cloreto de sódio. ....	96
TABELA 14 – Dados sobre a evolução dos modelos mentais dos estudantes com relação à formação de uma solução saturada de cloreto de sódio. ....	101

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Exemplos dos níveis de representação do conhecimento químico. .....	9
FIGURA 2 – Representações do modelo atômico de Thomson e do modelo atômico atualmente aceito. ....	16
FIGURA 3 – Representação do modelo atômico de Rutherford.....	25
FIGURA 4 – Relações entre os níveis de representação do conhecimento químico, com destaque para a relação que propicia a elaboração de modelos mentais.....	28
FIGURA 5 – (a) Projeção da trajetória das figuras que representam as espécies químicas na animação e (b) placa de aço com as figuras fixadas. ....	37
FIGURA 6 – Figura que representa a molécula de água (a) frente (b) verso com o ímã. ....	38
FIGURA 7 – Representação de uma reação química de redução/oxidação por estudantes. (BEN-ZVI <i>et al.</i> , 1987).....	42
FIGURA 8 – Representação dos modelos de dissolução do açúcar em água por estudantes. (SHE, 2004) .....	43
FIGURA 9 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 1) .....	49
FIGURA 10 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 15) .....	49
FIGURA 11 – Representação do processo de dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluna 22).....	50
FIGURA 12 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 10) .....	51
FIGURA 13 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 11) .....	51
FIGURA 14 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 13) .....	52
FIGURA 15 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto em água. (Grupo 1).....	57

FIGURA 16 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto em água. (Grupo 2).....	58
FIGURA 17 – Representação da dissolução do cloreto em água por alunos pós-graduandos em Química (SOUZA e CARDOSO, 2009).....	59
FIGURA 18 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto de sódio em água. (Grupo 3).....	60
FIGURA 19 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto de sódio em água. (Grupo 4).....	60
FIGURA 20 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto em água. (Grupo 5).....	61
FIGURA 21 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto de sódio em água. (Grupo 6).....	62
FIGURA 22 – Representação da água e da gasolina em escala molecular. (Aluna 4).....	73
FIGURA 23 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 16)	74
FIGURA 24 – Representação do sistema com água e gasolina em nível sub-microscópico. (Aluna 2).....	77
FIGURA 25 – Representação do sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 10).....	77
FIGURA 26 – Representação do sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 11).....	78
FIGURA 27 – Representação da seqüência de formação do sistema heterogêneo. (Grupo 1).....	83
FIGURA 28 – Representação da seqüência de formação do sistema heterogêneo. (Grupo 2).....	84
FIGURA 29 – Representação da seqüência de formação do sistema heterogêneo. (Grupo 3).....	85
FIGURA 30 – Representação da seqüência de formação do sistema heterogêneo. (Grupo 4).....	86
FIGURA 31 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 20).....	92
FIGURA 32 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 17).....	93
FIGURA 33 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 7).....	93
FIGURA 34 – Representação da seqüência de formação da solução saturada de cloreto de sódio. (Grupo 1).....	97

FIGURA 35 – Representação da seqüência de formação da solução saturada de cloreto de sódio. (Grupo 2).....	97
FIGURA 36 – Representação da seqüência de formação da solução saturada de cloreto de sódio. (Grupo 3).....	98
FIGURA 37 – Representação da seqüência de formação da solução saturada de cloreto de sódio. (Grupo 4).....	99
FIGURA 38 – Representação da seqüência de formação da solução saturada de cloreto de sódio. (Grupo 6).....	100
FIGURA 39 – Freqüências das preferências dos alunos em relação à atividade preferida realizada no curso.....	104
FIGURA 40 – Freqüências das preferências dos alunos em relação à atividade menos preferida realizada no curso. ....	104
FIGURA 41 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 1) .....	126
FIGURA 42 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 2) .....	128
FIGURA 43 – Processo de dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluna 3) .....	130
FIGURA 44 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 3).....	131
FIGURA 45 – Processo de dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluna 4) .....	132
FIGURA 46 – Outra etapa na dissolução do cloreto de sódio. (Aluna 4) .....	133
FIGURA 47 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 4).....	134
FIGURA 48 – Processo de dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluno 5) .....	135
FIGURA 49 – Outra etapa da dissolução do cloreto de sódio. (Aluno 5) .....	136
FIGURA 50 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 5).....	137
FIGURA 51 – Processo de dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluna 6) .....	138
FIGURA 52 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 6).....	139

FIGURA 53 – Primeira etapa da dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluna 7).....	141
FIGURA 54 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 7).....	142
FIGURA 55 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 10).....	145
FIGURA 56 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 11).....	147
FIGURA 57 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 13).....	148
FIGURA 58 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 14) .....	151
FIGURA 59 – Primeira etapa da dissolução do cloreto de sódio na água. (Aluno 15) .....	153
FIGURA 60 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 15) .....	154
FIGURA 61 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 19) .....	156
FIGURA 62 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 20) .....	158
FIGURA 63 – Representação da estrutura da água líquida. (Aluno 21).....	160
FIGURA 64 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 21) .....	161
FIGURA 65 – Primeira etapa da dissolução do cloreto de sódio na água. (Aluna 22) .....	162
FIGURA 66 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 22) .....	163
FIGURA 67 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 23) .....	166
FIGURA 68 – Primeira etapa da dissolução do cloreto de sódio na água. (Aluna 25) .....	167
FIGURA 69 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 25) .....	168

FIGURA 70 – Primeira etapa da dissolução do cloreto de sódio na água. (Aluna 26) .....	169
FIGURA 71 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 26) .....	170
FIGURA 72 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 27).....	172
FIGURA 73 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 2)	187
FIGURA 74 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 3)	188
FIGURA 75 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 4)	190
FIGURA 76 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 5)	191
FIGURA 77 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 7)	192
FIGURA 78 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 8)	194
FIGURA 79 – Representações da água e da gasolina no momento em que o sistema é agitado. (Aluna 9).....	196
FIGURA 80 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 9)	197
FIGURA 81 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 10) .....	198
FIGURA 82 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 11) .....	201
FIGURA 83 – Representações da água e da gasolina no momento em que o sistema é agitado. (Aluno 14).....	202
FIGURA 84 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 14) .....	203
FIGURA 85 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 15) .....	205
FIGURA 86 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 16) .....	207
FIGURA 87 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 17) .....	208
FIGURA 88 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 18) .....	210
FIGURA 89 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 19) .....	211

FIGURA 90 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 19)	
.....	212
FIGURA 91 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 20)	
.....	213
FIGURA 92 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 21)	
.....	215
FIGURA 93 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 22)	
.....	216
FIGURA 94: Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 24)	217
FIGURA 95 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 25)	
.....	218
FIGURA 96 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 27)	
.....	220
FIGURA 97 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 1) .....	223
FIGURA 98 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 3) .....	224
FIGURA 99 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 4) .....	226
FIGURA 100 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 5) .....	227
FIGURA 101 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 7) .....	229
FIGURA 102 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 8) .....	231
FIGURA 103 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 9) .....	233
FIGURA 104 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 11) .....	235
FIGURA 105 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 13) .....	237
FIGURA 106 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 14) .....	239
FIGURA 107 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 16) .....	241
FIGURA 108 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 17) .....	243
FIGURA 109 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 18) .....	245
FIGURA 110 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 19) .....	247
FIGURA 111 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 20) .....	249
FIGURA 112 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 21) .....	251
FIGURA 113 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 22) .....	253
FIGURA 114 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 23) .....	256
FIGURA 115 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 24) .....	258
FIGURA 116 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 26) .....	260

## RESUMO

### **INVESTIGAÇÃO SOBRE A CONSTRUÇÃO DE MODELOS MENTAIS POR MEIO DE SIMULAÇÕES EM VÍDEO PARA O CONCEITO DE SOLUÇÕES.**

Neste estudo foi proposta a investigação sobre os modelos mentais de alunos da primeira série do Ensino Médio sobre o conceito “soluções”. Os modelos estudados são a dissolução do sal em água, um sistema heterogêneo e a formação de uma solução saturada. O referencial teórico empregado foi a teoria de modelos mentais de Johnson-Laird. A metodologia para a coleta de dados foi dividida em duas etapas. Na primeira, os alunos realizaram um experimento e propuseram individualmente uma explicação escrita em nível sub-microscópico. Então, os estudantes deram um depoimento, com registro audiovisual, com sua explicação para o experimento. Na segunda etapa, os estudantes foram divididos em grupos, e novamente explicaram, por registro escrito, o fenômeno visto no experimento. E por fim, os grupos elaboraram uma animação para representar o fenômeno em nível sub-microscópico. Após a produção, foram apresentadas e amplamente discutidas as animações produzidas. Basicamente foram observados três modelos sobre a dissolução do NaCl em água. No primeiro, a dissolução do sal consiste na separação dos íons. No segundo, a dissolução corresponde a uma espécie de recristalização. O outro modelo consiste apenas na hidratação do cristal. Com relação aos modelos sobre o sistema heterogêneo, os estudantes em geral representaram o sistema em nível sub-microscópico de modo coerente com o nível macroscópico. Entretanto, poucos alunos elaboraram modelos coerentes com relação à explicação da imiscibilidade entre líquidos e as posições das fases no sistema. Para a formação da solução saturada, foram observados modelos que consideram que em uma solução saturada ocorre uma recristalização; modelos em que ocorria apenas a separação dos íons e modelos em que haviam duas fases, a fase superior com a água e a outra com os cristais de sal. De modo geral, os estudantes não consideraram a orientação espacial das espécies químicas em nenhum experimento. A metodologia se mostrou interessante para a investigação de modelos mentais de processos químicos dinâmicos.

**Palavras Chave:** Modelos mentais, ensino de Química, animações.

## ABSTRACT

**INQUIRY ON THE CONSTRUCTION OF MENTAL MODELS BY SIMULATION IN VIDEO FOR THE CONCEPT OF SOLUTIONS.** In this study is proposed the inquiry about the mental models of the students in the first series of High School related to the concept "solutions". The models studied are the salt dissolution in water, a heterogenic system and the formation of a saturated solution. The theoretical referential used was the mental model theory by Johnson-Laird. The methodology used in the data collection was divided in two steps. In the first, the students realized a experiment and Individually proposed a written explanation in sub-microscopic level. Then, the students gave a statement, with the audiovisual register, with the explanation for the experiment. In the second step, the students were divided in groups, once again explained the seen phenomenon in the experiment by written record. And finally, the groups elaborated an animation to represent the phenomenon in sub-microscopic level. After the production, were presented and broadly discussed the animations produced. Basically it was observed three models about the dissolution of the NaCl in water. In the first, the dissolution of the salt consists in the detachment of the ions. In the second, the dissolution corresponds to a sort of recrystallization. The other model consists barely the hydration of the crystal. Regarding the models about the heterogeneous system, the students in general represented the system in sub-microscopic level in a coherent way with the macroscopic level, however a few students elaborated coherent models regarding the explanation of the immiscibility between the liquids and the positions of the phases in the system. For the formation of the saturated solution, were observed models that consider that in a saturated solution a recrystallization occurs; models that occurred barely the detachment of the ions and models that there were two phases, the upper phase with the water and the other with the crystals of salt. In general, the students didn't consider the spatial orientation of the chemical species in any experiment. The methodology was shown interesting for the inquiry of mental models of dynamic chemical processes.

**Keywords:** Mental models, teaching of Chemistry, animations.

## Sumário

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 - UTILIZAÇÃO DE IMAGENS NO ENSINO.....	1
1.2 - UTILIZAÇÃO DE IMAGENS NO ENSINO DE QUÍMICA .....	7
1.3 - NÍVEIS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO .....	8
1.4 - MODELOS MENTAIS.....	11
<b>CAPÍTULO 2 – REFERENCIAIS TEÓRICOS.....</b>	<b>12</b>
2.1 – MODELOS EM CIÊNCIAS .....	12
2.2 - MODELOS MENTAIS, PROPOSIÇÕES E IMAGENS.....	13
2.3 – TEORIA DOS MODELOS MENTAIS DE JOHNSON-LAIRD .....	14
2.4 - MODELOS CONCEITUAIS E MODELOS MENTAIS .....	18
2.5 - A NATUREZA DOS MODELOS MENTAIS .....	19
2.6 - ESTRUTURA E CONTEÚDO DOS MODELOS MENTAIS .....	20
2.7 - MODELOS MENTAIS SEGUNDO OUTROS AUTORES .....	22
2.8 - TIPOLOGIA DOS MODELOS MENTAIS .....	23
2.9 - MODELOS MENTAIS E CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS .....	25
2.10 - INVESTIGAÇÕES SOBRE MODELOS MENTAIS DE CONCEITOS QUÍMICOS .....	26
<b>CAPÍTULO 3 - QUESTÕES DE PESQUISA E METODOLOGIA .....</b>	<b>29</b>
3.1 - QUESTÕES DE PESQUISA.....	29
3.2 - PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	30
3.2.1 - <i>Procedimentos para coleta dos dados</i> .....	31
3.2.2 - <i>Procedimentos para análise dos dados</i> .....	34
3.2.3 – <i>Breves considerações sobre as animações</i> .....	35
3.2.4 - <i>Elaboração das animações</i> .....	36
<b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
4.1 – SOBRE A COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	39
4.2 – DISSOLUÇÃO DO CLORETO DE SÓDIO .....	41
4.2.1 – <i>Registros escritos individuais</i> .....	41
4.2.2 – <i>Depoimentos dos estudantes</i> .....	47
4.2.2.1 – <i>Depoimentos adicionais dos estudantes</i> .....	53

4.2.3 – Registros escritos em grupo.....	54
4.2.4 – Animações produzidas em grupo.....	56
4.2.5 – Evolução dos modelos mentais.....	63
4.3 – SISTEMA HETEROGÊNEO .....	66
4.3.1 – Registros escritos individuais.....	66
4.3.2 – Depoimentos dos estudantes.....	71
4.3.3 – Registros escritos pelos grupos .....	79
4.3.4 – Animações produzidas em grupo.....	81
4.3.5 – Evolução dos modelos mentais.....	87
4.4 – SOLUÇÃO SATURADA.....	89
4.4.1 – Registros escritos individuais.....	89
4.4.2 – Depoimentos dos estudantes.....	91
4.4.3 – Registros escritos pelos grupos .....	94
4.4.4 – Animações produzidas em grupo.....	95
4.4.5 – Evolução dos modelos mentais.....	101
4.5 – AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PELOS ESTUDANTES .....	103
<b>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>106</b>
5.1 - CONCLUSÕES.....	106
5.2 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	108
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>116</b>
APÊNDICE A: PLANEJAMENTO DO CURSO	
APÊNDICE B: PROCEDIMENTOS DOS EXPERIMENTOS EMPREGADOS NA INVESTIGAÇÃO	
APÊNDICE C: FIGURAS FORNECIDAS AOS ESTUDANTES PARA A ELABORAÇÃO DAS ANIMAÇÕES	
APÊNDICE D: TRANSCRIÇÕES DOS DEPOIMENTOS INDIVIDUAIS DOS ALUNOS REFERENTES AO REGISTRO AUDIOVISUAL	
<i>Transcrições dos depoimentos sobre a dissolução do cloreto de sódio</i>	
<i>Transcrições dos depoimentos adicionais sobre a dissolução de cloreto de sódio</i>	
<i>Transcrições dos depoimentos sobre a água e a gasolina</i>	

*Transcrições dos depoimentos sobre a solução saturada de cloreto de sódio*

# CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

*“A imaginação é mais importante que o conhecimento”.*  
(Albert Einstein)

O Capítulo 1 foi estruturado com o objetivo de contextualizar a presente pesquisa. Dessa maneira, inicialmente é apresentada a utilização de imagens no ensino e mais especificamente no ensino de Química, juntamente com resultados de algumas pesquisas. Em seguida são apresentados e discutidos os níveis de representação do conhecimento químico.

## 1.1 - Utilização de imagens no ensino

Hoje o ensino é entendido como um processo que depende das interações que o aluno tem com o meio, com os professores e com as ferramentas a que tem acesso. Dentre estas ferramentas se encontram os sistemas de representação externas, que podem ser: a escrita, os símbolos e signos matemáticos e as representações imagéticas dos mais diversos tipos (GARCÍA e PERALES, 2006).

O termo imagem apresenta inúmeros significados e estes dependem da área do conhecimento e o contexto em que o termo é empregado. A imagem pode ser estudada em várias áreas do conhecimento, como por exemplo: artes, psicologia, comunicação, filosofia, ciências e educação. De acordo com Sebata (2006), nas artes, a imagem está diretamente relacionada com a representação visual, como afrescos e pinturas, ilustrações decorativas, desenhos, gravuras, e mais atualmente, filmes, vídeos e animações. Johnson-Laird (1983) considera que as imagens são visualizações internas de um modelo, ou seja, são visualizações mentais de um sistema que o sujeito utiliza para compreender o mundo. Sebata (2006) ainda propõe que no meio científico, as imagens desempenham um papel de representação gráfica dos fenômenos, produzidas por meio da observação destes, que pode ser realizada com ou sem instrumentos. Portanto, as imagens na Ciência representam uma tentativa de explicação da realidade.

No contexto pedagógico Carneiro (1997, p. 367) sugere uma possível definição para a imagem. A autora define que imagem “*é a representação visual, real ou analógica de um ser, fenômeno ou objeto, que normalmente se apresenta em oposição ao texto escrito... onde a oposição se situa entre a imagem e linguagem, ou seja, signo lingüístico e signo não lingüístico*”. Portanto, essa definição considera que a imagem é uma complementação do sentido do texto.

Perales (2006) propõe que é interessante diferenciar imagem de ilustração:

- Imagem: representação de seres, objetos ou fenômenos, que apresentam um caráter gráfico (em papel ou audiovisual, basicamente) ou mental (a partir de um processo de abstração mais ou menos complexo);
- Ilustração: trata-se de uma imagem mais específica, de caráter exclusivamente gráfico e que acompanha os textos escritos com a intenção de complementar a informação a que se refere.

Assim, o termo ilustração pode ser empregado em imagens presentes em textos, e imagens são um termo com significado mais amplo, que inclusive engloba as ilustrações.

Costa (2005) propõe que as imagens apresentam um caráter intuitivo muito maior do que a linguagem verbal/escrita:

Do ponto de vista da comunicação, as linguagens visuais são mais universais do que as verbais e as sonoras. Somos capazes de compreender o sentido de uma imagem e de nos aproximarmos daquilo que seu autor quis dizer, mesmo que outros aspectos do contexto cultural em que foi criada nos sejam estranhos. (COSTA, 2005, p. 32)

Assim, a utilização da imagem é potencialmente interessante como um recurso didático, pois esse caráter intuitivo da linguagem visual pode propiciar que a aprendizagem dos alunos seja facilitada. Entretanto, essa vantagem da linguagem visual não pode permitir o engano, que muitos professores cometem, de pressupor que a imagem é auto-explicativa e que não requer a sua intervenção e exploração, para evitar que ocorram compreensões distorcidas sobre a informação que se pretende expressar.

De um modo mais amplo, Costa (2005) considera que o ser humano trabalha intelectualmente com as imagens de um modo natural, embora a utilização do verbo “olhar” ao invés de “ver” talvez fosse mais apropriada em sua afirmação:

... Nosso cérebro foi desenvolvido para processar as informações visuais organizando-as em modelos que reconstróem internamente a realidade, dando-lhes sentido. Por isso, ver é conhecer. (COSTA, 2005, p. 32)

Assim, a autora relaciona o uso de imagens com a construção de representações internas, ou seja, por meio da visão é possível elaborar modelos que representam a realidade. Desse modo, o uso de imagens torna-se uma opção interessante para a prática pedagógica.

Entretanto, por que de um modo geral, as imagens não são usadas no ensino? De acordo com Costa (2005), vários fatores colaboram para que a linguagem escrita/verbal seja privilegiada na educação formal em detrimento da linguagem visual:

- O registro do conhecimento humano foi realizado basicamente em linguagem escrita, que necessita de um processo de alfabetização por parte de quem deseja ter acesso a ele;
- A linguagem visual é tida como pouco precisa, ambígua ou excessivamente particular, sendo pouco ligada à racionalidade e, portanto, não é indicada para ser trabalhada na ciência;
- A escola teve um papel fundamental na afirmação da linguagem verbal em função da afirmação da língua pátria.

Assim, existe uma visão de que as imagens não são interessantes para serem trabalhadas no ensino, pois são imprecisas e ambíguas. A linguagem escrita é então assumida como o meio ideal para registrar e difundir o conhecimento porque é considerada mais ligada à racionalidade e desse modo, mais objetiva.

Muitas vezes as imagens são utilizadas em livros infantis, como se a imagem fosse algo tão simples que somente as crianças deveriam observá-la, ou considera-se que as imagens não apresentam nenhuma função pedagógica. Sebata (2006) considera que o uso mais comum das imagens em livros didáticos é para simplesmente chamar a atenção dos alunos, para tornar o conteúdo mais agradável para o aluno e também tentar promover a adoção do livro pelo professor.

Ontoria *et al.* (2008) discutem que na sociedade ocidental o pensamento é expresso por meio de palavras e que, além disso, o uso de imagens para a elaboração de pensamentos é considerado como sinal de imaturidade cognitiva. Estes autores discordam desse senso comum, e apontam que essa idéia é proveniente de um predomínio cultural baseado no uso de palavras. Além disso, Ontoria *et al.* (2008) apresentam os seguintes argumentos a favor do uso de imagens:

Havendo um predomínio visual no conhecimento, em termos gerais, a utilização de imagens visuais facilita e estimula a retenção e a lembrança do que foi aprendido. A imagem, portanto, ativa uma ampla variedade de habilidades no cérebro, como formas, cores, linhas, dimensões, etc., ou seja, habilidades que estimulam a imaginação, promovem o pensamento criativo e ajudam a memória, pois as imagens visuais são mais lembradas que as palavras. (ONTORIA *et al.*, 2008, p. 52-53.)

Assim, o uso das imagens promove uma série de efeitos benéficos e interessantes para o ensino, portanto, a sua utilização em atividades didáticas é apropriada e deveria ser incentivada aos professores.

Costa (2005) sugere que existem vários usos que podem ser feitos para as imagens na prática pedagógica:

- Uso ilustrativo da imagem: um desenho pode tornar visíveis aspectos difíceis de serem entendidos por linguagem verbal;
- Uso da imagem como elemento mobilizador de um grupo em torno de um determinado assunto: por exemplo, um grupo é apresentado a uma ilustração e discute questões sugeridas pela imagem e por fim o professor introduz suas observações acerca dela;
- Como exercícios de aplicação e fixação de conceitos: é possível, por exemplo, empregar imagens em exercícios no estudo do conceito de isomeria, evidenciando que duas substâncias possuem a mesma composição química, entretanto apresentam disposições diferentes dos átomos em suas estruturas;
- Como avaliação: é possível que o aluno expresse conhecimentos e informações sobre um determinado conteúdo científico por meio da interpretação de uma imagem. Os

vestibulares das maiores universidades públicas do país cada vez mais empregam imagens (tabelas, gráficos, figuras, esquemas e diagramas) em seus exames;

- Uso em trabalhos interdisciplinares: é viável o emprego de uma imagem como ponto de partida para a realização de um trabalho com o envolvimento professores de diferentes disciplinas.

Portanto existem inúmeras maneiras de se empregar imagens na sala de aula, e cabe ao professor adotar em sua prática o uso destas. A utilização das imagens pelo professor também depende de sua criatividade. É claro que também é importante que o professor não utilize somente imagens em sua aula, mas que empregue diferentes recursos didáticos e inclusive a leitura de textos escritos.

Levie e Lentz (citados por PERALEZ e JIMÉNEZ, 2002) realizaram uma revisão em cinquenta e oito trabalhos cujo foco era a investigação sobre a influência das imagens sob as pessoas, como um instrumento positivo no processo de ensino e aprendizagem. Os aspectos mais importantes estão relacionados a seguir:

- Nas situações de ensino e aprendizagem, a introdução de imagens que somente embelezam o texto não proporciona melhorias na aprendizagem destas informações;
- As ilustrações empregadas em um livro didático que repetem as informações contidas em texto produzem um efeito positivo sobre a aprendizagem;
- Em alguns casos é possível utilizar as ilustrações para substituir um texto escrito com eficiência;
- A simples presença de uma imagem não facilita e nem dificulta necessariamente o processo de aprendizagem da informação;
- O uso de ilustrações adequadas facilita a compreensão de textos, melhora a memorização, especialmente a de longo prazo;
- Muitas vezes, os leitores podem apresentar dificuldade para compreender as ilustrações complexas, se não for fornecido nenhum subsídio no momento da leitura. Muitos leitores,

geralmente, fazem uma leitura superficial das imagens, pois não esperam que elas apresentem informações relevantes;

- As imagens provocam nos leitores reações afetivas e são mais atraentes do que as palavras;
- Quando os estudantes são motivados a elaborar suas próprias imagens mentais, a partir das imagens impressas, apresentam resultados mais positivos em relação a aprendizagem.

Portanto, o uso de imagens em situações de ensino e aprendizagem proporciona um melhor e mais fácil aprendizado e compreensão dos textos, desde que haja relação entre estes e as imagens. É importante ressaltar também que as imagens não são auto-explicativas, é necessário que o professor auxilie os estudantes a realizarem a sua leitura, explicitando todos os seus aspectos relevantes.

Martins (1997) afirma que as imagens em livros didáticos apresentam uma série de funções distintas, dentre elas:

- Motivação dos estudantes;
- Organizar o conteúdo;
- Ilustração de um argumento ou idéia;
- Mostrar como um procedimento é realizado.

Assim, a interpretação das imagens nos livros didáticos deve ser incentivada pelos professores, pois além de todas essas aplicações já mencionadas, é possível proporcionar uma melhor aprendizagem dos conceitos pelos estudantes.

Perales (2006) propõe condições que podem favorecer a eficiência didática das imagens:

- As imagens melhoram seu potencial pedagógico quanto mais complexa é sua capacidade de representar o conteúdo com que se relaciona;
- As imagens auxiliam mais em textos complexos do que nos simples;

- As imagens e o texto devem formar um corpo de informação coerente;
- No caso das informações multimídia, são mais eficientes as que integram imagem com o texto, do que aquelas em que imagens e texto aparecem divididos ou somente apresentam o texto.

Assim, é preciso que o autor das imagens (professor ou autor de livros didáticos) tenha esses cuidados em mente durante o processo de produção destas, para que apresentem um maior potencial pedagógico.

Concluindo, a imagem é um recurso que deve ser utilizado no ensino, que apresenta vantagens e desvantagens em seu uso, mas se for utilizado adequadamente é um recurso que pode proporcionar melhorias no processo de ensino e aprendizagem.

## 1.2 - Utilização de imagens no ensino de Química

A utilização de imagens pode ser particularmente interessante para o ensino de Química, pois estudos têm mostrado que estudantes que tem a habilidade de visualizar o fenômeno químico no nível molecular desenvolvem boa compreensão conceitual (NAKHLEH, 1993a, 1993b; PASELK, 1994). Essa visualização a que os autores se referem seria uma visualização mental, uma representação interna do fenômeno químico em nível sub-microscópico. De acordo com Turner (1990, p. 955) muitos estudantes não obtêm sucesso em cursos de Química porque *“nunca aprenderam a visualizar sistemas químicos ou a fazer desenhos para ajudar a resolver problemas”*.

Por isso, é muito importante desenvolver essas habilidades nos alunos, visto que são fundamentais para uma boa compreensão da Química. A utilização de imagens é fundamental para o processo de ensino e aprendizagem, pois como assinala Gutierrez, (citado por PASSOS e MELO, 1992, p. 9): *“o imediatismo das imagens, como representação do mundo e dos seres, é o que produz um choque direto na afetividade e na sensibilidade do consumidor de imagens (...) As imagens chegam a dominar o homem em seu próprio inconsciente”*.

Segundo Passos e Melo (1992, p. 12), a imagem é uma linguagem que consegue dominar o tempo e o espaço e que requer um novo homem para decodificá-la. Este novo homem deve desenvolver novas formas de perceber, de intuir, de sentir e de pensar. Portanto, a imagem, como forma de linguagem é um recurso poderoso que pode e deve ser utilizado no ensino.

Ainda segundo Johnstone (1993, p. 704): “*O processo de armazenamento de informações é muito mais eficiente se nós unirmos a informação nova em algo pré-existente na memória de longo prazo. Quanto mais semelhanças nós pudermos achar para prender a informação nova, mais facilmente essa nova informação será recuperada*”. Por isso é de suma importância tentar relacionar os conteúdos apresentados nas aulas com os conhecimentos prévios e com fatos pertencentes ao cotidiano dos alunos, desse modo o processo de aprendizagem se torna mais interessante, eficiente e significativo.

### **1.3 - Níveis de representação do conhecimento químico**

Johnstone (1993, 2000), afirma que no processo de compreensão do conhecimento químico estão envolvidos três diferentes níveis de representação: macroscópico, sub-microscópico e simbólico. De acordo com Wu *et al.* (2001), no nível de representação macroscópico os fenômenos são observáveis e no sub-microscópico o fenômeno químico é explicado por meio do arranjo e movimento de moléculas, átomos, íons, elétrons ou outras espécies subatômicas. A Química no nível simbólico refere-se tanto a representações simbólicas de átomos, moléculas, quanto a símbolos químicos, como por exemplo, fórmulas, equações e estruturas. Portanto, para obter uma boa compreensão da Química, é necessário conhecer esses níveis de representação e conseguir transitar entre eles. A figura 1 constitui em exemplo de representação destes três níveis.

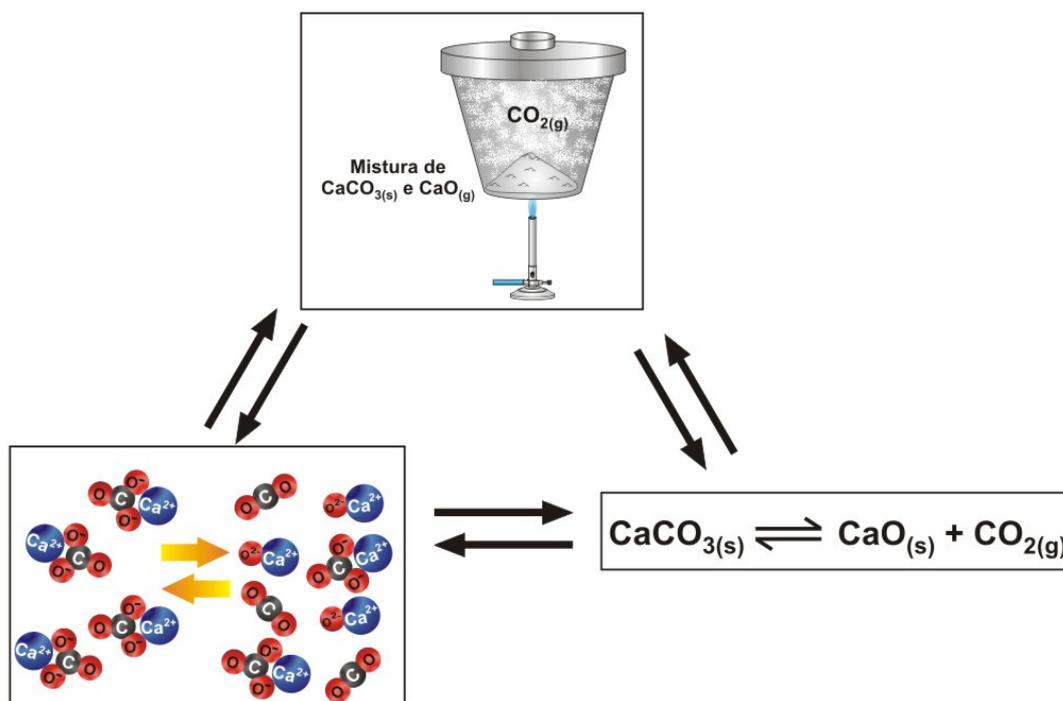


FIGURA 1 – Exemplos dos níveis de representação do conhecimento químico.

Ben-Zvi *et al.* (1987) aponta que várias pesquisas mostram que os estudantes apresentam dificuldades para compreender os diferentes níveis de representações em Química. Ainda segundo esta pesquisadora, os estudantes apresentam dificuldades com as representações sub-microscópica e simbólica porque são invisíveis e abstratas, e o pensamento dos alunos é elaborado sobre a informação sensorial. Além disso, conforme assinala Gillespie (1997, p. 484), “Os estudantes não conseguem estabelecer relações apropriadas entre o nível macro e o sub-microscópico”. É muito interessante para o ensino de Química, investigar as dificuldades apresentadas pelos alunos nas diferentes formas de representação, e como constroem seus modelos sobre os conceitos químicos.

De acordo com o estudo de Dori *et al.* (2003), a utilização da internet como ferramenta pedagógica alternativa proporcionou um avanço no desenvolvimento de algumas habilidades dos estudantes no curso de Química, como as representações sub-microscópica e simbólica e, além disso, a motivação dos alunos aumentou muito e a aprendizagem de Química por parte deles foi muito mais interessante.

Oblinger (1993, p. 246), afirma que: “a interação entre estudantes, o professor e as aplicações multimídia faz com que os estudantes tornem-se participantes ativos no processo de aprendizagem”. Ainda segundo Oblinger (1993):

As instituições consideram a instrução multimídia mais eficiente por causa dos sentidos que são envolvidos durante o processo de aprendizagem. Se o professor fica na frente da sala e apenas fala com os alunos, eles irão reter somente cerca de 20% do que ouvem. Alunos que vêem e ouvem informações, podem reter cerca de 40% da informação que é transmitida. Mas estudantes que vêem, ouvem e que estão ativamente envolvidos no processo de aprendizagem, retêm aproximadamente 75% das informações. (OBLINGER, 1993, p. 247)

Ou seja, quando os estudantes estão profundamente envolvidos na situação de ensino e são sujeitos ativos na construção de seus conhecimentos, ocorre uma retenção maior das informações e a aprendizagem tende a ser significativa. Com isso, Oblinger (1993, p. 247) conclui que: *“O que se verifica em situações com uso da multimídia é que os estudantes não são meramente recipientes passivos que armazenam informação”*.

Velázquez-Marcano *et al.* (2004) afirmam que o uso de visualizações é muito importante para o ensino de Química, principalmente na forma de demonstrações na sala de aula e de animações que evidenciam a natureza particulada da matéria. Segundo Russel *et al.* (1997), estudos têm mostrado que o uso de animações moleculares em nível sub-microscópico e demonstrações em vídeo tem feito com que estudantes consigam relacionar melhor os níveis de representação simbólico, macroscópico e sub-microscópico e melhorar a compreensão conceitual e a habilidade de criar modelos mentais dinâmicos.

O estudo de Velázquez-Marcano *et al.* (2004) indica que cerca de 20% dos estudantes preferem o uso de animações como melhor técnica para aprendizagem e cerca de 40% prefere o uso de demonstrações de experimentos em vídeo.

Explorando o sentido da visão, através da utilização de imagens ou de animações ocorre uma aprendizagem mais eficiente e interessante para os alunos, pois como Moran (1993, p. 29) assinala: *“Na educação precisamos partir do sensorial, do “sentir”, (...), para ajudar o aluno a organizar melhor as suas idéias e a integrá-las numa visão de totalidade”*. E ainda segundo Moran (1993, p. 31): *“da imagem “sensorial”, mais imediata, que capta a exterioridade das pessoas e coisas, vamos aos poucos evoluindo para a imagem “mental”, ... que é um ver menos sensorial, mais elaborado, complexo”*. Assim, por meio da observação das imagens, o aluno estabelece relações, faz comparações, enfim consegue construir um conhecimento mais elaborado, mais abstrato.

## 1.4 - Modelos mentais

De acordo com Perini (2009), o uso de representações visuais pode ser uma maneira eficiente para facilitar a construção de um modelo mental. É possível empregar de modo sucinto, por ora, a definição de modelo mental segundo a teoria de Johnson-Laird (1983) em que o modelo mental é um análogo estrutural do mundo e é uma estrutura cognitiva utilizada para compreender e simular conceitos e informações.

Os modelos mentais apresentam uma relação íntima com as imagens, por isso o uso de imagens no ensino de Química apresenta uma elevada importância.

Para o ensino de Química é muito importante conhecer os modelos mentais dos estudantes sobre os conceitos discutidos em sala de aula, visto que muitos alunos apresentam visões totalmente distorcidas sobre o conhecimento químico.

Para o professor conhecer os modelos mentais dos estudantes é preciso ouvi-los, deixá-los expor suas explicações sobre os fenômenos químicos em estudo. É preciso deixá-los participar das aulas, ouvir suas opiniões, permitir que eles pensem e se expressem sobre o conteúdo trabalhado na aula, ao invés de simplesmente “transmitir” a explicação correta sobre um sistema químico em questão. Os estudantes apresentam dificuldades para explicar os conceitos estudados, pois eles geralmente têm encontrado em sala de aula uma cultura tradicional, ou seja, não estão acostumados a explicar conceitos, a se expor, os alunos esperam que os professores naturalmente expliquem os conceitos em estudo.

## CAPÍTULO 2 – REFERENCIAIS TEÓRICOS

*“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original”.*  
(Albert Einstein)

Neste capítulo é aprofundada a discussão sobre o conceito de modelos mentais seguindo o referencial de Johnson-Laird (1983). Inicialmente é apresentado o conceito de modelo em Ciências. Em seguida, o conceito de modelo mental é diferenciado de representações proposicionais e de imagens. Posteriormente, a estrutura e a tipologia dos modelos mentais são apresentadas. Também são examinadas as relações entre modelos mentais e as concepções alternativas. Por fim, são discutidas as investigações sobre modelos mentais em ensino de Ciências e mais especificamente no ensino de Química.

### 2.1 – Modelos em ciências

Em Ciências, os modelos desempenham um papel central. Segundo Ferreira e Justi (2008) os modelos estão no centro de qualquer teoria: são as principais ferramentas usadas pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da ciência.

Kuhn (2007) aponta que os modelos auxiliam na determinação do que é aceito como explicação para um fenômeno ou a solução de um quebra-cabeça. Além disso, os modelos ajudam a determinar qual é a lista de quebra-cabeças não-solucionados por uma teoria e a avaliar a importância de cada um deles.

De acordo com Ferreira e Justi (2008) um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto, evento, processo ou idéia, que possui objetivos específicos como, facilitar a visualização; fundamentar a elaboração e o teste de novas idéias; possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre o comportamento e as propriedades de um sistema em estudo. Portanto, um modelo é uma forma de representação da realidade produzida por meio das interpretações pessoais entre o cientista e o sistema estudado.

O uso de modelos é extremamente importante na construção da Ciência e, além disso, é parte integral do processo de aquisição de conhecimento pelo ser humano. O processo de elaboração de uma explicação para um fenômeno é semelhante, dos cientistas em relação aos leigos, mesmo que com graus de complexidade e rigor diferentes. Modelos são criados e utilizados tanto por cientistas quanto por leigos com a finalidade de explicar fenômenos e sistemas de interesse.

## 2.2 - Modelos mentais, proposições e imagens

O conceito de representação é muito importante para a psicologia cognitiva e para a investigação em ensino de Ciências. De acordo com Moreira et al. (2002, p. 38), *“uma representação é qualquer notação, signo ou conjunto de símbolos que representa alguma coisa que é tipicamente algum aspecto do mundo exterior ou de nosso mundo interior (ou seja, de nossa imaginação) em sua ausência.”* A palavra bola ou o desenho de uma bola são representações externas que permitem evocar o objeto em sua ausência. Na Química, existe toda uma linguagem para representar os elementos e as reações químicas entre outros fenômenos. É importante utilizar esta linguagem, pois muitas vezes o objeto de estudo da Química se encontra em um nível submicroscópico, ou seja, não é visível a olho nu.

As representações internas ou mentais são maneiras de reconstruir o mundo externo em nossas mentes. (MOREIRA *et al.*, 2002)

A teoria de Johnson-Laird (1983, p. 165) propõe a existência de três grandes tipos de representação, com relação aos processos mentais: representações proposicionais, imagens e modelos mentais. Segundo o autor: *“Representações proposicionais são cadeias de símbolos que correspondem à linguagem natural, modelos mentais são análogos estruturais do mundo e imagens são visualizações de modelos sob um determinado ponto de vista”.*

Ainda segundo esta teoria, diferentemente das representações proposicionais, os modelos mentais não têm uma estrutura sintática definida, mas sim uma estrutura que é correspondente à estrutura do estado de coisas do mundo que eles representam. Portanto, modelos mentais são análogos estruturais de estados de coisas do mundo.

A teoria também afirma que a linguagem mental mapeia uma representação proposicional em modelos mentais, ou seja, “*representações proposicionais são interpretadas com respeito aos modelos mentais*” (JOHNSON-LAIRD 1983, p. 156). As representações proposicionais podem ser consideradas como formas de “entrada”, e que propiciam a construção do modelo mental. Os modelos mentais, assim como as imagens, são altamente específicos e essa característica os diferencia das representações proposicionais.

Ainda segundo a teoria, as imagens são formas de visualização dos modelos mentais. Greca e Moreira (2002, p. 44) afirmam que a “*imagem se converteria no foco onde o sujeito se concentraria para analisar as propriedades particulares dos objetos ou situações reais ou imaginárias*”. Por isso, as imagens têm um papel fundamental na investigação sobre modelos mentais, principalmente no ensino de Ciências e de Química.

### **2.3 – Teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird**

Existem várias definições sobre o conceito de modelo mental, e concordamos com a afirmação de Moreira (1996), que a definição mais abrangente é a apresentada por Johnson-Laird (1983). Sua teoria foi um marco para a psicologia cognitiva e foi amplamente utilizada como referencial teórico neste trabalho de pesquisa.

Johnson-Laird (1983) assinala que modelos mentais são formas de representações internas de informações ou conceitos que correspondem a determinados eventos. De acordo com Borges (1997, p. 209), os “*modelos mentais são usados para caracterizar as formas pelas quais as pessoas compreendem os sistemas físicos com os quais interagem*”. Portanto, pode-se considerar que na compreensão de conceitos químicos, os modelos mentais são as estruturas cognitivas internas das pessoas que correspondem aos fenômenos químicos em estudo.

Johnson-Laird (1983) diferencia os modelos mentais de outras representações mentais, como diagramas de Venn, círculos de Euler, silogismos e redes semânticas, afirmando que modelos mentais são formas mais naturais de

linguagem, possuem estruturas idênticas entre si (nos diferentes modelos mentais) e ao estado de coisas que representam e são poderosos sistemas de representação.

Johnson-Laird (1983) realiza uma inovação no campo da Psicologia Cognitiva ao introduzir o conceito de modelo mental, pois havia um certo embate entre os psicólogos sobre qual forma de representação mental seria a melhor: a proposicional ou a imagética. Assim, o construto modelo mental de certa forma consegue integrar elementos das duas vertentes, pois o uso de proposições permite a construção de um modelo mental e a imagem é a visualização de um modelo mental.

Em resumo, os modelos mentais desempenham um papel central na representação de objetos, estados de coisas, seqüências de eventos, permitem fazer inferências e predições, entender fenômenos e relacionar palavras com o mundo por meio da concepção e percepção.

Não existe apenas um único modelo mental que representa determinadas informações e conceitos, podem existir inúmeros, e, além disso, podem existir vários modelos mentais que representem as informações ou conceitos de um modo ótimo (JOHNSON-LAIRD, 1983). Por exemplo, em uma sala de aula podem-se encontrar inúmeros e diferentes modelos mentais inadequados sobre a estrutura do átomo, entretanto é possível encontrar também modelos mentais adequados distintos sobre este conceito científico.

Na história da Química pode-se observar que os modelos científicos foram substituídos por outros que explicaram melhor a natureza. O modelo atômico é um bom exemplo. O modelo atômico de Thomson explicava adequadamente a natureza, entretanto, com o passar do tempo, ele já não explicava a natureza da matéria satisfatoriamente. Em vista disso, outros modelos foram elaborados e eventualmente substituíram o modelo de Thomson. Estes modelos possuíam poder explicativo muito maior do que o modelo atômico de Thomson. O modelo aceito hoje pela comunidade científica é o modelo atômico de orbitais moleculares, conforme pode ser representado na figura 2.

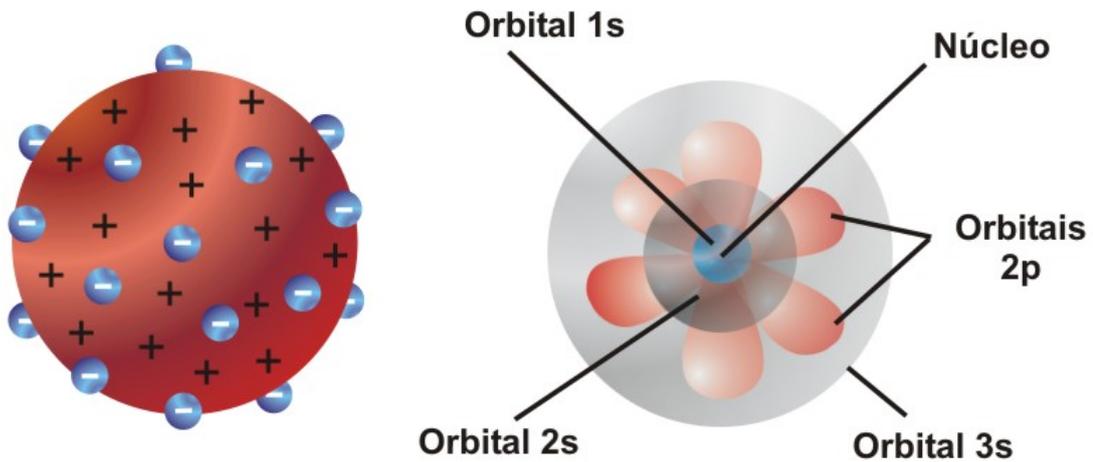


FIGURA 2 – Representações do modelo atômico de Thomson e do modelo atômico atualmente aceito.

Vosniadou (2009) afirma que os modelos mentais podem proporcionar importantes informações sobre estruturas do conhecimento das quais eles são gerados, como teorias específicas e estruturadas. Assim, o estudo dos modelos mentais é interessante para entender se os alunos desenvolvem aprendizagem significativa sobre determinados conteúdos escolares.

De acordo com Norman (2009), os modelos mentais apresentam as seguintes características gerais:

- São incompletos;
- A habilidade das pessoas em “rodar” seus modelos mentais é muito limitada;
- São instáveis: as pessoas esquecem detalhes do modelo, particularmente quando esses detalhes não são utilizados durante certo período de tempo;
- Não têm fronteiras bem definidas: operações e conceitos similares são confundidos uns com os outros;
- São “não-científicos”: as pessoas mantêm padrões de comportamento “supersticiosos”, mesmo quando sabem que não são necessários, assim, os modelos mentais de uma pessoa refletem suas crenças sobre o sistema em estudo;
- São parcimoniosos: geralmente as pessoas preferem realizar operações físicas adicionais ao invés de um planejamento

mental que evitaria tais operações; as pessoas preferem gastar mais energia física em troca de uma menor complexidade mental.

Portanto, em pesquisas sobre modelos mentais, não se deve esperar que estudantes apresentem modelos mentais elegantes e precisos, mas confusos e incompletos.

De acordo com Norman (2009), os modelos mentais estão em constante evolução. As pessoas formulam modelos mentais de um sistema através da interação com o sistema estudado. Os modelos mentais não necessitam ser precisos, mas devem ser funcionais. Segundo este autor, a eficácia dos modelos mentais é limitada principalmente pelo conhecimento prévio das pessoas e por suas experiências prévias com sistemas semelhantes. As aulas em que são trabalhados experimentos são momentos adequados para promover uma investigação sobre os modelos mentais dos estudantes. Desse modo, os estudantes entram em contato com um sistema real e podem tentar explicar os fenômenos químicos em questão, e dessa forma externalizar seus modelos mentais.

Johnson-Laird (2001) apresenta outros princípios que os modelos mentais seguem e que os diferenciam de outras formas de representação mental:

- Cada modelo mental representa uma possibilidade: um sistema pode ser expresso por inúmeros modelos mentais diferentes, mas que apresentem elementos semelhantes;
- O princípio da verdade: os modelos mentais representam o que é verdadeiro de acordo com o discurso;
- O raciocínio dedutivo depende dos modelos mentais.

Johnson-Laird (2001, p. 434) propõe que os modelos mentais “*podem representar relações espaciais, eventos e processos, e operações de sistemas complexos*”. Segundo o autor, é possível fazer descrições, previsões e deduções de sistemas através de modelos mentais. Como o raciocínio dos alunos é construído tendo por base os modelos mentais, é muito interessante conhecê-los, principalmente na área de ensino de Ciências, e mais especificamente, na disciplina Química. Além disso, conhecendo os modelos dos alunos, é possível direcionar as

atividades das aulas visando uma evolução desses modelos em direção a modelos aceitos cientificamente.

Johnson-Laird (1983) assume que um dos fatores que torna possível diferenciar novatos de especialistas, em termos de raciocínio, é a capacidade de construir e manipular modelos mentais complexos.

## **2.4 - Modelos conceituais e modelos mentais**

Conforme Norman (2009) assinala, o sistema que é o objeto de estudo denomina-se sistema alvo. Segundo este autor, um modelo conceitual é elaborado para proporcionar uma representação adequada do sistema alvo, adequada no sentido de ser uma representação precisa, consistente, coerente e completa. Modelos conceituais são elaborados por professores, projetistas, cientistas e engenheiros. Ainda de acordo com Norman (2009), os modelos conceituais devem ser funcionais, de fácil uso e compreensão.

É interessante notar que Norman (2009) diferencia modelos conceituais e modelos mentais da seguinte forma: modelos conceituais são projetados como instrumentos para a compreensão e para o ensino de sistemas físicos; modelos mentais são representações do que as pessoas realmente têm em suas cabeças e o que as guia no uso que fazem das coisas. Mais uma vez cabe ressaltar a importância de se conhecer os modelos mentais, visto que são instrumentos que guiam as pessoas em seus raciocínios.

Entendemos um modelo conceitual como o modelo aceito pela comunidade científica sobre um determinado assunto e que o professor, pelo menos em teoria, deve ter em mente para trabalhar o ensino de um dado assunto em sala de aula.

De acordo com a teoria Johnson-Laird (1983), o processo de construção de um modelo mental cientificamente adequado corresponde a um completo entendimento do discurso. Portanto é fundamental para os professores possuírem modelos conceituais adequados e fáceis de entender, além disso, procurar apresentar sempre discursos claros durante a aula. A utilização de recursos didáticos como transparências, livros didáticos, animações e filmes também contribui

para que os estudantes possam elaborar modelos mentais adequados e coerentes cientificamente.

## **2.5 - A natureza dos modelos mentais**

Johnson-Laird (1983, p. 398) aponta uma série de princípios que delimitam a natureza dos modelos mentais:

**Princípio da computabilidade:** modelos mentais são computáveis, isto é, devem ser descritos na forma de procedimentos efetivos que possam ser executados por uma máquina.

**Princípio da finitude:** modelos mentais são finitos em tamanho e não podem representar diretamente um domínio infinito. Este princípio é originário da premissa de que o cérebro é um órgão finito e que, portanto apresenta limitações.

**Princípio do construtivismo:** modelos mentais são construídos a partir de elementos estruturados com o objetivo de representar um determinado estado de coisas. Este princípio surge da função básica dos modelos mentais que é a de representar mentalmente estados de coisas. Existe um número praticamente infinito de estados de coisas que pode ser representado, mas somente um mecanismo finito para construir modelos que os representem, e disso resulta que tais modelos devem ser construídos a partir de constituintes mais elementares.

**Princípio da economia:** uma descrição de um único estado de coisas é representada por um único modelo mental, mesmo se a descrição for incompleta, indeterminada ou incorreta. Entretanto, um único modelo mental pode representar um número infinito de possíveis estados de coisas porque esse modelo pode ser revisado continuamente.

**Princípio da não-indeterminação:** modelos mentais podem representar indeterminações diretamente se o seu uso não for computacionalmente intratável, isto é, se não existir um crescimento exponencial em complexidade.

**Princípio da predicabilidade:** um predicado pode ser aplicável a todos os termos aos quais outro predicado é aplicável, mas eles não podem ter âmbitos de aplicação que não se intersectam. Johnson-Laird (1983) utiliza o seguinte exemplo, os predicados “animado” e “humano” são aplicáveis a certas coisas em comum, “animado” aplica-se a algumas coisas as quais “humano” não se aplica, entretanto

não existe nada a que “humano” se aplique e “animado” não. A vantagem desse princípio é que ele torna possível identificar um conceito artificial. Um conceito que for definido por predicados que não apresentam nada em comum viola o princípio da predicabilidade e não é, geralmente, representado por modelos mentais.

Princípio do inatismo: todos os primitivos conceituais são inatos. Indefinibilidade é uma condição suficiente, mas não necessária para identificar os primitivos conceituais. Movimento, por exemplo, é uma palavra que corresponde a um primitivo conceitual, mas que pode ser definida. Johnson-Laird (1983) rejeita o inatismo extremo de que todos os conceitos são inatos embora alguns tenham que ser ativados pela experiência. A aprendizagem de conceitos ocorre geralmente a partir de primitivos conceituais inatos ou de conceitos previamente adquiridos.

Princípio do número finito de primitivos conceituais: existe um conjunto finito de primitivos conceituais que origina um conjunto correspondente de campos semânticos e outro conjunto finito de conceitos, ou “operadores semânticos”, que ocorre em cada campo semântico e serve para construir conceitos mais complexos a partir dos primitivos conceituais em questão. Os campos semânticos nos provêm nossa concepção sobre o que existe no mundo, enquanto os operadores semânticos subsidiam os nossos conceitos sobre as várias relações que podem ser estabelecidas entre esses objetos.

Princípio da identidade estrutural: as estruturas dos modelos mentais são idênticas às estruturas dos estados de coisas, percebidos ou concebidos. Este princípio é proveniente da idéia de que os modelos mentais são econômicos e, portanto, não deve haver na estrutura do modelo nenhum elemento sem função ou significado.

## **2.6 - Estrutura e conteúdo dos modelos mentais**

Os modelos mentais não apresentam uma estrutura sintática, sua estrutura é análoga à estrutura dos estados de coisas do mundo, tal como os percebemos ou concebemos. Modelos mentais são análogos estruturais de estados de coisas do mundo. Desse modo, a estrutura dos modelos mentais pode variar substancialmente, por exemplo, modelos elaborados a partir de proposições discretas podem apresentar um mínimo de estrutura analógica, enquanto modelos

mentais espaciais, como de uma sala, podem ter grande analogia estrutural em uma, duas ou três dimensões.

As representações proposicionais podem ser modeladas somente nas direções permitidas pelos termos empregados na estrutura da proposição. Os modelos mentais podem ser manipulados mais livremente, com a possibilidade de controlar as próprias dimensões do modelo. As imagens correspondem a visualizações de modelos, que podem ser resultantes da percepção ou da imaginação, elas representam aspectos perceptíveis dos objetos ou fenômenos correspondentes do mundo real.

Em relação ao conteúdo, os modelos mentais, as imagens e as proposições apresentam uma diferença importante no que diz respeito à especificidade: os modelos mentais e as imagens são altamente específicos. Por exemplo, não é possível formar uma imagem de um objeto ou evento (um quadro, por exemplo) em geral, mas sim de um objeto ou evento específico (um determinado quadro, como a Mona Lisa, por exemplo). As representações proposicionais, entretanto, podem não ser tão específicas: é possível que, por exemplo, uma representação mental proposicional que estabeleça a relação espacial entre dois objetos como sendo “ao lado de”, sem definir se está “à esquerda” ou “à direita”. Johnson-Laird (1983) aponta que para uma imagem essa falta de especificidade não seria possível.

Ainda em relação ao conteúdo dos modelos mentais, Johnson-Laird (1983) ressalta que:

Como eles podem ter muitas formas e servir para muitas finalidades seus conteúdos são muito variados: podem conter nada mais do que elementos que representam indivíduos e identidades entre eles, como nos modelos necessários ao raciocínio silogístico; podem representar relações espaciais entre entidades ou relações temporais ou causais entre eventos. Os modelos mentais têm o conteúdo e forma que servem às finalidades para as quais foram construídos, sejam elas explicar, prever ou controlar. (JOHNSON-LAIRD, 1983, p. 410)

Assim, a estrutura dos modelos corresponde à estrutura dos estados de coisas do mundo, tal como percebidos ou concebidos pelas pessoas.

## 2.7 - Modelos mentais segundo outros autores

Krapas *et al.* (1997) indicam que na literatura existem vários significados para o termo modelo, e inclusive essa polissemia de definições se aplica para os modelos mentais. Portanto é interessante elucidar as conceituações de diferentes autores acerca deste assunto.

Moreira (1996) aponta alguns autores que trabalham com a teoria de modelos mentais aplicada à educação em Ciências. Gentner e Gentner (citado por MOREIRA, 1996) estudam os modelos usados por estudantes para resolver problemas de circuitos elétricos. Para Moreira (1996, p. 216), o conceito de modelo mental desses autores "*é, praticamente, o mesmo de analogia, no sentido bem tradicional*".

De acordo com De Kleer e Brown (citado por MOREIRA, 1996, p. 214), o referencial destes autores sobre modelos mentais é mais restrito que o de Johnson-Laird (1983), pois trata-se de um modelo "*basicamente proposicional*".

Moreira (1996) discute que a concepção de modelo mental de Halloun é basicamente a de Johnson-Laird (1983), entretanto, o foco de seu estudo é o processo de modelagem, o processo de criação e de testes dos modelos dos estudantes.

Segundo Nersessian (citado por KRAPAS, 1997, p. 187): "*teremos mais sucesso treinando estudantes a pensar cientificamente se eles forem ensinados, explicitamente, a como se engajar nas práticas de modelagem daqueles considerados experts em física*". Assim a autora considera que para o aluno se tornar um expert em um determinado assunto, deve-se trabalhar de forma parecida com o cientista, ou seja, o estudante deve trabalhar manipulando modelos. A conceituação de modelo mental da autora aparentemente é idêntica a de Johnson-Laird (1983), entretanto ela propõe a modelagem como metodologia de ensino para transformar os alunos em cientistas.

Vosniadou (2009) utiliza basicamente a mesma definição de Johnson-Laird (1983) para modelos mentais:

Os modelos mentais são representações dinâmicas e produtivas que podem ser manipuladas mentalmente para proporcionar explicações causais de fenômenos físicos e para realizar previsões sobre o estado de coisas no mundo físico. Assume-se que muitos modelos mentais são criados no momento da resolução de um problema específico, devido às demandas dessa situação. No entanto, é possível que alguns modelos mentais, ou

partes deles, que provaram sua utilidade no passado, sejam armazenados como estruturas separadas e recuperadas da memória de longo termo quando necessário. (VOSNIADOU, 2009)

A autora introduz o conceito de resgate de elementos do modelo mental na memória de longo prazo, enquanto Johnson-Laird (1983) originalmente propõe que o modelo mental basicamente é empregado pela memória de curto prazo, pela memória de trabalho. Para Vosniadou (2009), a correção dos conceitos estudados se dá por meio da evolução dos modelos mentais dos estudantes.

Basicamente, de uma forma ou de outra, todos os autores empregaram a teoria de Johnson-Laird (1983) para elaborar uma teoria mais específica sobre modelos mentais. Entretanto, as mudanças efetuadas por tais autores são mínimas, e a teoria de Johnson-Laird (1983) mostra-se como a mais robusta e mais adequada para dar o subsídio teórico necessário para esta investigação.

## 2.8 - Tipologia dos modelos mentais

Johnson-Laird (1983, p. 422) destaca a existência de dois grandes tipos de modelos mentais, os modelos mentais físicos e os modelos mentais conceituais. Há uma importante diferença entre modelos físicos e modelos conceituais. Modelos físicos representam o mundo físico enquanto modelos conceituais representam conceitos mais abstratos, como silogismos, por exemplo.

Segundo a teoria de Johnson-Laird (1983), existem seis grandes tipos de modelos físicos:

Um simples modelo relacional é um 'quadro' estático que consiste de um conjunto finito de elementos representando um conjunto finito de entidades físicas, um conjunto finito de propriedades dos elementos representando as propriedades físicas das entidades, e um conjunto finito de relações entre os elementos representando relações físicas entre as entidades.

Por exemplo, o quadro *Mona lisa*, de Leonardo da Vinci, pode ser descrito, com todos os seus elementos e propriedades, para que alguém construa um modelo mental relacional da obra em questão.

Um modelo espacial consiste em um modelo relacional no qual as relações entre as entidades são apenas espaciais e o modelo representa estas

relações pela localização dos elementos em um espaço dimensional, que apresenta tipicamente de duas ou três dimensões.

Pode se descrever a posição de um objeto em relação a outro, como por exemplo: um lápis está á esquerda de uma caneta, com ambos em cima da mesa. Pode-se observar que a única relação entre os presentes elementos no quadro é a espacial.

Um modelo temporal consiste em uma seqüência de ‘quadros’ espaciais (de uma dimensionalidade constante) que ocorre em uma ordem temporal correspondente a ordem temporal dos eventos (não necessariamente no tempo real). Ou seja, um modelo temporal apresenta uma ordem temporal de eventos, mas não é necessariamente linear, e a temporalidade também não é contínua.

Um modelo cinemático consiste em um modelo temporal que é psicologicamente contínuo. O modelo em questão representa as mudanças e movimentos de entidades gráficas sem descontinuidades temporais. O modelo pode rodar em tempo real, e certamente o fará se o modelo deriva da percepção.

O modelo cinemático pode ser entendido como um “filme” que passa na mente das pessoas. O modelo é temporalmente contínuo, os elementos apresentam movimentos fluídos e contínuos.

Um modelo dinâmico é um modelo cinemático em que existem relações entre certos quadros, que representam relações causais entre os eventos representados.

Um exemplo de modelo dinâmico seria uma pessoa empregar um estilingue e uma pedra para estourar uma bexiga. Existe uma relação de causa e efeito entre quadros do modelo mental criado para esta cena. A bexiga é estourada porque o estilingue dispara uma pedra com elevada velocidade.

A imagem consiste de uma representação centrada no observador de características visíveis de um modelo espacial tridimensional ou de um modelo cinemático/dinâmico. Portanto, a imagem corresponde a uma visualização de um modelo.

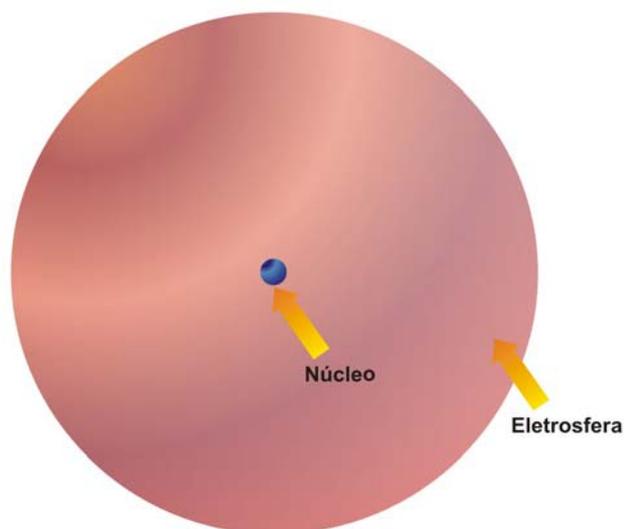


FIGURA 3 – Representação do modelo atômico de Rutherford.

Na figura 3 pode-se observar o modelo atômico de Rutherford. A característica mais marcante desse modelo é a presença de um núcleo maciço e pequeno em relação à eletrosfera. Essa característica principal pode ser observada na figura 3.

## 2.9 - Modelos mentais e concepções alternativas

Moreira *et al.* (2002) diferenciam um modelo mental de uma concepção alternativa da seguinte maneira: um modelo mental é construído para explicar, descrever e realizar previsões. Modelos que funcionam bem várias vezes são armazenados na memória de longo prazo, ou seja, adquirem estabilidade cognitiva. Estes modelos são resgatados à memória de trabalho e "rodados" (executados) para gerar uma previsão com respeito ao comportamento de um sistema físico, de um experimento. Esta previsão seria deste modo, interpretada como uma concepção alternativa. Isto é, a estrutura cognitiva já não seria mais um modelo mental e sim uma concepção alternativa.

Portanto, a execução de um modelo mental pode propiciar concepções alternativas como explicações, descrições ou previsões para um fenômeno ou um sistema.

Entretanto, um modelo com estabilidade cognitiva pode corresponder a uma concepção alternativa, visto que algumas concepções alternativas são muito

resistentes às mudanças, muito estáveis e muito enraizadas. Estas estruturas já não podem ser consideradas modelos mentais, pois os modelos mentais são estruturas construídas para dar conta de situações novas. (MOREIRA *et al.*, 2002)

## 2.10 - Investigações sobre modelos mentais de conceitos químicos

Segundo Moreira (1996), a pesquisa em ensino de ciências durante a década de setenta ficou focada nas concepções alternativas e durante a década de oitenta investigou as mudanças conceituais dos alunos. E hoje, a pesquisa em ensino de Ciências está dirigida para as representações mentais, em particular dos modelos mentais.

Muitos estudos têm sido realizados sobre modelos mentais no ensino de Ciências. Na literatura encontram-se vários estudos sobre modelos mentais para conceitos de Física (BORGES, 1997, 1998, 1999; MOREIRA e LAGRECA, 1998; OTERO *et al.*, 1998; KRAPAS *et al.*, 2000, SOUSA E MOREIRA, 2000; GRECA e MOREIRA, 2002; FEIGENBERG, 2002; HREPIC, 2002; COSTA e MOREIRA, 2002; MOREIRA e PINTO, 2003; RODRÍGUEZ e SAHELICES, 2004; MOREIRA e KREY, 2006; COELHO e BORGES, 2007; TALIM, 2007; VOSNIADOU, 2008; ANDERSON *et al.*, 2008) e Biologia (PALMERO *et al.*, 2001; PALMERO e MOREIRA, 2002; FOGAÇA, 2006).

No ensino de Química, Christidou *et al.* (1997) identificou os modelos mentais de crianças sobre a camada de ozônio. Wu, Krajcik e Soloway (2000), Dori e Barak (2001) realizaram estudos em que contemplavam as representações mentais de alunos sobre moléculas orgânicas. Barnea e Dori (1999), Coll e Treagust (2001), Coll e Taylor (2002) investigaram os modelos mentais sobre ligações químicas. Carvalho e Justi (2005) realizaram um estudo envolvendo o modelo de ligação metálica. Francisco Júnior (2008) propôs uma investigação dos modelos mentais de alunos do Ensino Médio sobre o fenômeno de deposição metálica espontânea. Velázquez-Marcano *et al.* (2004) estudaram os modelos mentais sobre difusão e efusão de alunos graduandos no curso de Química. Treagust *et al.* (2004) investigaram os modelos mentais dos alunos de Ensino Médio sobre fundamentos de Química Orgânica. She (2004) estudou os modelos mentais de alunos de Ensino Médio sobre dissolução e difusão. Souza e Cardoso (2009) investigaram os modelos

mentais de alunos da pós-graduação em Química sobre dissolução de sal e base. Pallant e Tinker (2004) investigaram os modelos mentais sobre os estados físicos da matéria. Santos e Greca (2005) verificaram as representações mentais de graduandos do curso de Química sobre interações inter-moleculares. Recentemente foram feitos estudos sobre modelos dos alunos a respeito de ligações iônicas e interações intermoleculares por meio de modelagem (FERREIRA *et al.*, 2007; MOZZER *et al.*, 2007; MENDONÇA e JUSTI, 2007a, 2007b). Todos estes estudos foram realizados basicamente com o emprego de testes escritos, com imagens fornecidas ou elaboradas pelos estudantes, manipulação de modelos e entrevistas semi-estruturadas como forma de coleta de dados.

Beltran (1997) propôs uma metodologia alternativa e investigou as concepções dos estudantes sobre mudanças de estado físico e dissolução de hidróxido de sódio por meio da elaboração de animações feitas com seqüências em papel.

Portanto, existem muitos trabalhos sendo realizados, com relação ao estudo de modelos mentais e sua importância para o ensino de Ciências e de Química é fundamental. Porém, no Brasil os estudos sobre modelos mentais dos estudantes na área de Química estão iniciando e a literatura apresenta carência de estudos principalmente em relação aos modelos mentais dinâmicos/cinemáticos, e o presente trabalho propõe uma investigação sobre esse assunto. É muito interessante conhecer os modelos mentais dos alunos sobre conceitos químicos, tentar entender como são produzidos estes modelos mentais e verificar as dificuldades apresentadas com relação às formas de representação utilizadas na Química.

Para este trabalho, foi selecionado o conceito de solução, como alvo da investigação dos modelos mentais dos estudantes, pois mesmo sendo um conceito fundamental no estudo da Química, os estudantes apresentam dificuldades em relação a este assunto (SHE, 2004; CARMO e MARCONDES, 2008).

Na Química, os modelos mentais são estabelecidos pela relação entre os níveis macroscópico e o sub-microscópico. Na verdade, o nível de representação sub-microscópico do conhecimento químico corresponde a um modelo criado para tentar explicar a natureza macroscópica. Os átomos, e por conseqüência as moléculas, íons, elétrons, etc., são modelos criados para descrever a natureza da matéria bem como os fenômenos associados a esta. É preciso que o estudante

tenha contato com um sistema ou que o sistema seja descrito verbalmente, para que desse modo ele possa elaborar um modelo mental do sistema em nível sub-microscópico. O nível representacional simbólico praticamente não auxilia na construção de um modelo sub-microscópico, pois refere-se basicamente à linguagem química, como símbolos e equações. Se toda a linguagem química, e por conseqüência as representações simbólicas, fosse alterada radicalmente, os modelos mentais de fenômenos químicos não seriam afetados. No entanto, deve-se considerar a possibilidade de se extrair informações quantitativas das equações químicas (índices e coeficientes) para que sejam consideradas no modelo mental construído a partir dos níveis macroscópico e sub-microscópico.

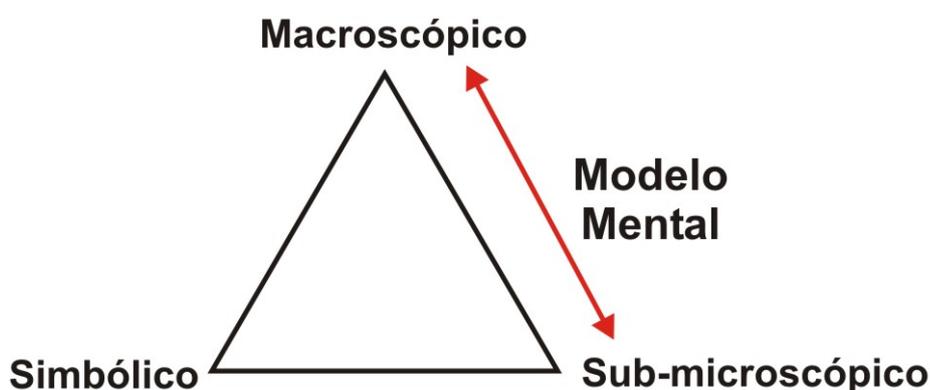


FIGURA 4 – Relações entre os níveis de representação do conhecimento químico, com destaque para a relação que propicia a elaboração de modelos mentais.

Portanto, ao tentar desenvolver os modelos mentais dos estudantes em Química é interessante iniciar os estudos por meio da observação de algo concreto, como a execução de um experimento, por exemplo. E em seguida, utilizar imagens, vídeos ou modelos moleculares para estimular os alunos a pensar em um nível sub-microscópico e elaborar um modelo mental do sistema.

## CAPÍTULO 3 - QUESTÕES DE PESQUISA E METODOLOGIA

*"As intuições sem conceitos são cegas e os conceitos sem intuições são vácuos".*  
(Immanuel Kant)

O Capítulo 3 apresenta as questões de pesquisa e a metodologia proposta para a realização da coleta de dados. São apresentados também os procedimentos para a análise dos dados coletados bem como algumas considerações sobre as animações, principal ferramenta de coleta de dados empregada.

### 3.1 - Questões de pesquisa

Os alunos do Ensino Médio possuem dificuldades para aprender Química, e geralmente não conseguem estabelecer relações apropriadas entre os níveis macroscópico, simbólico e sub-microscópico. Muitos alunos não compreendem o conceito de solução química e apresentam modelos mentais incorretos sobre este assunto (SHE, 2004; CARMO e MARCONDES, 2008), mesmo sendo um conceito fundamental no estudo da Química. Neste contexto, delinea-se a questão que norteia este estudo:

Como os alunos imaginam a ocorrência de uma solução iônica em nível sub-microscópico? Como eles visualizam a formação de um sistema heterogêneo em nível sub-microscópico? Quais são os seus modelos mentais sobre a saturação de uma solução iônica?

Deste modo, os objetivos específicos desta pesquisa foram investigar os modelos mentais dinâmicos/cinemáticos dos estudantes sobre:

- a) a dissolução do sal de cozinha (NaCl) na água;
- b) um sistema heterogêneo (água e gasolina);

c) a formação de uma solução saturada de sal de cozinha (NaCl).

Espera-se que o emprego de uma metodologia em que o estudante elabore uma animação cuja representação envolve o nível sub-microscópico de um sistema químico proporcione uma melhor compreensão dos modelos mentais dos estudantes sobre o tema soluções.

### 3.2 - Procedimentos Metodológicos

O estudo foi realizado com 27 alunos de 1<sup>as</sup> séries do Ensino Médio, de três escolas, uma situada na região central e as outras na periferia da cidade de São Carlos. As escolas são respectivamente, E.E. Dr. Álvaro Guião, E.E. Esterina Placco e E.E. Jesuíno de Arruda.

De acordo com Moreira (1996), para realizar uma investigação dos modelos mentais dos alunos, é preciso agir indiretamente, ou seja, investigar os modelos mentais por meio do que é externalizado pelos alunos, seja verbalmente, simbolicamente ou pictoricamente. Portanto, o uso de depoimentos dos estudantes, de testes escritos dissertativos com ou sem imagens podem ser propostos em uma investigação sobre modelos mentais.

Entretanto, segundo Anderson *et al* (2009) pode haver dificuldades metodológicas ao se utilizar testes com lápis e papel. Ainda segundo o autor, o uso de animações pode minimizar o problema. Portanto, a produção de animações pelos próprios alunos foi utilizada como um dos recursos para coleta de dados. O uso de animações como ferramenta metodológica para a investigação dos modelos mentais é interessante, pois as animações são similares aos modelos mentais cinemáticos/dinâmicos que são “rodados” na mente dos alunos.

Um aspecto importante que deve ser salientado é que os modelos mentais encontrados na pesquisa provavelmente serão confusos, incompletos, contraditórios, difusos (NORMAN, 2009). Geralmente é preciso lidar e tentar entender esse tipo de representação mental.

### 3.2.1 - Procedimentos para coleta dos dados

Foi realizado um curso para alunos da 1ª série do Ensino Médio sobre o conceito de soluções. O curso teve duração de 40 horas-aula e seguiu a seqüência didática apresentada no APÊNDICE A, p. 117. É importante salientar que os estudantes não estudaram em sala de aula este conceito antes da realização desta pesquisa, pois desejava-se investigar os modelos mentais dos estudantes e não os modelos conceituais dos professores, que poderiam ter sido apropriados pelos alunos. Dentro do âmbito do curso, foram discutidas questões pertinentes à água, como ciclos biogeoquímicos, composição química da água, propriedades físicas e químicas, polaridade, solubilidade, tipos de soluções e poluição da água. Os conceitos de dissolução de uma substância em água, sistema heterogêneo e formação de solução de solução saturada foram trabalhados com o objetivo de investigar os modelos mentais dinâmicos dos estudantes sobre estes assuntos. O curso foi realizado nas dependências do Departamento de Química da UFSCar, no Laboratório de Ensino e Aprendizagem de Química (LENAQ). Durante o curso foram empregadas exibições de imagens em nível sub-microscópico, modelos moleculares e experimentos não explicativos dos fenômenos para os quais os alunos deveriam expressar seus modelos mentais.

Antes do início da coleta de dados, os estudantes elaboraram uma animação com um jogo de dominó por meio da técnica de stop-motion. Todos participaram desta atividade, que teve por objetivo a apresentação da técnica de stop-motion antes de ter que produzir as animações para a coleta de dados. Na animação produzida pelos estudantes nesta apresentação um jogo de dominó é montado “sozinho”. Neste caso, os movimentos das peças são produzidos por meio de pequenas alterações na seqüência de fotos que posteriormente foram utilizadas na etapa de edição. A coleta de dados foi organizada em duas etapas:

- **Etapa 1:** Etapa de coleta de dados individual

Para a Etapa 1, inicialmente os alunos fizeram um experimento simples (APÊNDICE B, p. 120-121). Em seguida, individualmente elaboraram um texto em que eles explicavam o fenômeno observado no experimento com

representações em nível sub-microscópico. E após isso, foi produzido um registro audiovisual do depoimento dos estudantes individualmente, em que os mesmos explicaram verbalmente os fenômenos estudados anteriormente no experimento, também em nível sub-microscópico com a ajuda de figuras impressas representando as espécies químicas envolvidas (APÊNDICE C, p. 124).

- **Etapa 2:** Etapa de coleta de dados em grupo

Posteriormente, em grupos, os estudantes, elaboraram textos com a explicação para o experimento em nível sub-microscópico. Esta dinâmica tinha por objetivo promover a discussão (em grupo) dos modelos individuais e, conseqüentemente, provocar a reflexão sobre o próprio modelo e os outros possíveis (elaborados pelos colegas de grupo). Em seguida, os mesmos grupos produziram animações para representar em nível sub-microscópico o sistema investigado por meio do experimento, a partir do modelo eleito pelos membros do grupo.

Este procedimento foi realizado para a detecção de modelos mentais dos alunos sobre a dissolução do cloreto de sódio em água, formação de sistemas heterogêneos como a mistura de água com gasolina e sobre a saturação de uma solução aquosa de cloreto de sódio.

Os estudantes produziram as animações utilizando a técnica de stop-motion, enquanto o pesquisador empregou uma animação gráfica na elaboração de seus filmes.

Após a produção de todos os vídeos e da coleta de dados por outros instrumentos (os registros escritos individuais e em grupos e os registros audiovisuais dos depoimentos individuais), as animações de todos os grupos foram exibidas, bem como as animações produzidas pelo pesquisador. Além disso, os conceitos envolvidos para a produção das animações foram discutidos.

Para a animação da dissolução do cloreto de sódio os seguintes pontos foram discutidos:

- A orientação das moléculas de água em relação aos íons, com os hidrogênios (das moléculas de água) apontados para os íons

sódio e os oxigênios (das moléculas de água) interagindo com os íons cloreto;

- A primeira esfera de hidratação com seis moléculas de água em volta dos íons;
- A retirada dos íons do retículo cristalino por moléculas de água, com a correspondente orientação espacial destas últimas;
- A questão da movimentação dos íons solvatados e das moléculas de água.

A discussão sobre o sistema heterogêneo com água e gasolina foi pautada nos seguintes pontos:

- O sistema todo está em movimento constante;
- A razão da imiscibilidade das substâncias se deve ao fato da água ser polar e a gasolina ser apolar;
- A diferença da densidade das substâncias influencia a posição das mesmas no sistema, com a água no fundo e a gasolina em cima desta;
- As ligações de hidrogênio entre as moléculas de água, com destaque para a orientação das moléculas da água, com os átomos de hidrogênio de uma molécula interagindo com os de oxigênio de outras.

Para o experimento de formação da solução saturada de cloreto de sódio, o ponto explorado na discussão, além dos já citados para a dissolução do sal de cozinha, foi o seguinte:

- Equilíbrio dinâmico, com moléculas de água retirando íons do retículo cristalino ao mesmo tempo em que íons são adicionados ao cristal de cloreto de sódio.

Ao fim da exibição das animações, todos os conceitos envolvidos nas animações foram amplamente discutidos e os alunos puderam apresentar suas dúvidas.

### 3.2.2 - Procedimentos para análise dos dados

A seguir serão explicitados os elementos que foram analisados nos modelos expressos pelos estudantes. Para os modelos de dissolução do cloreto de sódio os seguintes pontos foram analisados:

- A orientação das moléculas de água em relação aos íons;
- A existência ou não da primeira esfera de hidratação com seis moléculas de água em volta dos íons;
- A retirada dos íons do retículo cristalino por moléculas de água;
- A questão da movimentação dos íons hidratados e das moléculas de água.

Foram analisados nos modelos dos estudantes sobre o sistema heterogêneo com água e gasolina em nível sub-microscópico os seguintes pontos:

- A movimentação ou não do sistema em nível sub-microscópico;
- A razão da imiscibilidade das substâncias;
- O motivo para a posição das fases no sistema.

Com relação aos modelos sobre a formação da solução saturada de cloreto de sódio, foi observado o seguinte elemento, além dos já citados para a dissolução do sal de cozinha:

- A existência ou não de um equilíbrio dinâmico no sistema, com moléculas de água retirando íons do retículo cristalino ao mesmo tempo em que íons são adicionados ao cristal de cloreto de sódio.

### 3.2.3 – Breves considerações sobre as animações

O uso de animações como forma de coleta de dados permite que sejam feitas breves considerações acerca deste produto áudio-visual.

Werneck (2005) assinala que no início do século XX, os fisiologistas que estudavam a visão humana acreditavam que o olho registrava as imagens e as mantinha na mente por algum tempo. Esse fenômeno foi denominado como “persistência retiniana”. Entretanto, nos anos de 1920 essa teoria passou por algumas modificações. A teoria mais aceita atualmente identifica um fenômeno que ocorre com a visão conhecido como “efeito phi”, que nos permite ver uma seqüência curta de imagens e entender aquilo como movimento.

Magalhães *et al.* (2009) explana de forma sucinta o efeito phi:

Graças ao efeito phi, o nosso cérebro automaticamente interpretaria as mudanças de forma ou posição, em duas ou mais imagens rapidamente alternadas, como sinais de movimento, devido à forma como os campos receptores das células da retina e das várias áreas do nosso córtex visual integram a informação visual para detectar movimentos e determinar sua direção. O efeito phi estaria conosco desde a fase animal de nossa espécie, quando detectar e interpretar a direção de movimentos das presas era essencial para a sobrevivência e segurança de animais nômades e caçadores. (MAGALHÃES *et al.*, 2009, p. 7)

Portanto, o nosso sistema de visão interligado ao sistema nervoso já é inclinado naturalmente para a criação do movimento. E assim, uma seqüência de poucas imagens já é compreendida pelo cérebro como movimento. Entretanto, para uma percepção mais nítida e fluida de movimento, a taxa de quadros por segundo deve ser maior, com cerca de 10 quadros por segundo. As animações comerciais geralmente apresentam de 24 a 30 quadros por segundo e as animações produzidas para a internet comumente possuem cerca de 12 quadros por segundo.

De acordo com Barbosa Junior (2005), a palavra “animação” é derivada do verbo latino *animare*, que significa “dar vida a” e ainda segundo o autor, este termo apenas passou a se relacionar com imagens em movimento somente no século XX. De fato, a animação surge no início do século XX, praticamente simultaneamente ao cinema.

A definição apresentada por Werneck (2005) para o stop-motion é “o movimento criado a partir de imagens paradas”. Além disso, o autor complementa:

A animação de stop-motion é conseguida quando se fotografam objetos quadro-a-quadro, que, exibidos na velocidade normal de projeção, criam a ilusão de movimento. Isso pode ser feito com bonecos, objetos, brinquedos, pessoas, etc... (WERNECK, 2005, p. 66)

Assim, a técnica de stop-motion pode ser empregada para a produção de efeitos especiais em filmes comerciais, em animações de bonecos e de outros objetos, inclusive de pessoas.

Uma animação elaborada por meio da técnica de stop-motion normalmente é produzida fazendo o uso de uma seqüência de fotografias em que os objetos estáticos retratados, que podem ser figuras, bonecos, pessoas, - ou como nesta pesquisa moléculas, íons e retículos cristalinos - realizam pequenos movimentos entre um quadro e outro. Quando todas as imagens são colocadas em uma seqüência e exibidas com certa velocidade ocorre a ilusão do movimento.

Werneck (2005) afirma que a técnica de animação de objetos inanimados e sem articulações é muito indicada para crianças que ainda não tiveram contato com as técnicas de animação.

### **3.2.4 - Elaboração das animações**

As animações foram elaboradas por meio de duas técnicas: animação gráfica e stop-motion. Estas técnicas de animação consistem em colocar uma série de imagens em seqüência com a finalidade de simular o movimento. A técnica de animação em stop-motion é muito semelhante à animação gráfica, entretanto, as imagens podem ser geradas por meio de seqüências de fotografias de objetos, de pessoas, de desenhos, entre outros.

A utilização destas técnicas ocorreu em virtude de sua produção ser mais rápida, ágil e até mais econômica em comparação com a animação tridimensional. A animação tridimensional pode ser descrita como uma visualização animada gerada por computador de sólidos com três dimensões (WERNECK, 2005, p. 79). Para criar as animações, os programas e computadores usados são mais baratos se comparados com recursos utilizados para se criar animações tridimensionais. Além disso, Werneck (2005, p. 79) também aponta que a animação

tridimensional “é extremamente complexa e exige tempo muito tempo de estudo e de trabalho”.

As animações foram basicamente desenvolvidas utilizando recursos computacionais, por meio dos programas de ilustração Corel Draw 10© e de animação Macromedia Flash 5©.

As animações em stop-motion foram realizadas por meio da seguinte metodologia: inicialmente os estudantes desenhavam em uma folha de papel as posições que as espécies químicas iriam ocupar na tela e a trajetória que seria descrita por elas durante a animação. Em seguida, copiaram este esquema para uma transparência e a projetaram em um quadro de aço fixado na parede de uma sala, como pode ser visto na figura 5(a). Os alunos colocaram as figuras no quadro de aço, em suas posições iniciais indicadas pela projeção, de acordo com a figura 5 (b). As figuras possuíam um imã de geladeira em seu verso, que possibilitava a sua fixação e movimentação, conforme pode ser observado na figura 6. Os estudantes utilizaram uma filmadora digital para tirar as fotografias. Finalmente, os estudantes faziam pequenos movimentos das figuras conforme a projeção da trajetória e tiravam as fotografias. Com todas as fotos já produzidas, o pesquisador utilizou o software Macromedia Flash 5© para colocar as fotos em seqüência e produzir o arquivo de vídeo.

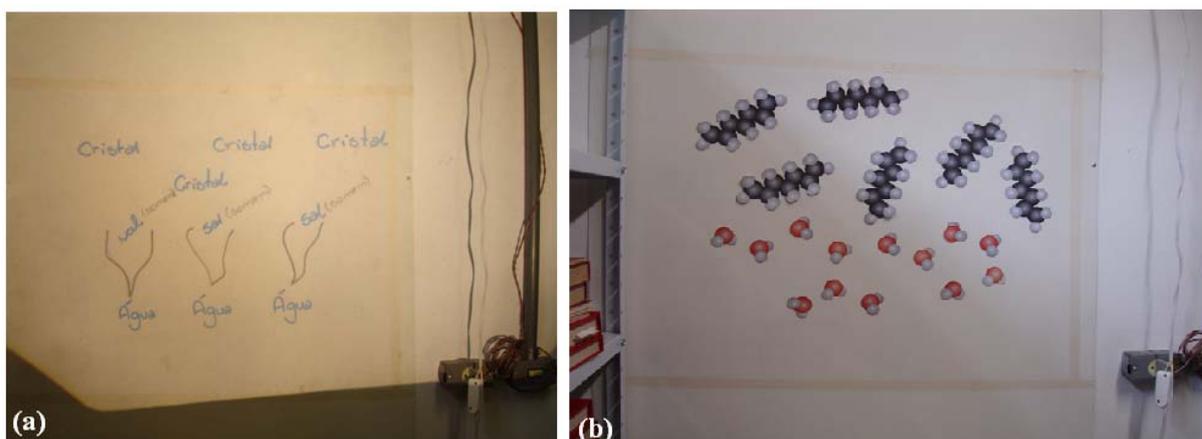


FIGURA 5 – (a) Projeção da trajetória das figuras que representam as espécies químicas na animação e (b) placa de aço com as figuras fixadas.

As animações tradicionais foram produzidas pelo pesquisador de modo semelhante. Cada quadro da animação foi produzido individualmente por meio do software Corel Draw 10. Do mesmo modo que os estudantes fizeram, o pesquisador

definiu na tela as posições iniciais das figuras e traçou uma trajetória que seria percorrida. Desse modo, elaborou todos os outros quadros, realizando pequenos movimentos das espécies químicas representadas. Com todos os quadros produzidos, novamente foi utilizado o software Macromedia Flash 5© para colocar as figuras em seqüência e produzir a animação.

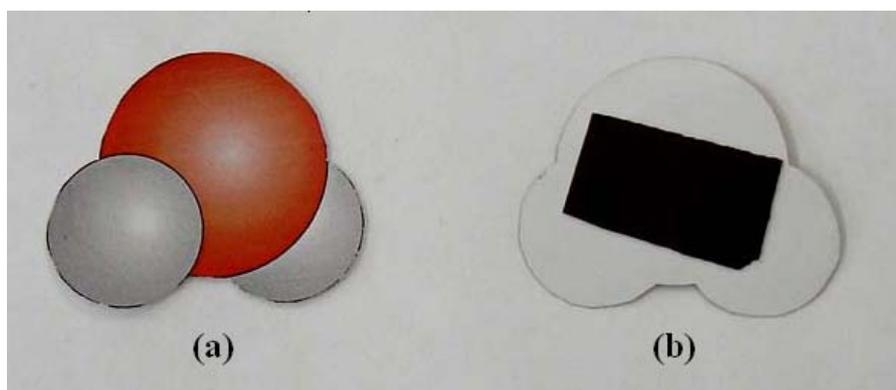


FIGURA 6 – Figura que representa a molécula de água (a) frente (b) verso com o imã.

## CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

*“Não há nada na nossa inteligência que não tenha passado pelos sentidos.”  
(Aristóteles)*

O Capítulo 4 foi elaborado com a finalidade de expor e discutir amplamente os resultados da presente pesquisa. É importante salientar que a análise dos dados foi realizada à luz da teoria de Modelos Mentais de Johnson-Laird (1983).

### 4.1 – Sobre a coleta e análise dos dados

Para a coleta dos dados foram propostas atividades aos alunos com o objetivo de registrar, por escrito, verbalmente ou em animação, o modelo criado pelos mesmos para explicar o fenômeno em discussão. Os registros escritos não trouxeram contribuição significativa para a pesquisa, uma vez que os alunos manifestaram grande dificuldade de expressar, desta forma, o que pensam.

Assim, foi necessário introduzir um novo instrumento em substituição aos textos que deveriam ser produzidos e a opção dos pesquisadores foi realizar a coleta de dados também por meio de depoimentos filmados (registro audiovisual).

Desta forma, além das informações obtidas por meio dos textos produzidos inicialmente, os registros audiovisuais e as animações produzidas forneceram os dados necessários à interpretação dos modelos mentais criados pelos alunos. As tabelas 1 até a 5 apresentam as informações mais pertinentes aos modelos produzidos pelos alunos a respeito do fenômeno de dissolução de NaCl em água. As animações representadas pelas figuras 15, 16 e 18 até a 21 foram também produzidas pelos grupos para explicar o mesmo fenômeno. Para o fenômeno da insaturação, conforme item 4.2.5, a tabela 6 apresenta a síntese das informações mais relevantes e que foram utilizadas nas análises e discussões.

Para a construção das tabelas 1, 2, 5 e 6 foram consideradas importantes as informações relativas ao processo de dissolução e a orientação espacial das espécies químicas (íons e moléculas) envolvidas. Para as tabelas 7 até

a 10 foram consideradas informações sobre a miscibilidade das substâncias e formação das fases.

As tabelas 11 até a 14 apresentam as informações mais pertinentes aos modelos produzidos pelos alunos a respeito do fenômeno de solução saturada de NaCl em água. As animações representadas pelas figuras 34 até a 38 foram também produzidas pelos grupos para explicar o mesmo fenômeno. Para a formação de uma solução saturada de NaCl, conforme item 4.4.5, a tabela 14 apresenta a síntese das informações obtidas.

Um ponto digno de nota é que em muitas tabelas é possível observar a variação da quantidade de alunos, isso ocorreu em porque o curso foi realizado durante o período letivo e muitos alunos tinham alguma outra atividade, como a participação em cursos ou trabalho, e conseqüentemente eles faltavam durante alguns dias de aula do curso.

As animações produzidas pelos alunos trazem informações sobre como estes visualizam os fenômenos em nível sub-microscópico, conforme descrito no item 3.1 referente à questão de pesquisa. Sobre a técnica utilizada (stop-motion), faremos uma breve descrição a seguir.

Quando uma imagem é copiada com uma pequena alteração, sua cópia pode nos parecer idêntica a imagem original se não a observarmos com atenção. Quando desta cópia fazemos outra, também com uma nova alteração, a imagem produzida será menos parecida com a original do que a primeira cópia. Seguindo este procedimento, a enésima cópia poderá ser totalmente diferente da original, porém muito parecida com a imagem  $n-1$ . As imagens neste caso podem ser obtidas por diferentes meios como desenho a mão livre, desenho técnico, fotografias, pinturas, etc.

Este processo de produção de diversas imagens semelhantes no intervalo de  $n-1$  a  $n+1$  é muito utilizado para, por exemplo, produzir um desenho animado. Quando as  $n$  imagens são exibidas, o observador tem a sensação de movimentos contínuos, conforme descrito anteriormente sobre o efeito phi.

A possibilidade de se utilizar computadores para a produção de imagens é relativamente nova na história do cinema e é responsável pelo aumento de produtos (e da qualidade visual) oriundos da indústria cinematográfica ou de propaganda e marketing.

Neste trabalho, a técnica de stop-motion foi utilizada conforme descrito no item 3.2.4.

## **4.2 – Dissolução do cloreto de sódio**

Em relação à dissolução do cloreto de sódio, foram coletados registros escritos individuais e em grupo, além dos registros audiovisuais das explicações individuais dos estudantes e das animações produzidas em grupo. O experimento realizado pelos estudantes é o de dissolução de cloreto de sódio em água. (APÊNDICE B, p. 121)

### **4.2.1 – Registros escritos individuais**

Inicialmente, foi pedido para os estudantes escreverem um roteiro de uma animação, em que fossem evidenciadas as interações entre as moléculas da água e os íons do cloreto de sódio. Foi discutido que para a produção de uma animação ou de um filme o primeiro passo a ser dado é a elaboração de um roteiro.

Os estudantes inicialmente apresentaram dificuldades em escrever esse texto, pois não tinham compreendido sobre o que eles deveriam redigir. Eles não conseguiam estabelecer a relação entre o experimento e o fenômeno em nível sub-microscópico, conforme observam Ben-Zvi (1987) e Gillespie (1997).

Os estudantes questionaram se deveria ser escrita uma história em que os átomos e moléculas conversavam e faziam atividades que os seres humanos normalmente realizam. Foi esclarecido que não se deveria proporcionar atitudes e sentimentos para os átomos e as moléculas, entretanto, foram encontrados nos registros escritos de alguns alunos (20,0%) um forte caráter animista.

É possível observar no texto do Aluno 21 a sua abordagem animista:

... Num belo dia, elas [moléculas de água] estavam passeando quando de repente, veio uma bolinha de cor roxa ao encontro delas e nisso uma se chocou com a outra, depois da colisão, a bolinha roxa se uniu com as bolinhas de cores vermelha e branca.  
Depois disso, mais tarde chegou a bolinha de cor verde que dizia:

- Bolinha de cor roxa onde está você, eu estou te procurando a mais de um tempão, onde tu estás?, ela falou esbravejada.  
E continuou a andar e andar até que achou finalmente, mas tinha um problema, ela estava junta com as bolinhas de cores vermelha e branca, ...  
(Aluno 21)

A Aluna 1 também apresentou idéias animistas em seu texto:

Sal estava muito chatiado (*sic*), pois havia adado (*sic*) milhares de Km em busca de aventura e não conseguia achar nada.  
Frustrado com a situação, resolveu parar para descansar, e foi quando avistou no horizonte um lago. Como era um dia muito quente de verão e estava cansado, decidiu ir nadar, até porque nunca havia tido contato com água antes, apenas tinha ouvido falar. ... (Aluna 1)

Essas concepções dos estudantes são coerentes com as observações feitas por Griffiths e Preston (citado por ANDRADE, 2006), em que os alunos das séries finais da educação básica apresentaram concepções animistas sobre a natureza da matéria, como pode-se observar na figura 7.



FIGURA 7 – Representação de uma reação química de redução/oxidação por estudantes. (BEN-ZVI *et al.*, 1987)

Entretanto, esses dados podem ser provenientes de interpretações errôneas sobre a natureza da tarefa, em que foi pedido aos alunos para elaborarem um roteiro de um filme com a explicação do experimento realizado.

Na tabela 1 é possível observar os modelos mentais observados nos textos individuais dos estudantes. É importante salientar que de modo geral os textos ficaram confusos e os estudantes não se expressaram bem. Também é digno de nota o fato dos estudantes terem estudado durante o curso a polaridade da molécula de água. Este conceito foi trabalhado por meio do uso de exibição de imagens em sala de aula. Também foi trabalhada a questão da orientação espacial das espécies em função da polaridade das substâncias.

TABELA 1 – Dados colhidos por meio dos textos individuais sobre os modelos mentais dos alunos referentes à dissolução do cloreto de sódio.

Frequência	Modelo de dissolução	Orientação espacial
7 (35,0%)	Água se une ao sal.	Sem orientação
4 (20,0%)	Separação dos íons; Água se une ao sal.	
2 (10,0%)	Separação dos íons.	
1 (5,0%)	Cristal de sal se une à água; Separação dos íons;	
1 (5,0%)	Separação dos íons; União dos íons de NaCl (choques e atração); Nova separação dos íons.	
1 (5,0%)	Separação dos íons; União dos íons e formação do NaCl.	Oxigênio da água atrai o íon Na <sup>+</sup> e repele o íon Cl <sup>-</sup> .
1 (5,0%)	Separação dos íons.	Na <sup>+</sup> atrai o Oxigênio da água; Cl <sup>-</sup> atrai o Hidrogênio da água.
3 (15,0%)	Incompreensível.	Sem orientação

A maior parte dos alunos (35,0%) expressou em seus textos que entende a dissolução do cloreto de sódio em água como a união entre o sal e a água. Entretanto, eles não descrevem como essa união ocorre, se a interação ocorre entre os íons e a água ou se o cristal fica hidratado, enfim, não há muitos detalhes em seus textos. Em nenhum momento estes estudantes mencionaram preocupação com a orientação das moléculas da água em relação do cloreto de sódio.

Em seu estudo, SHE (2004) observou modelos semelhantes em relação à dissolução do açúcar (sacarose) em água. Grande parte dos alunos (20%) afirmou que as moléculas de açúcar estariam separadas, conforme a figura 8(a), e outra parte significativa dos estudantes (25%) explicaram que o açúcar se une à água, de acordo com a figura 8(b).

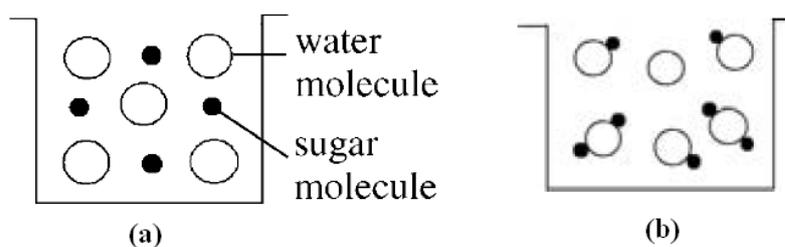


FIGURA 8 – Representação dos modelos de dissolução do açúcar em água por estudantes. (SHE, 2004)

O Aluno 20 explicou o processo de dissolução do cloreto de sódio em água da seguinte forma:

Ao entrar no recipiente os H<sub>2</sub>O (*sic*) vai se fundir aos NaCl (*sic*), tentando os dissolveros (*sic*), fazendo com eles entre em sua formula, fazendo então uma brecha e ter as bolas as dispersando e depois fazendo eles entrarem na formula.

Por fim os NaCl entram na composição da água formando apenas uma substância (Aluno 20)

O aluno 14 também explica a dissolução do cloreto de sódio de forma semelhante:

O caso da dissolvissão (*sic*) do sal com a mistura da água ocorre por que, tanto as moléculas da água e do sal se juntam, isso ocorre uma absorção da molecula da água pra com a do sal. (Aluno 14)

As descrições são vagas, mas para esses alunos o processo de dissolução do sal na água corresponde à união das moléculas da água com os íons do sal de cozinha.

Uma quantidade significativa dos estudantes (20,0%) afirmou que o processo de dissolução do cloreto de sódio consiste em uma primeira etapa de separação dos íons e uma posterior etapa de união da água com o sal. Novamente, para esse grupo de alunos não é observada nenhuma preocupação com a orientação espacial das moléculas e dos íons.

A Aluna 26 propôs a seguinte explicação para o processo de dissolução do sal de cozinha:

Como o sal tem a mesma polaridade que a água suas moléculas se separam, e se misturam e ganham uma certa velocidade. (...) Depois de um certo tempo a molecula vermelha [água] começa a parar de se movimentar. Quando parada ela começa a atrair as outras moléculas [íons] uma por uma.

No fim depois de atrair todas as moléculas se forma um novo grupo de moléculas uma grudada na outra, a branca na vermelha a roxa na branca a verde na vermelha etc. (Aluna 26)

Estes estudantes entendem a dissolução do sal de cozinha como uma seqüência, em que inicialmente ocorre a dissociação dos íons e em seguida se dá uma reunião de todas as espécies envolvidas, algo parecido com a recristalização.

Dois alunos (10,0%) consideraram que a dissolução do cloreto de sódio simplesmente corresponde à separação dos íons envolvidos, sem se preocupar com a orientação espacial das moléculas e dos íons em estudo.

A Aluna 22 propõe uma explicação para dissolução do cloreto de sódio:

... Enquanto as moléculas de H<sub>2</sub>O continuam separadas em pequenos grupos separados, cada um indo para um lado. Elas se misturam com as bolinhas roxas [íon sódio] e verdes [íons cloreto] mais não se unem, cada uma fica em um lugar, H<sub>2</sub>O perto das bolinhas roxas, bolinhas verdes perto do H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O perto de uma roxa e verde, verde perto da roxa, duas verdes perto da roxa, três H<sub>2</sub>O perto de algumas verdes várias verdes e no meio uma roxa, várias roxas e verdes, verdes e roxas sem H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O sozinho, verdes sozinhas, roxas sozinhas. (Aluna 22)

Pode-se observar no texto da estudante que não existe preocupação com a orientação das moléculas da água em relação aos íons. A dissolução corresponde à separação dos íons em solução e suas interações com a água e com os íons.

Uma estudante considerou que o processo de dissolução do cloreto de sódio se dá inicialmente pela união do cristal de cloreto de sódio com a água e posteriormente ocorre a separação dos íons. Também não foi observada nesse caso a preocupação com a orientação das espécies envolvidas.

A Aluna 2 explica o fenômeno de dissolução do sal de cozinha:

... E os cristais do sal se juntão (*sic*) as moléculas da água e começam (*sic*) a se misturar e as negativas e positivas se distanciam umas das outras e vão se misturando cada vez mais com as moléculas (*sic*) da água. (Aluna 2)

Pelo texto não é observada a orientação entre as moléculas de água e os íons em solução.

Uma aluna (11) apresentou um modelo mental interessante. Ela considerou que inicialmente ocorre a separação dos íons do cloreto de sódio, em seguida ocorre a união dos íons para a formação do cristal de NaCl, ou seja, ocorre uma recristalização devido a atração existente entre os íons (positivo e negativo) e também devido aos choques que ocorrem entre estas espécies. O processo de dissolução é finalizado com uma nova separação dos íons quando em contato com a água. Em momento algum, houve preocupação com a orientação dos íons e das moléculas envolvidas.

A Aluna 11 explana sobre a dissolução do sal de cozinha em água da seguinte forma:

... As bolinhas roxas e as bolinhas verdes ficam todas misturadas, separadas e se mexendo.  
 Quando alguma bolinha verde e quando alguma bolinha roxa acaba batendo elas se agudam (*sic*).  
 E com isso todas as bolinhas vão se agudando (*sic*) mas quando bolinhas da mesma cor se batem não agruda (*sic*), só quando tiver cores de bolinhas diferentes.  
 ... Quando são misturados o sal e a água, o sal some, porque quando o sal é jogado em um copo com água as bolinhas roxa e verde se separam novamente, por isso que o sal some na água. (Aluna 11)

É um modelo confuso e de difícil compreensão. Muitas vezes é difícil investigar o modelo mental de um estudante por meio de um texto escrito. Neste modelo pode-se observar também que não há uma proposta de orientação para as moléculas da água em relação aos íons.

Uma aluna (13) considerou que a dissolução do sal de cozinha na água ocorre da seguinte maneira: primeiramente ocorre a separação dos íons e em seguida ocorre uma recristalização, a união entre os íons e a formação do NaCl. Esta aluna considerou que existe uma orientação entre a molécula de água e os íons. Segundo ela, o oxigênio da água atrai o íon sódio e, além disso, repele o íon cloreto.

A Aluna 13 explicou que a orientação das moléculas em relação aos íons é a seguinte: *“Como o H<sub>2</sub>O é negativo, a bolinha vermelha atrai a bolinha roxa para perto dela e a bolinha verde para longe.”* Pode-se perceber que ela utilizou a polaridade da água e as cargas dos íons para explicar o fenômeno.

Para um estudante (Aluno 10), a dissolução do cloreto de sódio corresponde à separação dos íons. Além disso, ele mostrou preocupação com a orientação das moléculas de água e dos íons. Ele afirmou que o íon sódio atrai o oxigênio da molécula de água e que o íon cloreto atrai os hidrogênios da molécula de água.

O Aluno 10 esclarece a orientação das moléculas e dos íons da seguinte forma:

... O Oxigênio presente na água contem polos negativos e nos Hidrogenios polos positivos, no sódio temos gargas (*sic*) positivos que atraem as cargas negativas do Oxigênio e no cloreto temos cargas negativas que atraem as cargas positivas das moléculas de Hidrogênio. ... (Aluno 10)

De um modo geral, foi observado nos textos elaborados pelos alunos que seus modelos mentais são bastante confusos, incoerentes e problemáticos, conforme a constatação de Norman (2009). Além disso, os estudantes se expressaram muito mal, em especial três estudantes (15,0%) não conseguiram expor seus modelos de forma compreensível em seus textos, e dessa forma, tornou-se difícil a investigação de seus modelos mentais por meio de testes escritos, o que está de acordo com a afirmação de Anderson (2009).

#### **4.2.2 – Depoimentos dos estudantes**

Após os estudantes individualmente redigirem um texto em que explicavam a dissolução do sal na água em nível sub-microscópico, foi realizado um registro audiovisual de um depoimento em que os alunos individualmente explicaram a dissolução do cloreto de sódio na água. Os alunos puderam utilizar figuras que representam a molécula de água, o cristal de cloreto de sódio e os íons sódio e cloreto na explicação. Essas figuras foram fornecidas pelos pesquisadores (APÊNDICE C, p. 124).

De uma forma geral, os alunos ficaram um pouco nervosos com a realização do registro audiovisual de seu depoimento, pois deveriam explicar o fenômeno da dissolução do sal de cozinha observado na realização do experimento. Pode-se afirmar que os alunos se expressaram muito melhor verbalmente do que no registro escrito. Além disso, o uso das figuras fornecidas facilitou a expressão dos modelos mentais dos alunos.

É possível observar na tabela 2 os modelos mentais encontrados por meio dos depoimentos dos estudantes.

TABELA 2 – Modelos mentais investigados por meio de registros audiovisuais dos depoimentos individuais dos alunos referentes à dissolução do cloreto de sódio.

<b>Frequência</b>	<b>Dissolução</b>	<b>Orientação espacial</b>
7 (35,0%)	Separação dos íons	Sem orientação
5 (25,0%)	Cristais hidratados	Sem orientação*
5 (25,0%)	Separação dos íons e posterior formação de cristais	Sem orientação
1 (5,0%)	Separação dos íons	Com orientação inadequada
1 (5,0%)	Separação dos íons; Atração entre os íons e posterior separação	Sem orientação
1 (5,0%)	Separação dos íons; Atração da água por íons sódio; Cristal e íons com água	Sim, apenas o Oxigênio atrai os íons $\text{Na}^+$ , enquanto os íons $\text{Cl}^-$ são afastados (repulsão).

\*um estudante pensou somente na orientação das moléculas de água de forma adequada.

Os estudantes de um modo geral apresentaram modelos mentais bastante diversos. A orientação das moléculas e dos íons praticamente não representou um elemento explicativo nos modelos mentais dos estudantes, visto que apenas dois alunos (10,0%) tiveram essa preocupação e fizeram propostas de orientação inadequadas.

A maior parte dos estudantes (35,0%) propôs que o processo de dissolução do cloreto de sódio na água se resume à separação dos íons. Além disso, não houve nenhuma preocupação com a orientação das moléculas de água e os íons.

A Aluna 1 explica assim a dissolução do cloreto de sódio:

... Aí dentro da água, as moléculas dele [do cloreto de sódio] se desprenderam todas e começaram a se misturar com as moléculas da água. ... Aí ele [o cristal de  $\text{NaCl}$ ] se desfez todo, se dissolveu todo. ... (Aluna 1)

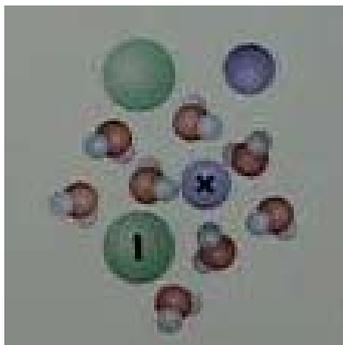


FIGURA 9 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 1)

Pode-se observar na figura 9 que os íons estão dissociados e que não existe mesmo uma orientação específica dos íons em relação às moléculas de água.

Uma parte significativa dos alunos (25,0%) apresentou como modelo mental da dissolução do cloreto de sódio a hidratação de um cristal iônico. Novamente os estudantes não pensaram que poderia haver alguma orientação entre as moléculas e os íons.

O Aluno 15 explica como compreendeu a dissolução do cloreto de sódio em meio aquoso da seguinte forma: *“Quando começar a dissolver, elas vão começar a separar, sei lá, vão se agrupando com essas moléculas aqui.”* O estudante considerou que ocorre apenas uma aglomeração da água em torno do cristal de cloreto de sódio, uma espécie de hidratação do retículo cristalino, como pode-se observar na figura 10.

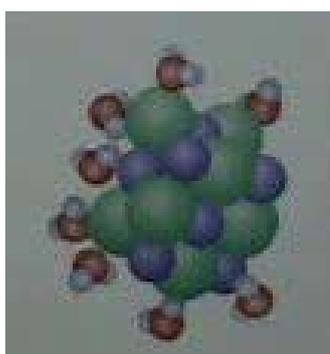


FIGURA 10 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 15)

Este aluno também não se preocupou com a orientação das moléculas da água e da gasolina, conforme pode ser visto na figura 10. Observa-se que não há uma orientação específica das moléculas de água em relação aos íons.

Uma quantidade significativa dos estudantes (25,0%) apresentou outro modelo mental para a dissolução do cloreto de sódio. O processo de dissolução se inicia com a separação dos íons e em seguida ocorre uma nova formação dos cristais, ou seja, ocorre uma recristalização.

A Aluna 22 propõe assim uma explicação para a dissolução do cloreto de sódio:

... Aí, vai colocar o sal. Aí colocou. Aí ele vai se misturar, quer dizer...se separar em bolinhas. Bolinha roxa...Aí elas vão começar a andar assim, aí dissolveu. ... Acho que elas [os íons] se agrupam. Elas vão se agrupar de novo. Por que senão os diferentes se atraem, será? Ou alguma coisa assim? (Aluna 22)

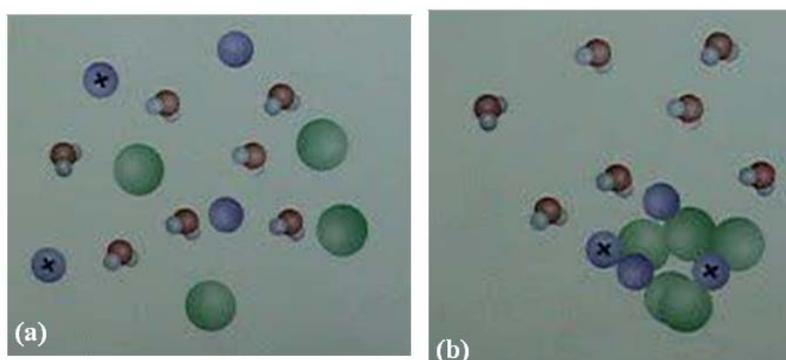


FIGURA 11 – Representação do processo de dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluna 22)

Na figura 11 é possível observar que não há orientação entre as moléculas de água e os íons. Pode-se observar também que inicialmente os íons estão separados e no fim da animação, eles se reúnem formando novamente o retículo cristalino.

O Aluno 10 (5,0%) compreendeu que a dissolução do cloreto de sódio ocorre por meio da separação dos íons e ele apresentou preocupação com a orientação das moléculas e dos íons.

O Aluno 10 explica a orientação das moléculas e dos íons com estas palavras:

Ah sim, então o cloreto se mistura com as cargas positivas do hidrogênio. Ta junto. E o oxigênio atrai o sódio, que tem carga positiva. (...) E o oxigênio tem carga negativa. Daí atrai dois sódios. Entendeu? Daí, a minha conclusão foi essa: que a mistura, misturou os pólos do... as moléculas de água atraiu os cloreto e os sódio ... (Aluno 10)

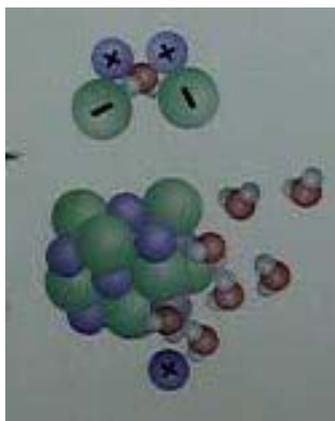


FIGURA 12 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 10)

Desta vez, o Aluno 10 mostrou preocupação com a orientação das moléculas e os íons, entretanto a orientação proposta não é a aceita na comunidade científica. Ele propôs que cada oxigênio da água iria atrair dois íons sódio e cada hidrogênio atrairia um íon cloreto, ou seja, cada molécula de água estaria interagindo com quatro íons, dois íons sódio e dois íons cloreto.

A aluna 11 (5,0%) apresentou um modelo mental em que a dissolução do sal ocorre em três etapas. Na primeira etapa, segundo a aluna, ocorreu uma separação dos íons. Na segunda etapa ocorre a atração entre os íons, um processo de recristalização. Por fim, na última etapa ocorre uma posterior separação destes íons. Além disso, ela não tomou o cuidado de considerar a orientação das moléculas e dos íons.

Ela explica assim a dissolução do cloreto de sódio:

Agora quando bate [íons negativos com positivos], se agruda (*sic*), aí vai acabando e grudando uma na outra, assim, até formar um cristal. ... É, tipo quando elas tão soltas assim, quando tão sozinhas [íons cloreto e sódio] elas vão juntando até juntar tudo. ... Aí, quando coloca água, separa de novo. Separa tudo. (Aluna 11)



FIGURA 13 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 11)

A aluna não apresentou preocupação com relação à orientação das moléculas de água e dos íons envolvidos, conforme pode ser observado na figura 13.

A aluna 13 (5,0%) considerou que o processo de dissolução do cloreto de sódio pode ser descrito da seguinte maneira: inicialmente ocorre a separação dos íons, em seguida a água é atraída pelos íons sódio e por fim, se tem cristais de cloreto de sódio e íons hidratados. A estudante considerou uma orientação para as moléculas de água e os íons, em que o oxigênio da água atrai os íons sódio e repele os íons cloreto.

A aluna 13 explica assim a dissolução do cloreto de sódio:

Aí a bolinha vermelha [referindo-se ao oxigênio da água], que é negativa, né? Atrai as positivas pra perto dela. É, e as negativas ficam longe. (Aluna 13)

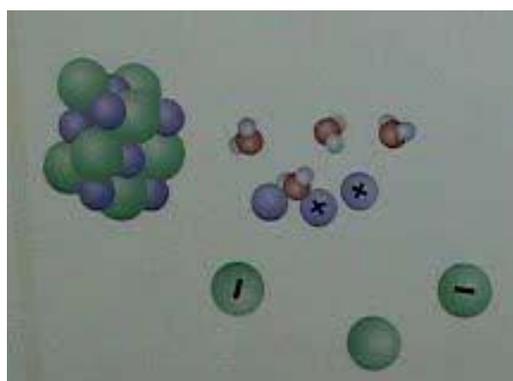


FIGURA 14 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 13)

De uma forma geral, foram detectados três principais tipos de modelos mentais: o primeiro em que ocorre a dissociação dos íons do retículo cristalino do NaCl, o modelo em que a dissolução é compreendida como a hidratação do cristal e o modelo que apresenta uma recristalização como característica da dissolução do NaCl.

#### 4.2.2.1 – Depoimentos adicionais dos estudantes

Na análise dos depoimentos dos estudantes, verificou-se que dez desses alunos não haviam proposto uma explicação para o seu modelo. Os seus modelos chamaram a atenção, pois eles imaginaram que em nível sub-microscópico, ocorria um processo de recristalização dos íons ou ocorria apenas uma hidratação do retículo cristalino. Estes dez alunos foram convidados a retornar para uma explicação adicional sobre os seus modelos. Apenas seis dos dez alunos retornaram e deram um depoimento, para o qual foi produzido registro audiovisual, sobre o seu modelo apresentado anteriormente.

TABELA 3 – Explicações individuais adicionais dos alunos sobre a não dissolução do NaCl na água.

<b>Frequência</b>	<b>Motivo</b>
2	Não pensou em motivo específico.
1	Atração entre os íons.

TABELA 4 – Explicações individuais adicionais dos alunos sobre a recristalização do NaCl na água.

<b>Frequência</b>	<b>Motivo</b>
1	Não pensou em motivo específico.
1	Agitação do sistema.
1	Atração entre os íons.

Pode-se observar nas tabelas 3 e 4, que alguns destes estudantes simplesmente não apresentaram motivos para a elaboração de seus modelos mentais, ou atribuíram a fatores como a agitação do sistema ou a atração entre os íons em solução como razão para a explicação dada anteriormente sobre o sistema. Esses dados são coerentes com a afirmação de Norman (2009) de que os modelos mentais das pessoas refletem os seus sistemas de crenças e que muitas vezes, os modelos são não-científicos, ou seja, são baseados em intuições e pensamentos muitas vezes supersticiosos.

O grande número de proposições que consideram a dissolução seguida de recristalização será objeto de investigação futura. No entanto, é possível

especular sobre a possibilidade de estar havendo um conflito entre o que (e como) os alunos aprenderam sobre a lei de Coulomb, nas aulas de Física, e as interações entre as espécies químicas.

É importante considerar que raramente são apresentadas aos estudantes situações de equilíbrio entre forças atrativas e repulsivas, ou ainda, situações em que a somatória de muitas cargas, negativas por exemplo, são estabilizadas por uma única carga oposta (positiva, neste caso).

Deve-se ainda considerar que no processo de construção de modelos científicos muitas vezes são criados conflitos entre conceitos oriundos de diferentes áreas do conhecimento. Considerando que os alunos participantes desta pesquisa que propuseram a etapa de recristalização tenham levado em conta o que aprenderam nas aulas de Física, é possível imaginar que suas propostas têm o mérito de tentar contemplar outras propriedades da matéria na elaboração de seus modelos mentais.

Deve-se ressaltar aqui que em um primeiro momento estes estudantes surpreenderam os pesquisadores com suas propostas de explicação para o fenômeno de dissolução do NaCl em água e que, somente após a reflexão sobre o que estavam propondo nos demos conta de que há algo mais que os estudantes estavam tentando “dizer” com suas representações.

#### **4.2.3 – Registros escritos em grupo**

De um modo geral, os textos redigidos em grupo ficaram confusos, entretanto ficaram um pouco melhores do que os primeiros textos produzidos individualmente.

Os registros escritos em grupo foram produzidos com a recomendação de que seria um auxílio na produção das animações.

O Grupo 1 redigiu um roteiro que explica a dissolução do cloreto de sódio da seguinte forma: inicialmente ocorre a separação dos íons do cloreto de sódio e as moléculas de água interagem com os íons livres, em seguida começa a ocorrer uma “reunião” entre todas as espécies envolvidas.

De acordo com o Grupo 2, “*como a água é polar, ela dissolve substâncias polares, no caso, o sal.*”, portanto, eles atribuíram a dissolução do cloreto de sódio em função da polaridade das substâncias.

Ainda segundo o Grupo 2 a água atrai os cristais de sal, e dessa forma se dá o processo de dissolução do cloreto de sódio.

No texto redigido pelo Grupo 3 foi observado que o modelo mental para a dissolução do cloreto de sódio tem como elemento principal a polaridade atribuída às espécies químicas presentes no sistema. Pode-se perceber no texto também que o modelo do Aluno 10 prevaleceu sobre os modelos dos demais.

Segundo o grupo a dissolução do cloreto de sódio ocorre da seguinte forma:

... a molécula de água (H<sub>2</sub>O) tem polos negativos no oxigênio, esses polos negativos atraem os polos positivos do (Na), e os polos positivos do hidrogênio atraem os polos negativos do (Cl), por isso o sal se dissolve na água pois o H<sub>2</sub>O atrai (*sic*) as moléculas de sal (NaCl) (*sic*) (Grupo 3)

Apesar de existir a preocupação com a orientação das moléculas e dos íons percebe-se no texto que as orientações são errôneas.

O Grupo 4 apresentou um modelo mental da dissolução do NaCl em seu texto de separação dos íons:

O sal antes de ser colocado na água, suas moléculas estão todas unidas. No momento em que as moléculas (*sic*) de sal são colocadas na água, suas moléculas se separam uma para cada lado. (Grupo 4)

Não observa-se no texto alguma orientação das moléculas em relação aos íons.

O texto do grupo 5 ficou muito confuso e torna-se difícil investigar o modelo mental expresso. É possível entender que o grupo propôs que houve uma recristalização.

O grupo 5 explica assim a dissolução do cloreto de sódio:

... As moléculas do sal que são as bolinhas verdes e roxas começaram a se atrair porque umas são positivas e outras são negativas. Se misturaram e as bolinhas (cristais) foram atraídas pelas bolinhas vermelha que é a água .... (Grupo 5)

O Grupo 6 apresentou um texto também muito confuso, e assim é difícil determinar um modelo mental para a dissolução do NaCl em água. Aparentemente o grupo entende a dissolução do sal como a união entre o NaCl e a água:

... Elas irão se locomover abrindo um espaço para as moléculas de sal de cozinha se juntem com as de água formando apenas uma substância.  
(Grupo 6)

Assim, novamente os modelos observados nos textos sugerem que a dissolução ocorra por meio da separação dos íons, ou uma recristalização. É importante salientar que os textos ficaram muito confusos e por meio desta ferramenta, é difícil determinar com precisão os modelos mentais resultantes do consenso do grupo.

#### 4.2.4 – Animações produzidas em grupo

Após a elaboração do registro escrito, os alunos fizeram o planejamento da animação em grupo e produziram as fotos que compõem a animação. Os grupos foram compostos por três a cinco integrantes e os próprios alunos tiveram a liberdade de escolher os integrantes e montar os grupos.

Pode-se observar na tabela 5 os modelos mentais identificados nas animações produzidas.

TABELA 5 – Dados sobre as animações produzidas em grupo, sobre a dissolução do NaCl.

<b>Grupo</b>	<b>Dissolução</b>	<b>Orientação espacial</b>
1	Separação dos íons e posterior formação de cristais	Sem orientação
2	Separação dos íons	Com orientação inadequada
3	Cristais hidratados	
4	Íons livres presentes desde o início.	Sem orientação
5	Cristais e íons presentes no início, com formação de outro cristal.	
6	Separação dos íons	

Na tabela 5 é possível notar que praticamente todos os grupos apresentaram modelos mentais dinâmicos diferentes com relação à dissolução do cloreto de sódio. Somente o grupo 2 se preocupou com a orientação das moléculas em relação aos íons, entretanto sua proposta é inadequada.

O grupo 1 apresentou um modelo mental cinemático em que ocorre inicialmente a separação dos íons e na seqüência ocorre a união de todas as espécies químicas. Quando comparados os modelos expressos dos integrantes do grupo pelo depoimento com a animação produzida em grupo, pode-se perceber que prevalece o modelo mental da aluna 26, que é praticamente idêntico à animação produzida em grupo.

Optou-se por realizar a comparação entre o depoimento e a animação, pois os textos ficaram de um modo geral bastante confusos e, além disso, durante a produção dos registros audiovisuais dos depoimentos os alunos se expressaram melhor e assim torna-se mais fácil identificar seus modelos mentais.

Na figura 15 é representada a seqüência reduzida de fotografias produzidas pelos alunos para a produção da animação. Pode-se perceber que inicialmente ocorre a separação dos íons, eles interagem com a água e por fim ocorre uma aglomeração entre os íons e as moléculas de água. Não foi observada orientação entre as moléculas e os íons em estudo.

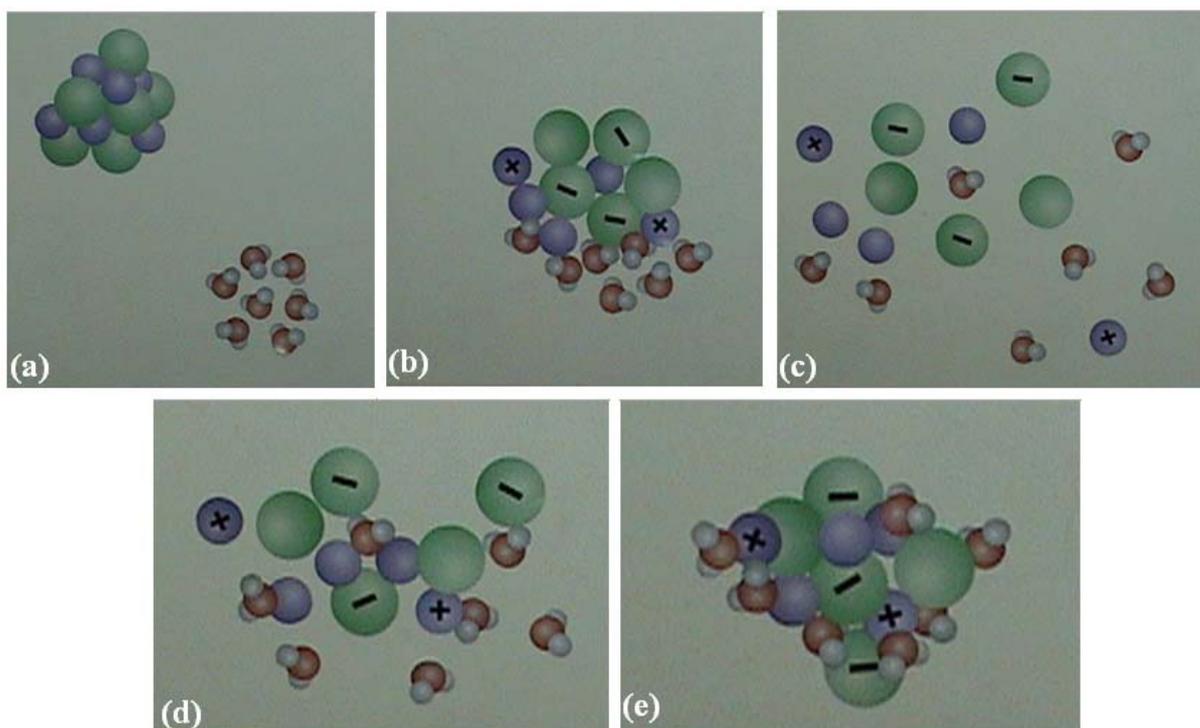


FIGURA 15 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto em água.  
(Grupo 1)

O texto produzido em grupo corresponde à animação praticamente na íntegra. Neste caso, pode-se afirmar que o texto foi transposto para a tela.

O grupo 2 apresentou um modelo mental cinemático em que ocorre a separação dos íons e em seguida os íons foram atraídos pela água, considerando a polaridade da água e as cargas dos íons.

Como pode-se observar na figura 16, as moléculas de água se aproximam dos cristais, os íons começam a interagir com a água e o cristal se desfaz, e por fim, os íons envolvem as moléculas de água formando uma espécie de “cadeia”. A orientação observada é que o oxigênio atrai os íons sódio e os hidrogênios atraem os íons cloreto. É interessante notar que o grupo considerou que os íons cloreto e sódio também se atraem, e assim é formada uma estrutura que se assemelha a um tipo de “cadeia” entre as espécies químicas envolvidas.

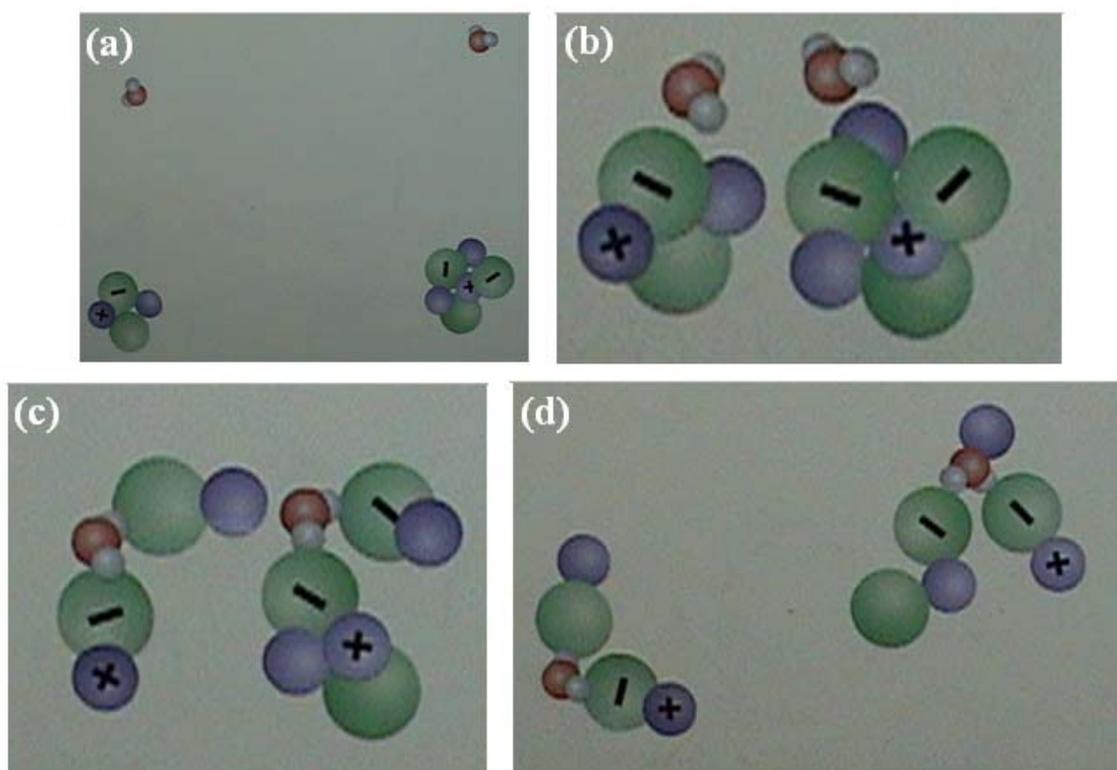


FIGURA 16 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto em água.  
(Grupo 2)

No texto produzido pelo grupo 2, é explicada a dissolução do cloreto de sódio em termos de polaridade das substâncias, entretanto, não há a descrição de

como ocorrem as interações entre o sal e a água. Ou seja, não é possível produzir a animação a partir o texto redigido em grupo.

Souza e Cardoso (2009) encontraram modelos mentais de estudantes de pós-graduação em Química que aparentemente coincidem com os expressos pelo grupo 2, como pode-se observar na figura 17.

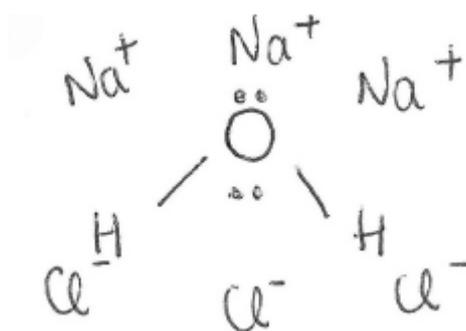


FIGURA 17 – Representação da dissolução do cloreto em água por alunos pós-graduandos em Química (SOUZA e CARDOSO, 2009).

É estarrecedor notar que estudantes de pós-graduação da área de Química Analítica apresentem modelos mentais semelhantes aos de estudantes da 1ª série do Ensino Médio que se defrontaram com esse fenômeno com intuito de explicá-lo pela primeira vez.

O grupo 3 apresentou um modelo mental cinemático confuso, que desde o começo apresenta íons livres e cristais de cloreto de sódio. Durante a animação observa-se que os cristais se movem em direção a um aglomerado de moléculas de água, e quando se aproximam, as águas hidratam os cristais e os íons. Entretanto, as águas não retiram íons do retículo cristalino, apenas os envolvem, como pode-se observar na figura 18. Também não foi observada nenhuma orientação específica em relação aos íons e as moléculas de água.

Quando comparados os modelos mentais extraídos dos depoimentos individuais dos estudantes com a animação elaborada em grupo, pode-se notar que é um novo modelo e possui elementos não vistos nos modelos anteriores dos estudantes, apesar de apresentar características fortes dos modelos de dois estudantes (Alunos 2 e 21).

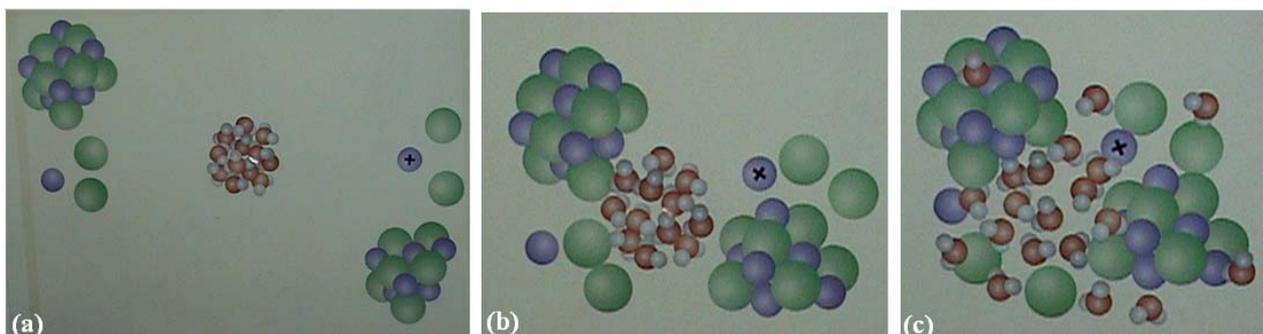


FIGURA 18 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto de sódio em água. (Grupo 3)

O modelo expresso na animação é bem diferente do modelo observado no texto redigido em grupo. No texto havia a preocupação com as orientações das moléculas e dos íons, enquanto na animação, esse fator não foi observado.

O Grupo 4 apresentou um modelo mental cinemático confuso, onde desde o início da animação os íons estão livres e interagem com as moléculas de água. Parece que no decorrer da animação, ocorre a aproximação de todas as espécies envolvidas e no fim, as distâncias entre as moléculas e os íons são reduzidas, conforme é apresentado na figura 19.

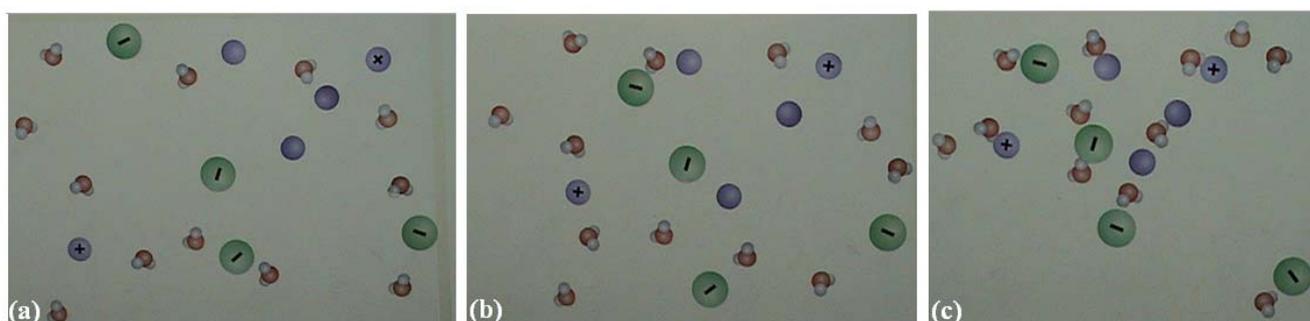


FIGURA 19 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto de sódio em água. (Grupo 4)

Durante a elaboração da animação foi observada uma intensa discussão entre os membros do grupo sobre qual seria o modelo mental utilizado para a explicação. Dessa intensa discussão seguiu-se um consenso e surgiu um novo modelo, mas que mantinha as principais características do modelo da Aluna 8.

O modelo mental expresso no registro escrito em grupo difere totalmente do modelo apresentado na animação. No texto em grupo, a dissolução

era explicada por meio da separação dos íons. Na produção da animação houve um intenso debate sobre o modelo que seria expresso, e ele foi drasticamente alterado.

O Grupo 5 apresentou um modelo mental confuso em sua animação. Inicialmente há íons livres, o cristal de cloreto de sódio e moléculas de água, e ocorre uma aproximação das moléculas de água e dos íons livres em relação a um aglomerado de íons e a formação de um cristal hidratado, conforme pode ser observado na figura 20.

Quando comparados os modelos mentais obtidos por meio do depoimento dos estudantes com a animação produzida em grupo, percebe-se que o modelo mental da Aluna 23 prevaleceu no grupo.

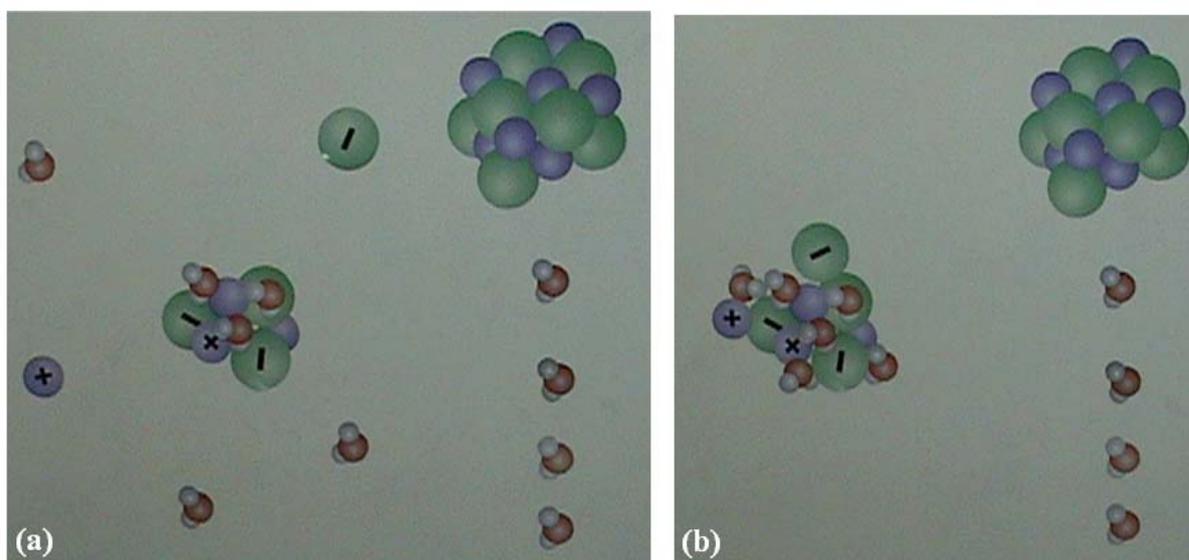


FIGURA 20 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto em água. (Grupo 5)

É difícil comparar o modelo expresso no texto elaborado em grupo com a animação produzida. A animação apresenta íons livres e cristais de cloreto de sódio desde o início, enquanto no texto, não há citação se os íons estão livres no início do processo. Em ambos, não existe preocupação com a orientação das moléculas e dos íons.

O grupo 6 apresentou em sua animação um modelo mental em que basicamente a dissolução do cloreto de sódio corresponde à separação dos íons, de acordo com a figura 21. Não foi observada na animação uma preocupação em manter os íons orientados em relação às moléculas de água.

O modelo mental expresso na animação corresponde ao modelo dos alunos 14, 19 e 20, e durante o processo de sua produção, o Aluno 20 convenceu o restante do grupo que seu modelo era o mais correto, e comandou a elaboração da animação.

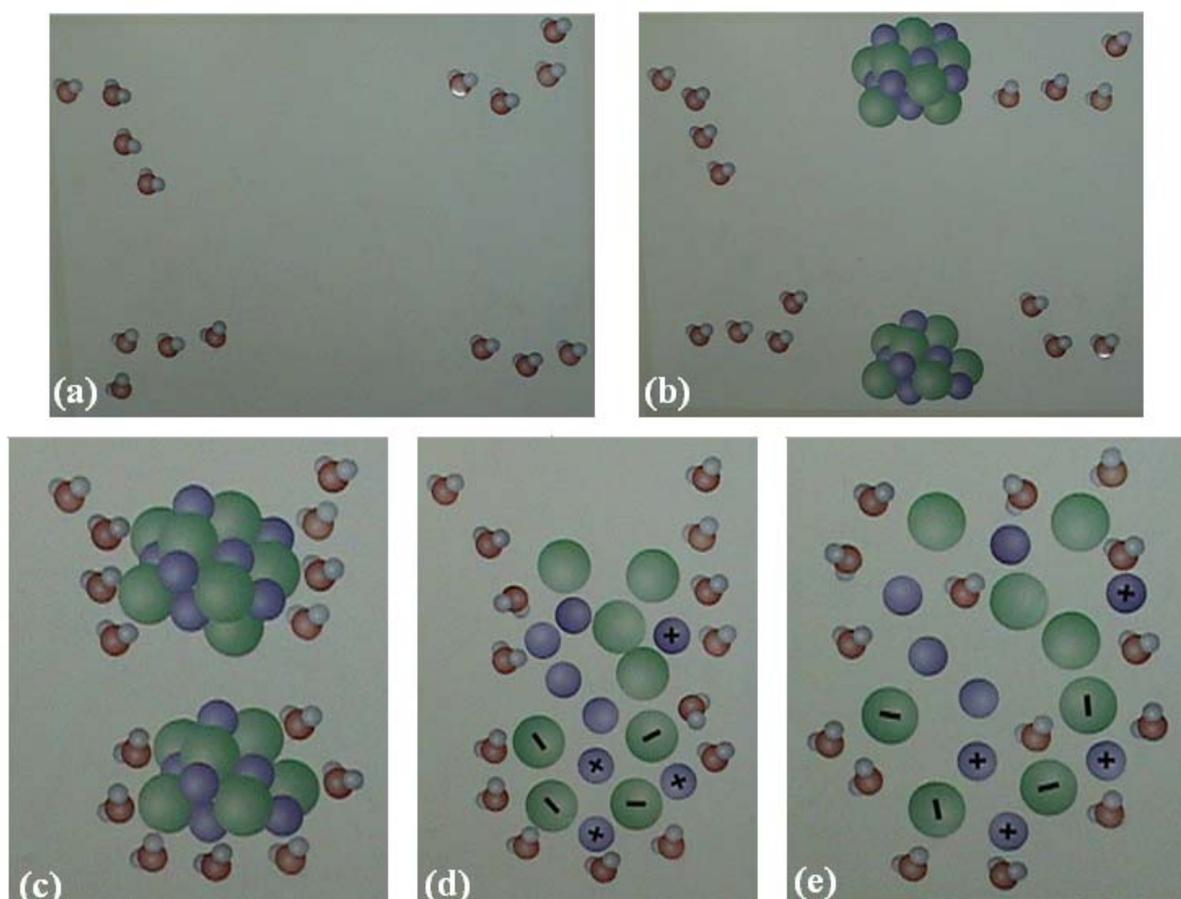


FIGURA 21 – Representação da seqüência de dissolução do cloreto de sódio em água. (Grupo 6)

Os modelos expressos na animação e no texto redigido em grupo não são coerentes. O texto apresentou um modelo confuso, em que a dissolução era basicamente compreendida como a união entre os íons e a água. Na animação observa-se o oposto, as moléculas de água atacam os retículos cristalinos e ocorre uma separação dos íons mediante a interação das moléculas de água.

Os modelos observados para a dissolução do cloreto de sódio basicamente são o que considera a separação de íons, a recristalização e a hidratação do cristal iônico. Pode-se observar também que alguns grupos demonstram preocupação com a orientação das moléculas frente aos íons, entretanto essa orientação mostra-se incorreta. Também é notável que durante o

processo de elaboração das animações, pode ocorrer que um aluno lidere o grupo e o convença de que seu modelo explica melhor o fenômeno ou é possível ocorrer também uma intensa discussão entre o grupo e surgir um novo modelo como consenso.

#### 4.2.5 – Evolução dos modelos mentais

Para vários estudantes, durante o processo de investigação, ocorreu uma evolução dos modelos mentais sobre a dissolução do cloreto de sódio. Na tabela 6 pode-se observar os modelos mentais extraídos pelas diferentes ferramentas empregadas.

Para a grande maioria dos alunos, houve modificações em seus modelos mentais expressos, pelo menos em alguma etapa da coleta de dados.

Alguns alunos (Aluno 10, por exemplo), em um ou em vários momentos, afirmaram que em seus modelos havia determinada orientação entre as moléculas de água e os íons, mas em outro momento se esqueciam da orientação, e vice-versa. Esse fato corrobora a afirmação de NORMAN (2009), no que diz respeito à instabilidade dos modelos mentais das pessoas.

Quando comparados os modelos expressos por meio do depoimento individual com o texto redigido em grupo, catorze estudantes (70,0%) apresentaram alterações em seus modelos, mesmo que mantendo os seus elementos principais e alterando elementos adicionais do modelo inicialmente apresentado.

Dos alunos que tiveram seus modelos mentais para a dissolução do cloreto de sódio investigados por mais de uma ferramenta, todos apresentaram pelo menos uma mudança entre as diferentes formas de coleta.

TABELA 6 – Dados sobre a evolução dos modelos mentais dos estudantes com relação à dissolução do cloreto de sódio.

Aluno	Registro escrito individual		Depoimento individual		Registro escrito em grupo		Animação elaborada em grupo			
	Modelo	Orientação espacial	Modelo	Orientação espacial	Modelo	Orientação espacial	Modelo	Orientação espacial		
1	Separação dos íons; Água se une ao sal.	Nenhuma	Separação dos íons	Nenhuma	Separação dos íons e posterior formação de cristais	Nenhuma	Separação dos íons e posterior formação de cristais	Nenhuma		
2	Cristal de sal se une à água; Separação dos íons;		Cristais hidratados		Separação dos íons		Na <sup>+</sup> atrai o Oxigênio da água; Cl <sup>-</sup> atrai o Hidrogênio da água.		Cristais hidratados	
3	Água se une ao sal.		Cristais hidratados						Íons livres presentes desde o início	
4	Separação dos íons; Água se une ao sal.		Separação dos íons							
5	Incompreensível		Separação dos íons e posterior formação de cristais		Água se une ao sal.		Separação dos íons			
6	*	*	Separação dos íons	*	*	*	*			
7	Água se une ao sal.	Nenhuma	Separação dos íons e posterior formação de cristais	Nenhuma	Separação dos íons e posterior formação de cristais	Nenhuma	Cristais e íons presentes no início, com formação de outro cristal.	Nenhuma		
8	*		*		*		*		Separação dos íons	Íons livres presentes desde o início
9	*		*		*		*		Atração do cristal pela água	Separação dos íons
10	Separação dos íons	Na <sup>+</sup> atrai o Oxigênio da água; Cl <sup>-</sup> atrai o Hidrogênio da água.	Separação dos íons	2 Na <sup>+</sup> e 2Cl <sup>-</sup> para cada água	Separação dos íons	Na <sup>+</sup> atrai o Oxigênio da água; Cl <sup>-</sup> atrai o Hidrogênio da água.	Cristais hidratados	Nenhuma		
11	Separação dos íons União do NaCl; Nova separação dos íons	Nenhuma	Atração entre íons forma cristal; Separação dos íons	Nenhuma		Nenhuma	Íons livres presentes desde o início			



26	Separação dos íons; Água se une ao sal.	Nenhuma	Separação dos íons e posterior formação de cristais	Nenhuma	Separação dos íons e posterior formação de cristais	Nenhuma	Separação dos íons e posterior formação de cristais	Nenhuma
27	Separação dos íons		Separação dos íons		Separação dos íons	Na <sup>+</sup> atrai o Oxigênio da água; Cl <sup>-</sup> atrai o Hidrogênio da água.	Cristais hidratados	

\* alunos que faltaram na coleta de dados.

### 4.3 – Sistema heterogêneo

Em relação ao sistema heterogêneo (água e gasolina), foram coletados registros escritos individuais e em grupo, além dos depoimentos individuais dos estudantes e das animações produzidas em grupo. O experimento realizado pelos estudantes é o de formação de um sistema heterogêneo formado por água e gasolina. (APÊNDICE B, p. 120)

#### 4.3.1 – Registros escritos individuais

Na produção do texto individual sobre a dissolução do NaCl pelos estudantes, percebeu-se que estes inicialmente não compreenderam o que se esperava da redação do texto. Eles não conseguiam imaginar o fenômeno em nível sub-microscópico. Em vista disso, foram fornecidas figuras que representavam as moléculas da água e do n-heptano, considerado como a principal substância presente na gasolina para efeito de simplificação. Com essas figuras (APÊNDICE C, p. 124), eles simularam o que ocorreu no experimento (APÊNDICE B, p. 120) e assim redigiram os textos. É importante salientar que os alunos estudaram a relação da movimentação das moléculas com o estado físico das substâncias durante o curso por meio da manipulação de modelos moleculares e assistiram uma animação tridimensional em um vídeo didático.

Pode-se observar na tabela 7 os modelos mentais sobre um sistema heterogêneo (água e gasolina) expressos nos textos individuais dos estudantes. De modo geral os textos ficaram menos confusos do que os textos elaborados para a dissolução do cloreto de sódio.

Como pode-se observar na tabela 7, houve grande diversidade de modelos mentais apresentados nos textos dos estudantes. De um modo geral, a grande maioria (70,0%) relacionou as duas fases observadas no experimento com o comportamento das moléculas, ou seja, pode-se afirmar que em geral foi feita uma relação adequada entre o nível macroscópico com o nível sub-microscópico, para este experimento. Contudo, as explicações dadas para a imiscibilidade entre a água e a gasolina e as posições das fases observadas foram bem diversas. Alguns estudantes atribuíram a imiscibilidade da água com a gasolina à densidade, outros à densidade e polaridade. Além disso, alguns alunos atribuíram à densidade, à polaridade ou a ambos as explicações sobre a posição das fases na mistura heterogênea. Outros estudantes simplesmente não explicaram por que as duas substâncias não se misturavam ou o motivo das posições das duas fases observadas.

TABELA 7 – Dados colhidos por meio dos textos individuais sobre os modelos mentais dos alunos referentes ao sistema com água e gasolina.

<b>Frequência</b>	<b>Sistema</b>	<b>Imiscibilidade</b>	<b>Posição das fases</b>	
2 (10,0%)	<b>Gasolina em cima; Água em baixo.</b>	Polaridade	Densidade	
2 (10,0%)			Densidade e polaridade	
2 (10,0%)		Não descreveu	Densidade	
2 (10,0%)		Densidade	<b>Não descreveu</b>	
2 (10,0%)		Polaridade		
2 (10,0%)		Não descreveu		
2 (10,0%)		Polaridade		
1 (5,0%)		Não descreveu	Polaridade e densidade	Polaridade e densidade
1 (5,0%)			Há outra substância que impede a mistura.	<b>Não descreveu</b>
1 (5,0%)		Moléculas de água em grupos e em movimento; Moléculas de gasolina unidas e paradas.	<b>Não descreveu</b>	
1 (5,0%)	Gasolina em baixo; Água em cima.			
1 (5,0%)	Água de um lado e gasolina do outro.	Densidade		

A Aluna 16 apresentou um bom modelo mental em seu texto:

... Como a água é uma substância polar e a gasolina apolar, eles não se atraem, viram uma mistura heterogênea com duas fases. Como provavelmente, além de tudo, a gasolina é menos densa que a água, ela fica em cima e a água em baixo. (Aluna 16)

A Aluna 16 atribuiu corretamente à diferença de polaridade como a causa da formação de uma mistura heterogênea das substâncias. Também explicou corretamente a posição das fases na mistura, citando a diferença de densidade. Dois estudantes (10,0%) apresentaram estes modelos mentais em seus textos.

A Aluna 17 explicou o fenômeno com as seguintes palavras:

As moléculas de gasolina ficam por cima da água não só por serem menos densas, mas também por serem apolares. Como a água é polar, ela não dissolve a gasolina, não havendo mistura homogênea. (Aluna 17)

A estudante explica corretamente a razão da imiscibilidade das duas substâncias, entretanto atribuiu as diferentes posições das fases na mistura heterogênea às diferentes polaridades e densidades da água e da gasolina. Dois estudantes (10,0%) apresentaram estes modelos mentais sobre o sistema heterogêneo em seus textos.

O Aluno 21 descreveu que *“a gasolina ficou na superfície da água, porque ela é menos densa do que a água.”*, atribuindo dessa forma as diferentes posições das fases à diferença das densidades entre as substâncias presentes no sistema.

Em seu texto, não há menção sobre o motivo da água e a gasolina não se misturarem, entretanto, a explicação sobre a diferença da posição das fases está correta, relacionada com a diferença das densidades das substâncias. Além disso, é descrito que as moléculas de água ficam em baixo das moléculas da gasolina. Dois alunos (10,0%) apresentaram estes modelos mentais em seus textos individuais.

A Aluna 25 descreveu o seu modelo da seguinte forma:

Acho que as moléculas da gasolina ficam em cima e as da água embaixo porque a gasolina ela é menos densa que a água por isso ela fica em cima. (Aluna 25)

Pode-se observar em seu texto, que o motivo para as substâncias não se misturarem é a diferença de densidade. Não é citada no texto a razão das

posições das fases na mistura heterogênea. Dois estudantes (10,0%) utilizaram esse modelo mental para explicar o fenômeno em seus textos.

A Aluna 2 explica assim:

As moléculas de água e as da gasolina não se misturão (*sic*) porque as moléculas da gasolina não tem pólo positivo ou negativo então não são atraídas pelas moléculas de água e assim não é possível elas se misturem. (Aluna 2)

Assim a estudante explica que a formação do sistema heterogêneo ocorre devido à diferença de polaridade entre as substâncias. Entretanto, ela não menciona o motivo da gasolina ser a fase sobrenadante e também não descreve se o sistema visualizado corresponde ao comportamento das substâncias em nível molecular. Este modelo é apresentado por dois estudantes (10,0%) em seus textos.

A Aluna 11 elaborou um modelo mental em que apenas visualiza o sistema em nível sub-microscópico. Porém, não apresenta nenhuma explicação para a imiscibilidade e a posição das fases no sistema heterogêneo. Ela descreve o sistema com “*as moléculas de gasolina, ficaram em cima, e as de água ficaram em baixo*”. Em seu texto, não há menção sobre a razão da água não se misturar com a gasolina e também o porquê da gasolina ser o líquido sobrenadante. Dois estudantes (10,0%) explicitaram esse modelo mental em seus textos individuais.

A Aluna 7 apresentou um modelo mental em seu texto, onde explica que a água e a gasolina não se misturam em função da diferença de polaridade:

... Eles não se misturam, pois um é polar e o outro apolar. Então as moléculas da gasolina ficam por cima das moléculas de água. ... (Aluna 7)

A estudante descreve o sistema em nível sub-microscópico e explica que as substâncias não se misturam por que apresentam polaridades diferentes, porém, não menciona a razão da posição das fases no sistema heterogêneo. Este modelo mental foi apresentado por dois estudantes (10,0%) nos seus textos individuais.

No texto da Aluna 9 pode-se perceber que para ela, tanto a polaridade quanto a densidade são responsáveis pela formação do sistema heterogêneo e da posição das fases da água e da gasolina. Ela explica assim:

Acontece que as moléculas da gasolina não tem polaridade, e também porque sua densidade é menor do que as moléculas da água, e por isso

não se juntam formando uma só molécula. E por isso flutuam em cima da água. (Aluna 9)

Para esta aluna (5,0%), a polaridade e a densidade agem em conjunto, causando a formação das duas fases do sistema heterogêneo bem como a posição ocupada por cada substância na mistura.

O Aluno 19 (5,0%) propôs que o sistema é heterogêneo por causa da diferença de polaridade e densidade das substâncias. Em suas palavras:

Em cima estão as bolinhas de gasolina ( $C_7H_{16}$ ) e em baixo estão as bolinhas de água ( $H_2O$ ), quando (*sic*) misturamos os 2 eles não se juntão (*sic*) por causa da diferença de densida (*sic*) das moléculas e porque a gasolina é polar e a água apolar. (Aluna 19)

Assim, a descrição do sistema em nível sub-microscópico é coerente com a visualização em nível macroscópico. Entretanto, a explicação dada para a imiscibilidade da água e da gasolina corresponde à diferença das densidades e de polaridades. No texto não há menção sobre a razão da posição das fases.

A Aluna 3 apresenta em seu modelo mental um elemento inédito entre os outros modelos investigados. Ela explica a imiscibilidade da água e da gasolina dessa maneira:

Logo quando se adiciona a gasolina, percebemos que a gasolina não se mistura com a água. Isso acontece porque na gasolina a uma substância que não permite com que ela se misture com a água. (Aluna 3)

Segundo a Aluna 3 (5,0%), existe alguma substância presente na composição da gasolina que impede a sua mistura com a água. Em momento algum no texto ela tenta explicar que substância é esta, assim como não explica a posição das fases no sistema heterogêneo.

Foi observado um modelo mental interessante para a Aluna 22 (5,0%). Ela descreve assim:

No momento em que a gasolina é colocada na água, suas moléculas estão juntinhas. E assim permanecem pois a gasolina não se mistura as moléculas de  $H_2O$ . Enquanto as moléculas de  $H_2O$  estão separados nos pequenos grupinhos e se movendo, as moléculas de  $C_7H_{16}$  estão paradas, unidas e na superfície do copo. (Aluna 22)

A estudante não explicita em seu texto as razões para a imiscibilidade dos líquidos e nem sobre as posições das fases no sistema. Entretanto, ela descreve o sistema e afirma que as moléculas de água estão em movimento e em grupos, enquanto as moléculas de gasolina estão sem movimento, agrupadas e compõem a fase sobrenadante.

No texto do Aluno 5 (5,0%) observou-se que ele apenas descreveu o sistema em nível sub-microscópico. Em sua descrição, as “*bolinhas de Água ficaram em baixo e as de gasolina em cima.*” Em seu texto, ele não descreve um motivo para as duas substâncias não se misturarem e também não cita uma razão para a posição das fases observadas no sistema heterogêneo.

A Aluna 4 (5,0%) expressou em seu texto um modelo em que ela descreve o sistema e explica a imiscibilidade da água e da gasolina por meio da diferença de densidade. Segue abaixo sua explicação para o fenômeno observado no experimento:

... As bolinas (*sic*) vermelhas e brancas [águas] ficam de um lado e as gasosas [gasolina] ficam do outro.  
Elas ficam em movimento e não se misturam (*sic*) porque a gasolina é mas (*sic*) densa que a água. (Aluna 4)

Ela atribui à diferença de densidade o motivo das duas substâncias não se misturarem. Em momento algum do texto ela cita a razão para a posição das fases observadas.

De um modo geral, os alunos relacionaram o sistema observado no experimento com a representação em nível sub-microscópico. Entretanto, as explicações para a imiscibilidade dos líquidos e para a posição das fases foram bastante divergentes e em muitos casos, pôde-se constatar que seus modelos são deficientes para explicar o fenômeno observado.

#### **4.3.2 – Depoimentos dos estudantes**

Após a redação do texto individual, em que os estudantes explicaram o sistema heterogêneo formado por água e gasolina em nível sub-microscópico, foi produzido um registro audiovisual dos depoimentos em que os alunos individualmente explicaram novamente este sistema. Os alunos puderam utilizar as

mesmas figuras que utilizaram para redigir o texto (figuras que representam a molécula de água e a gasolina, APÊNDICE C, p. 124). Essas figuras novamente foram fornecidas pelos pesquisadores.

De uma forma geral, os alunos ficaram menos nervosos com a produção do registro audiovisual de seu depoimento, em relação ao depoimento para explicar o fenômeno da dissolução do sal de cozinha. Neste caso, também pode-se afirmar que os alunos se expressaram muito melhor verbalmente em relação ao registro escrito.

É possível observar na tabela 8 os modelos mentais encontrados por meio dos depoimentos dos estudantes.

TABELA 8 – Dados colhidos por meio dos depoimentos individuais sobre os modelos mentais dos alunos referentes ao sistema formado por água e gasolina.

<b>Frequência</b>	<b>Sistema</b>	<b>Imiscibilidade</b>	<b>Posição das fases</b>	<b>Movimento</b>	
3 (14,3%)	Água em baixo; Gasolina em cima.	Não descreveu	Não descreveu	Sim	
3 (14,3%)		Polaridade	Densidade		
2 (9,5%)		Densidade	Não descreveu	Não	
2 (9,5%)		Substância na gasolina impede mistura.		Sim	
1 (4,8%)		Polaridade		Não	
1 (4,8%)		Polaridade e densidade	Densidade	Sim	
1 (4,8%)		Polaridade	Não descreveu	Não	
1 (4,8%)				Não descreveu	
1 (4,8%)		Água em cima; Gasolina em baixo.	Não descreveu	Densidade	Sim
1 (4,8%)		Água em baixo; Gasolina em cima.	Moléculas unidas	Não descreveu	Água sim, gasolina não.
1 (4,8%)			Densidade		Sim
1 (4,8%)					

Como pode-se observar na tabela 8, foram expressos nos depoimentos uma grande variedade de modelos mentais. Com relação à descrição do sistema, quase a totalidade dos alunos (96,2%) afirmou que em nível sub-microscópico, o

sistema se comporta de maneira semelhante ao que é observado no experimento, com a gasolina como o líquido sobrenadante no sistema heterogêneo.

Em relação à explicação sobre a água e a gasolina não se misturarem, a maior parte dos alunos (38,1%) afirmou que era devido à diferença de polaridade, outra parte dos alunos (19,0%) explicou que era em função das diferentes densidades, alguns alunos (9,5%) argumentaram que ocorria devido à densidade e à polaridade das substâncias envolvidas, enquanto outros alunos (19,0%) não explicaram ou atribuíram a outros fatores (14,3%).

Sobre a posição das fases no sistema heterogêneo, a grande maioria dos alunos (71,4%) não mencionou nada em seus depoimentos. O restante dos estudantes afirmou que as fases observadas no experimento eram provenientes das diferentes densidades das substâncias.

A maior parte dos estudantes (61,9%) considerou que o sistema estava em constante movimento. Outra parte significativa dos alunos (23,8%) afirmou que o sistema estava completamente parado, em nível molecular. Alguns alunos (9,5%) consideraram que as moléculas de água estavam se movendo e a gasolina não.

Com relação aos modelos mentais completos apresentados pelos alunos em seus depoimentos, a seguir temos uma discussão sobre cada um deles.

Uma parte dos alunos (14,3%) apenas descreveu o sistema em nível sub-microscópico e defendeu que o sistema todo está em constante movimentação. Pode-se observar na figura 22 que é representado um sistema heterogêneo com duas fases, visto que a gasolina (n-heptano) corresponde a fase superior e a água a fase inferior.

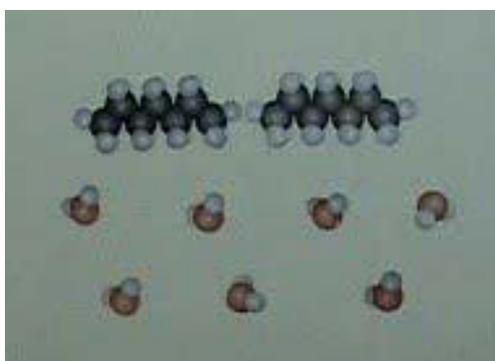


FIGURA 22 – Representação da água e da gasolina em escala molecular. (Aluna 4)

Estes alunos não mencionaram motivos para a água e a gasolina não se misturarem e também não apresentaram alguma razão para a posição das fases

observadas no sistema. Também não explicaram porque imaginaram o sistema todo em movimento, embora tais movimentos sejam aceitos cientificamente.

Outra parte dos alunos (14,3%) apresentou um modelo mental em que a razão atribuída a imiscibilidade é a polaridade das diferentes substâncias e a posição das fases é explicada pela diferença de densidade. Os estudantes também propuseram que o sistema todo está em movimento. O Aluno 20 explica assim o sistema:

... Então, a gasolina sendo apolar, ela não vai misturar com as moléculas de água. E ela vai ficar em cima porque sua densidade é menor do que a de água. (...)  
Então ela não se mistura por causa da polaridade e fica em cima por causa da densidade. ... (Aluno 20)

O sistema é apresentado tendo a gasolina como sobrenadante, como pode-se observar na figura 23.

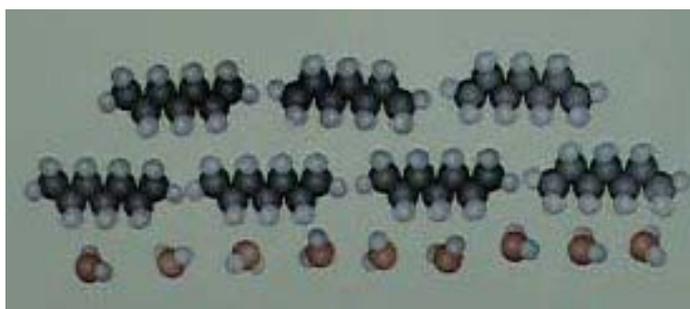


FIGURA 23 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 16)

Esses alunos não explicaram o motivo de considerar que o sistema está em movimento constante.

Outro modelo apresentado por dois estudantes (9,5%) mostra que as diferentes polaridades das substâncias são responsáveis pela imiscibilidade destas e que as moléculas estão em constante movimento. Não há menção sobre o motivo da posição das fases no sistema. Sobre a movimentação das moléculas um estudante não tentou explicar, enquanto a Aluna 17 propôs uma explicação:

... Eu acho que os dois se mexem, só que..calma aí. A gasolina, ai, eu acho que todos estão vibrando, só que no mesmo ritmo, porque os dois são líquidos. ... (Aluna 17)

Embora a estudante tenha razão quanto à vibração das moléculas, a mesma atribui a movimentação das moléculas ao estado físico das substâncias, líquido no caso da água e da gasolina.

Um modelo que foi observado (9,5%) nos depoimentos dos alunos é o de que as substâncias não se misturam devido à diferença de densidade e que as moléculas do sistema encontram-se estáticas. Não é explicitada a razão da posição das fases do sistema e o motivo das moléculas não apresentarem movimento.

Outro modelo observado é o da Aluna 3 (4,8%), em que ela descreve o sistema em nível sub-microscópico e atribui a imiscibilidade da água e da gasolina à alguma substância presente na composição da gasolina que não permite a sua dissolução na água. Ela explica assim sua proposição:

... Ah, eu acho que talvez por ter alguma substância na gasolina que não consiga se dissolver na água. Eu acho que é alguma substância que tem na gasolina que não chega a bater com a água, eu acho. ... (Aluna 3)

A estudante também aponta que o sistema é estático, não há movimento algum. Ela detalha com suas palavras:

... Eu acho que tá parado, porque não tem como né ficar as moléculas da gasolina se misturar com as moléculas da água e ficar se mexendo. Fica tudo parado. ... (Aluna 3)

Portanto, a imiscibilidade da água com a gasolina é considerada como o motivo para o sistema estar sem movimento. Além disso, ela não explicou por que as substâncias não se misturam e também o motivo da posição das fases no sistema.

A Aluna 27 (4,8%), assim como a 3, apresentou um modelo que considera que a razão da água não se misturar com a gasolina é a presença de substâncias na composição da gasolina que impedem a sua dissolução na água. Quando perguntada sobre a imiscibilidade das substâncias ela respondeu: *“Eu acho que é porque a gasolina tem um monte de misturas químicas que não deixa o resto se misturar com a água”*. A estudante também explicou que as moléculas do sistema todo estariam em movimento, entretanto não esclareceu o motivo de tal afirmação. Também não citou a razão das posições das fases do sistema heterogêneo.

O Aluno 14 (4,8%) apresentou um modelo mental distinto, em que considera a polaridade das substâncias como responsável pela sua imiscibilidade, e

afirma que as diferentes densidades da água e da gasolina resultaram na posição das fases no experimento. Considera também que as moléculas estão sem movimento.

A Aluna 9 (4,8%) apresentou um modelo mental em seu depoimento em que considera tanto a polaridade quanto a densidade como responsáveis pela imiscibilidade entre a água e a gasolina. Com relação à posição das fases no sistema, ela atribuiu à diferença de densidade entre as substâncias. Por fim, ela afirmou que todas as moléculas do sistema estavam em movimento, entretanto, não esclareceu a razão disso.

O Aluno 24 (4,8%) expressou um modelo mental muito semelhante ao da Aluna 9. Ele considerou que tanto a densidade quanto a polaridade das substâncias são responsáveis pela água não se misturar com a gasolina. Afirmou que o sistema está em movimento, entretanto não citou uma razão para a posição das fases no sistema.

No depoimento da Aluna 7 (4,8%) foi observado que seu modelo mental apresentava como explicação para a imiscibilidade das substâncias as diferentes polaridades. Além disso, foi afirmado que as moléculas do sistema estavam estáticas. Não foi mencionado o motivo da posição da gasolina ser o líquido sobrenadante e a água ocupar a fase inferior, e também não foi explicitada a razão do sistema estar em movimento.

A Aluna 2 apresentou um modelo em que descreve o sistema em nível sub-microscópico e apenas cita que não ocorre a mistura entre as substâncias em razão da polaridade:

... E quando a gente coloca a gasolina, por elas não terem positivo e nem negativo, elas não acharem, não saem uma perto da outra, não tem como elas se misturarem com as moléculas de água. Aí elas ficam separadas aqui em cima. Então elas não são atraídas por essas daqui [moléculas de água]. Acho que é isso. Foi o que eu pensei. (...)  
Por que elas [moléculas de gasolina] não tem pólo negativo e positivo. Eu acho. ... (Aluna 2)

A estudante emprega a diferença de polaridades para explicar a imiscibilidade das substâncias.

A descrição do sistema heterogêneo em nível molecular pode ser visualizada na figura 24:



FIGURA 24 – Representação do sistema com água e gasolina em nível sub-microscópico. (Aluna 2)

A estudante não explica o motivo da posição das fases no sistema e não revela sua idéia sobre a movimentação das moléculas presentes.

O Aluno 10 (4,8%) apresentou um modelo mental diferente dos demais no que diz respeito à descrição do sistema heterogêneo em nível molecular. Ele afirmou que o sobrenadante é a água e explica a seguir:

... Coloquei assim. Coloquei essas embaixo [gasolina] porque são, as substâncias presentes nela são mais pesados do que a água, que o  $H_2O$ . ...  
(Aluno 10)

Na figura 25 é possível observar a representação do sistema estudado. O estudante afirma que há substâncias presentes na gasolina que as tornam mais “pesadas” do que a água e, portanto, a gasolina corresponde à fase inferior do sistema observado, o que contradiz sua própria observação, já que havia feito o experimento anteriormente.



FIGURA 25 – Representação do sistema com água e gasolina em escala molecular.  
(Aluno 10)

O aluno também sugere que o sistema está em constante movimento, porém, não explicou a razão desse comportamento das moléculas. O estudante também não citou o motivo das substâncias não se misturarem.

O modelo apresentado pela Aluna 11 (4,8%) apresenta um elemento inédito em relação aos outros investigados. Ela atribui a imiscibilidade das substâncias a uma união das moléculas de gasolina, que dessa forma não possibilita a mistura com a água. Ela explica assim:

Ah, eu acho que quando mistura a água com a gasolina, por isso que elas não misturam, porque elas não se soltam, as moléculas. Aí quando você chacoalhou aquele negócio lá, aí misturou assim, mas elas voltaram porque elas se agruparam (*sic*) [as moléculas de gasolina], ficaram todas juntas. Aí a água fica embaixo, andando assim. Por isso que elas não ficam em cima [as moléculas da água], por que elas não se soltam [as moléculas de gasolina]. ... (Aluna 11)

Desse modo, a estudante descreve que o sistema fica como na figura 26. É possível perceber que as moléculas de gasolina estão unidas, enquanto as moléculas de água estão relativamente distantes umas das outras.



FIGURA 26 – Representação do sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 11)

A estudante propõe também que apenas as moléculas de água estão em movimento, e as moléculas de gasolina estão estáticas, pois elas estão unidas e isso impede sua movimentação.

No modelo da Aluna 22 (4,8%) foi observado que a razão atribuída para a imiscibilidade entre a água e da gasolina é a diferença das densidades. Ela também afirmou que apenas as moléculas de água estão em movimento e que a gasolina encontra-se estática, entretanto, não esclareceu o motivo desta afirmação.

Também não explicou a razão da diferença na posição das fases observadas no experimento.

A Aluna 25 expressou em seu depoimento que basicamente a razão da água e da gasolina não se misturar é a diferença das densidades. Ela explica mais detalhadamente:

Eu acho que é por isso. Por a água ser mais densa, as moléculas da água serem mais densas, elas não suportaram as menos densas e jogaram elas pra cima de novo. ... (Aluna 25)

Ela explica a posição das fases do sistema utilizando o conceito da diferença de densidade entre as substâncias. A estudante sugere que as moléculas do sistema todo estão em movimento, mas não explica o motivo.

De um modo geral, as descrições do sistema em nível de representação sub-microscópica elaboradas pelos estudantes foram muito semelhantes. Entretanto, os conceitos empregados na construção de seus modelos mentais muitas vezes são inadequados, como por exemplo, usar a diferença de densidade para explicar a imiscibilidade da água e da gasolina. Foi observado também que muitas vezes os estudantes simplesmente imaginam o sistema, mas não apresentam explicação alguma para o comportamento das moléculas, como no caso da movimentação das espécies envolvidas. Esta observação está de acordo com o que Norman (2009) propõe.

#### **4.3.3 – Registros escritos pelos grupos**

De um modo geral, os textos redigidos em grupo sobre o sistema heterogêneo ficaram confusos, mas não tão confusos quanto os primeiros textos produzidos individualmente.

Estes textos produzidos em grupo foram elaborados com a proposta de que seria uma ferramenta auxiliar na produção das animações, com a finalidade de auxílio no planejamento da animação.

Os grupos que elaboraram o texto não são necessariamente os mesmos que elaboraram o texto e a animação sobre a dissolução do NaCl em água.

Os alunos tiveram liberdade para trocar membros entre grupos ou criar grupos novos.

O grupo 1 preferiu não realizar a produção do texto para auxiliar na produção da animação, pois já tinham mentalizado o processo de formação do sistema heterogêneo. Portanto, também não foi possível relacionar com o modelo mental do integrante do grupo que prevaleceu.

No texto do grupo 2, o modelo observado apresentou alguns elementos interessantes, como a razão das substâncias não se misturarem foi atribuído à maior densidade da gasolina em relação à da água. Pode-se observar no texto também que as moléculas apresentam movimento.

Um elemento que também chamou a atenção é a questão do comportamento das moléculas da água e da gasolina. O grupo explica assim este comportamento:

... No copo haverá também grupos de  $H_2O$  juntos, e assim se separando. Diferente das moléculas de gasolina que no momento em que é colocado elas estão juntas e não se separam. (Grupo2)

Pode-se observar que o grupo 2 descreve que as moléculas de água possuem uma mobilidade maior do que a gasolina, pois podem se agrupar com outras moléculas e se separar novamente, enquanto as moléculas de gasolina se mantêm agrupadas e não se separam.

O modelo mental expresso no texto aparentemente é resultante da combinação dos modelos expressos nos depoimentos dos alunos 11, 21 e 22. Não são observados elementos dos modelos das alunas 3 e 4 no texto. Portanto, houve o surgimento de um novo modelo mental como resultado da discussão do grupo.

O modelo observado para o grupo 3 no texto apresenta a descrição das fases no sistema, com a água na fase inferior e a gasolina na superior e a diferença das polaridades entre as substâncias como motivo para a sua imiscibilidade. Também sugere que a razão da água ocupar a fase inferior do sistema é a sua densidade ser maior do que a da gasolina.

O modelo que pode ser observado no texto em grupo coincide com o modelo apresentado pelos Alunos 14 e 20. Portanto, pode-se afirmar que o modelo que prevaleceu no grupo foi destes alunos (14 e 20).

O grupo 4 apresentou em seu texto a descrição do sistema heterogêneo, apontou que as moléculas estão se movimentando constantemente,

além disso, apontou a polaridade como a razão da imiscibilidade das duas substâncias.

O grupo acrescentou também um novo elemento no modelo visualizado, os choques entre as moléculas. O grupo descreve que “*as moléculas de Gasolina se chocam entre si, já que estão em constante movimento.*” Nenhum grupo até então havia expressado em texto ou animação a ocorrência de choques entre as moléculas presentes no sistema.

O grupo 5 não explicou o sistema em termos da imiscibilidade e da posição das fases observadas e o modelo apresentado no texto corresponde ao do Aluno 15. Portanto, prevaleceu o modelo do Aluno 15 para a produção do texto em grupo.

O grupo 5 apresenta em seu texto apenas a razão das substâncias não se misturarem, a diferença de polaridades. Eles explicam mais detalhadamente:

*As moléculas de água e de gasolina não se misturam (sic) porque as moléculas (sic) de gasolina não tem polo (sic) negativo e positivo, então elas não são atraídas pelas moléculas de água. (Grupo 5)*

Eles não descreveram como ficaria o sistema e também não citaram se o sistema todo estaria em movimento, ou apenas alguma parte dele.

O modelo expresso no texto corresponde ao da Aluna 2, portanto seu modelo prevaleceu com relação aos dos demais integrantes do grupo.

Em geral, os alunos apresentaram em seus textos a descrição do sistema e o motivo dos líquidos não se misturarem. As descrições do sistema e as explicações para a imiscibilidade dos líquidos também foram as mesmas de um modo geral. Um grupo (4) introduziu o conceito de que ocorrem choques entre as moléculas.

#### **4.3.4 – Animações produzidas em grupo**

Após a produção do registro escrito, os alunos fizeram o planejamento da animação em grupo e produziram as fotos da seqüência que compõem a animação. Os grupos foram compostos por dois até cinco integrantes e os próprios alunos tiveram a liberdade de montar os grupos. Conforme dito anteriormente, houve

uma mudança de na composição de alguns grupos, em relação aos que foram formados para explicar a dissolução de NaCl em água. Portanto, os nomes dos grupos não se referem necessariamente aos grupos que produziram as primeiras animações.

Podem-se observar na tabela 9 os modelos mentais identificados nas animações produzidas.

TABELA 9 – Dados sobre as animações produzidas em grupo, sobre o sistema heterogêneo formado por água e gasolina.

<b>Grupo</b>	<b>Sistema</b>	<b>Orientação espacial das espécies</b>	<b>Movimento</b>
1 e 2	Mistura inicial; Formação das duas fases (gasolina em cima e água em baixo)	Não	Todo sistema
3 e 5	Gasolina em cima e água em baixo.	Sim	
4	Gasolina em cima e água em baixo; Choques entre moléculas de água.		

Em geral, os modelos mentais apresentados pelos grupos foram bastante similares. Todos os grupos representaram o sistema heterogêneo com água e gasolina com as duas fases bem distintas. Entretanto, alguns modelos apresentaram elementos que não foram incluídos por outros grupos, como por exemplo, os choques entre as moléculas de água que o grupo 4 descreve em sua animação.

Os grupos 1 e 2 apresentaram modelos mentais muito semelhantes em suas animações. Inicialmente ocorre uma espécie de mistura entre as substâncias, conforme apresentado na figura 27(c). Muito provavelmente, os estudantes tentaram reproduzir o procedimento experimental realizado no laboratório, quando a gasolina era adicionada à água e agitada.

Em seguida, a gasolina vai para a fase superior e a água ocupa a fase inferior do sistema heterogêneo, como pode-se observar nas figuras 27 e 28.

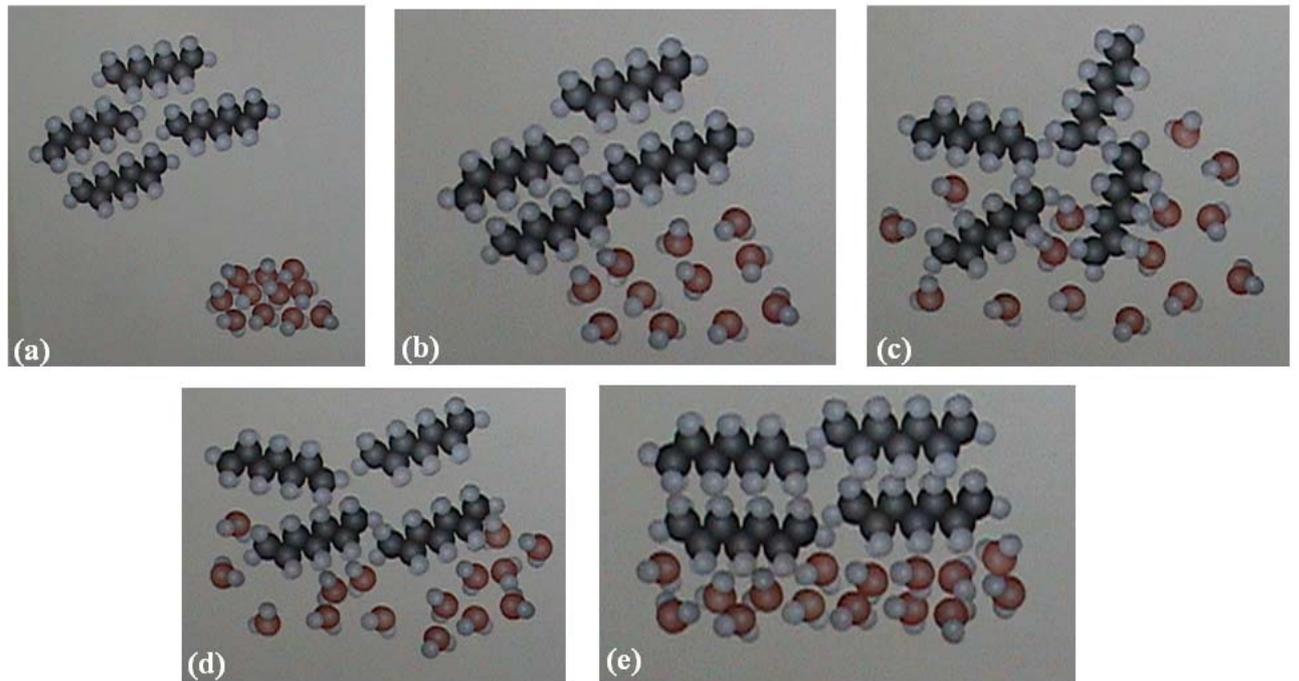


FIGURA 27 – Representação da seqüência de formação do sistema heterogêneo.  
(Grupo 1)

Na figura 27 pode-se observar que o sistema todo está em movimento, no decorrer da animação ocorre uma mistura da água com a gasolina e por fim são formadas as duas fases. Pode-se perceber também que as moléculas de água não apresentam qualquer orientação, pois elas interagem entre si e com a gasolina de maneira aleatória.

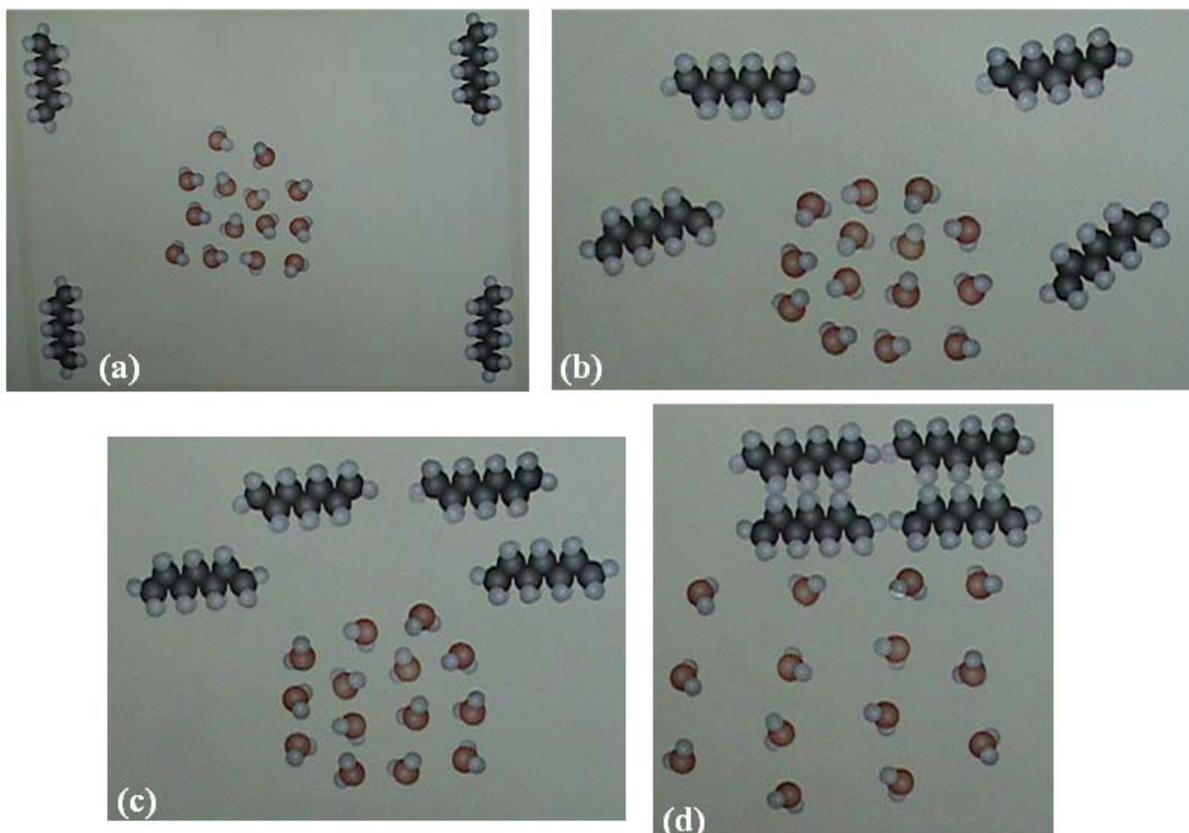


FIGURA 28 – Representação da seqüência de formação do sistema heterogêneo.  
(Grupo 2)

Pode-se observar na figura 28, que o grupo 2 apresentou um modelo em que inicialmente ocorre também uma mistura entre as substâncias, inclusive as moléculas de gasolina estão situadas nas extremidades superior e inferior da tela, conforme pode ser observado na figura 28 (a). Com o passar do tempo, são formadas as duas fases, tendo a gasolina como líquido sobrenadante e a água na fase inferior. Na animação é possível perceber também que todo o sistema está em constante movimento.

Os grupos 3 e 5 apresentaram modelos mentais cinemáticos muito semelhantes, com a representação em nível sub-microscópico das duas fases no sistema, tendo a água na fase inferior e a gasolina na fase superior, como pode-se observar na figura 29.

Tanto para o grupo 3 quanto para o 5 é possível observar que as moléculas de água apresentam certa orientação, que todos os oxigênios constituintes da água estão apontados para baixo e os hidrogênios apontam para cima. No texto dos estudantes não é observada nenhuma citação com relação à orientação das moléculas ou ocorrência de ligações de hidrogênio entre as

moléculas da água. Portanto, pode ser uma simples coincidência essa orientação das moléculas, que os estudantes não levaram em conta esse fator para a elaboração da animação.

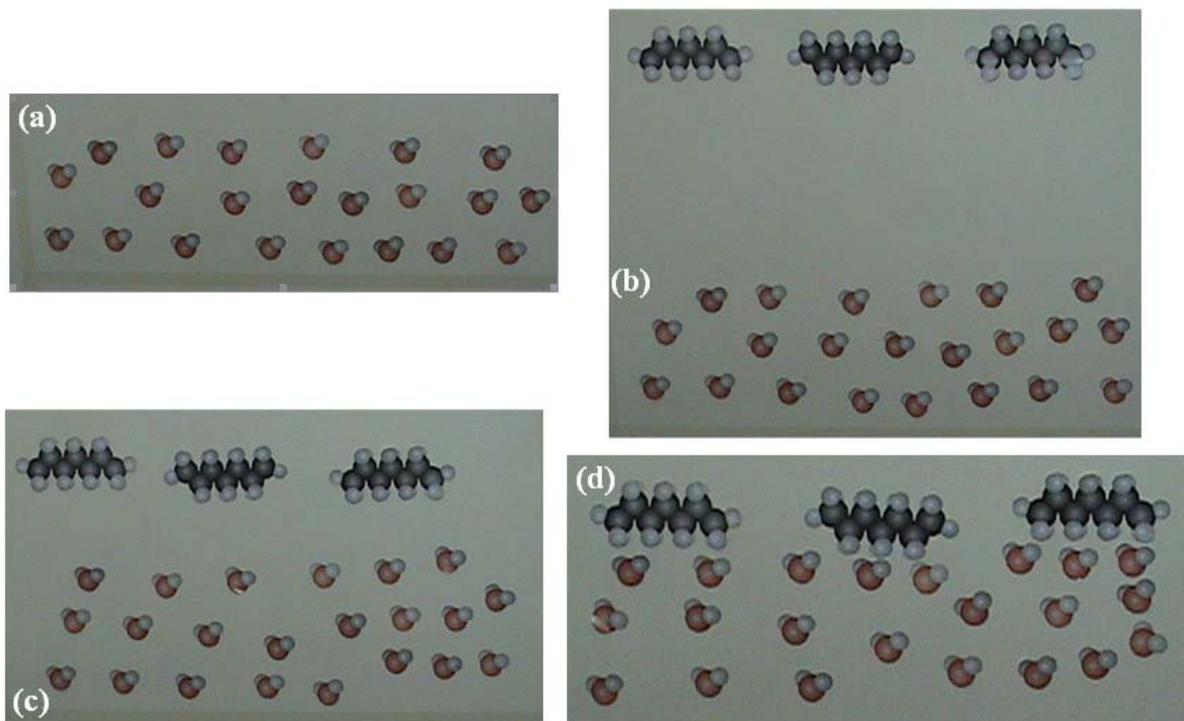


FIGURA 29 – Representação da seqüência de formação do sistema heterogêneo. (Grupo 3)

Também nestas animações foi observado que o sistema todo está em movimento. Tanto as moléculas de água quanto as de gasolina apresentam movimentação de acordo com os modelos expressos nas animações dos grupos 3 e 5.

O grupo 4 apresentou um modelo mental semelhante aos demais, com a formação das duas fases do sistema heterogêneo, entretanto introduz um elemento inédito em relação aos modelos dos demais alunos, o conceito de choque entre as moléculas.

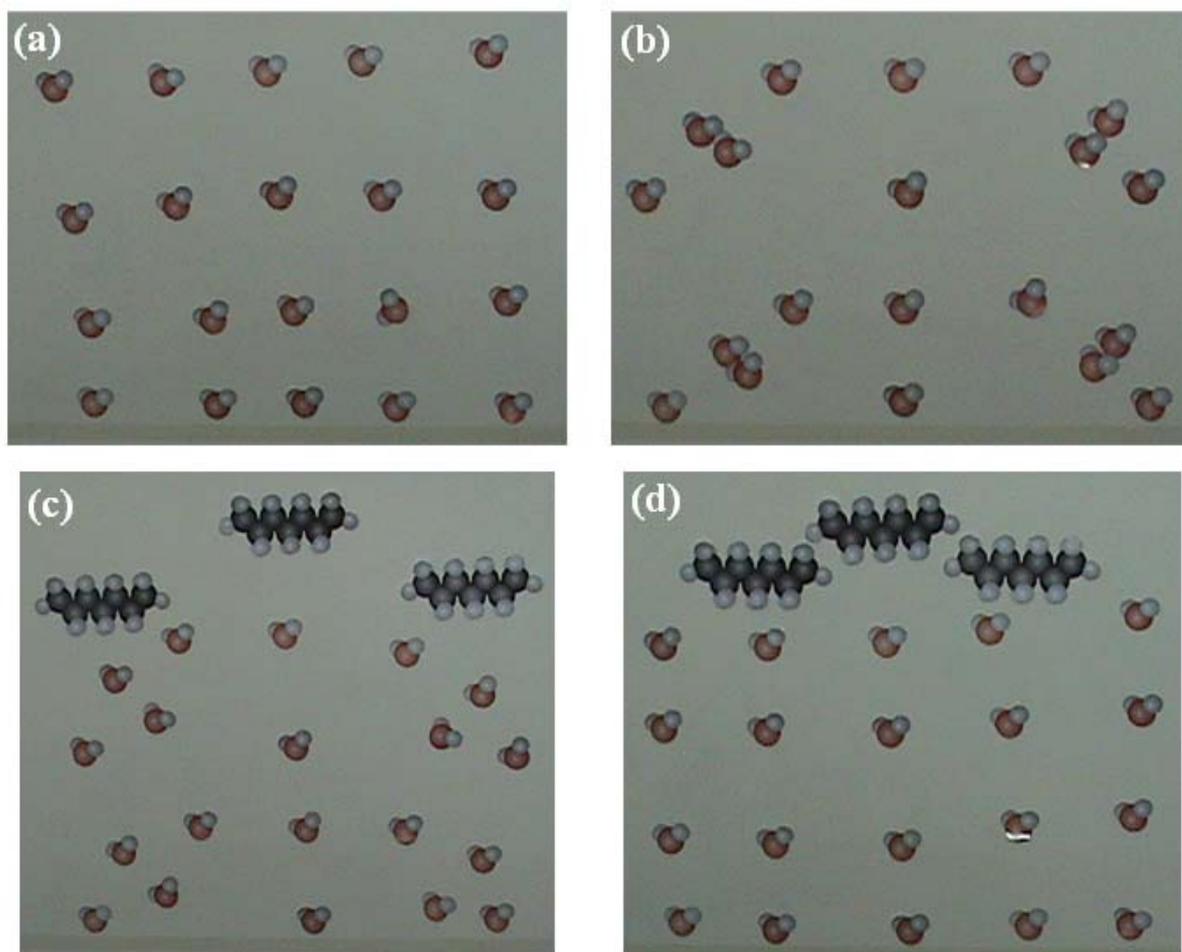


FIGURA 30 – Representação da seqüência de formação do sistema heterogêneo.  
(Grupo 4)

Pode-se observar na figura 30 que as moléculas do sistema estão em movimento e inclusive ocorrem choques entre as moléculas de água em (b). Durante a animação ocorrem vários choques entre as moléculas de água.

Quando comparado com o texto produzido em grupo, percebe-se que a animação utilizou os elementos descritos no texto, e que o texto guiou os a elaboração da animação. Neste caso pode-se afirmar que o texto foi transposto para a tela.

É interessante notar que dois grupos representaram que inicialmente ocorre uma mistura entre as substâncias, e em seguida as moléculas se separam e formam duas fases distintas. Provavelmente eles tentaram representar o procedimento experimental, em que depois de se adicionar as duas substâncias a um béquer, realizava-se uma agitação vigorosa.

#### **4.3.5 – Evolução dos modelos mentais**

Durante o processo de investigação ocorreu uma evolução dos modelos mentais sobre a formação de um sistema heterogêneo com água e gasolina para vários estudantes. Pode-se observar na tabela 10 os modelos mentais e seus elementos investigados pelas diferentes ferramentas utilizadas.

A grande maioria dos alunos (57,1%) apresentou modificações em seus modelos mentais expressos, em pelo menos uma etapa durante a coleta de dados, conforme pode ser observado na tabela 10.

Quando comparados os modelos investigados por meio do depoimento individual com o texto redigido em grupo, nove estudantes (42,9%) apresentaram alterações em seus modelos mentais.

TABELA 10 – Dados sobre a evolução dos modelos mentais dos estudantes com relação à formação de um sistema heterogêneo.

Aluno	Registro escrito individual		Depoimento individual		Registro escrito em grupo		
	Imiscibilidade	Fases	Imiscibilidade	Fases	Imiscibilidade	Fases	
2	Polaridade	Não descreveu	Polaridade	Não descreveu	Polaridade	Não descreveu	
3	Substância extra		Substância extra		Densidade		
4	Densidade		Não descreveu		Polaridade		
5	Não descreveu		Polaridade		*		
7	Polaridade		Não descreveu		*		
8	Não descreveu		Densidade		*		
9	Polaridade e densidade	Densidade	Polaridade e densidade	Densidade	*	*	
10	*	*	Não descreveu	Não descreveu	Polaridade	Não descreveu	
11	Não descreveu	Não descreveu	Espécies unidas		Densidade		Densidade
14	Polaridade		Polaridade	Polaridade	Não descreveu	Densidade	
15					Densidade	Polaridade	Não descreveu
16			Densidade		*	*	
17			Polaridade e densidade		Não descreveu	*	*
18			*		*	*	*
19		Polaridade e densidade	Não descreveu		Densidade	Densidade	Densidade
20	Polaridade	Densidade	Polaridade	Não descreveu	*	*	
21	Não descreveu		Densidade		Densidade		
22	Densidade	Não descreveu	Polaridade e densidade	Não descreveu	Densidade	Não descreveu	
24			Densidade			Densidade	
25			Não descreveu		Densidade	Polaridade	Não descreveu
27	Não descreveu	Densidade	Substância extra				

\* alunos que faltaram no dia da coleta de dados

Não foi considerada para essa análise a animação produzida em grupo, pois nela não é possível identificar as razões da imiscibilidade entre as substâncias e das posições dos líquidos observadas no sistema.

É interessante notar que os modelos dos estudantes são instáveis, muitos deles sofrem mudanças em todas as etapas de coleta de dados. Essa observação é coerente com a afirmação de Norman (2009).

## 4.4 – Solução saturada

Os dados coletados sobre solução saturada de cloreto de sódio foram os registros escritos individuais e em grupo, além dos depoimentos individuais dos estudantes e das animações produzidas em grupo. O experimento realizado pelos estudantes é o da formação de uma solução saturada de cloreto de sódio. (APÊNDICE B, p. 121)

### 4.4.1 – Registros escritos individuais

Como nos demais casos, para a coleta de dados relativo ao fenômeno da saturação de uma solução, a atividade teve início com a realização de um experimento. E novamente foram fornecidas figuras que representavam as moléculas da água e os íons sódio e cloreto bem como o retículo cristalino de cloreto de sódio (APÊNDICE C, p. 124) para auxiliar os estudantes a elaborar um texto individual sobre a solução saturada de cloreto de sódio.

De um modo geral, os estudantes se expressaram muito mal em seus textos, e dessa forma, torna-se mais difícil identificar seus modelos mentais sobre esse conceito.

Pode-se observar na tabela 11 os modelos mentais sobre uma solução saturada de cloreto de sódio expressos nos textos individuais dos estudantes.

TABELA 11 – Dados colhidos por meio dos textos individuais sobre os modelos mentais dos alunos referentes à solução saturada de cloreto de sódio.

<b>Frequência</b>	<b>Modelo de solução saturada</b>	<b>Orientação espacial</b>
9 (45,00%)	Não descreveu	Não descreveu
6 (30,0%)	União do sal com a água	
3 (15,0%)	Separação dos íons	
1 (5,0%)	União do sal com a água	Positivo com negativo
1 (5,0%)	Incompreensível	Não descreveu

Pela tabela 11 pode-se observar que a maioria dos estudantes (45,0%) simplesmente não descreveu em seus textos o sistema em nível sub-microscópico.

Prevaleceram em seus textos descrições do procedimento realizado e das observações feitas no experimento, observações estas representadas em nível macroscópico.

Outra parcela significativa dos estudantes (30,0%) descreveu em seus textos que em uma solução saturada ocorre a união do sal com a água. Por meio dos textos não é possível saber se eles se referem aos íons livres ou os cristais iônicos que interagem com a água. O Aluno 20 explica assim o fenômeno da saturação:

... As moléculas de água na saturação vai tar (*sic*) ocupano (*sic*) cada uma, uma molécula de sal, sendo que não vai ter mais moléculas de água o suficiente para as moléculas de sal ... (Aluno 20)

No texto do estudante percebe-se que há uma espécie de proporcionalidade, que cada molécula de água irá interagir com “uma de sal”. Ele refere-se ao sal como molécula, mas na verdade não é possível determinar o sentido exato deste termo em seu texto. O que existe é a noção de que todas as moléculas de água estão interagindo com o sal. No texto desses estudantes não é feita em momento algum referência sobre a orientação espacial da água em relação ao sal.

Um outro modelo observado por alguns estudantes (15,0%) aponta que a solução saturada corresponde a separação dos íons do cloreto de sódio. A Aluna 4 descreve a formação da solução saturada:

Quando o sal é colocado na água eles ficam todos juntos e só se separam quando sam (*sic*) misturadas. As bolinhas roxas e verdes do cristal se separam. ... (Aluna 4)

Nos textos em que estes modelos foram expressos, não foi observada preocupação com a orientação espacial das espécies.

Uma aluna (7) descreveu a solução saturada como um processo de união do sal com a água e, além disso, propôs que ocorre a atração entre os íons (positivo e negativo) sódio, cloreto e a água na solução.

De um modo geral os textos ficaram muito confusos e por meio dessa ferramenta foi especialmente difícil detectar seus modelos mentais. Além disso, a maioria dos estudantes apenas se referiu ao sistema em nível macroscópico nos textos.

#### 4.4.2 – Depoimentos dos estudantes

Após os estudantes individualmente redigirem um texto em que explicavam a formação de uma solução saturada de cloreto de sódio em nível sub-microscópico, foi realizado um registro audiovisual do depoimento em que os alunos individualmente explicaram novamente este fenômeno. Os alunos puderam utilizar figuras que representam a água, o cristal de cloreto de sódio e os íons sódio e cloreto na explicação. Essas figuras foram fornecidas pelos pesquisadores (APÊNDICE C, p. 124).

De uma forma geral, os estudantes expressaram modelos confusos em seus depoimentos, entretanto, pode-se afirmar que eles se expressaram melhor no depoimento do que no registro escrito.

É possível observar na tabela 12 os modelos mentais encontrados por meio dos depoimentos dos estudantes.

TABELA 12 – Modelos mentais investigados por meio dos registros audiovisuais dos depoimentos individuais dos alunos referentes à solução saturada de cloreto de sódio.

Frequência	Sistema	Orientação espacial
7 (35,0%)	Íons livres	Não descreveu
5 (25,0%)	Íons livres com corpo de fundo	
4 (20,0%)	Íons livres	Oxigênio da água atrai $\text{Na}^+$ Hidrogênio da água atrai $\text{Cl}^-$
2 (10,0%)	Cristal hidratado	Não descreveu
1 (5,0%)	Água em cima Íons livres em baixo	Positivo com negativo
1 (5,0%)	Separação dos íons Recristalização	Não descreveu

A maior parte dos estudantes (35,0%) descreveu que uma solução saturada apresenta íons livres e durante os seus depoimentos não relataram se há orientação entre as moléculas e os íons. Outra parcela significativa (25,0%) dos estudantes afirmou que em uma solução saturada, existem íons livres e um corpo de fundo. Além disso, não determinaram se há orientação entre as espécies químicas. Estes modelos podem ser explicados em parte, pois no experimento que os alunos

realizaram, alguns grupos dissolveram os trinta e seis gramas de cloreto de sódio em cem mililitros de água, entretanto outros grupos não dissolveram totalmente o sal, apresentando uma solução saturada com corpo de fundo.

A maioria dos estudantes (35,0%) afirmou que em uma solução saturada os íons estão livres, interagindo com as moléculas de água. O Aluno 20 exibiu as figuras representando uma solução saturada, como pode-se observar na figura 31:

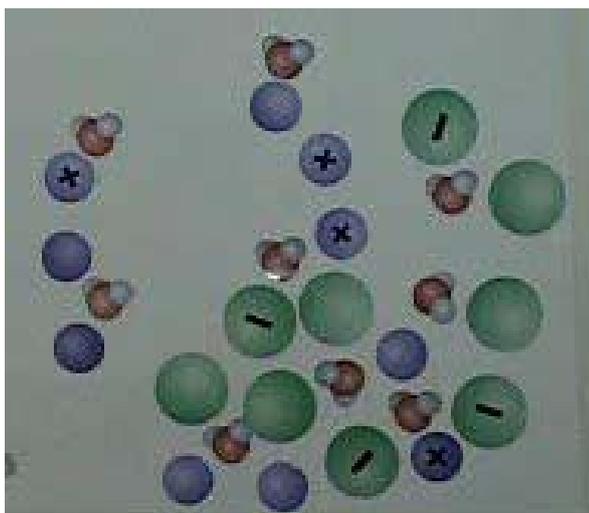


FIGURA 31 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 20)

Pode-se observar também na figura 31 que não há uma orientação específica para as moléculas de água frente aos íons. Eles interagem de modo aleatório.

Outro modelo observado para vários alunos (25,0%) é o de que há íons em solução e também um corpo de fundo. A Aluna 4 explica assim o sistema observado:

... Como é muito sal pra pouca água, elas ficam... água aqui e [os íons] ficam um pouco aqui em cima. Ficam uns misturados na água e a maioria fica aqui embaixo, porque é muito sal. A água não é bastante pra dissolver. ...  
(Aluna 4)

Nos modelos expressos pelos estudantes não foi observada preocupação alguma com as orientações espaciais das moléculas e dos íons.

Outro modelo observado de alguns alunos (20,0%) é o da separação dos íons e sua interação orientada em relação às moléculas de água. A Aluna 17 explica assim o sistema:

... Como aqui ele [hidrogênio da água] é parcialmente positivo, ele atrairia negativo e aqui como ele é parcialmente negativo [oxigênio da água] ele atrai positivo. Então quando mistura o sal com a água, eles vão se dissolver, só que nesse caso acontece, eu acho que a dissolução acontece assim. Tipo, esse cristal se divide e cada molécula de água atrai as partículas pra si, dessa forma. ... (Aluna 17)

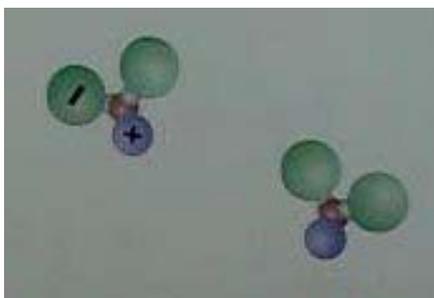


FIGURA 32 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 17)

A orientação das espécies pode ser observada na figura 32. Apesar da preocupação com a orientação das moléculas e dos íons, esta mostra-se inadequada.

A Aluna 7 apresentou um modelo confuso sobre a solução saturada, em que considera simplesmente que não ocorre mistura entre a água e o cloreto de sódio, conforme pode-se observar na figura 33.



FIGURA 33 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 7)

De acordo com a figura 33, observa-se um corpo de fundo e que não há íons livres interagindo com a água. Em seu depoimento, a aluna demonstra que ocorre a atração entre os íons do sal e forma-se um corpo de fundo.

Uma estudante (Aluna 11) afirmou que em uma solução saturada ocorre inicialmente a separação dos íons e conforme o sal é adicionado, os íons se agrupam formando novamente um cristal, dessa forma ocorre uma recristalização.

Nenhum estudante imaginou o equilíbrio dinâmico que ocorre entre os íons na fase aquosa e os íons na fase sólida de uma solução saturada. Porém, deve-se considerar que em momento algum foi discutido com os estudantes sobre a ocorrência de um equilíbrio em uma solução saturada. A maioria dos estudantes sequer considerou que há uma orientação espacial entre as espécies envolvidas no processo de dissolução do sal, apesar de terem sido realizadas discussões durante o curso sobre a polaridade e a influência que esta produz na orientação das espécies químicas.

#### **4.4.3 – Registros escritos pelos grupos**

De um modo geral, os textos redigidos em grupo sobre a solução saturada também ficaram confusos, e assim a investigação dos modelos mentais dos estudantes torna-se difícil por meio deste instrumento.

Estes textos produzidos em grupo foram elaborados com a proposta de auxiliar na produção das animações, apresentando-se como etapa importante do planejamento.

Novamente, os grupos que elaboraram o texto não são necessariamente os mesmos que elaboraram o texto e a animação sobre a dissolução do NaCl em água e o sistema heterogêneo. Os alunos puderam trocar membros entre os grupos ou até mesmo criar grupos novos.

O grupo 1 optou por não elaborar o texto para auxiliar na produção da animação, pois segundo seus componentes eles já tinham esquematizado mentalmente a formação da solução saturada de cloreto de sódio. Além disso, não foi possível determinar qual o modelo mental do integrante do grupo que prevaleceu dentre os outros.

No texto do grupo 2, o modelo observado apresentou a seguinte descrição da formação da solução saturada de cloreto de sódio, em que inicialmente ocorre a separação dos íons e em seguida há uma interação dos íons livres com a água. Este grupo afirmou que as interações dos íons com a água ocorrem em função da polaridade. Entretanto, o grupo produziu um desenho em que ilustra a orientação das espécies. Nele é indicado que o oxigênio da água interage com o íon sódio e que cada hidrogênio da água interage com um íon cloreto.

No texto do grupo 3 pode-se observar que em seu modelo inicialmente ocorre a separação dos íons e em seguida esses íons interagem com as moléculas de água. Entretanto, as orientações das moléculas e dos íons não são observadas no texto desse grupo.

O grupo 4 explicou em seu texto que a solução saturada corresponde a um sistema em que cada molécula de água interage com o sal, e não há nenhuma outra molécula de água disponível para dissolver o sal. Não é especificado claramente se o que interage com a água é o cristal ou se são os íons livres. Também não é observada citação sobre a orientação das moléculas da água frente aos íons.

O texto apresentado pelo grupo 5 ficou muito confuso e de difícil compreensão. Entretanto, o modelo sobre solução saturada expresso pelos estudantes simplesmente diz que as “moléculas” de sal não se misturam com a água, em excesso de sal. No texto não é mencionado em nenhum momento como ocorre a dissolução do sal na água, assim como não propõe nenhuma orientação espacial para as espécies envolvidas.

O grupo 6 também apresentou um texto confuso, entretanto foi possível identificar que eles compreenderam que a solução saturada corresponde simplesmente à separação dos íons. Não é notada no texto a preocupação com a orientação das espécies.

Nenhum dos grupos relacionou a solução saturada com um equilíbrio dinâmico, em que ocorre a retirada de íons do cristal iônico por moléculas de água ao mesmo tempo em que outros íons são repostos nos cristais.

#### **4.4.4 – Animações produzidas em grupo**

Após a produção do registro escrito, os alunos fizeram o planejamento da animação em grupo e produziram as fotos da seqüência que compõe a animação. Os grupos foram compostos por três e quatro integrantes e os próprios alunos tiveram a liberdade de montar os grupos. Com relação aos grupos que produziram a animação sobre a dissolução do cloreto de sódio, alguns alunos mudaram de grupo e outros grupos são novos. Portanto, os nomes dos grupos não se referem necessariamente aos grupos que produziram as animações para a

dissolução do cloreto de sódio em água e o sistema heterogêneo com água e gasolina.

Podem-se observar na tabela 13 os modelos mentais observados nas animações produzidas.

TABELA 13 – Dados sobre as animações produzidas em grupo, sobre a formação da solução saturada de cloreto de sódio.

<b>Grupo</b>	<b>Sistema</b>	<b>Orientação espacial</b>
1	Separação dos íons; Formação do cristal.	Não
2	Separação dos íons.	Íon $\text{Na}^+$ atrai o Oxigênio da molécula de água; Íon $\text{Cl}^-$ atrai o Hidrogênio da molécula de água;
3	Separação dos íons.	Não
4 e 5	Íons livres em solução; Adição de cristal que não é dissolvido.	
6	Adição de cristal que não é dissolvido; Adição de íons livres em solução;	

Como pode-se observar na tabela 13, todos os grupos consideraram que em algum momento da formação de uma solução saturada ocorre a separação dos íons, porém, para os grupos 2 e 3, apenas ocorre essa separação. O grupo 1 considera que ocorre uma recristalização. Os grupos 3 e 4 consideram que há a adição de um cristal que não é solubilizado na solução contendo íons livres. O grupo 6 apresentou um modelo confuso, em que inicialmente um cristal é adicionado, entretanto ele não é dissolvido e na seqüência surgem íons livres em solução. Apenas o grupo 2 se preocupou com a orientação espacial das espécies, entretanto, a orientação proposta é inadequada.

O grupo 1 apresentou em sua animação um modelo em que inicialmente os cristais são dissolvidos, e seus íons interagem com as moléculas de água e quando todos os cristais são dissolvidos, ocorre uma recristalização e a precipitação do cristal, na parte inferior da tela, conforme pode ser visto na figura 34.

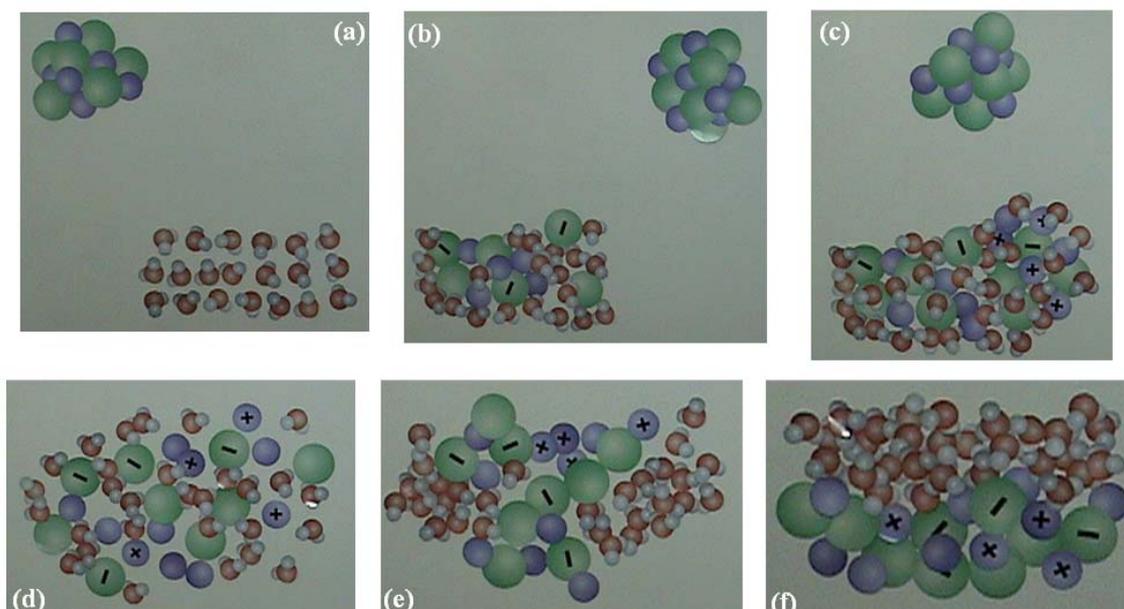


FIGURA 34 – Representação da seqüência de formação da solução saturada de cloreto de sódio. (Grupo 1)

Durante a animação não foi observada a preocupação em retratar as orientações espaciais entre os íons e as moléculas de água.

O grupo 2 apresentou um modelo em sua animação que considera que ocorre a separação dos íons em função da interação com as moléculas de água, conforme pode ser observado na figura 35.

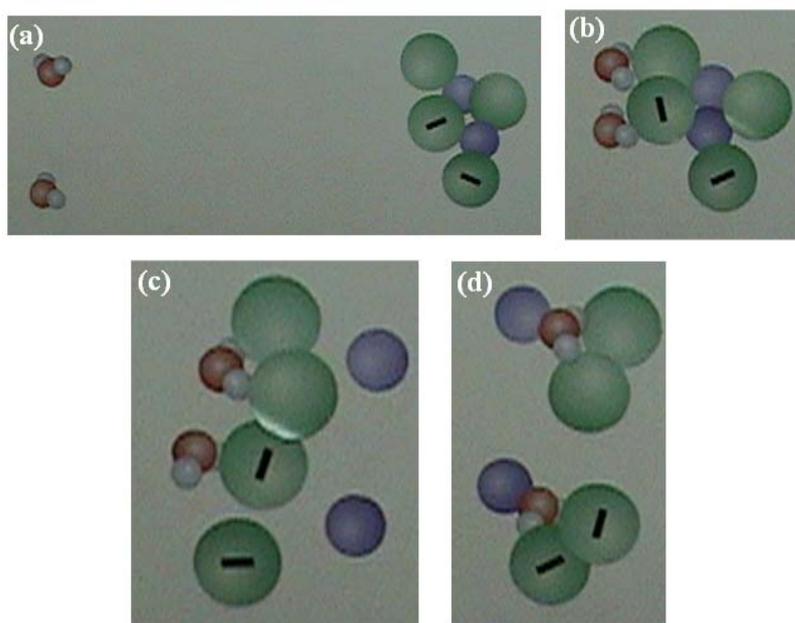


FIGURA 35 – Representação da seqüência de formação da solução saturada de cloreto de sódio. (Grupo 2)

Pode-se observar também na figura 35 que existe a preocupação com a orientação das moléculas em relação aos íons. O que se percebe é que os oxigênios das moléculas de água interagem com os íons sódio e os hidrogênios interagem com os íons cloreto. Essa atração ocorre em função da polaridade da molécula da água, segundo o grupo.

O texto apresentado pelo grupo 2 corresponde fielmente à animação produzida em todos os elementos. O modelo observado na animação corresponde ao modelo das alunas 9, 16 e 17, o que implica que estas estudantes convenceram a aluna 7 sobre o poder explicativo de seus modelos.

O modelo expresso pelo grupo 3 em sua animação basicamente corresponde à separação dos íons e a interação destes com as moléculas da água.

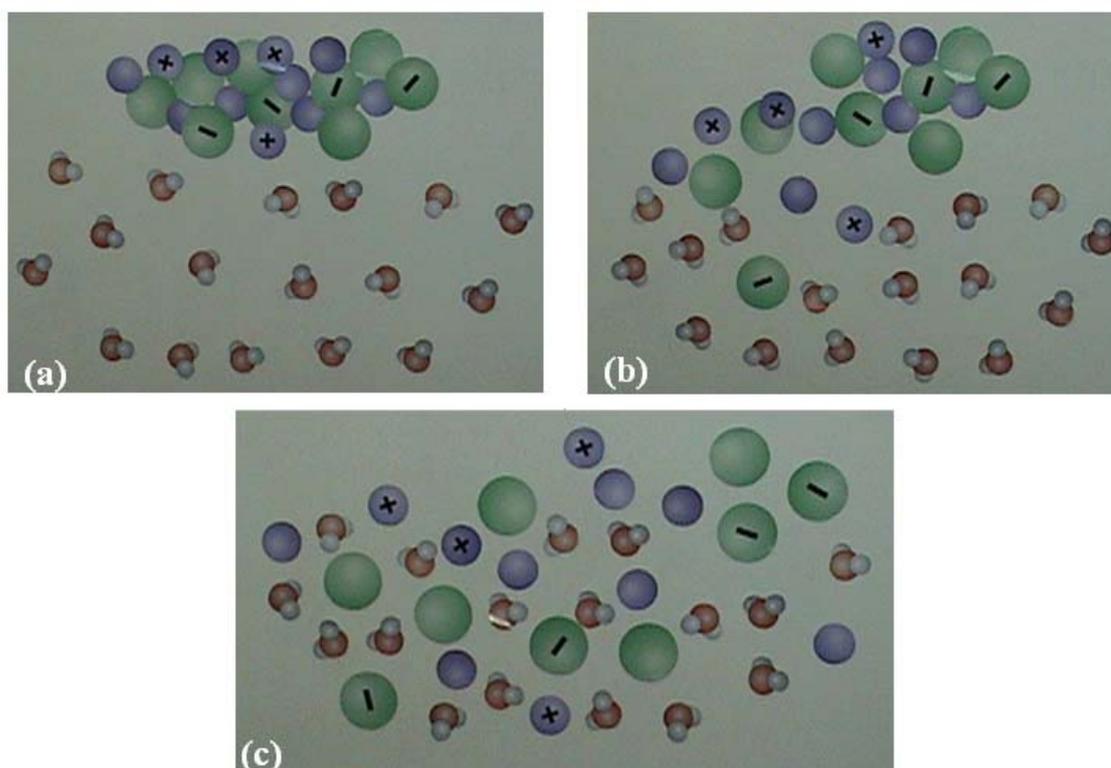


FIGURA 36 – Representação da seqüência de formação da solução saturada de cloreto de sódio. (Grupo 3)

Na figura 36 é possível observar que não existe orientação expressa das moléculas de água em relação aos íons livres.

O texto elaborado pelo grupo 3 também foi fielmente transposto para a animação. Pode-se observar nos depoimentos individuais que o modelo que

transparece na animação é o da Aluna 22. O seu modelo prevaleceu em relação ao das outras estudantes.

Nas animações dos grupos 4 e 5 foram observados modelos que consideram que inicialmente, existem íons livres interagindo com moléculas de água e em seguida ocorre a adição de cristais que não são dissolvidos, conforme pode ser observado na figura 37.

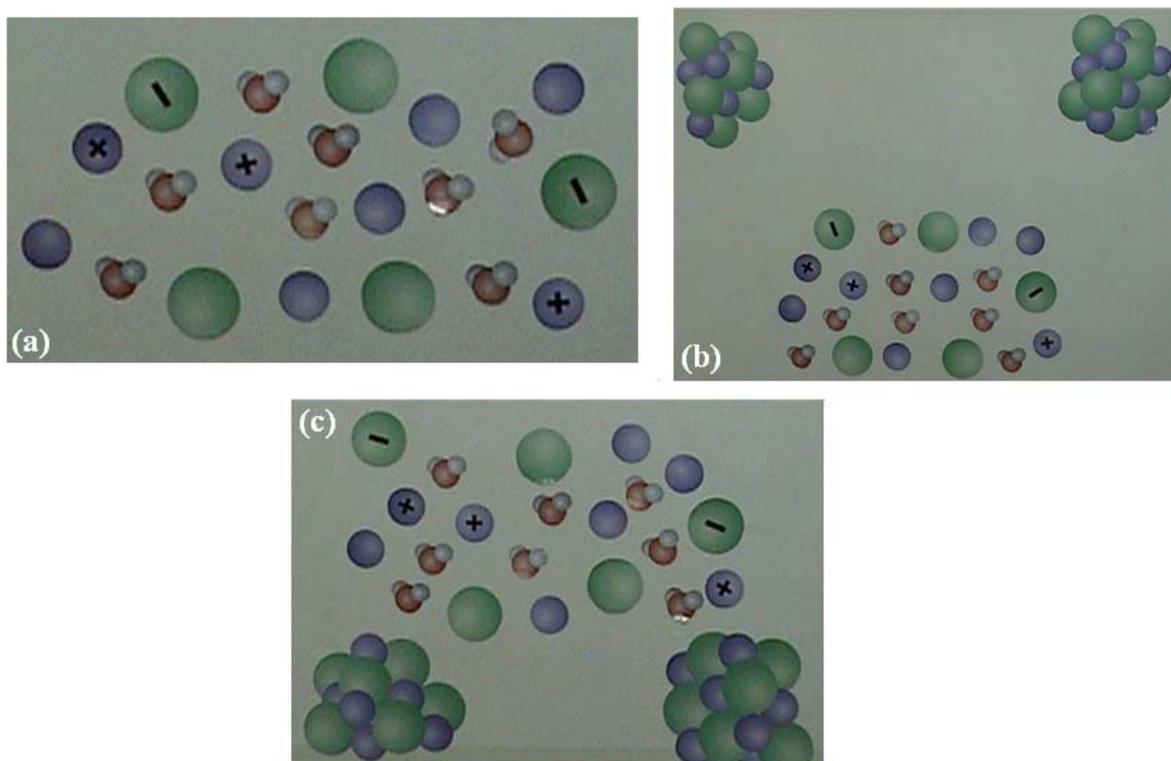


FIGURA 37 – Representação da seqüência de formação da solução saturada de cloreto de sódio. (Grupo 4)

Pode-se observar na figura 37 que o grupo 4 não se preocupou com a orientação das espécies envolvidas. O grupo 5 também não apresentou orientação das moléculas e dos íons em sua animação.

Os grupos 4 e 5 elaboraram textos confusos e assim é difícil realizar comparações entre os textos e as animações. O grupo 4 aparentemente apresentou um novo modelo, com elementos que não foram visualizados no depoimento e no texto redigido em grupo. O grupo 5 não produziu um texto em grupo, e assim não é possível comparar com a animação.

O grupo 6 apresentou um modelo confuso para a formação de uma solução saturada. Inicialmente um cristal é adicionado à água, entretanto ele não é

dissolvido. Em seguida surgem íons livres pela solução, porém estes íons não são pertencentes ao retículo adicionado anteriormente.

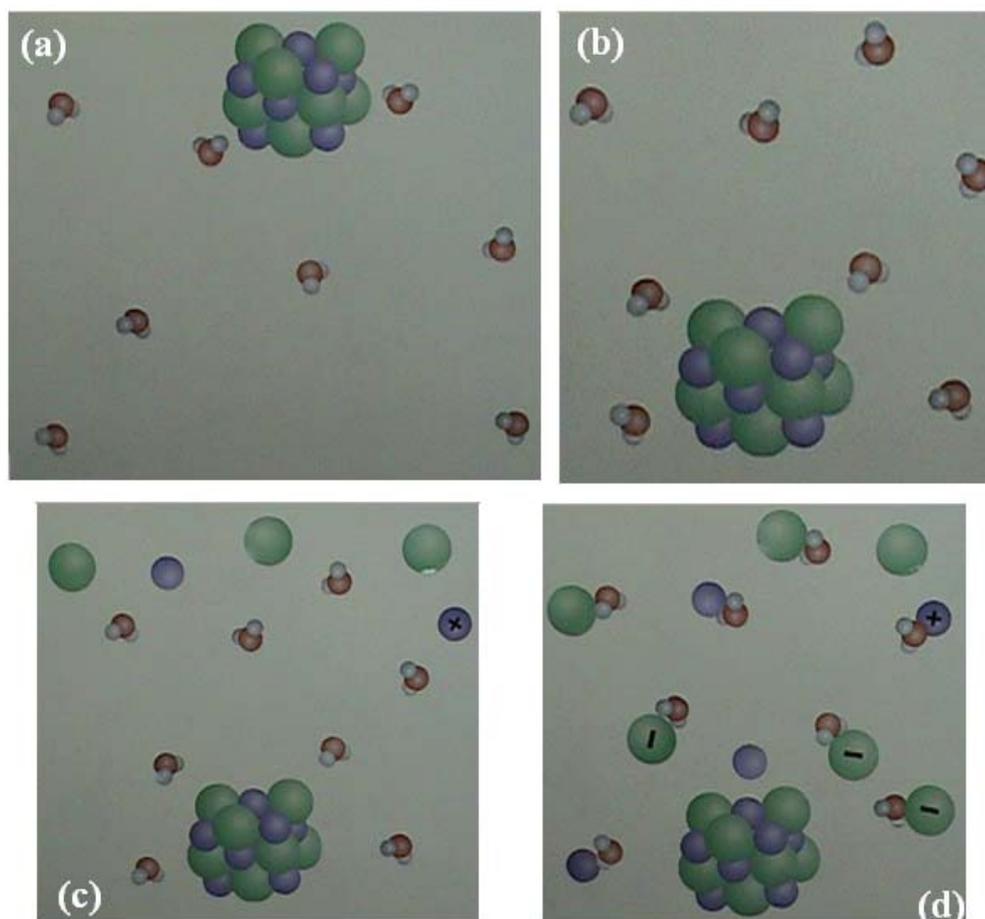


FIGURA 38 – Representação da seqüência de formação da solução saturada de cloreto de sódio. (Grupo 6)

Na figura 38, pode-se observar que no modelo expresso na animação, as moléculas de água não apresentam orientações em relação aos íons. Na figura 38(d), é possível observar que as moléculas de água interagem sem nenhuma orientação com os íons. Oxigênios interagem tanto com os cloretos quanto com os íons sódio e observa-se o mesmo para os hidrogênios que compõem a água.

O grupo 6 apresentou uma animação bem diferente da descrita no texto, e além disso, o modelo expresso na animação é resultante da discussão do grupo e não apresenta elementos observados nos modelos dos integrantes do grupo.

Em nenhuma das animações está presente o equilíbrio dinâmico entre os íons em fase sólida e em fase aquosa. A orientação das espécies também foi

lembrada apenas pelo grupo 2. Pode-se perceber que de um modo geral, os modelos de dissolução do cloreto de sódio que os alunos apresentaram anteriormente não foram utilizados, com poucas exceções. Isto demonstra a veracidade das afirmações de Norman (2009) em relação à instabilidade dos modelos mentais das pessoas, principalmente quando não são utilizados com frequência.

#### **4.4.5 – Evolução dos modelos mentais**

Durante a investigação observou-se que ocorreu uma evolução dos modelos mentais sobre a formação de uma solução saturada de cloreto de sódio para vários estudantes. Pode-se observar na tabela 14 os modelos mentais e seus elementos investigados pelas diferentes ferramentas utilizadas.

A grande maioria dos alunos (70,8%) apresentou modificações em seus modelos mentais expressos, em pelo menos uma etapa durante a coleta de dados, conforme pode ser observado na tabela 14.

Quando comparados os modelos investigados por meio do depoimento individual com o texto redigido em grupo, oito estudantes (33,3%) alteraram elementos em seus modelos mentais.

TABELA 14 – Dados sobre a evolução dos modelos mentais dos estudantes com relação à formação de uma solução saturada de cloreto de sódio

Aluno	Registro escrito individual		Depoimento individual		Registro escrito em grupo		Animação elaborada em grupo		
	Modelo	Orientação espacial	Modelo	Orientação espacial	Modelo	Orientação espacial	Modelo	Orientação espacial	
1	Água se une ao sal.	Nenhuma	Íons livres	Não descreveu	*	*	Separação dos íons; Formação do cristal.	<b>Nenhuma</b>	
2	*	*	*	*	Sal não se mistura em excesso.	<b>Nenhuma</b>	Íons livres em solução; Adição de cristal.		
3	Não descreveu	<b>Nenhuma</b>	Cristal hidratado	<b>Não descreveu</b>	Separação dos íons		Adição de cristal; Adição de íons livres.		
4	Separação dos íons		Íons livres com corpo de fundo		*	*	*	*	
5	Não descreveu		Íons livres		Separação dos íons	Nenhuma	Adição de cristal; Adição de íons livres.	Nenhuma	
7	Água se une ao sal.		Água em cima Íons livres em baixo		Positivo com negativo	Separação dos íons; Interação com água.	Na <sup>+</sup> atrai o Oxigênio da água; Cl <sup>-</sup> atrai o Hidrogênio da água.	<b>Separação dos íons.</b>	Na <sup>+</sup> atrai o Oxigênio da água; Cl <sup>-</sup> atrai o Hidrogênio da água.
8	Não descreveu		Íons livres			Separação dos íons; Interação com água.	Nenhuma		Nenhuma
9	Água se une ao sal.	Oxigênio da água atrai 2Na <sup>+</sup> ; Hidrogênio da água atrai Cl <sup>-</sup>		Separação dos íons; Interação com água.	Na <sup>+</sup> atrai o Oxigênio da água; Cl <sup>-</sup> atrai o Hidrogênio da água.	Separação dos íons.	Na <sup>+</sup> atrai o Oxigênio da água; Cl <sup>-</sup> atrai o Hidrogênio da água.		
11	Separação dos íons	Recristalização	<b>Não descreveu</b>	Separação dos íons	Nenhuma	Adição de cristal; Adição de íons livres.	<b>Nenhuma</b>		
13	Não descreveu	Íons livres		*	*	Separação dos íons; Formação do cristal.			
14		Íons livres com corpo de fundo		Água se une ao sal.	Nenhuma	Íons livres em solução; Adição de cristal.			
15	*	*		*		Separação dos íons		Adição de cristal; Adição de íons livres.	

16	Água se une ao sal.	<b>Nenhuma</b>	Íons livres	Oxigênio da água atrai $\text{Na}^+$ ; Hidrogênio da água atrai $\text{Cl}^-$	Separação dos íons; Interação com água.	$\text{Na}^+$ atrai o Oxigênio da água; $\text{Cl}^-$ atrai o Hidrogênio da água.	Separação dos íons.	$\text{Na}^+$ atrai o Oxigênio da água; $\text{Cl}^-$ atrai o Hidrogênio da água.				
17									*	*	*	*
18												
19	Não descreveu		<b>Não descreveu</b>	Íons livres com corpo de fundo	Água se une ao sal.	<b>Nenhuma</b>	Íons livres em solução; Adição de cristal.	<b>Nenhuma</b>				
20	Água se une ao sal.			Íons livres								
21	Não descreveu			Íons livres com corpo de fundo								
22	Separação dos íons			Íons livres					Separação dos íons			
23	Incompreensível			Íons livres com corpo de fundo					Separação dos íons			
24	Não descreveu			Íons livres					*			
25	*			*					*	*	*	*
26	Não descreveu	Nenhuma	Cristal hidratado	Não descreveu	*	*	Separação dos íons; Formação do cristal.	<b>Nenhuma</b>				
27	*	*	*	*	Sal não se mistura em excesso.	Nenhuma	Íons livres em solução; Adição de cristal.					

\* alunos que faltaram no dia da coleta de dados

É interessante notar que durante todas as etapas da coleta de dados, nenhum grupo se manifestou sobre a ocorrência de um equilíbrio dinâmico que ocorre entre os íons presentes na fase aquosa e os íons presentes na fase sólida na solução saturada de cloreto de sódio.

#### 4.5 – Avaliação da metodologia pelos estudantes

Ao fim do curso, os estudantes fizeram uma avaliação do curso por escrito. Foi solicitado que eles apontassem as atividades que mais gostaram e que menos gostaram de realizar durante o curso. Os resultados podem ser observados nas figuras 39 e 40.

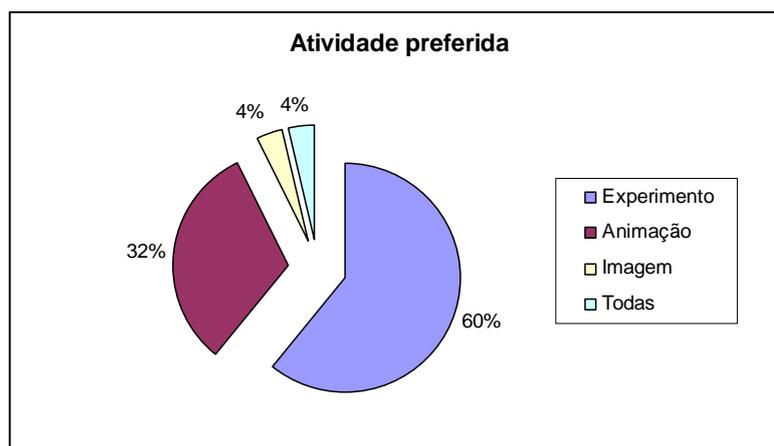


FIGURA 39 – Frequências das preferências dos alunos em relação à atividade preferida realizada no curso.

A grande maioria dos estudantes (60%) apontou a realização de experimentos como ponto alto do curso, seguida da produção de animações (32%). Alguns alunos (4%) afirmaram que o uso de imagens durante as aulas os agradou e outros estudantes (4%) comentaram que todas as atividades foram interessantes.

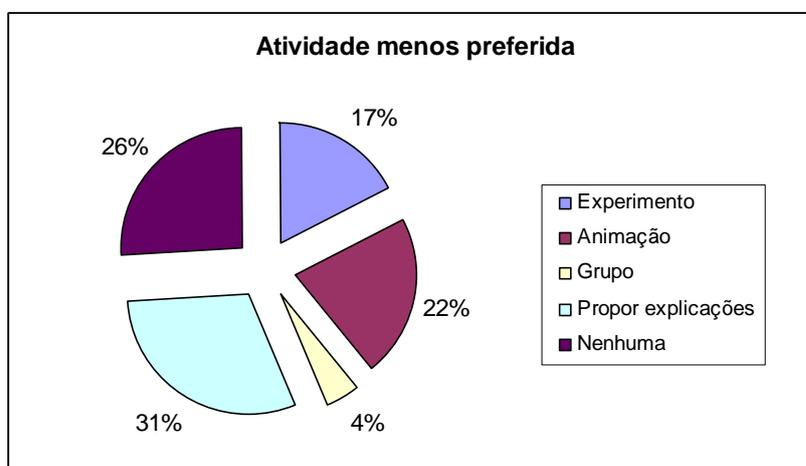


FIGURA 40 – Frequências das preferências dos alunos em relação à atividade menos preferida realizada no curso.

Conforme pode ser observado na figura 39, a maioria dos alunos (31%) não gostou de propor explicações para os fenômenos estudados. Isto é natural, pois durante a vida escolar, estes estudantes estão acostumados a receber as respostas prontas dos professores. Assim, quando é solicitado para o aluno propor uma explicação para o sistema químico, há uma exposição dele, que pode causar uma

sensação incômoda pelo menos inicialmente. Portanto, é preciso que o aluno tenha tempo para se acostumar com uma metodologia de ensino, em que ele participa ativamente do processo de ensino e aprendizagem. Além disso, estes estudantes relataram que não gostaram de ter que esperar pela resposta apenas no fim do processo.

Muitos alunos (26%) declararam que não houve nenhuma atividade que eles não gostaram. Vários estudantes (22%) apontaram que não gostaram de produzir as animações, e os motivos apresentados fazem referência ao fato do processo ser um pouco cansativo, eles não sabiam muitas vezes se o que eles estavam fazendo era o correto. A preocupação sobre as explicações dos estudantes foi uma constante durante o curso.

Outros estudantes (17%) afirmaram que alguns experimentos eram muito simples, por isso não gostaram destes experimentos, como por exemplo, o da formação do sistema heterogêneo com a água e a gasolina.

## CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

*“Entender é especular com imagens”*

Giordano Bruno

O Capítulo 5 foi estruturado com a finalidade de inicialmente apresentar as conclusões referentes a esta pesquisa e em seguida expor as considerações finais.

### 5.1 - Conclusões

- Em relação à dissolução do cloreto de sódio em água:

Em relação aos modelos mentais dos estudantes sobre a dissolução do cloreto de sódio em água, de um modo geral observaram-se três modelos distintos. O primeiro considera que a dissolução do cloreto de sódio corresponde basicamente à separação dos íons em solução. O segundo modelo observado apresenta a dissolução como uma espécie de recristalização, em que inicialmente ocorre a separação dos íons e em seguida todas as espécies se reúnem, formando um aglomerado. O outro modelo considera que na dissolução do cloreto de sódio ocorre apenas a hidratação do cristal iônico e não chega a ocorrer a separação dos íons.

Em relação à orientação espacial das moléculas de água e os íons, a maior parte dos estudantes não pensou nesse aspecto da dissolução. Os alunos que consideraram a orientação das espécies químicas no processo de dissolução do cloreto de sódio imaginaram que as moléculas de água ficam rodeadas por íons livres, entretanto não cogitaram a possibilidade da existência de esferas de hidratação.

- Sistema heterogêneo (água e gasolina):

Em relação aos modelos mentais investigados sobre o sistema heterogêneo formado por água e gasolina, poucos alunos apresentaram modelos coerentes com relação à explicação da imiscibilidade entre os líquidos e as posições das fases no sistema. Houve muita confusão sobre qual era o papel da diferença

entre as densidades e as polaridades das substâncias para a formação do sistema heterogêneo.

Em geral, os estudantes propuseram o sistema em nível sub-microscópico em constante movimento, salvo algumas exceções. A descrição do sistema em nível sub-microscópico em geral foi coerente com o observado em nível macroscópico. É interessante notar que para os modelos referentes a sistemas heterogêneos, a elaboração das animações torna-se mais eficiente para determinar os modelos mentais quando utilizada em conjunto com os depoimentos individuais e os registros escritos. Foi observado que vários estudantes representavam em nível sub-microscópico o mesmo sistema, entretanto, as razões para o comportamento de tal sistema não transpareciam na animação, e com freqüência, eram diferentes. Os motivos eram expressos em seus depoimentos e nos registros escritos.

- Solução saturada (água e cloreto de sódio):

Para a formação da solução saturada, os modelos mentais investigados dos estudantes foram bastante diversos. Foram observados modelos que consideram que em uma solução saturada ocorre uma recristalização, em outros modelos observou-se que ocorria apenas a separação dos íons. Em outro modelo simplesmente foi considerado que havia duas fases, uma fase superior com a água e a outra com os cristais de cloreto de sódio.

Em relação à orientação das espécies, novamente a maioria dos alunos não considerou este aspecto na elaboração de seus modelos. Poucos estudantes retomaram seus modelos de dissolução, que consideraram a orientação, entretanto, a orientação expressa ainda apresentava os mesmos erros observados anteriormente.

Um ponto interessante em relação aos modelos sobre solução saturada é que esse foi o assunto em que os modelos foram mais alterados durante o processo de investigação. Além disso, nenhum aluno apresentou em seu modelo qualquer referência ao equilíbrio dinâmico que ocorre entre as fases em uma solução saturada. Naturalmente este aspecto não foi incorporado a nenhum modelo, pois não foi discutido em momento algum do curso a ocorrência de um equilíbrio em soluções saturadas.

## 5.2 – Considerações finais

A proposta de envolver o aluno na produção de filmes, com a finalidade de compreender modelos mentais, ainda é muito incipiente, entretanto, neste trabalho, observou-se que esta metodologia pode trazer resultados interessantes no levantamento de modelos mentais dinâmicos, estes particularmente importantes quando se discute fenômenos/processos químicos dinâmicos.

Seria ideal que os alunos produzissem as animações individualmente, para a investigação de seus modelos mentais dinâmicos. Mas para isso, seria necessário grande quantidade de tempo, visto que em média, cerca de vinte alunos precisaram de aproximadamente quatro horas para a produção das fotografias que compõem as animações.

Uma implicação importante para o ensino de Química é que com essa metodologia os alunos tem a oportunidade de manipular as espécies químicas em nível sub-microscópico de forma dinâmica e assim, realizar uma transição de representações em nível macroscópico, com o experimento, para o sub-microscópico, com a elaboração da animação.

Uma sugestão para uma possível nova investigação seria utilizar um gravador para registrar a discussão entre os alunos durante a produção das animações. Muitos grupos realizaram intensas discussões durante a elaboração das animações, e os dados coletados por meio do registro dessas discussões poderiam ser cruzados com os dados extraídos da própria animação, proporcionando desse modo a compreensão de um modelo mental mais completo.

Foi interessante observar também que os estudantes ficaram muito curiosos com relação à explicação dos fenômenos. Não foi dada nenhuma explicação e foi solicitado para que eles explicassem os experimentos realizados. Eles estão acostumados a receber as respostas prontas, e questionaram constantemente se a proposta apresentada por eles para a explicação do fenômeno era correta. Os alunos também não estavam acostumados a se expor, a propor uma explicação para um fenômeno em estudo. Inicialmente, eles ficavam tímidos com a gravação, mas com o tempo se acostumaram e lidaram melhor com essa exposição.

Outro ponto digno de nota é que os estudantes inicialmente apresentaram muita dificuldade em pensar em nível sub-microscópico, entretanto, a

manipulação de figuras que representam moléculas e íons os auxiliou a raciocinar neste nível.

Outro aspecto que é interessante considerar é o de que os professores de uma forma geral não trabalham em sala de aula os diferentes níveis de conhecimento químico. Isto configura-se como um problema de formação inicial dos professores, pois esta forma de trabalhar os conceitos e fenômenos químicos é muito pouco valorizada nos cursos de licenciatura. Assim, se o professor não conhece essa metodologia de ensino e não trabalha com os licenciandos, os estudantes de ensino médio naturalmente também não vão conhecer esses níveis de conhecimento químico e provavelmente vão apresentar dificuldades para resolver problemas, pois não aprenderam a visualizar os sistemas químicos (TURNER, 1990, p. 955).

## REFERÊNCIAS

- ANDERSON, T.; TOLMIE, A.; HOWE, C.; MAYES, T.; MACKENZIE, M. *Modelos mentais de movimentos*. Disponível em: <[http://www.geocities.com/modelos\\_mentais/tanderson.htm?20085](http://www.geocities.com/modelos_mentais/tanderson.htm?20085)>. Acesso em: 15 jan. 2009.
- ANDRADE, L. M. *Uso de termos personificadores por professores de Química: uma análise qualitativa*. 2006. 177 f. Dissertação (Mestrado em Educação) -Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo 2006.
- BARBOSA JÚNIOR, A. L. *Arte da animação: técnica e estética através da história*. 2. ed. São Paulo: Editora Senac, 2005. 456 p.
- BARNEA, N.; DORI, Y. J. High-school chemistry students' performance and gender differences in a computerized molecular modeling learning environment. *Journal of Science Education and Technology*, v. 8, n. 4, p. 257-271, 1999.
- BELTRAN, N. O. Idéias em movimento. *Química Nova na Escola*, n. 5, p. 14-17, 1997.
- BEN-ZVI, R.; EYLON, B. & SILBERSTEIN, J. Student's visualization of a chemical reaction. *Education in Chemistry*, v. 17, p. 117-120, 1987.
- BORGES, A. T. Como evoluem os modelos mentais. *ENSAIO Pesquisa em Educação em Ciências*, n. 1, p. 85-125, 1999.
- BORGES, A. T. Um estudo de modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 2, n. 3, p. 207-226, 1997.
- BORGES, A. T. Modelos mentais de eletromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 15, n. 1, p. 7-31, 1998.
- CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. Abordando soluções em sala de aula - uma experiência de ensino a partir das idéias dos alunos. *Química Nova na Escola*, n. 28, p. 37-41, 2008.
- CARNEIRO, M. H. S. As imagens no livro didático. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSAIO DE CIÊNCIAS, 1., Águas de Lindóia, 1997. *Atas... Águas de Lindóia*, 1997. v. 1. p. 366-376.
- CARVALHO, N. B.; JUSTI, R. S. Papel da analogia do "mar de elétrons" na compreensão do modelo de ligação metálica. *Enseñanza de las Ciencias*, VII congreso, n. extra, p. 1-4, 2005.
- CHRISTIDOU, V.; KOULALIDIS, V. & CHRISTIDIS, T. Children's use of metaphors in relation in their mental models: the case of ozone layer and its depletion. *Research in Science Education*, v. 27, n. 4 p. 541-552, 1997.

COELHO, G. R.; BORGES, O. N. A evolução dos modelos sobre a natureza da luz em um currículo recursivo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., Florianópolis, 2007. *Anais...* Florianópolis, 2007. p. 1-14.

COLL, R. K.; TAYLOR, N. Mental models in chemistry: senior chemistry students' mental models of chemical bonding. *Chemistry Education: Research And Practice In Europe*, v. 3, n. 2, p. 175-184, 2002.

COLL, R. K.; TREAGUST, D. F. Learners' mental models of chemical bonding. *Research in Science Education*, v. 31, p. 357-382, 2001.

COSTA, C. *Educação, imagem e mídias*. São Paulo: Cortez, 2005. 198 p.

COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. O papel da modelagem mental dos enunciados na resolução de problemas em física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n. 1 p. 61-74, 2002.

DORI, Y. J.; BARAK, M.; ADIR, N. A web based chemistry course as a means to foster freshman learning. *Journal of Chemical Education*, v. 80, n. 9 p. 1084-1092, 2003.

DORI, Y. J.; BARAK, M. Virtual and physical molecular modeling: fostering model perception and spatial understanding. *Educational Technology & Society*, v. 4, n. 1 p. 61-74, 2001.

FRANCISCO JUNIOR, W. E. *Experimentação, modelos e analogias no ensino da deposição metálica espontânea: uma aproximação entre Paulo Freire e aulas de Química*. 2008. 180 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Departamento de Educação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

FEIGENBERG, J.; LAVRIK, L. V.; SHUNYAKOV, V. Space scale: models in the history of science and students' mental models. *Science & Education*, v. 11, p. 377-392, 2002.

FERREIRA, P. F. M.; JUSTI, R. S. *Modelagem e o "fazer Ciência"*. *Química Nova na Escola*, n. 28, p. 32-36, 2008.

FERREIRA, P. F. M. et al. Modelagem e representações no ensino de ligações iônicas: análise em uma estratégia de ensino. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., Florianópolis, 2007. *Anais...* Florianópolis, 2007.p. 1-12.

FOGAÇA, M. *Papel da inferência na relação entre modelos mentais e modelos científicos de célula*. 2006. 226 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2006.

GILLESPIE, R. G. Commentary: reforming the general chemistry textbook. *Journal of Chemical Education*, v. 74, n. 5, p. 484-485, 1997.

GARCÍA, J. J. G.; PERALES, F. J. ¿Cómo usan los profesores de química las representaciones semióticas?. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 2, 2006.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 1 p. 31-53, 2002.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Un estudio piloto sobre representaciones mentales, imágenes, proposiciones y modelos mentales respecto al concepto de campo electromagnético. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 95-108, 1996.

HREPIC, Z. *Identifying students' mental models of sound propagation*, College of Arts and Science. 2002. 92 f. Dissertation (Mestrado em Ciências) - Kansas State University, 2002.

JOHNSON-LAIRD, P. N. *Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983. 513 p.

JOHNSON-LAIRD, P. N. Mental models and deduction. *TRENDS in Cognitive Science*, v. 15, n. 10 p. 434-442, 2001.

JOHNSTONE, A. H. The development of chemistry teaching. *University Chemistry Education*, v. 70, n. 9 p. 701-705, 1993.

JOHNSTONE, A. H. Chemical education research: where from here?. *University Chemistry Education*, v. 4, n. 1, p. 34-38, 2000.

KRAPAS, S.; ALVES, F.; CARVALHO, L. R. Modelos mentais e a lei de Gauss. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 5, n. 1 p. 7-21, 2000.

KRAPAS, S. et al. Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 2, n. 3 p. 185-205, 1997.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2007. 260 p.

MAGALHÃES, M. et al. *Cartilha Anima Escola*. Disponível em: <<http://www.muan.org.br/download/cartilha-anima-escola.pdf>>. Acesso: em: 15 jan. 2009.

MARTINS, I. O papel das representações e o ensino de ciências na escola secundária brasileira no século XIX. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 1., Águas de Lindóia, 1997. *Atas...* Águas de Lindóia, 1997. v. 01, p. 294-299.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S. Transição do modelo 'NaCl molécula' para o 'NaCl em rede': análise crítica de um processo de ensino por modelagem. In:

ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., Florianópolis, 2007. *Anais...* Florianópolis, 2007a. p. 1-13.

MENDONÇA, P. C. C.; JUSTI, R. S. Modelagem no ensino de ligação iônica com ênfase em aspectos energéticos: evidências de aprendizagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., Florianópolis, 2007. *Anais...* Florianópolis, 2007b. p. 1-12.

MORAN, J. M. Escola do amanhã: desafio do presente. *Tecnologia Educacional*, v. 22, n. 113, p 28-34, 1993.

MOREIRA, M. A. Modelos mentais. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 3, p. 193-232, 1996.

MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; PALMERO, M. L. R. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Investigación em Educação em Ciências*, v. 2, n. 3, p. 36-56, 2002.

MOREIRA, M. A.; KREY, I. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Gauss em nível de física geral a luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 3, p. 353-360, 2006.

MOREIRA, M. A.; LAGRECA, M. C. B. Representações mentais dos alunos em mecânica clássica: três casos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 3 n. 2 p. 83-106, 1998.

MOREIRA, M. A.; PINTO, A. O. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de ampere, à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 3 p. 317-323, 2003.

MOZZER, N. B.; QUEIROZ, A. S.; JUSTI, R. S. Proposta de ensino para introdução ao tema interações intermoleculares via modelagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., Florianópolis, 2007. *Anais...* Florianópolis, 2007. p. 1-12.

NAKHLEH, M. B. Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers?. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 1, p. 52-55, 1993a.

NAKHLEH, M.; MITCHELL, R. C. Concept learning versus problem solving. *Journal of Chemical Education*, v. 70, n. 3, p. 190-192, 1993b.

NORMAN, D. A. *Algumas observações sobre modelos mentais*. Disponível em: <[http://www.geocities.com/modelos\\_mentais/dnorman.htm?20085](http://www.geocities.com/modelos_mentais/dnorman.htm?20085)>. Acesso em: 15 jan. 2009.

OBLINGER, D. G. Multimedia in the classroom. *Information Technology and Libraries*, v. 12, n. 2, p. 246-247, 1993.

ONTORIA, A.; LUQUE, A.; GÓMEZ, L. P. R. *Aprender com mapas mentais – uma estratégia para pensar e estudar*. 3. ed. São Paulo: Madras, 2008. 168 p.

OTERO, M. R.; PAPINI, C.; ELICHIRIBEHETY, I. Las representaciones mentales y la resolución de un problema: un estudio exploratorio. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 3, n. 1 p. 47-60, 1998.

PALLANT, A.; TINKER, R. F. Reasoning with atomic-scale molecular dynamic models. *Journal of Science Education and Technology*, v. 13, n. 1, p. 51-66, 2004.

PALMERO, M. L. R.; ACOSTA, J. M.; MOREIRA, M. A. La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird y sus principios: una aplicación con modelos mentales de célula en estudiantes del curso de orientación universitaria. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 6, n. 3, p. 243-268, 2001.

PALMERO, M. L. R.; MOREIRA, M. A. Modelos mentales vs esquemas de célula. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 1, p. 77-103, 2002.

PASELK, R. J. Visualization of the abstract in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 71, n. 3, p. 225-226, 1994.

PASSOS, C. L.; MELO, D. P. Os recursos audiovisuais e a teoria prática. *Tecnologia Educacional*, v. 21, n. 104, p. 8-17, 1992.

PERALES, F. J. Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 24, n. 1 p. 13-30, 2006.

PERALES, F. J.; JIMÉNEZ, J. D. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 20, n. 3 p. 369-386, 2002.

PERINI, L. *Scientific reasoning, mental models, and depiction*. Disponível em: <<http://www.interdisciplines.org/artcognition/papers/10/3>>. Acesso em: 15 jan. 2009.

RODRÍGUEZ, B. L.; SAHELICES, C. C. Representaciones mentales de profesores de ciencias sobre el universo y los elementos que incorporan en su estructura en general y los modelos cosmológicos que lo explican. In: ENCUESTRO IBEROAMERICANO SOBRE INVESTIGACIÓN BÁSICA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS, 2., 2004, Burgos, p. 654-671.

RUSSEL, J. W. et al. Use of simultaneous-synchronized macroscopic, microscopic, and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, v. 74, n. 3, p. 330-334, 1997.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em Química com uma ferramenta de simulação computacional. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 4, n. 1, 2005.

SEBATA, C. E. *Aprendendo a imaginar moléculas: uma proposta de ensino de geometria molecular*. 165 f. 2006. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília, 2006.

SHE, H. C. Facilitating changes in ninth grade students' understanding of dissolution and diffusion through DSLM instruction. *Research in Science Education*, v. 34, p. 503-525, 2004.

SOUSA, C. M. S. G.; MOREIRA, M. A. A causalidade piagetiana e os modelos mentais: explicações sobre o funcionamento do giroscópio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 22, n. 2 p. 223-231, 2000.

SOUZA, K. A. F. D.; CARDOSO, A. A. A formação em química discutida com base nos modelos propostos por estudantes de pós-graduação para o fenômeno de dissolução. *Química Nova*, v. 32, n. 1 p. 237-243, 2009.

TALIM, S. L. Análise de modelos mentais através de avaliações em larga escala um exemplo na área de ótica. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., Florianópolis, 2007. *Anais...* Florianópolis, 2007. p. 1-12.

TREAGUST, D. F.; CHITTLEBOROUGH, G. D.; MAMIALA, T. L. Students' understanding of the descriptive and predictive nature of teaching models in organic chemistry. *Research in Science Education*, v. 34, n.1, p. 1-20, 2004.

TURNER, K. E. A supplemental course to improve performance in introductory chemistry. *Journal of Chemical Education*, v. 67, n. 11, p. 954-957, 1990.

VELÁZQUEZ-MARCANO, A. et al. The use of video demonstrations and particulate animation in general chemistry. *Journal of Science Education Technology*, v. 13, n. 3, p. 315-323, 2004.

VOSNIADOU, S. *Capturando e modelando os processos de mudança conceitual*. Disponível em: <[http://www.geocities.com/modelos\\_mentais/svosniado.htm?20085](http://www.geocities.com/modelos_mentais/svosniado.htm?20085)>. Acesso em: 15 jan. 2009.

WERNECK, D. L. *Estratégias digitais para o cinema independente*. 2005. 197 f. Dissertação (Mestrado em Artes) - Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

WU, H. K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Promoting understanding of chemical representations: students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 38, n. 7 p. 821-842, 2001.

WU, H. K.; KRAJCIK, J. S.; SOLOWAY, E. Using technology to support the development of conceptual understanding of chemical representations. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE LEARNING SCIENCE, 4th, 2000, Ann Arbor. Proceedings... Ann Arbor, 2000. p. 121-128.

# APÊNDICES

## APÊNDICE A: Planejamento do curso

Aula	SD*	Conteúdo abordado	Metodologia
1	1	Apresentação e objetivos do curso e da pesquisa. Ciclos Biogeoquímicos; Ciclo da água; Importância da água para a vida; distribuição da água no mundo e no corpo humano. ( $\pm 1$ hora)	Aula expositiva com datashow.
	2	Estados físicos da água; Composição elementar da água: Eletrólise ( $\pm 3$ horas) Experimento1	Exibição de vídeo e de imagens. Trabalho com modelos moleculares. Experimento (eletrólise) e discussão com imagem.
2	3	Propriedades físicas e químicas da água; Densidade da água ( $\pm 1$ hora) Experimento2	Experimento sobre a determinação da densidade da água e do gelo.
	4	Discussão teórica sobre cinema Produção de uma animação qualquer	Aula expositiva com datashow. Uso da câmera para produção de vídeos.
3	5	1) Água como solvente 2) Limitações da água como solvente (água e gasolina, água e parafina, água e óleo, etc.) ( $\pm 4$ horas) Experimento3	1) Experimento de dissolução do NaCl e outros solutos (açúcar, óleo, parafina, etc.) 2) Coleta dos primeiros dados para o filme: os alunos explicam a dissolução do NaCl 3) Os alunos explicam a não dissolução de alguns solutos (água e gasolina)
4	6	Coleta de dados (Dissolução de sal). ( $\pm 4$ horas)	Produção de textos e depoimentos dos estudantes.
5	7	Coleta de dados (Dissolução de sal). Os alunos em grupo produzem o filme ( $\pm 4$ horas)	Produção das animações
6	8	Coleta de dados (água e gasolina). ( $\pm 4$ horas)	Produção de textos e depoimentos dos estudantes.
7	9	Coleta de dados (água e gasolina). ( $\pm 4$ horas)	Produção das animações
6	10	Solução saturada ( $\pm 4$ horas) Experimento4 Atividade complementar: experimento (bolhas de sabão)	1) Experimento sobre soluções saturadas (água e NaCl/ água e $\text{CuSO}_4$ ) 2) Coleta de dados para o filme: os alunos explicam a saturação da solução de NaCl Determinar qual a concentração de sabão ótima para produzir bolhas
7	10	Coleta de dados. (Solução saturada) Os alunos em grupo produzem o filme ( $\pm 4$ horas) Atividade complementar: experimento (bolhas de sabão)	Produção de textos e depoimentos dos estudantes. Experimento Determinar qual a concentração de glicerina ótima para produzir bolhas
8	13	Polaridade; Solubilidade; Composição das soluções; Tipos de soluções, Concentração. Nesta etapa, deverão ser utilizados todos os filmes, inclusive os corretos. ( $\pm 4$ horas)	Aula expositiva com abordagem teórica Discussão sobre as animações dos estudantes.
9		Discussão sobre precipitação Experimento 7 ( $\pm 3$ horas) Dinâmica dos copinhos contaminados ( $\pm 1$ hora)	Aula expositiva com abordagem teórica Experimento Discussão sobre diluição de soluções, DST, gráfico em função do tempo
10	14	Usos da água; Poluição da água; Discussão sobre métodos de separação de misturas – Decantação, filtração. ( $\pm 3$ horas) Funcionamento de ETAs e ETEs Experimento 6	Experimento Discussão sobre funcionamento de ETAs e ETEs Experimento purificação da água.

\* Sequência didática

## APÊNDICE B: Procedimentos dos experimentos empregados na investigação



### Experimento 1: Eletrólise da água



Nome: \_\_\_\_\_

#### **Materiais e reagentes**

Sistema de eletrólise;  
Hidróxido de sódio (comercial ou analítico);  
Bastão de vidro;  
Béquer de 400mL  
Bateria ou adaptador para colocar na tomada.

#### **Procedimento experimental**

Pesar 0,9g de NaOH comercial e adicionar em um béquer contendo 225 mL de água. Dissolver o sólido com o auxílio de um bastão de vidro e colocar a solução no sistema para eletrólise. As torneiras para coleta de gás inicialmente devem estar abertas. Quando o sistema estiver montado, deve-se fechar as torneiras.

Ligar na tomada ou na bateria e observar.

#### **Responda abaixo:**

3) Quais são os produtos formados?

---

---

---

---

4) Por que de um lado é produzido mais gás em um eletrodo do que no outro?

---

---

---

---



## Experimento 2: Determinação da densidade da água e do gelo



Nome: \_\_\_\_\_

### Materiais e reagentes

Água e gelo;  
Copinhos de café descartáveis;  
Balança analítica;  
Provetas de 50 mL.

### Procedimento experimental

Colocar água em um copo de café descartável até o total preenchimento. Medir a massa de água com o auxílio de uma balança analítica e em seguida, medir o volume de água com uma proveta de 50 mL. Anotar os valores logo abaixo:

Massa<sub>água</sub>: \_\_\_\_\_ Volume<sub>água</sub>: \_\_\_\_\_

Raspar o excedente de gelo do copinho na bancada. Após isso, medir a massa do gelo no copo com auxílio da balança.

Anotar o volume e a massa de gelo logo abaixo:

Massa<sub>gelo</sub>: \_\_\_\_\_ Volume<sub>gelo</sub>: \_\_\_\_\_

### Responda abaixo:

1) Sabendo que  $d = \frac{m}{v}$ , calcule a densidade do gelo e da água.

---



---



---



---

2) Explique o motivo dos resultados observados.

---



---



---



---



### Experimento 3: Dissolução de vários solutos



Nome: \_\_\_\_\_

#### Materiais e reagentes

6 Béquer de 400ml;  
Bastão de vidro;  
Cloreto de sódio;  
Sulfato de cobre;

Açúcar;  
Gasolina;  
Óleo de cozinha;

#### Procedimento experimental

Colocar 200 mL de água em cinco béqueres de 400 mL. Em seguida adicione aos béqueres contendo água, 10 g de sal de cozinha (NaCl) em um béquer, 10 g de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) em outro béquer, 10 g de açúcar em outro béquer. Logo após, adicione 50 mL de gasolina em um béquer com água, 50 mL de óleo de cozinha em outro béquer. No último béquer, adicione 50 mL de óleo de cozinha e 50 mL de gasolina. Anote o que você observar em cada béquer.

#### Responda abaixo:

1) Qual a massa das soluções de sal de cozinha (NaCl) e de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )?

---

---

---

---

2) Qual a massa do sistema contendo água e gasolina?

---

---

---

---

3) Explique por que algumas substâncias se dissolvem e outras não se misturam na água.

---

---

---

---

4) Como acontece a dissolução do sal de cozinha (NaCl) na água em nível molecular?

---

---

---

---

5) Por que a gasolina não se mistura com a água, em nível molecular?

---

---

---

---



## Experimento 4: Soluções saturadas



Nome: \_\_\_\_\_

### Materiais e reagentes

Béquer;  
Bastão de vidro;  
Cloreto de sódio;  
Sulfato de cobre;  
Balança.

### Procedimento experimental

Determinar o coeficiente de solubilidade de NaCl e CuSO<sub>4</sub> em água.

$CS_{\text{NaCl}}$ : 36 g/100 g H<sub>2</sub>O a 25°C

$CS_{\text{CuSO}_4}$ : 22,3 g/100 g H<sub>2</sub>O a 25°C ????

Em um primeiro momento, pegue 4 béqueres de 400 mL, e preencha com 100 mL de água. No primeiro béquer coloque 15 g de NaCl, no segundo, coloque 36 g, no terceiro coloque 40 g, e no quarto béquer coloque 40 g e o aqueça com um bico de bunsen e deixe resfriar. Em seguida, preencha outros 4 béqueres de 400 mL com 100 mL de água. No primeiro béquer coloque 15 g de NaCl, no segundo, coloque 22,3 g, no terceiro coloque 28 g, e no quarto béquer coloque 28 g e o aqueça com um bico de bunsen e deixe resfriar.

### Responda abaixo:

1) Explique como ocorre a saturação das substâncias na água.

---

---

---

---

---



## Experimento 5: Formação de precipitado



Nome: \_\_\_\_\_

### Materiais e reagentes

Béquer de 400 mL;  
Bastão de vidro;  
Sulfato de cobre;  
Hidróxido de sódio;  
Tubos de ensaio;  
Balança analítica.

### Procedimento experimental

Pese 0,5g de NaOH e dissolva em 100mL de água num béquer de 400mL. Pese 10g de  $\text{CuSO}_4$  e dissolva em 100mL de água em um béquer de 400mL. Coloque um pouco da solução de NaOH em um tubo de ensaio, e em seguida, adicione um pouco da solução de  $\text{CuSO}_4$  no mesmo tubo de ensaio e observe.

Por fim, filtre o precipitado num funil analítico, conforme a figura 1.

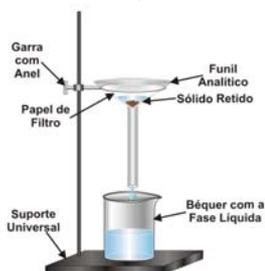


Figura 1: Sistema para filtração

### Responda abaixo:

1) Explique o surgimento do precipitado de cor azulada.

---

---

---

---

---



## Experimento 6: Purificação da água barrenta



Nome: \_\_\_\_\_

### Materiais

Terra;	Papel de filtro;
Funil analítico;	Béquer;
Suporte universal;	Bastão de vidro.

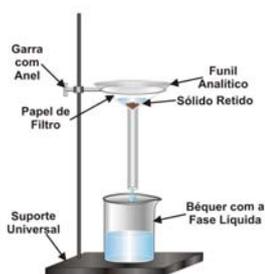
### Procedimento experimental

- Decantação

Coloque cerca de 50 mL de terra comum em um béquer de 400 mL e adicione 100 mL de água. Misture bem com o bastão de vidro. Observe a mistura por alguns minutos.

- Filtração

Fixe o anel com a garra no suporte universal. Coloque o papel de filtro no funil analítico, com um pouco de água. Em seguida, adicione a água do béquer com terra no funil e filtre a mistura.



**Figura 1:** Sistema para filtração

### Responda abaixo:

1) Como pode ser obtida:

a) a água límpida (sem barro)?

---



---



---



---

b) a água potável?

---



---



---

c) a água pura para uso em laboratório?

---



---

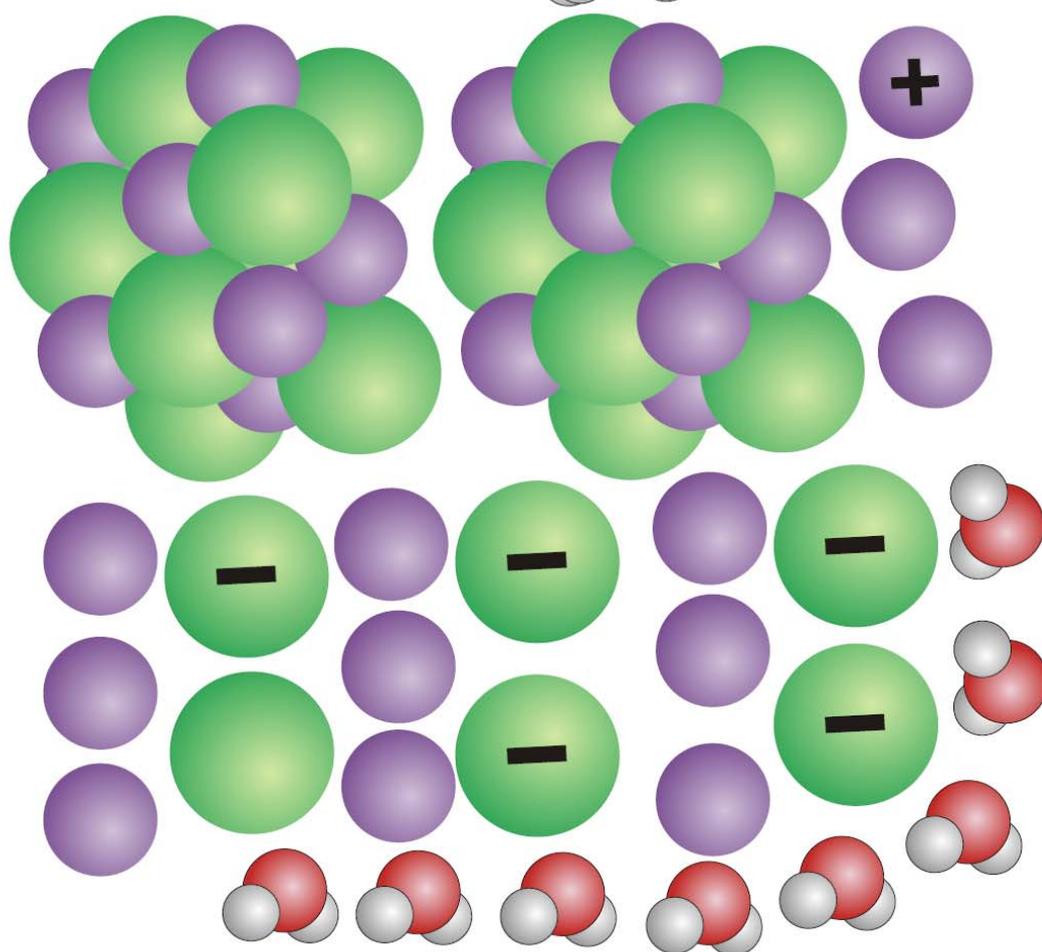
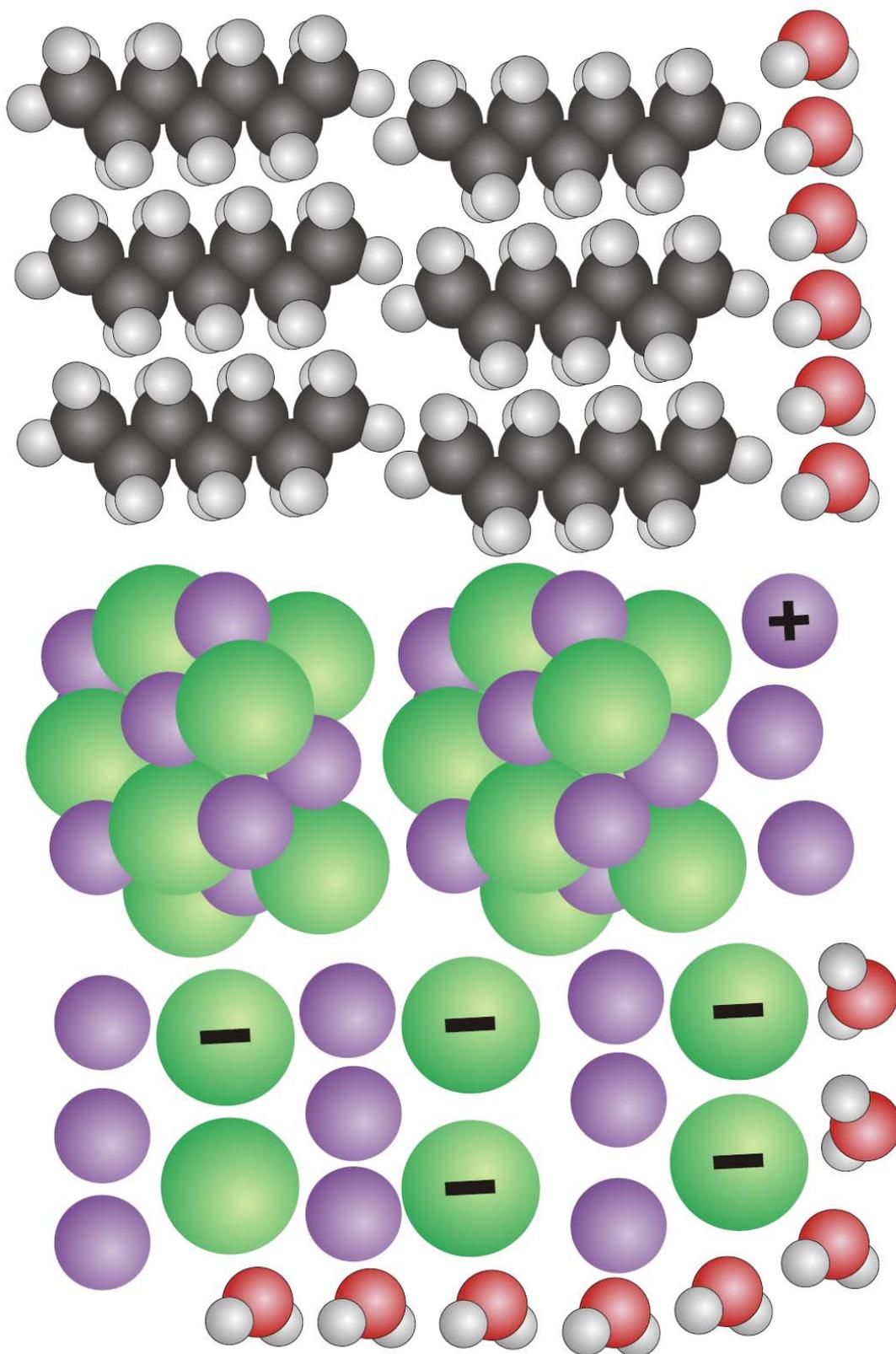


---



---

**APÊNDICE C: Figuras fornecidas aos estudantes para a elaboração das animações**



## APÊNDICE D: Transcrições dos depoimentos individuais dos alunos referentes ao registro audiovisual

### Transcrições dos depoimentos sobre a dissolução do cloreto de sódio

#### Transcrição do depoimento da Aluna 1

Aluna 1: Então, é, o sal, era um dia quente de verão e tal, aí o sal, ele resolveu ir nadar, num laguinho que tinha perto da casa dele.

Entrevistador: Humhum, pode pegar, pode pegar o que você quiser [sobre as figuras de moléculas de água].

Aluna 1: Pego uma só? Ou...

Entrevistador: Então, pode pegar quantas quiser. Se quiser pegar todas, pode pegar.

Aluna 1: Ah, tem bastante água. [risos].

Entrevistador: Tem

Aluna 1: Um lago bem grande. Aí...[colocando figuras no quadro] bom, tá bom.

Entrevistador: Hum.

Aluna 1: Aí ele foi nadar no lago. Aí quando ele chegou no lago, ele começou a se desfazer todo. Aí dentro da água, as moléculas dele se desprenderam todas e começaram a se misturar com as moléculas da água.

Entrevistador: Tá.

Aluna 1: Por enquanto é até aí, que eu não pensei em mais nada.

Entrevistador: Ta, mas esse daqui continua aqui? [sobre o cristal de NaCl].

Aluna 1: Não, né, eu vou tirar ele. Aí ele se desfez todo, se dissolveu todo.

Entrevistador: Hum.

Aluna 1: Sei lá, [risos]

Entrevistador: Tá, ta bom. É até aí foi o que você pensou?

Aluna 1: É, aí o sal morreu. [risos]. Morreu ali na água.

Entrevistador: Ele dissolveu tudo?

Aluna 1: Se dissolveu todo.

Entrevistador: Ah ta, é isso então. Então acho que, tudo bem

Aluna 1: Ai, eu não sei o que fazer com isso e com isso, mas enfim. [se referindo aos íons sódio e cloreto]



FIGURA 41 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 1)

Entrevistador: Como assim?

Aluna 1: Os sinais, sabe? Não sei se interfere em alguma coisa. Não sei.

Entrevistador: Hum, você acha que a água vai interferir ali nos íons positivos e negativos?

Aluna 1: Então, não sei. Não entendo. Ah, não sei. É isso.

Entrevistador: Tá bom.

## Transcrição do depoimento da Aluna 2

Aluna 2: Eu pensei assim, que o  $H_2O$ , ele tava assim na água, e chegou assim, eles viram que tinham que se misturar com cristais do sal, aí eles começam a reclamar, dizendo que não gostam disso porque eles não gostam de se misturar com os outros. Aí...uma dessas bolinhas de oxigênio falam que é o dever deles, que senão não ia ter essa mistura. E a mistura do sal é o normal deles. É isso, eu parei aí até agora, que eu tava fazendo e ainda to na metade agora né.

Entrevistador: Ta, mas então, você ainda não usou o cristal, lá?

Aluna 2: Ainda não. Não, eu tava pensando ainda no que fazer.

Entrevistador: Ta, mas e quando assim,... quando pensando no experimento, o que acontece quando eu tenho a água né, e jogo o sal? O que que você imagina que acontece ali?

Aluna 2: Ah, eu acho que elas devem se juntar. Por que o sal pelo menos a gente não vê. Elas se juntam, o sal tem que se misturar na água.

Entrevistador: Mas, é...como acontece essa mistura?

Aluna 2: Eu acho que é que nem eu tava falando, que as moléculas, elas ficam é, meio dispersas e acho que nesses intervalos assim que elas ficam, eu acho que entram os cristais.

Entrevistador: Você pode tentar mostrar pra mim, usando as águas e os íons, e o cristal também se você quiser?

Aluna 2: Humhum. Eu pensei...[colocando figuras de moléculas de água no quadro] Eu pensei então assim, que mais ou menos assim, elas (moléculas de água) nesse intervalo e os cristais ficariam no meio e elas se misturariam.

Entrevistador: Ta, isso quando?

Aluna 2: Quando a gente mistura, não na hora que a gente coloca. Se não misturar eu acho que aí eles não se junta, que não gera mistura.

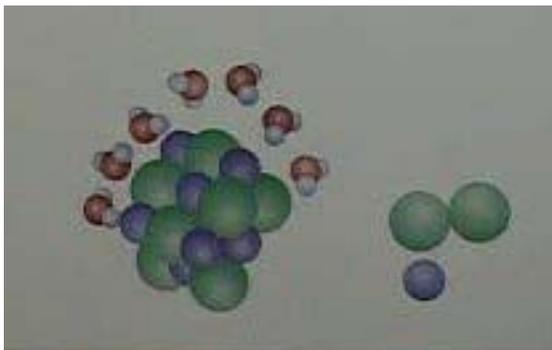


FIGURA 42 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 2)

Entrevistador: Ta, e depois quando ta tudo dissolvido, como você acha que ta as moléculas e os íons?

Aluna 2: Ah, eu acho que é isso, eles estão todos assim separados, separados dos outros, cada um em um lugar, só que ainda juntos.

Entrevistador: Aí é igual ao que ta aí na tela ou é diferente?

Aluna 2: É mais ou menos assim que eu pensei. Não é exatamente assim, mas mais ou menos assim.

Entrevistador: Como que é? Como que seria então?

Aluna 2: Ah, é porque eu imagino que isso aqui seja bem menor. É muito menor do que isso, né?

Entrevistador: Não, aí assim ta enorme assim, é mais...que o tamanho é muito, muito pequeno. É impossível de se ver

Aluna 2: É menor que as moléculas da água? [referindo-se ao cristal de NaCl]

Entrevistador: Opa, não tem problema [sobre a queda de uma figura no chão]. Então, o tamanho a gente meio que manteve proporcional, né. Que nem, a água o tamanho é proporcional aos íons, o cristal, tudo.

Aluna 2: Aí eu pensei que elas entrassem assim, nos vãos que tem entre as moléculas da água, os cristais. Que entrassem nos vãos, isso que eu pensei.

Entrevistador: Ta, aí a hora que ta tudo dissolvido. É isso?

Aluna 2: [acenando que sim com a cabeça]

Entrevistador: Ta, ta bom. Ta, então vou desligar.

### Transcrição do depoimento da Aluna 3

Aluna 3: Ir colocando e falando.

Entrevistador: Isso, pode ir colocando e falando. Se quiser colocar tudo, pode por. [risos]

Aluna 3: Ta, os íons negativos têm menos força assim, do que os íons positivos. Só que aqui no caso aparecem mais íons negativos do que positivos, são maiores, né?

Entrevistador: Isso, o tamanho é diferente.

Aluna 3: Hãhã, os tamanhos são diferentes. E eu acho que talvez por serem maiores, a força também aumenta. Talvez aumenta, talvez diminui. Podem ser que, por eles serem maiores talvez a hora de ta fazendo a conta, de ta somando esses íons, talvez seja ao contrário. O negativo seja o positivo e o positivo seria o negativo. Talvez mudaria um pouco.

Entrevistador: Eu não entendi.

Aluna 3: Então, é que eu prestei meio atenção assim na aula hoje, né? A professora tava fazendo umas contas, tudo, né? E ela tava falando que....umas contas que ela fez lá, que tipo tinha uma formula, M A, aí tinha 20 e tinha 36 em cima, aí menos 3, vamos supor, então ela falou assim: Quando você for fazer a conta, em vez de você diminuir daquele valor, você aumenta. Então, no caso seria, o positivo seria o negativo e o positivo seria o negativo. Eu meio que imaginei isso, assim. Sei lá, pelo tamanho também.

Entrevistador: Ta, mas eu ainda não entendi [risos].

Aluna 3: Talvez pelo tamanho, eu acho, né? Por ser maiores que os outros, por que se fossem assim, se tivesse mais, é...assim, talvez esse daqui seria o positivo. Foi mais pelo tamanho.

Entrevistador: Ta, mais aí, isso antes de por na água?

Aluna 3: Humhum

Entrevistador: Ta, e quando eu pego o sal e ponho na água? O que você acha que acontece? Como você imagina, assim?

Aluna 3: Eu acho que isso daqui, é claro vai se dissolver, com a água vai misturar tudo, né? E acho que, tipo esses ficariam assim, no caso. E a água, tipo ficaria no meio.

Entrevistador: Se você quiser por a água, pra mostrar pra mim, acho que é melhor.

Aluna 3: Aí tipo a água ficaria perto né de cada um, né, assim, ficaria mais ou menos assim. Uma ficava junto, misturado com o sal. Foi mais ou menos isso que eu consegui entender que seria.

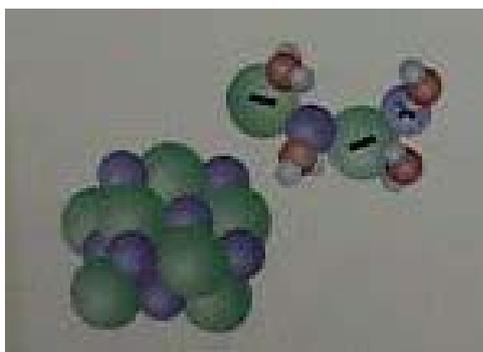


FIGURA 43 – Processo de dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluna 3)

Entrevistador: Ta, isso é logo que você põe o sal na água? Ou não? Que momento seria esse?

Aluna 3: No momento que eu coloquei o sal, aí o sal ficou no fundinho do potinho, aí eu coloquei a água, então eu acho que assim: quando você colocou a água ou fosse o contrário, acho que o sal vai se misturando com as moléculas da água, vai se juntando e aí você ta mexendo. Isso vai ficando junto tudo agrupado, tudo juntinho, um pertinho um do outro.

Entrevistador: E quando eu misturo tudo, depois que eu mexo bastante, dissolve tudo, né? E como você acha que ficaria?

Aluna 3: Acho que ficaria...ficaria bem aqui, vamos supor que fosse assim. Acho que ficaria a água né, tudo, acho que preencheria tudo esses espaços de sal né, ficaria tudo assim. Depois ficaria tudo coberto pela água e depois ficaria tudo misturado. Ficaria tudo juntinho, as moléculas do sal e as moléculas da água.

Entrevistador: Hum, entendi. E o cristal ficaria ali também?

Aluna 3: É também, mesma coisa. Colocar todas as moléculas de água, tudo juntinho.

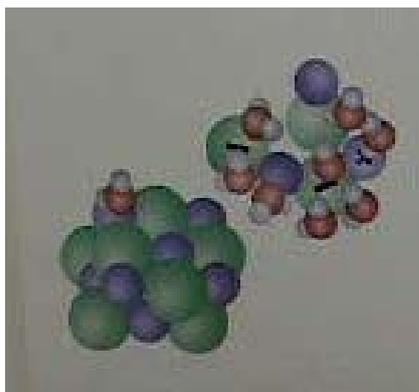


FIGURA 44 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 3)

Entrevistador: Você põe pra mim? Só pra...mas ia ficar nos dois, ou só no cristal, ou ...?

Aluna 3: Não, ficaria no cristal, né.

Entrevistador: Ah ta.

Aluna 3: É que aqui eu tentei fazer uma representação mais ou menos desse verde sozinho, né? [referindo-se à figura do cristal de NaCl]

Entrevistador: Ah, então assim, estaria entre, as águas estariam entre os íons no cristal? É isso?

Aluna 3: Isso.

Entrevistador: Isso no fim, depois que dissolveu tudo?

Aluna 3: Isso. Depois que tiver tudo dissolvido.

Entrevistador: Ta bom

Aluna 3: Ta bom? [risos]. É, foi meio confuso, mas fiquei meio perdida um pouco também.

Entrevistador: Não, fica tranqüila.

Aluna 3: Precisa tirar?

Entrevistador: Pode tirar.

### Transcrição do depoimento da Aluna 4

Aluna 4: Começamos aqui. Pode ir lá?

Entrevistador: Pode ir lá. Pode colocar o que você quiser. Aqui você tem essa marcaçãozinha que é o que aparece na telinha.

Aluna 4: Esse aqui gruda lá? [sobre as figuras das moléculas e íons]

Entrevistador: Gruda.

Aluna 4: Ah, então não precisa segurar.[risos] É bom, esse aqui [íon sódio], não, esse aqui [íon cloreto] tava isolada aí essa [íon sódio] foi com ela e aí elas ficaram dançando. Certo?

Entrevistador: Hum?

Aluna 4: Elas ficaram dançando, se movimentando.

Entrevistador: Ah, ta. Isso quando, é...na hora que colocou na água ou antes?

Aluna 4: Na hora que colocou na água.

Entrevistador: Ta. Essas são as águas.

Aluna 4: É.

Entrevistador: Pode pegar o que você quiser, quantas você quiser.

Aluna 4: Ta, aí esse aqui [molécula de água], peraí, como vou dizer isso...Não, já sabe que elas estão dentro. Aqui elas também estavam se movimentando [moléculas de água] e conforme elas tavam dentro...[riso nervoso]

Entrevistador: Pode ir fazendo. [sobre a movimentação das figuras]



FIGURA 45 – Processo de dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluna 4)

Aluna 4: Ah, eu vou dizer do jeito que eu fiz.

Entrevistador: Isso, pode falar.

Aluna 4: Então, ela caiu [íon sódio] e ficou sozinha, por que a outra ficou lá. [risos] Enquanto isso, essas daqui tão movimentando [moléculas de água] aí, como posso dizer...elas, hum, não sei explicar como foi direito. Deixa eu pegar mais [figuras]

Entrevistador: Isso é no momento que você colocou na água?

Aluna 4: É. Coloquei elas na água e aí elas tão mexendo, positivo e negativo. Aí elas se separaram

Entrevistador: Humhum, separaram sozinhas?

Aluna 4: Foi, se separaram sozinhas, mas agora elas vão se ajuntar de novo por que vai ter mais água. Pode ser assim?



FIGURA 46 – Outra etapa na dissolução do cloreto de sódio. (Aluna 4)

Entrevistador: Pode. Você é a Caroline, né?

Aluna 4: Eu sou.

Entrevistador: Eu não anotei aqui na lista. Pronto.

Aluna 4: Digamos que aqui é uma vasilha.

Entrevistador: Isso, aqui é na vasilha, a vasilha com água.

Aluna 4: Ah é isso que eu quis dizer. [risos] Aí conforme for aumentando a quantidade de água, fizeram que elas se juntassem de novo [os íons] e elas tão aqui né [sobre as moléculas de água]. Pode ser assim, né? Com a quantidade de água assim elas se junta tudo de novo. E é só enquanto isso.

Entrevistador: Ta, e isso é quando você ficou mexendo?

Aluna 4: Hãhã

Entrevistador: Ta, e quando você mexeu e dissolveu tudo? Como que termina? Como que ficou?

Aluna 4: Então, aí quando dissolvi tudo, terminou tudo, aí eles se separaram como começou no começo. Porque se separaram, por que quando misturava cada um foi pra um lado, tudo misturado mesmo, né, assim, né? [risos]

Entrevistador: Ta, entendi. Ta, ta bom, é isso, né, então quando termina fica desse jeito. Ta bom, beleza.



FIGURA 47 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 4)

### Transcrição do depoimento do Aluno 5

Entrevistador: Esse á a água, isso é o íon cloreto, né, o íon negativo e o íon sódio, o íon positivo. Se você quiser usar todas as figurinhas que tem aí, você pode usar.

Aluno 5: Vou pegar algum.[coloca as figuras das moléculas de água no quadro]

Entrevistador: Ta, aí só tem água, né?

Aluno 5: Humhum

Entrevistador: É antes de por o sal, né, e quando você põe o sal, o que vai acontecer? Como que ficaria ali na tela? Como você acha? Você pode usar esse daqui, você pode usar aqueles também, se você quiser por mais água também. [referindo-se à figuras dos íons e moléculas de água] É Danilo, né?

Aluno 5: Isso.

Entrevistador: Deixa eu marcar aqui na lista, que eu não marquei antes. [pausa] Você pode por lá, pode ficar à vontade

Aluno 5: Eu to pensando ainda...

Entrevistador: Ah ta. [pausa]. Você pode montar aí à vontade, que depois você só dá uma saidinha assim pra câmera, que não tava pegando.

Aluno 5: Ah ta.



FIGURA 48 – Processo de dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluno 5)

Entrevistador: Aí, nesse momento é já quando você põe na água?

Aluno 5: Isso, a entrada do sal.

Entrevistador: Isso, na hora que eu coloco o sal na água, acontece isso?

Aluno 5: Ta.

Entrevistador: E quando você pega e mexe? Por que quando você põe direto, ele fica um pouco no fundo, né. E quando você mexe, o que acontece?

Aluno 5: Esses dois [íons cloreto e sódio], vai ocorrer a mistura desses dois e esse daqui [molécula de água].

Entrevistador: Ta, pode mostrar como é que fica, só pra ver.



FIGURA 49 – Outra etapa da dissolução do cloreto de sódio. (Aluno 5)

Entrevistador: Ta, aí é assim, desse jeito, depois em que fase que ta?

Aluno 5: Ainda ta misturando.

Entrevistador: Ainda ta misturando?

Aluno 5: Isso

Entrevistador: Ta bom, e quando você termina? Quando você mexe e dissolve tudo?

Aluno 5: Tira aqui?

Entrevistador: Eles somem? Eles viram esse? [cristal de NaCl]

Aluno 5: Humhum.

Entrevistador: Então pode tirar. Opa, não tem problema, pode ir passando pra mim, [as figuras] eu seguro. Aí desse jeito é depois que misturou tudo?

Aluno 5: Isso.

Entrevistador: Aí não tem mais nenhuma água? Ou tem?

Aluno 5: Tem.

Entrevistador: Tem certeza? Bom, se tiver, você pode por lá,

Aluno 5: Vai ter a...[volta a colocar figuras da água] vai ter a mistura da água e do sal.

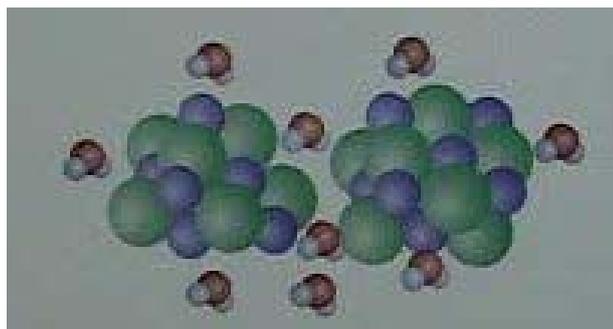


FIGURA 50 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 5)

Entrevistador: E quando termina fica assim?

Aluno 5: Humhum

Entrevistador: Beleza. Então, é só isso, ta?

### Transcrição do depoimento da Aluna 6

Entrevistador: Quando começa, você tem lá o béquer com água, só tem água, né, então só vou ter as moléculas lá. Você não quer falar pra mim como você imaginaria as águas no béquer? Agora, a gente não ta só vendo assim...imagina que a gente tá vendo, como se a gente pegasse o béquer e desse uma ampliação assim gigante, um super zoom. É isso que a gente vai tentar mostrar

Aluna 6: Mais ou menos assim.

Entrevistador: Ta bom, então a gente tinha um tanto de água aí. Aí, você foi e colocou o sal. O que aconteceu? Entrou o sal. Como você imagina a entrada do sal aí na água?

Aluna 6: Hum, não sei.

Entrevistador: Olha, ali tem os cristais de sal e tem os íons.

Aluna 6: Eu, tipo, coloco o cristal na água.

Entrevistador: Hum, ta. Aí você acha que ficaria assim?

Aluna 6: Não, depois se misturaria com a água.

Entrevistador: Mas então mostra misturando com a água.

Aluna 6: Mas eu não sei como.

Entrevistador: Mas você não falou que mistura?

Aluna 6: Ah, se mistura, é aí entre as águas.

Entrevistador: Isso, põe

Aluna 6: Não sei..[risos]

Entrevistador: Ta indo bem.

Aluna 6: Entraria assim na água?

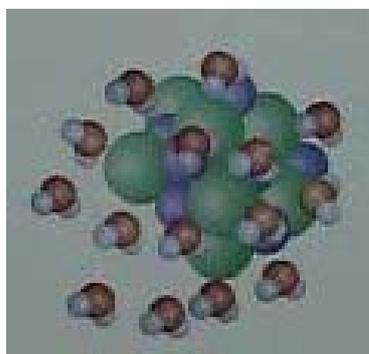


FIGURA 51 – Processo de dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluna 6)

Entrevistador: Ta bom. Isso, colocou o sal na água, agora eu vou, a gente pegou e misturou até dissolver tudo. Aconteceu alguma coisa ou continuou do mesmo jeito? O que você acha? O que você imagina?

Aluna 6: Eu acho que o cristal vai se desfazendo, né.

Entrevistador: Hum.

Aluna 6: Vai se separando.

Entrevistador: Vai se separando? Mas como isso? Tem que mostrar na tela, que a gente vai fazer um filme. Não pode só falar, ah o cristal se...

Aluna 6: [risos] Ah, não sei...tipo, tira o cristal

Entrevistador: Sem problema.

Aluna 6: Aí entra as bolinhas separadas.



FIGURA 52 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 6)

Entrevistador: Hum, ta. Aí vai ficar desse jeitinho?

Aluna 6: Não sei....é.

Entrevistador: E as águas vão ficar assim?

Aluna 6: É, tipo em volta, não seria?

Entrevistador: Ta, é desse jeito?

Aluna 6: Não sei...

Entrevistador: Não, é o que você imagina, eu imagino outra coisa, mas assim, tem que ser do jeito que você imagina. Depois eu vou mostrar o que eu imagino pra vocês, que eu fiz um filme. Mas depois, isso é uma outra história. Ta, então tem que ser o que você imagina. É desse jeitinho?

Aluna 6: É.

Entrevistador: Então ta ótimo. Então fechou. Agora o que você faz? Você pega e escreve isso o que você fez. Esse vai ser o roteiro do filme. Não é difícil, né? Vou desligar, ta?

Aluna 6: Tá

### Transcrição do depoimento da Aluna 7

Entrevistador: [risos] Normal, ta? Esquece que esse negócio ta aí.  
[sobre a câmera registrando a conversa]

Aluna 7: Mas tem que falar mesmo?

Entrevistador: Tem que falar.

Aluna 7: É que eu tenho vergonha.

Entrevistador: Ta bom, então põe ali só. Aí é antes de por o sal?

Aluna 7: Isso.

Entrevistador: Ta.

Aluna 7: Agora eu ponho o sal.

Entrevistador: Isso. Aí os íons já tão separados. Já tão separando.

Aluna 7: Já.



FIGURA 53 – Primeira etapa da dissolução do cloreto de sódio em água. (Aluna 7)

Entrevistador: Ta.

Aluna 7: E agora?

Entrevistador: Isso é quando você põe a água?

Aluna 7: É. Eu acabei de colocar o sal.

Entrevistador: Ta, então você imagina que seja assim?

Aluna 7: Isso.

Entrevistador: Não tem mais água nem mais íons?

Aluna 7: [pausa] Tem né, mas é igual.

Entrevistador: Hã?

Aluna 7: Ai meu Deus... Eu acho que é assim: eles estão caindo, negativo e positivo tão se juntando. E aí depois eles se juntam. Aí fica...

Entrevistador: Depois quando? É depois que eu mexer?

Aluna 7: Isso.

Entrevistador: Ta então depois que eu mexer, vai...

Aluna 7: Todos vão se juntar. Todas as...

Entrevistador: Todos os íons vão juntar e vira esse[cristal]?

Aluna 7: É.

Entrevistador: Coloca ali então. Vai virar esse [cristal] e daí somem os outros, ou não? Eles viram esse [cristal] ou eles continuam desse jeito ["moléculas" de NaCl]?

Aluna 7: Não, eles viram só esse [cristal].

Entrevistador: Ta, e as águas, o que acontece com as águas?

Aluna 7: Vão misturar e a água vai ficar um pouquinho mais...como posso dizer....ela não vai ficar tão transparente, ela vai ficar um pouquinho branca, por causa do sal misturado.

Entrevistador: Ta, mas isso quando a gente vê no vidro, né?

Aluna 7: Isso.

Entrevistador: E aqui, nas moléculas?

Aluna 7: Aqui, a água vai ficar perto [do cristal], vai ficar...assim.

Entrevistador: Ta, aí terminou, aí depois que mexeu ficou desse jeito?

Aluna 7: Isso.

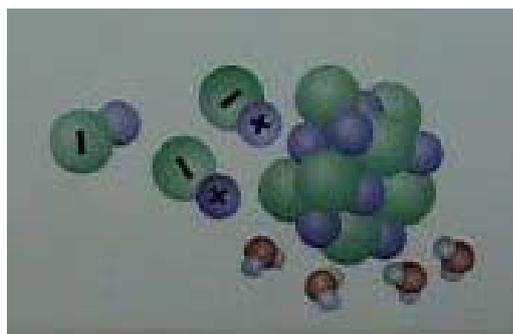


FIGURA 54 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 7)

Entrevistador: Ta bom. É Eysi, né?

Aluna 7: É.

Entrevistador: Deixa eu anotar aqui, que eu não anotei. Pronto. Senão fica com falta, né?

Aluna 7: Humhum.

### Transcrição do depoimento do Aluno 10

Aluno 10: Eu agora tenho que fazer a mesma história aqui?

Entrevistador: Isso, só a parte da conclusão que você falou, né. Que nem, tem a água, o experimento, o sal na água. Então inicialmente quando você coloca o sal na água, o que acontece?

Aluno 10: Ah, eu fiz que os pólos, os pólos positivos, e agora pra explicar...cadê a folha? Eu posso ir lá pegar a folha?

Entrevistador: Ah, vai da sua cabeça mesmo, é melhor.

Aluno 10: Ah, é complicado explicar.

Entrevistador: Pode colar ali, pode colar o que você achar. É melhor.

Aluno 10: Ele gruda.[sobre as figuras no metal da placa]

Entrevistador: Isso, ele tem um imã de geladeira atrás.

Aluno 10: Ah, entendeu, por que eu pensei que não grudava. Por que é assim, tava, eu vou misturar aqui. Por que assim, tava uma bagunça total da mistura.

Entrevistador: Isso

Aluno 10: Depois da bagunça...

Entrevistador: É Higor, né?

Aluno 10: Isso.

Entrevistador: Ta, vou marcar na lista.

Aluno 10: Por que é assim, tava uma bagunça total, tudo bagunçado, daí os...tem muita água. [tira algumas figuras de água] Daí os, os pólos, o oxigênio tem pólos positivos, né?

Entrevistador: Hum.

Aluno 10: São dois não é assim? Eu vou explicar mas depois vai gravar e tirar foto, né?

Entrevistador: Então, ta gravando, né, mas isso aí é só uma explicação.

Aluno 10: Entendeu. Aí os pólos negativos do oxigênio atraem...cadê o cloreto? Qual que é o cloreto?

Entrevistador: O cloreto é esse daqui, que é o negativo.

Aluno 10: Ah sim.

Entrevistador: O outro que é positivo é o sódio

Aluno 10: Ah sim, então o cloreto se mistura com as cargas positivas do hidrogênio. Ta junto. E o oxigênio atrai o sódio, que tem carga positiva.

Entrevistador: Isso.

Aluno 10: E o oxigênio tem carga negativa. Daí atrai dois sódios. Entendeu? Daí, a minha conclusão foi essa: que a mistura, misturou os pólos do... as moléculas de água atraiu os cloreto e os sódio, é como que chama, um esqueminha que atrai, que o oxigênio atrai os pólos negativos do hidrogênio.

Entrevistador: Humhum.

Aluno 10: Você fez aquele esqueminha. Eu fiz assim.

Entrevistador: Ta, entendi.

Aluno 10: Ele foi atraindo, e conforme foi atraindo foi dissolvendo e foi separando as moléculas de sal, foi se separando, entendeu?

Entrevistador: Hum, ta.

Aluno 10: Eu fiz assim.

Entrevistador: Isso é logo que você começou a fazer a dissolução?

Aluno 10: Isso.

Entrevistador: E no fim, como que estaria? Depois que eu coloquei e dissolvi tudo?

Aluno 10: Então, não ficou sal, assim, ficou uma mistura de. O cloreto e o sódio se separaram

Entrevistador: mostra pra mim na tela como que ficaria?

Aluno 10: Minha idéia é louca!

Entrevistador: Não..

Aluno 10: É assim, ficou tudo..tipo assim, se separou, entendeu? Não ficou mais um sal, uma molécula de sal, Cl, como é a molécula de sal?

Entrevistador: NaCl.

Aluno 10: É NaCl. Não ficou, ficou separado Cl do Na, entendeu? Ficou assim no final.

Entrevistador: Ta bom, entendi.

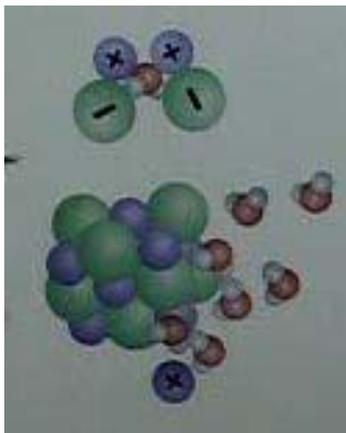


FIGURA 55 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 10)

Aluno 10: Pensei que ia explicar assim meio doente...

Entrevistador: Não, foi legal.

Aluno 10: Ah, mas não sei se ta certo. Tem que corrigir, né?

Entrevistador: Humhum.

Aluno 10: Nossa, não sabia como explicar. E isso daqui? São os cloretos, né?

Entrevistador: É o sódio.

Aluno 10: Ah o sódio, eu nem vi.

### Transcrição do depoimento da Aluna 11

Aluna 11: Eu vou falando?

Entrevistador: Isso, pode ir falando. É Janayna, né?

Aluna 11: Isso.

Entrevistador: Deixa eu anotar aqui, pronto, anotei.

Aluna 11: Eu acho que é um monte do bolinha, assim ó. Tudo misturado. Assim, misturado um monte.

Entrevistador: Ta, isso é logo que eu ponho o sal na água?

Aluna 11: Isso, não. É sim, pra misturar o sal primeiro. Aí ela fica tudo se misturando. Aí quando bate negativo com negativo, eu acho que elas não se agruda, por que é negativo. Agora quando bate [íons negativos com positivos], se agruda, aí vai acabando e grudando uma na outra, assim, até formar um cristal.

Entrevistador: Ta.

Aluna 11: Isso é a mesma coisa pra água, só que quando acontece da bolinha vermelha com a branca, elas já agruda, mas é uma bolinha pra duas brancas, porque eu acho que tem muito pouca bolinha vermelha.

Entrevistador: Ó, tem água aqui, se você quiser usar...

Aluna 11: Eu acho que tem muito pouquinha bolinha vermelha, por isso vai duas bolinha branca. Aí ela acaba se ajuntando. Quando ajunta as duas, quando joga o sal na água, eu acho que elas separa de novo, por isso que acaba sumindo.

Entrevistador: Ta, quando misturo tudo então, fica desse jeito.

Aluna 11: É, eu acho que separa de novo.

Entrevistador: Ta, e quando que elas começam a juntar? É quando põe na água?

Aluna 11: É, tipo quando elas tão soltas assim, quando tão sozinhas [íons cloreto e sódio] elas vão juntando até juntar tudo.

Entrevistador: Ta, aí junta tudo e vira aquele cristal?

Aluna 11: Isso, aí, quando coloca água, separa de novo.

Entrevistador: Ah ta, então quando põe a água separa tudo?

Aluna 11: Separa tudo.

Entrevistador: Ta, entendi. [risos]



FIGURA 56 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 11)

### Transcrição do depoimento da Aluna 13

Aluna 13: Coloco lá?

Entrevistador: Isso, você vai colando, vai colocando aqui, assim, do jeito que você imagina.

Aluna 13: Hãhã. Já começou?

Entrevistador: Já começou.

Aluna 13: Então, essa daqui é as moléculas do sal [referindo-se ao cristal de NaCl].

Entrevistador: É Letícia, né?

Aluna 13: Isso.

Entrevistador: Pra anotar aqui, pra não ficar com falta.

Aluna 13: E essa daqui é da água, né, assim. Aí, quando elas se juntam, quando elas se juntam, elas ficam, elas começam a se mover quando elas se juntam, né. Aí ficam todas separadas, é separadas. Aí a bolinha vermelha, que é negativa, né?

Entrevistador: Hum.

Aluna 13: Atrai as positivas pra perto dela. É, e as negativas ficam longe.

Entrevistador: Ta, aí assim é como fica depois que dissolveu tudo?

Aluna 13: É, depois que dissolveu.

Entrevistador: Ta, aí fica assim desse jeitinho?

Aluna 13: Isso, eu acho que é.

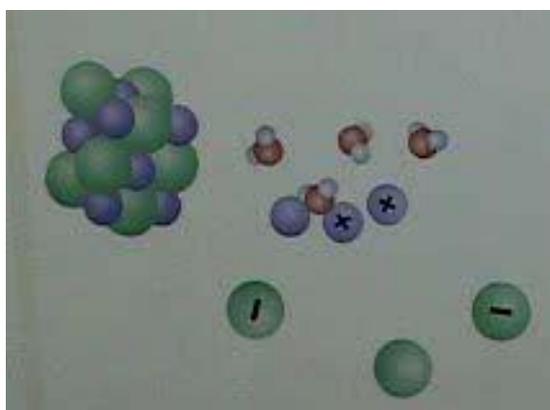


FIGURA 57 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 13)

Entrevistador: Ta bom, então ta.

Aluna 13: É ficou meio embaralhado, né?

Entrevistador: Se é desse jeito [que você acha] então ta certo.

Aluna 13: Eu acho que é assim.

Entrevistador: Beleza.

### Transcrição do depoimento do Aluno 14

Aluno 14: Tem que falar?

Entrevistador: Ah, é bom. [risos] Vamos então começar então quando a gente põe o sal na água. Antes de por o sal na água.

Aluno 14: colocando o sal?

Entrevistador: Isso. Pode colar onde você achar..essa tela aí é o filme, então você cola onde você imagina que for o melhor lugar. Isso. Isso aí é antes de por na água?

Aluno 14: Isso.

Entrevistador: E quando você põe na água, o que vai acontecer?

Aluno 14: Quando põe na água vai ficar mais ou menos assim, como que fala...destrinchar. Pode ser assim?

Entrevistador: Humhum. Se quiser usar todas as figurinhas, pode usar.

Aluno 14: Sei.

Entrevistador: Deixa eu ver se anotei. É Luis Felipe, né?

Aluno 14: Isso.

Entrevistador: Isso, pronto.

Aluno 14: A água fica junto mesmo, né?

Entrevistador: Isso, a água é essa, a bolinha vermelha com as duas brancas. Ta, então separa [os íons] né, ali.

Aluno 14: Separa.

Entrevistador: E as águas? O que acontece com as águas?

Aluno 14: Como faz pra colocar as águas absorvem as moléculas do sal?

Entrevistador: Não, assim, como que você imagina?

Aluno 14: Logo que adiciona a água, elas se destrincha, as moléculas de sal e as de água....[pausa] as moléculas de sal se juntam as moléculas de água, e as de água acabam absorvendo as moléculas de sal. Só isso.

Entrevistador: E como você acha que seria visualmente?

Aluno 14: Aqui tá a água. Esse daqui é usado pra quê?

Entrevistador: Então, esse daí é assim, os verdes têm carga negativa e os roxos têm carga positiva, e pode por lá também se você quiser.

Aluno 14: Moléculas positivas e negativas se atraem, e são absorvidas por moléculas de água. E acaba fazendo a mistura e a dissolução do sal.

Entrevistador: Aí fica desse jeitinho assim?

Aluno 14: Hãhã. Mas é melhor assim, absorve..

Entrevistador: Hum, assim...tá.

Aluno 14: Absorção da molécula de água pro sal.

Entrevistador: E as outras ali, também?

Aluno 14: Todas, né? Tá absorvendo. Tem problema se falar errado?

Entrevistador: Não, não, fica tranquilo, fica tranquilo.

Aluno 14: É só isso.

Entrevistador: Ta, então quando dissolve e mistura tudo, fica desse jeito?

Aluno 14: Fica desse jeito. É isso o que eu penso.

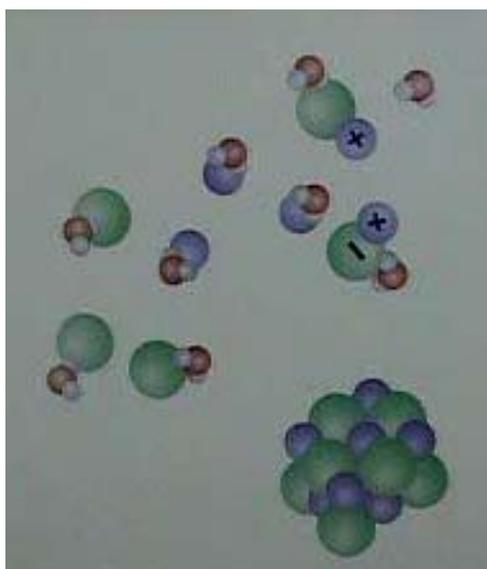


FIGURA 58 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 14)

Entrevistador: Então beleza, beleza. É isso.

### Transcrição do depoimento do Aluno 15

Entrevistador: Então assim, quando põe o sal na água, como você imagina que seja? Logo que põe o sal na água.

Aluno 15: Ah, ele vai se dissolvendo, aos poucos, conforme você vai mexendo ele vai se dissolvendo.

Entrevistador: Humhum, mas assim...

Aluno 15: Moleculares.

Entrevistador: Isso.

Aluno 15: Aquele dia que você explicou, eu acho que eu esqueci também. Mas você pode explicar também, você não explicou.

Entrevistador: O quê?

Aluno 15: Da prova, quando a gente falou que não conseguiu responder, a quatro e a cinco [sobre questões escritas referentes ao experimento].

Entrevistador: É, então, por que eu ainda queria saber, é... queria a gente vir discutir aqui, assim, como você imagina que seja.

Aluno 15: É, na verdade o sal é um íon, né? As moléculas? É isso?

Entrevistador: Isso, a água é uma molécula e tem o sal que é íon, uma substância iônica.

Aluno 15: Mas isso quer dizer o que?

Entrevistador: Não, então, esse aqui é assim, é molécula [a água], e esse aqui, ele tem íon, esse aqui é quando ta tudo grudadinho [cristal de NaCl], e esse aqui quando ta solto, né, ele tem cargas [íons cloreto e sódio]. É só isso, ele tem cargas mesmo, uma negativa e uma positiva. Aqui também as cargas estão todas, só não imprimi, mas estão aqui também [cristal não tem cargas impressas]. E esse aqui não, ele não tem uma carga mesmo, mas é polar, né.

Aluno 15: É de acordo com as cargas né, positivo e negativo vai ta atraindo pelo jeito.

Entrevistador: Então, assim, quando você põe, por exemplo, o sal na água, assim, imagina que essa tela aqui, ela é um super zoom, que desse um zoom que conseguisse ver as moléculas se mexendo. Como que seria? Isso que eu queria saber.

Aluno 15: Ah, não tenho muito idéia, por que...é só molécula, como você falou, que na verdade tem um elétron aqui em cada eletrosfera. Na verdade, nas duas ao mesmo tempo. O hidrogênio e o oxigênio, agora....

Entrevistador: Mas assim, por exemplo. Bom, mas vamos começar. Põe lá 250 mL de água. Como essa água vai estar ali no béquer? Como que você imagina que esteja essa água?

Aluno 15: Só água?

Entrevistador: É, só água.

Aluno 15: Só moléculas?

Entrevistador: É.

Aluno 15: As moléculas, só.

Entrevistador: É. Como que estaria isso?

Aluno 15: Assim só.

Entrevistador: Mas teria uma molécula só?

Aluno 15: Não, um monte.

Entrevistador: Então, põe um monte de moléculas aqui

Aluno 15: Eu?

Entrevistador: É [risos]

Aluno 15: Mais? [figuras para por no quadro]

Entrevistador: Quantas você achar que é necessário. Ta bom?

Aluno 15: Hãhã.

Entrevistador: Ta, então tem esse tanto de moléculas, aí você vem e põe o sal. Como que vai ser a entrada do sal na água?

Aluno 15: É, aqui talvez.

Entrevistador: Ta, e as águas vão ficar desse mesmo jeito?

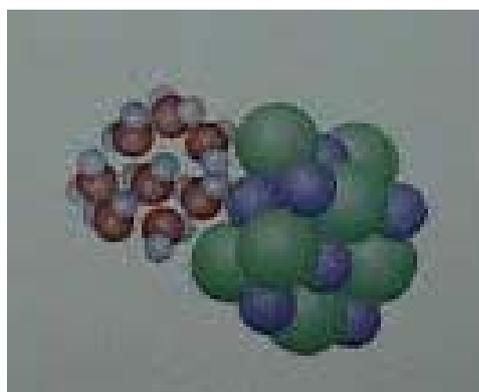


FIGURA 59 – Primeira etapa da dissolução do cloreto de sódio na água. (Aluno 15)

Aluno 15: Quando começar a dissolver, elas vão começar a separar, sei lá, vão se agrupando com essas moléculas aqui.

Entrevistador: Hum.

Aluno 15: É, tipo, sei lá...

Entrevistador: Aí, você vai lá e mistura, mistura, mistura, até dissolver tudo.

Aluno 15: Isso.

Entrevistador: Vai ficar desse jeito aí ou vai mudar? O que você acha?

Aluno 15: Vai ficar assim.

Entrevistador: Fica desse jeito até depois que dissolveu e sumiu?

Aluno 15: É.

Entrevistador: Fica assim?

Aluno 15: É.

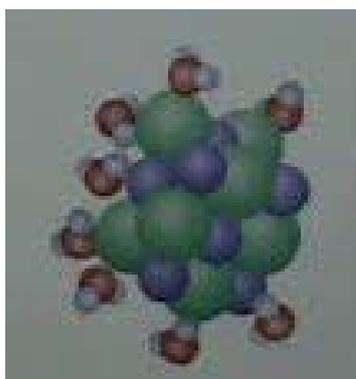


FIGURA 60 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 15)

Entrevistador: Então é isso. Era isso que eu queria saber só. Como que você imagina assim com essas bolinhas. Aí no texto, você escreveu mais ou menos desse jeito?

Aluno 15: Humhum.

Entrevistador: Então é isso, fechou.

### Transcrição do depoimento do Aluno 19

Entrevistador: Pode por as bolinhas do jeito que você achar melhor.

Aluno 19: Pode colocar qualquer um?

Entrevistador: Pode colocar qualquer um. Se quiser colocar todas, pode por. Que nem, no começo, antes de colocar o sal na água, né, você só tem a água no béquer. Como ficaria assim? Como você imagina a água no béquer, se você pudesse dar um baita dum zoom?

Aluno 19: É, ficaria a água, ixi, o que são essas bolinhas roxas mesmo?

Entrevistador: Então, isso aí é sódio.

Aluno 19: Sódio?

Entrevistador: É, íon sódio, o íon positivo e o outro é o cloreto, o íon negativo.

Aluno 19: Hum, isso daqui é eles misturado? [sobre o cristal de NaCl]

Entrevistador: É, essa daí é quando elas tão juntas. Elas tão juntinhas, e aí elas tão separadas. Aí já é quando você colocou sal na água?

Aluno 19: Humhum.

Entrevistador: Aí, quando você mexe, o que acontece?

Aluno 19: Ele mistura, né?

Entrevistador: Mas como que fica assim na tela? Como que ficaria?

Aluno 19: Ficaria tudo assim desse jeito, tudo misturado? Ou não?

Entrevistador: Não, não. Não entendi. Qual que é? É assim, ou com outro?

Aluno 19: Eu coloquei a água primeiro, depois coloquei o outro [íon cloreto], aí depois eu fiz outra mistura. Coloquei a água de novo na outra mistura e coloquei esse daqui [íon sódio].

Entrevistador: Ta. Aí esse cristal é quando? É no mesmo momento em que a água ta dissolvida? Ou é depois?

Aluno 19: Depois.

Entrevistador: É depois quando? Depois que ce mexe? Ou é antes?

Aluno 19: É, depois que ce mexe, né?

Entrevistador: Hum, então depois que eu mexer tudo, ele vai ficar o cristal?

Aluno 19: É.

Entrevistador: E as águas? Tem água assim, ou não?

Aluno 19: Não, só os íons, sem a água.

Entrevistador: Na hora que termina fica desse jeito?

Aluno 19: É.

Entrevistador: Ta, na hora que terminei, mexi e dissolveu tudo, ficou desse jeito?

Aluno 19: É.



FIGURA 61 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 19)

Entrevistador: Ta. Então beleza, é isso. Então o seu filme ficaria desse jeito? Você começaria e tal, separado aí depois juntava?

Aluno 19: Humhum.

Entrevistador: Então é isso.

### Transcrição do depoimento do Aluno 20

Entrevistador: Deixa eu anotar aqui, acho que anotei. É Michel, isso, ta aqui.

Aluno 20: Aqui ó, fiz mais ou menos assim. Ce vai, tipo, é como eu imaginei ela junta, né? Aí você vai, elas vão vim na água [cristal de NaCl], aí elas vindo, elas vão se...dissolver, sabe, elas vão estar separadas.

Entrevistador: Ta, o sal?

Aluno 20: É, pra mim vai ta separada, já. Eu pensei que quando ele caísse na água, ele não ficasse junto assim. Ele já se separasse. [o sal]

Entrevistador: Ah, então põe separado.

Aluno 20: Pode por separado?

Entrevistador: Pode por.

Aluno 20: Aí eles...aí quando eles fossem caindo [íons separados], as moléculas, á água fosse tipo é..como fala, é...quando eles acha os átomos, deixasse eles dentro assim, os envolvia assim numa mesma substância.

Entrevistador: Entendi.

Aluno 20: Então ele já não fica mais H<sub>2</sub>O. Aí eles ficam tipo, junta, vão ficar juntos assim. Mais ou menos assim.

Entrevistador: Entendi.

Aluno 20: Pra eles se misturarem.

Entrevistador: Humhum.

Aluno 20: Fiz assim. [risos]

Entrevistador: Ta, aí isso é depois que mistura.

Aluno 20: É, isso é depois que mistura. È, eles vão cair, aí depois que mistura, eles vão se juntar com a água [os íons]. Ficar tudo a mesma substância, a mesma coisa.

Entrevistador: Entendi.



FIGURA 62 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 20)

Aluno 20: Sei mais ou menos dessa maneira assim, não sei se ta certo.

Entrevistador: Beleza, beleza.

### Transcrição do depoimento do Aluno 21

Entrevistador: Agora como que você imagina no começo, quando você põe o sal na água? Como você imagina que seja na telinha?

Aluno 21: Na telinha?

Entrevistador: É, como você imagina assim, colando as figurinhas na tela.

Aluno 21: Ah, a da água é qual? É a vermelhinha?

Entrevistador: Isso. As vermelhinhas.

Aluno 21: As vermelhinhas. Essa daqui, né?

Entrevistador: Humhum.

Aluno 21: Pode pegar...

Entrevistador: Pode pegar, se quiser pegar todas, pode. Pode usar todas as figurinhas que você quiser.

Aluno 21: Sim senhor....coloca esse aqui assim....como que é mesmo elas juntas naquela coisa lá? Não sei o nome...

Entrevistador: [risos]

Aluno 21: É desse jeito que elas tavam junto? [moléculas de água]

Entrevistador: É, põe do jeito que você acha.

Aluno 21: Ta filmando?

Entrevistador: Hum?

Aluno 21: Já ta filmando?

Entrevistador: Ta, ta filmando.

Aluno 21: [longa pausa, colocando as águas cuidadosamente no quadro e observando a orientação das moléculas] O que que são essas daqui?

Entrevistador: Esses são os cristais de sal.

Aluno 21: Hum.

Entrevistador: Isso aí é só, por enquanto só a água?

Aluno 21: É.



FIGURA 63 – Representação da estrutura da água líquida. (Aluno 21)

Entrevistador: E agora você vai por o cristal?

Aluno 21: É.

Entrevistador: Isso.

Aluno 21: É, vamos supor, vamos acrescentar aqui. Tem som?

Entrevistador: O som ta pegando, mas pode falar normal. Não em problema.

Aluno 21: Que nem, eu quero por aqui. Mas tem que adicionar na água.

Entrevistador: Ta.

Aluno 21: Aí vai, e eles se misturam.

Entrevistador: Aí, é...

Aluno 21: Mas tem que abrir um espacinho pra poder colocar as moléculas tudo em volta, né?

Entrevistador: Hum, ta.

Aluno 21: Deixa eu ver aqui...põe em volta. Aqui eu to mostrando que elas tão juntas e depois...

Entrevistador: Humhum.

Aluno 21: Pode por junto?

Entrevistador: Pode.

Aluno 21: Nossa, ta caindo. [figuras no chão]

Entrevistador: Beleza. Aí isso é na hora que dissolveu?

Aluno 21: Humhum. Dissolveu.

Entrevistador: Ta, e depois que você mexe? Ele [o sistema] continua assim?

Aluno 21: Ele parece quando ta tudo junto, né? [e começa a mexer nas figuras fixadas no quadro]

Entrevistador: Se você quiser deixar comigo? [as figuras] Sei lá... E esse cristal aqui? [retirado do quadro] Esse aqui...ele...

Aluno 21: Ah, eu to demonstrando só...ele...

Entrevistador: Ah, ta...Beleza.

Aluno 21: Você quer que põe ele também?

Entrevistador: Não, não, aí ele fica assim desse jeito aí?

Aluno 21: Ele fica tudo misturado.

Entrevistador: Ah ta, e aí quando termina fica desse jeito?

Aluno 21: É.

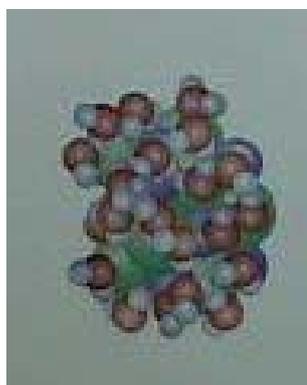


FIGURA 64 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluno 21)

Entrevistador: Beleza, beleza. Vou desligar, ta?

### Transcrição do depoimento da Aluna 22

Entrevistador: É Natália Rodrigues, né?

Aluna 22: É.

Entrevistador: Ta, pra não confundir.

Aluna 22: Pode começar?

Entrevistador: Pode, pode.

Aluna 22: Esse é o copo de água.

Entrevistador: Humhum.

Aluna 22: Aí as bolinhas vão estar assim, andando, andando, pra lá, pra cá, assim. [moléculas de água]

Entrevistador: Huhum.

Aluna 22: Aí, vai colocar o sal.

Entrevistador: Ta.

Aluna 22: Aí colocou. Aí ele vai se misturar, quer dizer...se separar em bolinhas. Bolinha roxa...Aí elas vão começar a andar assim, aí dissolveu.

Entrevistador: Aí quando terminou de dissolver tudo ficou desse jeito?

Aluna 22: Ai, não sei, eu to em dúvida agora.

Entrevistador: Hum.

Aluna 22: Eu acho que elas se agrupa de novo, mas eu vou deixar assim.

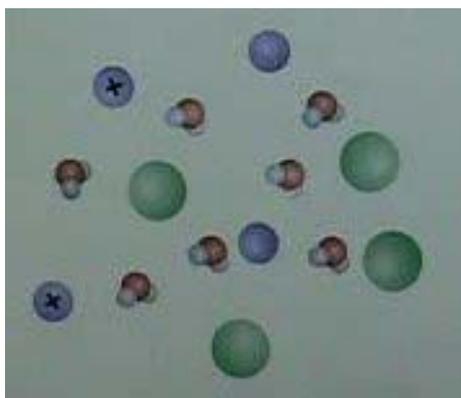


FIGURA 65 – Primeira etapa da dissolução do cloreto de sódio na água. (Aluna 22)

Entrevistador: Não, mas você acha que ela fica assim quando termina ou que agrupa de novo? Depois que a gente terminou o experimento, deixa lá quieto e aí dissolveu tudo e fica desse jeito?

Aluna 22: Acho que elas se agrupam. Elas vão se agrupar de novo. Por que senão os diferentes se atraem, será? Ou alguma coisa assim?

Entrevistador: [risos] Não sei.

Aluna 22: Ta errado?

Entrevistador: Não, não, só quero saber o que você acha?

Aluna 22: É por que eu perguntei pra professora hoje e eu me confundi mais.

Entrevistador: Hum [risos].

Aluna 22: Ah, eu vou deixar assim, eu acho que elas voltam de novo.

Entrevistador: Você acha que forma um cristal de novo?

Aluna 22: É, no meio da água.

Entrevistador: Ah ta. Ta bom.



FIGURA 66 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 22)

Aluna 22: Ta. Eu acho que me embananei. [risos]

Entrevistador: Não, que isso.

### Transcrição do depoimento da Aluna 23

Aluna 23: Ai, eu não vou falar nada, só vou colar.

Entrevistador: Ta bom, se você quiser usar todas as figurinhas, você pode usar.

Aluna 23: Ah, então não precisa usar todas?

Entrevistador: Ah, todas não.

Aluna 23: Ah, então ta.

Entrevistador: Você pode usar só o que você quiser.

Aluna 23: Ai meu Deus, primeiro o cristal porque....

Entrevistador: Ta, então no primeiro você colocou um cristal de sal e...

Aluna 23: A água.

Entrevistador: A água. Uma água só?

Aluna 23: Ah.....

Entrevistador: Quantas você imagina que tenha? Você imagina que é desse jeito que acontece lá na hora que você colocou o sal na água?

Aluna 23: É, não...é...eu imagino que é, por que por exemplo, ta lá no pote lá, aí coloca a água e mistura o sal e aí fica tudo junto. Fica na forma de cristal.

Entrevistador: Humhum.

Aluna 23: Eu imagino que seja assim, não sei se ta certo.

Entrevistador: Ta, mas e as águas? Tem uma só ou tem mais? Como que você imagina? Uma molécula, por que você colocou uma só, né?

Aluna 23: Humhum. Ai, não lembro. São três moléculas, que eu acho que é. Não sei se eu lembro. Mas eu acho que são.

Entrevistador: Mas aí fica desse jeito mesmo, o sal ali e com as águas desse lado?

Aluna 23: Isso, aí vão ajuntar.

Entrevistador: Hã?

Aluna 23: Aí, até que forma....não, é desse jeito que você falou. [risos]

Entrevistador: Não, mas eu não entendi.

Aluna 23: Não, mas é isso.

Entrevistador: Daquele jeito? [sobre o modo como as figuras estão dispostas no quadro]

Aluna 23: É.

Entrevistador: Ta. Aí depois que você mistura o sal na água?

Aluna 23: Vão se juntar, o...sal vai ser....como que fala....se absorver dentro da água, da solução lá.

Entrevistador: Hum, e aí como que fica ali? [no quadro]

Aluna 23: Aí vai misturar tudo. Vai ficar só o cristal e a água vai sair, não, quer dizer, vai ficar tudo junto.

Entrevistador: Não sai a água?

Aluna 23: Isso.

Entrevistador: Então pode por a água, do jeito que você imaginar.

Aluna 23: Ah, fica tudo dentro [entre os íons dentro do retículo cristalino], mas não cola..

Entrevistador: Colou.

Aluna 23: É porque vai misturar, quer dizer, só que aí não vai aparecer o sal, né?

Entrevistador: Ta, aí depois que eu misturar, fica desse jeito? Depois que mistura. Que nem, a gente pegou o sal, colocou na água, misturou e aí depois deixou quieto. Misturou bastante, lembra? A gente ficou lá...[risos]

Aluna 23: Sei.

Entrevistador: Aí quando termina fica assim?

Aluna 23: Ai, acho que não, né? Não fica, né? Me ajuda.

Entrevistador: Não, não posso ajudar.

Aluna 23: Ah...

Entrevistador: Eu quero saber o que você acha?

Aluna 23: Ah, mas não vai ficar assim, vai ficar só o cristal. Eu não sei explicar, mas vai ficar só o cristal junto.

Entrevistador: Então...

Aluna 23: Mas as águas não vai ficar ali tudo junto, não, elas vão se misturar, até formar esse cristal.

Entrevistador: Ta, aí fica assim? Fica com as águas?

Aluna 23: Ah, eu acho que fica sim.

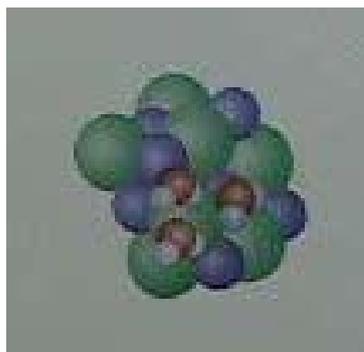


FIGURA 67 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 23)

Entrevistador: Então ta. Então ta fechado.

Aluna 23: Ta errado?

Entrevistador: Hã?

### Transcrição do depoimento da Aluna 25

Aluna 25: Foi assim que eu coloquei. Eu coloquei e ainda fiz um desenhinho na folha, que eu já apaguei, eu falei ah, ta tudo errado. Eu fiz como se fosse a água, toda a água assim, e na hora que eu despejava o sal, os cloro pegava todos os sal, sabe? Como se o cloro pegasse os cristais do sal. Entendeu?

Entrevistador: Mais ou menos.

Aluna 25: Como se ele puxasse pra ele, assim, o cloro puxasse pra ele os cristais do sal. Aí é onde sumia o sal. Entendeu?

Entrevistador: Ta, mostra pra mim então na telinha como ficaria.

Aluna 25: Como se tivesse tudo distribuído [com águas e íons cloreto], aqui e aqui. Aí, é como se fosse...esse é o sal, né? [sobre o íon sódio]

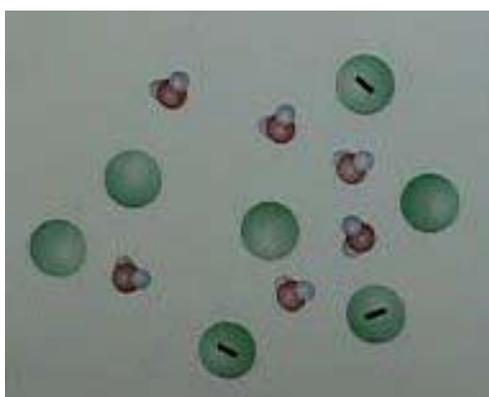


FIGURA 68 – Primeira etapa da dissolução do cloreto de sódio na água. (Aluna 25)

Entrevistador: Os dois são o sal, tanto o verde [íon cloreto] quanto o roxinho [íon sódio].

Aluna 25: Então, vamos por aqui o que ocorre só pra simplificar.

Entrevistador: Ta.

Aluna 25: Aí é como se fosse assim, eles puxassem pra eles, entendeu? Ficassem assim. [com os íons sódio colocados em cima dos íons cloreto] Aí é onde sumia todos os cristais do sal.

Entrevistador: Ta, aí é nessa hora que dissolveu tudo?

Aluna 25: Dissolveu tudo.



FIGURA 69 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 25)

Entrevistador: Hum, ta.

Aluna 25: Foi assim que eu imaginei.

Entrevistador: Ta bom, é Vanessa, né?

Aluna 25: Isso.

Entrevistador: Deixa eu anotar aqui. Ta certo.

Aluna 25: Certo?

### Transcrição do depoimento da Aluna 26

Entrevistador: Marcela, deixa eu anotar aqui. Aqui é b ou é r, no seu sobrenome?

Aluna 26: Ah, é h.

Entrevistador: Ah, [riso] não é nem um nem outro.

Aluna 26: Ta bom, tem que explicar, aqui tem o do sal [cristal], as moléculas e as da água, elas tão separadas, né [sobre as moléculas de água]. Daí, ai...tudo bem, daí quando elas tão misturadas elas se soltam.

Entrevistador: Da água ou do sal?

Aluna 26: Do sal.

Entrevistador: Ta.

Aluna 26: Daí tem que colocar as pecinhas?

Entrevistador: Humhum [risos]

Aluna 26: Elas se soltam [íons] e se misturam com as da água.

Entrevistador: Humhum.

Aluna 26: Tem que mostrar?

Entrevistador: Ah, é bom mostrar, né.

Aluna 26: Vê lá...

Entrevistador: Isso.

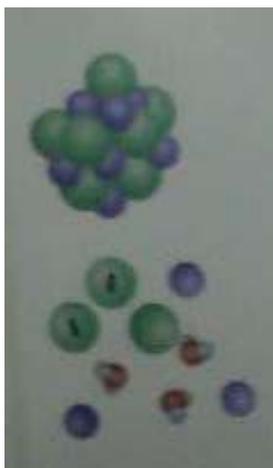


FIGURA 70 – Primeira etapa da dissolução do cloreto de sódio na água. (Aluna 26)

Aluna 26: Sei lá, se mistura. Daí depois, eu acho que a molécula vermelha [a água] vai atraindo as outras.

Entrevistador: Hum.

Aluna 26: Sei lá, vai atraindo assim, as moléculas do sal, sei lá, de qualquer jeito ta bom.

Entrevistador: Aí elas se juntam de novo?

Aluna 26: Elas se juntam de novo

Entrevistador: Ta, na hora que termina fica assim?

Aluna 26: Sim, quando terminar, fica assim.

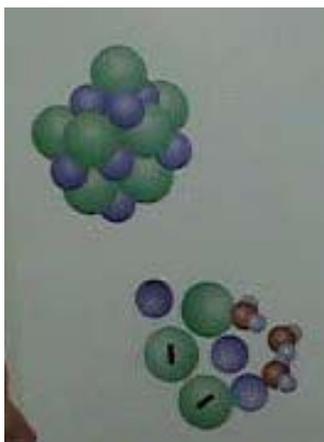


FIGURA 71 – Representação do cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 26)

Entrevistador: Ta, ta bom.

Aluna 26: Ta bom? Não entendi muito bem.

Entrevistador: Hã?

Aluna 26: Não sei muito bem explicar. Eu achei assim

Entrevistador: Ta certo então. Se é assim que você imaginou, ta certo.

Aluna 26: É assim.

Entrevistador: Beleza.

Aluna 26: Ta certo? Pode tirar as figuras daqui?

Entrevistador: Pode tirar.

### Transcrição do depoimento da Aluna 27

Entrevistador: Ta, isso aí já é quando colocou o sal na água?

Aluna 27: É.

Entrevistador: Ta.

Aluna 27: Pode ser? Ou tem que colocar só a água e depois ir mexendo?

Entrevistador: Não, pode ser desse jeito mesmo. Aí quando põe o sal na água, ele fica desse jeitinho assim?

Aluna 27: Ah, fica meio separado assim, né, daí depois some né, o sal a gente não consegue ver

Entrevistador: Humhum

Aluna 27: Daí o sal some e a água é separada, né, não são todas juntas.

Entrevistador: Humhum

Aluna 27: Certo?

Entrevistador: Humhum

Aluna 27: E é isso.

Entrevistador: Ta, isso quando você pôs o sal na água, né?

Aluna 27: Isso.

Entrevistador: E quando você mistura tudo assim?

Aluna 27: Aí tudo junta porque você ta mexendo. Daí tudo se separa de novo

Entrevistador: Ta, aí quando eu deixo quieto lá, depois que termina né, que vocês mexeram, mexeram, mexeram, aí depois deixou quieto e dissolveu tudo.

Aluna 27: Daí dissolveu tudo, daí ele separa.

Entrevistador: Aí fica assim desse jeito?

Aluna 27: Isso.

Entrevistador: Ta, você quer por mais bolinha, mais água, mais coisas?

Aluna 27: Mais água. Pronto.

Entrevistador: Aí é desse jeito que você imagina depois que dissolveu tudo?

Aluna 27: É. Ta certo?



FIGURA 72 – Representação para o cloreto de sódio dissolvido na água. (Aluna 27)

Entrevistador: Ta bom.

Aluna 27: Ta certo?

Entrevistador: Ta bom. Olha, depois a gente vai discutir se ta certo ou não. Não é importante se ta certo ou não ta certo, ta? Todo mundo vem e me pergunta se ta certo. [risos]

Aluna 27: Ah, é que eu tenho que saber, né?

Entrevistador: Não, fica tranqüila que vocês não vão sair do curso sem saber se ta certo ou não. Mas ainda é cedo, ta?

Aluna 27: Ah, por quê....[risos]

## Transcrições dos depoimentos adicionais sobre a dissolução de cloreto de sódio

### Transcrição do depoimento do Aluno 5

Entrevistador: Dessa vez a gente nem vai aparecer. A gente só vai falar.

Aluno 5: Não to vendo...[se vendo na tela]

Entrevistador: Acho que você tava pegando as coisas [as figuras] e tudo assim. Já já aparece. [longa pausa, assistindo o depoimento] Acabou. Então, Danilo, o que eu não entendi direito é assim, por que no começo os íons estavam soltos, aí depois ele vai se juntando e vira cristal. Eu não entendi o porquê que você colocou desse jeito.

Aluno 5: Eu não sei, eu não sabia como fazer. Eu coloquei daquele jeito.

Entrevistador: Mas assim, você não pensou assim num motivo por que tava juntando tudo?

Aluno 5: Eu pensei como fosse dissolver e se juntar em um bloco e ficaria a água e mais um bloco.

Entrevistador: Você entendeu que quando dissolve forma um bloco?

Aluno 5: Isso.

Entrevistador: Ta. Então esse foi o motivo, quando estivesse em solução, você imaginou que estivesse em bloco?

Aluno 5: Isso.

Entrevistador: Você não chegou a pensar em cargas?

Aluno 5: Não. Não, só ali que eu coloquei um verde e um roxo [íons cloreto e sódio] que eles iam se atrair e ficar junto.

Entrevistador: Ta, então só ali no começo, e depois no resto você não pensou nisso?

Aluno 5: Não.

Entrevistador: Ta, e nem por causa da agitação, que tava mexendo e tal.

Aluno 5: Também não.

Entrevistador: Então você não teve um motivo específico?

Aluno 5: Não.

Entrevistador: Então era isso que você imaginava e acabou?

Aluno 5: Humhum.

Entrevistador: Ah, então eu acho que é isso. Era mais a minha dúvida, por que eles se juntavam ao invés de separar.

Aluno 5: Entendi.

Entrevistador: Beleza, eu acho que é isso. Acho que agora sim.

### Transcrição do depoimento da Aluna 7

Entrevistador: Ta gravando. Opa.

Aluna 7: Ai meu Deus do céu.

Entrevistador: Dá pra ver?

Aluna 7: Dá. Meu Deus. [muito nervosa assistindo o depoimento]

Entrevistador: Acho que eu falo mais no vídeo do que você.

Aluna 7: Ai meu Deus.

Entrevistador: Acabou.

Aluna 7: E agora?

Entrevistador: Então, a minha dúvida, eu só não entendi assim. Você falou que eles se juntam e viram esse daqui [cristal].

Aluna 7: Hã.

Entrevistador: Eu não entendi o porquê.

Aluna 7: Eu também não. Ai, eu não sei o que eu fiz aí não.

Entrevistador: Assim, por que você pensou que eles se juntam? Que eles se juntavam e formavam um cristal?

Aluna 7: Não sei. Só sei que depois que deixa ela descansar os cristais vão caindo, vão ficar embaixo, mas por que eu fiz assim, eu não sei. Sei lá, por que elas vão ficar tudo junto. Vai ficar tudo junto assim, na água. Ai, não sei. Acho que eu quis dizer que todos iam se misturar e ia ficar tudo junto. Acho que é isso.

Entrevistador: Mas assim, por que quando eles se misturam, eles [íons] acabam se juntando? É isso que eu não entendo.

Aluna 7: Ai, eu também não. O que eu fiz? Eu não sei.

Entrevistador: Você não...

Aluna 7: Não tenho nem noção.

Entrevistador: Você não chegou a por exemplo pensar em polaridade, em cargas?

Aluna 7: Quando eu coloquei ali os íons, eu pensei que o negativo com positivo se atraem, e só. Mas por que eu coloquei isso daqui junto [o cristal], sei lá.

Entrevistador: Ta, e nem também foi por causa da agitação? Que a gente ficou mexendo

Aluna 7: Não, por que eles se misturaram, mexendo eles iam se misturar e iam ficar tudo junto. O que eu falei.

Entrevistador: Então foi por que mexeu?

Aluna 7: É.

Entrevistador: Mexeu e ?

Aluna 7: É, ficou tudo junto. As moléculas do sal com a água.

Entrevistador: E aí eles acabam se juntando?

Aluna 7: Aí depois deixa descansar e parar de mexer, os cristais vão cair e a água vai ficar em cima. E vão cair devagar, igual a experiência.

Entrevistador: Então é isso. Então ta.

Aluna 7: Tirou todas as suas dúvidas?

Entrevistador: Acho que sim.

Aluna 7: Pensa bem, tirou? Então ta bom.

### Transcrição do depoimento do Aluno 15

Entrevistador: Acabou. Então, eu não entendi direito por que ele ficou só desse jeito. Ficou só como cristal [hidratado]? Que não aconteceu nada, sabe? Não dissolve. Por que você pensou isso? Eu não entendi.

Aluno 15: Ah, por que assim, ficou parado. Ele se mexeu?

Entrevistador: É.

Aluno 15: Ah, sei lá. Ah, não sei também. Não sei por que fiz isso, deveria ta se soltando. Deveria ter feito.

Entrevistador: Na hora você imaginou que colocava o sal na água.

Aluno 15: Isso.

Entrevistador: Ele só ficava o cristal mesmo? O cristal não se soltava?

Aluno 15: Hãhã.

Entrevistador: Você chegou a imaginar por que o cristal não se soltava?

Aluno 15: Não refleti muito não, cara. Só sei mesmo essa parte. Não tinha muita noção, então fiz assim mesmo. Mas agora eu tenho, estudei lá e tal.

Entrevistador: Ta, então não teve um motivo em especial para manter o cristal, é fechadinho na hora que dissolve?

Aluno 15: Nesse caso não.

Entrevistador: Ta. Então acho que é isso. Não foi também nada por causa de polaridade, de carga?

Aluno 15: tsc tsc [negativa].

Entrevistador: Não? Nem por causa de agitação? Que mexeu.

Aluno 15: tsc tsc [negativa].

Entrevistador: Também não. Então beleza, acho que é isso.

### Transcrição do depoimento do Aluno 21

Entrevistador: Que figura! [comentando sobre os próprios comentários no depoimento]

Aluno 21: Nesse caso aí, coloquei primeiro todas as águas juntas, depois coloquei as moléculas de água aqui e os cristais salinos todos em cima. Aí depois ta mostrando a reação. Eles começaram a descer e depois se misturaram. Aí eles se misturam, que eu to pondo agora [comentando o depoimento registrado em audiovisual]. Colocando um do ladinho do outro. Que nem eu falei, dissolveu. Aí depois seria um pouco do sal, um pouco do cristal de sal ficou dissolvido na água. Daí que eles ficaram dissolvidos, eu acho que coloco outro em cima. Nossa, acabou, ta bom. [risos]

Entrevistador: Então, aqui você coloca a água e depois os cristais, né?

Aluno 21: Humhum.

Entrevistador: Aí você tem dois cristais e eles tem água em volta. Foi isso que você fez, né?

Aluno 21: Humhum.

Entrevistador: Aí, por que você tirou um cristal e deixou outro? E você colocou um monte de água em volta?

Aluno 21: Você não vai dar risada?

Entrevistador: Não.

Aluno 21: Aquele que eu tirei em cima, eu esqueci.

Entrevistador: Como? Eu não entendi.

Aluno 21: Lembra que eu deixei pra você segurar aquela hora? Pra você segurar?

Entrevistador: Aquela?

Aluno 21: É. Ó, ta vendo? Eu tirei e aí você segurou pra mim.

Entrevistador: Humhum.

Aluno 21: Ao o que aconteceu? Quando você segurou, eu esqueci do cristal. E aí eles ficam desse jeito aqui mesmo. Eu esqueci de colocar o outro.

Entrevistador: Ah ta, você tirou o outro só por que você esqueceu mesmo.

Aluno 21: É, eu esqueci. Fui tão cabeçudo, que acabei esquecendo.

Entrevistador: Ta, ta bom. Aí, mas ainda assim, no fim você deixou esse cristal cheio de água. Cheio de águas em volta.

Aluno 21: Então, aí de novo eu esqueci de abrir um pouco de espaço, que ta assim meio dissolvido. Com o passar do tempo ele ia se dissolver.

Entrevistador: Mas você pensou isso na hora do filme?

Aluno 21: Humhum.

Entrevistador: Pensou mesmo? Então aqui, o que faltou pro filme seu?

Aluno 21: Faltou que eu tinha que ter espalhado um pouquinho mais, e ter colocado esse outro aqui [cristal] e devia ter colocado aqui e aqui.

Entrevistador: Em cima?

Aluno 21: É, em cima.

Entrevistador: Por que em cima?

Aluno 21: Ah, não sei, do lado, né? Que eu to fazendo assim, né? Tanto faz. Fica rodando quando ta, né? Quando ta na água eles tão rodando, né? Um pra lá e um pra cá. Então tanto faz se ta em cima ou ta do lado. É a mesma coisa, né?

Entrevistador: Humhum.

Aluno 21: Então foi isso que eu pensei. Que devia colocar daquele lado. Ou do lado, em cima.

Entrevistador: Ta, então você queria com vários cristais então?

Aluno 21: Humhum. Pra poder representar mais.

Entrevistador: Ta, aí mas, eu não entendi por que quando termina o cristal ainda ta desce jeito. Sabe, ele ta aqui cheio d'água.

Aluno 21: Eu esqueci de espalhar mais. Eu esqueci.

Entrevistador: Mas então, o que você pensou?

Aluno 21: Eu pensei que eu espalhava mais um pouco [de moléculas de água], eu abria mais um pouco e colocava umas do lado de fora. E umas células grudadas, por que quando você mistura, depois de um certo tempo fica aquele um pouco depositado no fundo do recipiente. Fica um pouquinho depositado e depois vai depositando mais. Que depois ele vai purificando a água. Mesmo assim fica uma parte do sal dissolvida dentro do recipiente, na água. Entendeu?

Entrevistador: Hum, você quer mostrar pra mim com as figurinhas ali?

Aluno 21: Mostro.

Entrevistador: Ta ali as figurinhas.

Aluno 21: Seria assim, seria fazendo aquela parte. Ta aqui [dois cristais iônicos], né? E as moléculas de água. Eu tinha posto aqui no meio, assim. Coloquei as moléculas aqui. Elas tão aqui. Tava tudo juntinho aqui, tava tudo junto. Como eu tinha esquecido essa daqui [cristal], lembra que eu tirei aquela vez? Que eu tinha tirado?

Entrevistador: Humhum.

Aluno 21: Vamos fazer o seguinte. Põe assim, e depois que eu pus assim, eu vou colocar ela aqui em cima. Vou colocar [o cristal] aqui em cima e vou separar um pouquinho mais [as águas], entendeu? Colocar um pouco mais separada aqui e colocar elas aqui assim. Deixar um pouco aberto, que ta representando...só deixar umas [moléculas de água] aqui e colocar as outras aqui em volta. E representando que mesmo assim, ta misturado.

Entrevistador: Ta, assim desse jeito ta misturado?

Aluno 21: Humhum, desse jeito. Se eu fosse refazer, eu ia fazer um melhor. Só que aí eu decorei e não ia esquecer.

Entrevistador: Ta, aí assim, mas no fim, por que ... o que você pensou para manter elas juntas aí? Que nem o cristal ta junto aí, ta tudo unido.

Aluno 21: Humhum, eu pensei assim, que se uma ta, que se uma ta unida, a outra também tem que ta unida, né?

Entrevistador: A outra o que?

Aluno 21: A outra...o outro cristal de sal tem que ta. Tem que ta também pra poder formar... igual aquele tecido que você mostrou naquele filminho que você mostrou no laboratório.

Entrevistador: Hum?

Aluno 21: Foi do gelo, das moléculas que ficam tremendo e tal. É a mesma coisa que acontece, só que a água estaria misturada. Vamos supor, tem água aqui e elas tão juntas aqui, aí tem aqueles espaços aqui.

Entrevistador: Humhum.

Aluno 21: Só que as águas estariam aqui no meio, elas estariam espalhadas e se juntariam. Outras separadas, outras mais perto, outras mais longe. Mas nessa hora eu pensei nisso.

Entrevistador: Ta. Nessa hora você não chegou a pensar em cargas, em nada? Nessas coisas assim ou não?

Aluno 21: Não, eu tinha pensado que a carga positiva e a negativa sempre se atraem, por que mais e menos dá menos. Uma parte seria negativa e a outra seria positiva, por isso elas se atraem.

Entrevistador: Quem que se atraem?

Aluno 21: As cargas positivas e as negativas?

Entrevistador: Do que? Do cristal?

Aluno 21: É. Agora eu não to lembrado se o cristal é positivo ou negativo. O cristal era positivo?

Entrevistador: Então, tem os positivos e tem os negativos. Ó, quer ver, os verdes são negativos sempre e os roxos são positivos, mesmo assim, quando não ta escrito ali.

Aluno 21: Mas eu não sabia. Agora eu to sabendo.

Entrevistador: Ta, então na hora do filme, você não pensou em positivo e em negativo.

Aluno 21: [sinal de negativo]

Entrevistador: Ta e você pensou se poderia ser a agitação ou algo assim?

Aluno 21: Não, seria assim. Elas tão juntas e estaria uma separada da outra [íons livres], só que lá dentro do copo, tudo misturado. Um esse tanto [de distância], a outra perto. Você falou o que? De agitação?

Entrevistador: Não, se você pensou que a agitação na hora...

Aluno 21: Que uma tivesse assim, a outra tivesse assim, aí a outra tivesse assim e ia juntando pra formar um outro cristal salino. Aí estivesse separada, aí esse [íon sódio] daqui podia se juntar com a água. Ou essa outra [íon cloreto] podia se juntar com a água. Eu pensei assim.

Entrevistador: Na hora de fazer o filme?

Aluno 21: Humhum.

Entrevistador: Então você chegou a pensar em polaridade?

Aluno 21: Humhum. Mais ou menos isso. Mais ou menos polaridade.

Entrevistador: Ta. Então positivo atrai negativo, é isso?

Aluno 21: Humhum.

Entrevistador: E aí, mesmo...

Aluno 21: [risos]

Entrevistador: Continua, continua. [risos]

Aluno 21: Aí eu pensei nisso daí. Um positivo atrai um negativo, aí depois elas tavam balançando, balangando, aí elas secaram. Que aí ficam assim, porque aí ficou uma limpa, porque sempre fica uma [cristal] pura. Por que quando atrai o sal, tem umas que ficam juntas, tem umas que vão ficar separadas [íons livres] da água. Tem essas daqui [moléculas de água], tem umas que podem ficar aqui em cima, duas podem ficar, tanto faz. E as outras ficam em volta, ou aqui. Uma gruda, outra puxa, que nem você falou, no filme que você fez. Aí depois que eu vi que tava certo.

Entrevistador: Ta. Aí o motivo aqui pra elas ficarem juntas, qual foi mesmo?

Aluno 21: Que na hora aí eu pensei, polaridade. Positivo e negativo. A água é positiva e a molécula é negativa. Nessa hora eu não pensei nele todo, foi depois que eu vi que tinha os outros ainda. Mas eu só usei essas daqui [cristais], eu não usei essas daqui [íons] pequinininhas. Só usei as grandonas. Um dos motivos foi que eu esqueci dessas daqui [íons livres]. Senão teria sido tudo diferente.

Entrevistador: Ta.

Aluno 21: Alguma dúvida?

Entrevistador: Ah, eu não sei se entendi direito por que ficou junto ainda.

Aluno 21: Então, eu tinha pensado assim. Eu pensei, que nem eu falei, essa aqui [cristal] ela era positiva, não, desculpa, a água era positiva e essa daqui [cristal] era negativa, portanto elas se atraíam.

Entrevistador: Ah, o cristal era...

Aluno 21: Negativo. Do sal era negativo e a molécula da água era positiva, por isso os dois se atraíam. Por isso que eles se misturaram, positivo e negativo se atraíam.

Entrevistador: Aí misturavam?

Aluno 21: É.

Entrevistador: Hum, ta.

Aluno 21: Entendeu agora?

Entrevistador: Acho que sim.

Aluno 21: Mais alguma dúvida? Mais alguma coisinha?

Entrevistador: Não, é só isso mesmo.

Aluno 21: Entendeu?

Entrevistador: Agora sim.

Aluno 21: Então ta bom.

Entrevistador: Beleza?

Aluno 21: Deus seja louvado. [risos]

Entrevistador: [risos]

### Transcrição do depoimento da Aluna 22

Entrevistador: Ta gravando agora.

Aluna 22: Humhum.

Entrevistador: Acabou. Então, o que eu não entendi, foi por que você falou que eles se juntam depois.

Aluna 22: Não junta.

Entrevistador: Não, assim, eu queria saber o que você pensou. Ah, eles se juntam por causa disso. Você lembra o que você pensou?

Aluna 22: A polaridade, mas direitinho assim eu não lembro.

Entrevistador: Então você chegou a pensar em polaridade?

Aluna 22: É. Só que aí eu esqueci da polaridade da água. Aí eu juntei pensando que o positivo junta com o negativo

Entrevistador: Ah ta, você pensou então que o positivo atrai o negativo e eles se juntam e aí forma o cristal de novo?

Aluna 22: É.

Entrevistador: Então, entendi. Entendi agora. Se eu tivesse perguntado por que eles se juntam. É só dizer o positivo atrai com o negativo, então eu já saberia.

Aluna 22: Mas eu falei. Eu falei.

Entrevistador: Ai, eu não ouvi.

Aluna 22: [risos]

Entrevistador: Ai então foi isso. Eu acho que eu não ouvi então. Mas foi por que o positivo atrai o negativo?

Aluna 22: É, foi.

Entrevistador: Ta, então é isso. É isso.

Aluna 22: Só isso?

Entrevistador: Só isso.

### Transcrição do depoimento da Aluna 23

Entrevistador: Liguei. Pronto, acabou.

Aluna 23: Despertou.

Entrevistador: Hã?

Aluna 23: Despertou.

Entrevistador: Não, tranqüilo. Assim, o que eu fiquei em dúvida foi por que o cristal ficou unido? Ficou juntinho o filme todo, né?

Aluna 23: Humhum.

Entrevistador: O que você pensou assim pra...por que o cristal ficou junto assim?

Aluna 23: Ai, não lembro Gustavo.

Entrevistador: Teve algum motivo para [os íons] ficarem juntos?

Aluna 23: Ah, porque eles não se misturaram.

Entrevistador: Hã?

Aluna 23: Porque eles não se misturaram.

Entrevistador: Mas a gente não fez, misturou a água com o sal, o sal na água?

Aluna 23: É. Aí se misturaram.

Entrevistador: Se misturou, né?

Aluna 23: Ah, mas lá foi diferente, né? No papel é mais difícil.

Entrevistador: Ah, não, eu sei. Mas você chegou a pensar em um motivo por que os cristais ficaram juntos assim ou não?

Aluna 23: Não, ah, sei lá, acho que não.

Entrevistador: Não pensou?

Aluna 23: Ah, sei lá. Ah, é que falando assim é difícil. É que eu acho mais fácil escrever. Escrevendo assim do que na hora, montar desse jeito.

Entrevistador: É assim, que aqui você tentou fazer como que acontece de verdade. Não dá pra gente ver essas coisas, a gente nunca vai ver, como que é o átomo interage, aliás, como a molécula interage com os íons, ver mesmo com o olho não dá. Então é só uma tentativa de explicar com as figurinhas, que a gente não vê. E é difícil mesmo, se fosse fácil, se fosse fácil não ia ter graça, todo mundo ia saber.

Aluna 23: [risos]

Entrevistador: Mas é difícil, não é fácil não. Só que assim, teve muita gente que pegava e falava esse aqui vem pra cá e tal, mas vem por causa disso. E falava o motivo. Eu assisti o seu e do pessoal e as pessoas não falaram por que. Então eu falei mas por quê? Eu não posso falar é por causa disso ou por causa daquilo. Eu não sei. Mas eu não posso ficar inventando coisas, né? [risos]

Aluna 23: Ah, o cristal é ... fica negativo e positivo né?

Entrevistador: Humhum.

Aluna 23: Sei lá.

Entrevistador: Na hora você não pensou em nenhum motivo químico, nada?

Aluna 23: Não. Não sei explicar.

Entrevistador: Então na hora você não pensou em nenhum motivo químico.

Aluna 23: Não pensei.

Entrevistador: Então ta bom. Era isso que eu queria saber. Então ta certo.

## Transcrições dos depoimentos sobre a água e a gasolina

### Transcrição do depoimento da Aluna 2

Aluna 2: Eu acho que as moléculas de água ficam agrupadas, como na água normal, né?

Entrevistador: Humhum.

Aluna 2: E quando a gente coloca a gasolina, por elas não terem positivo e nem negativo, elas não acharem, não saem uma perto da outra, não tem como elas se misturarem com as moléculas de água. Aí elas ficam separadas aqui em cima. Então elas não são atraídas por essas daqui [moléculas de água]. Acho que é isso. Foi o que eu pensei.

Entrevistador: Ta. Então porque mesmo, Bruna, de... que elas não se misturam?

Aluna 2: Por que elas não tem pólo negativo e positivo. Eu acho.

Entrevistador: Qual?

Aluna 2: As moléculas da gasolina.

Entrevistador: Ta, ta bom.

Aluna 2: Pode tirar?

Entrevistador: Pode. Só um minutinho, não sei se [a câmera] pegou tudo.



FIGURA 73 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 2)

### Transcrição do depoimento da Aluna 3

Entrevistador: Aí tem bastante, tem mais do que sete [moléculas de gasolina]

Aluna 3: Deixa eu ir colocando..humm, faltando um, tem sete.

Entrevistador: Você pode usar a mesma quantidade, ou mais ou menos, o que você achar melhor.

Aluna 3: Colocar igual ao que deu lá [feito com papel no laboratório]

Entrevistador: Ta.

Aluna 3: Pra entender...Ah, eu coloquei assim né...Coloquei assim, aí depois aqui embaixo fui colocando assim, bem juntinhos [moléculas de água]. Porque eu acho assim, se todas as de gasolina tão todas em cima, juntas, as da água também vai ficar tudo juntinhas, por que ela não ta se misturando com nenhuma. Aí eu coloquei todas juntinhas.

Entrevistador: Humhum. Ta.

Aluna 3: Assim.

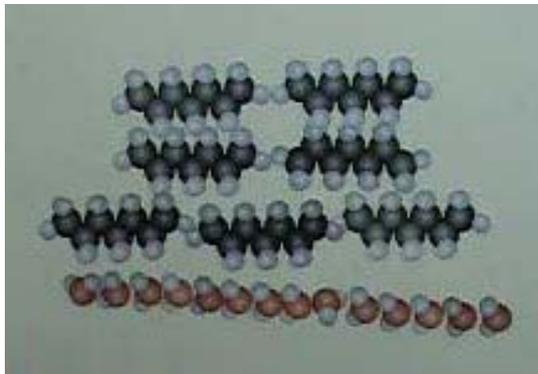


FIGURA 74 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 3)

Entrevistador: Então, Bruna, você acha que o sistema ta parado, em movimento? O que acontece com ele?

Aluna 3: Eu acho que ta parado, porque não tem como né ficar as moléculas da gasolina se misturar com as moléculas da água e ficar se mexendo. Fica tudo parado.

Entrevistador: Hum. Ta.

Aluna 3: Ficaria a da água tudo juntinho, parado e a da gasolina tudo em cima, porque não tem jeito, elas não tão juntas. Por que senão estaria tudo misturado, não estaria [a gasolina] aqui em cima.

Entrevistador: Por que você acha que elas não se misturam?

Aluna 3: Ah, eu acho que talvez por ter alguma substância na gasolina que não consiga se dissolver na água. Eu acho que é alguma substância que tem na gasolina que não chega a bater com a água, eu acho.

Entrevistador: Hum, ta.

Aluna 3: Seria mais ou menos isso, fiquei meio perdida, mas acho que seria por ai, talvez seja alguma substância que tem na gasolina que não entra em contato com a água, né?

Entrevistador: Humhum. Ta bom então.

Aluna 3: Ta bom?

Entrevistador: Tá

Aluna 3: Pode sair?

### Transcrição do depoimento da Aluna 4

Aluna 4: Vou por esse daqui primeiro.

Entrevistador: Ta bom, pode ficar à vontade, Carol. É assim, que você montou?

Aluna 4: Foi assim que eu fiz. Elas não se misturam.

Entrevistador: Ta bom. Aí deixa eu perguntar uma coisa. Aí você acha que esse sistema ta parado ou ele ta em movimento?

Aluna 4: Elas tão em movimento.

Entrevistador: A água e a gasolina?

Aluna 4: É. Só que elas não se misturam.

Entrevistador: Ta. Ta tudo em movimento, então?

Aluna 4: É.

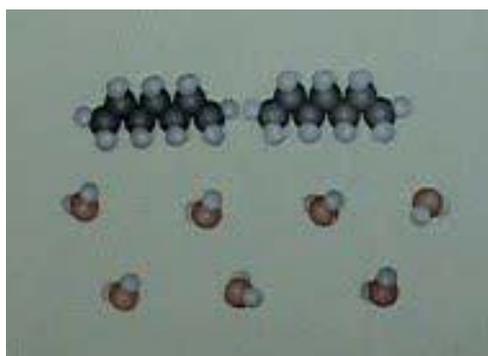


FIGURA 75 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 4)

Entrevistador: E porque elas não se misturam? Que você imagina?

Aluna 4: Ai, eu sabia só que eu não lembro. Eu tava tentando lembrar pra por na folha, só que não to lembrando. É...substâncias diferentes...não, uma mais forte que a outra, né? Alguma coisa assim, né? Eu não lembro, é....peraí....substância mais forte que a outra...mão é substância, o nome.. Droga [risos]. Que raiva! Então, elas não se misturam porque elas têm... digamos que é uma substância, mas não é substância, é diferente. E a gasolina que não passa daqui, alguma coisa assim.

Entrevistador: Ta bom.

Aluna 4: É que eu não lembro, droga! Hoje ainda na sala, a Marina perguntou pra mim e eu respondi certinho. Mas não lembro não. Acabou?

Entrevistador: Acabou. Só isso.

### Transcrição do depoimento do Aluno 5

Aluno 5: Primeiro eu coloquei a água. Depois teve a entrada da gasolina. Pode fazer a mistura ou já coloca o resultado final?

Entrevistador: Pode fazer a mistura, se você quiser. Como que você faz a mistura? Quando você fala mistura, você quer dizer como assim? Eu não entendi.

Aluno 5: Sacudiu, a gente mexeu e depois ficou a gasolina em cima e a água embaixo.

Entrevistador: Ta.

Aluno 5: É melhor colocar o resultado final, já.

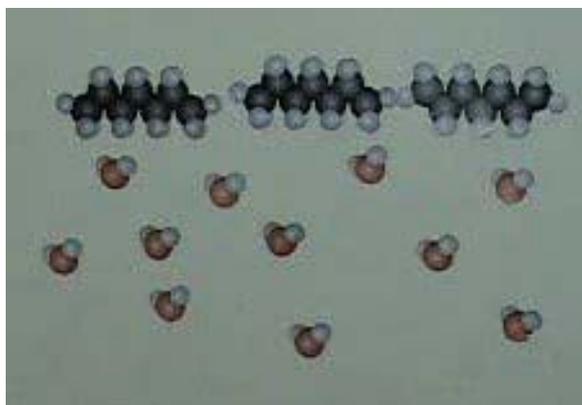


FIGURA 76 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 5)

Entrevistador: Ta. Ta, aí esse sistema, ele fica parado ou ele fica em movimento?

Aluno 5: Em movimento.

Entrevistador: Aí tudo ta em movimento? A água e a gasolina? Ou só a água, ou só a gasolina?

Aluno 5: Eu acho que a água e a gasolina.

Entrevistador: Ta. Aí, por que você acha que elas não se misturam?

Aluno 5: Eu li e esqueci. Será que tem a ver com a polaridade?

Entrevistador: O que você acha?

Aluno 5: Não lembro, eu esqueci.

Entrevistador: Você conhece a polaridade das moléculas?

Aluno 5: [longa pausa] Essa parte eu não lembro.

Entrevistador: Beleza.

### Transcrição do depoimento da Aluna 7

Aluna 7: Essa aqui é a gasolina?

Entrevistador: Isso.

Aluna 7: E essa daqui é a água?

Entrevistador: Humhum.

Aluna 7: Aqui?

Entrevistador: Humhum. É do mesmo jeitinho que você fez lá na bancada.

Aluna 7: Tem que ser na mesma quantidade?

Entrevistador: Se quiser, pode ser. Mas se você quiser colocar um pouco menos ou mais, fica a seu critério. Vocês receberam umas seis, sete [unidades] de cada [molécula], na bancada.

Aluna 7: Ali?

Entrevistador: Humhum. Ta, foi desse jeito que você fez na bancada?

Aluna 7: Foi.

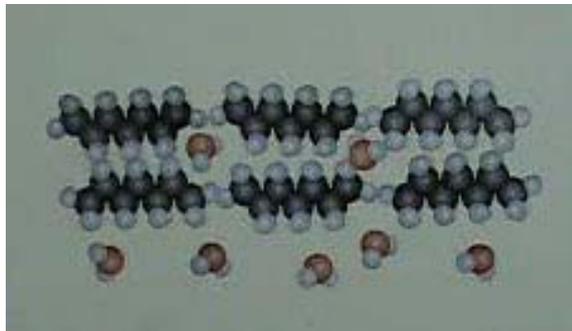


FIGURA 77 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 7)

Entrevistador: Ta, então eu queria perguntar uma coisa. Você acha que esse sistema ta parado ou em movimento?

Aluna 7: Eu acho que ta parado.

Entrevistador: Ta parado. Ta tudo parado?

Aluna 7: É.

Entrevistador: Aí, perguntar só mais uma coisa? A gente viu lá que a água não se mistura com a gasolina, né?

Aluna 7: Humhum.

Entrevistador: Por que a água não se mistura?

Aluna 7: Por que a água é polar e a gasolina é apolar.

Entrevistador: Hum, ta. Só isso.

### Transcrição do depoimento da Aluna 8

Aluna 8: Assim é, eu não escrevi tudo o que eu achava, nem tudo que eu vou colocar aqui. Tudo o que eu achava não escrevi no papel. Uso sete [moléculas]?

Entrevistador: Se você quiser usar sete, você pode usar, se quiser usar menos, se você quiser usar mais, tem mais ali.

Aluna 8: Tudo bem. Ta bom.

Entrevistador: É Fabrícia, deixa eu anotar. [anotando na lista de presença]

Aluna 8: Ganha ponto?

Entrevistador: Hã?

Aluna 8: Ah não, eu achei que ganhasse ponto.

Entrevistador: Pode colar do jeito que você achar melhor.

Aluna 8: [risos] É que a gente fica meio assim..

Entrevistador: Fica tranqüila. Foi desse jeito que você fez lá na mesa?

Aluna 8: Hum, foi....eu acho..

Entrevistador: Foi mais ou menos.

Aluna 8: É.

Entrevistador: Ta bom.

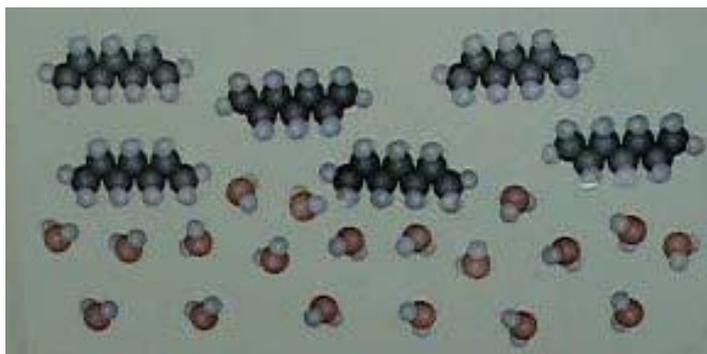


FIGURA 78 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 8)

Aluna 8: Por mais um pouco. [de moléculas] Só pra não ficar assim torto. [risos] Pronto, ta feito. Aí, eu acho assim, que ela fica se mexendo assim...[risos]

Entrevistador: Quem que fica se mexendo?

Aluna 8: As moléculas da água se mexem, por que ela ta líquida. E a molécula da gasolina ela se mexe, só que bem pouco. Parecida com o gelo, não, com a água quando ta congelada.

Entrevistador: Hum, ta. Por que ela se mexe menos?

Aluna 8: Ah, por que eu acho...ah, talvez por que a gasolina é um petróleo. [risos] Ah, talvez porque é uma substância natural, não, a gasolina é natural? Ah, porque é...ah, não sei. É que eu, eu achava que...por que ela é mais...talvez...ah, uma substância química que misturada ela é meio que transformada, sabe...ela é tirada da terra, do petróleo, ela passa por um processo, aí as moléculas dela ficam mais fracas, ficam mais sensíveis. Ah, eu não sei muito bem, eu só acho que elas não se mexem muito.

Entrevistador: Ta bom, e por que elas não se misturam? A água e a gasolina.

Aluna 8: [risos] Por que a gasolina contém óleo, e o óleo não se mistura.

Entrevistador: Ta, você acha isso?

Aluna 8: É.

Entrevistador: Ta bom.

Aluna 8: É, só não sei porque o óleo não mistura com a água. Mas ta bom.

### Transcrição do depoimento da Aluna 9

Entrevistador: É Greyce, né?

Aluna 9: Isso.

Entrevistador: Te chamo de Greyce ou de Greyce Kelly?

Aluna 9: Ai, me chama de Greyce.

Entrevistador: Ta bom.

Aluna 9: Tipo assim, seria na hora que juntou tudo, que ta tudo misturado.

Entrevistador: Ta. Isso é na hora que eu pego e chacoalho?

Aluna 9: Isso.

Entrevistador: Chacoalho a garrafa com água e gasolina.



FIGURA 79 – Representações da água e da gasolina no momento em que o sistema é agitado. (Aluna 9)

Aluna 9: Tem que mostrar os movimentos também? Ou não?

Entrevistador: Ah, pode mostrar, rapidinho.

Aluna 9: Assim, com a densidade ele [gasolina] vem pra cima.

Entrevistador: Entendi.

Aluna 9: Assim, mais ou menos.



FIGURA 80 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 9)

Entrevistador: Tá legal, entendi. Aí então, na hora que chega nesse momento, esse é o fim, né?

Aluna 9: É.

Entrevistador: Aí, esse sistema, você acha que ele tá parado ou ele tá se movendo?

Aluna 9: Se movendo.

Entrevistador: Tá, mesmo quando ele não tá misturado, ele tá se movendo?

Aluna 9: [aceno que sim com a cabeça].

Entrevistador: Tá. Só mais uma coisa. Por que você acha que a água e a gasolina elas não se misturam?

Aluna 9: Por que acho que ele [gasolina] não tem polaridade. Não tem como ela ter atração pelo outro. E também a densidade dele é menor. Aí ele fica boiando em cima

Entrevistador: Tá, entendi.

Aluna 9: Seria isso?

Entrevistador: Tá bom.

Aluna 9: Tá.

### Transcrição do depoimento do Aluno 10

Aluno 10: Coloquei assim porque o petróleo, a gasolina tem várias substâncias, né?

Entrevistador: Humhum.

Aluno 10: Tem várias substâncias, daí é mais pesado do que a água, aí coloquei eles [gasolina] embaixo. E a água eu coloquei em cima porque a substância é mais leve.

Entrevistador: Humhum.

Aluno 10: Acho que é isso.

Entrevistador: Ta.

Aluno 10: Coloquei assim. Coloquei essas embaixo [] porque são, as substâncias presentes nela são mais pesados do que a água, que o  $H_2O$ .



FIGURA 81 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 10)

Entrevistador: Ta. Então Higor, por que elas não se misturam?

Aluno 10: Por que, nossa nem lembro mais. Elas não se misturam por que são substâncias...não lembro, viu. Por que elas se misturam?

Entrevistador: É por que elas não se misturam, né?

Aluno 10: Elas [gasolina] ficam embaixo da água.

Entrevistador: Humhum.

Aluno 10: Porque, eu não lembro, não sei. Por que não misturam? Não sei. Eu só pensei que a substância da, esqueci o nome da substância principal da gasolina.

Entrevistador: É o heptano.

Aluno 10: Heptano, isso. Porque as substâncias aqui são mais pesadas, daí fica, como é mais pesada vai cair, igual o óleo.

Entrevistador: Ta, então...

Aluno 10: Não sei explicar por que separou.

Entrevistador: Ta bom. Aí, só mais uma coisa. Você acha que esse sistema aí vai estar em movimento? Ou ele vai estar parado? Ou só a gasolina se mexe? Ou só a água se mexe?

Aluno 10: Vai estar em movimento os dois.

Entrevistador: Tanto a água quanto a gasolina?

Aluno 10: Tanto a água quanto a gasolina.

Entrevistador: Beleza. Deixa eu só, você dá uma licença só pra câmera pegar [o quadro]. Beleza.

### Transcrição do depoimento da Aluna 11

Entrevistador: Fica tranquila, ta?

Aluna 11: Ah, eu acho que quando mistura a água com a gasolina, por isso que elas não misturam, porque elas não se soltam, as moléculas. Aí quando você chacoalhou aquele negócio lá, aí misturou assim, mas elas voltaram porque elas se grudaram [as moléculas de gasolina], ficaram todas juntas. Aí a água fica embaixo, andando assim. Por isso que elas não ficam em cima [as moléculas da água], por que elas não se soltam [as moléculas de gasolina].

Entrevistador: Ta. Você acha que elas [moléculas de gasolina] vão estar todas grudadas?

Aluna 11: Humhum, e as águas embaixo.

Entrevistador: Ta, e as águas, elas ficam soltas. Ta. Então as águas ficam se mexendo?

Aluna 11: É.

Entrevistador: E a gasolina não? Ou a gasolina se mexe também?

Aluna 11: Ai, eu acho que não.

Entrevistador: A gasolina fica parada?

Aluna 11: É. Talvez se mexe um pouquinho assim, mas não sai do lugar.

Entrevistador: Ta.

Aluna 11: Pode tirar?

Entrevistador: Não, só mais uma coisa. Por que a água e a gasolina elas não se misturam?

Aluna 11: Porque eu acho que as moléculas da gasolina não se separa.

Entrevistador: Aí não deixa a água passar?

Aluna 11: Isso.

Entrevistador: Hum, ta bom.

Aluna 11: Eu acho, né? [risos]

Entrevistador: Não, tudo bem.



FIGURA 82 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 11)

### Transcrição do depoimento do Aluno 14

Aluno 14: Como posso colocar se misturando?

Entrevistador: Do jeito que você quiser.

Aluno 14: Aí, aqui joga a água na gasolina, e ta misturando por enquanto e depois separa.

Entrevistador: Tá.

Aluno 14: Tá misturado.

Entrevistador: Essa parte é em que hora?

Aluno 14: A hora que joga a água junto com a gasolina.

Entrevistador: Tá.



FIGURA 83 – Representações da água e da gasolina no momento em que o sistema é agitado. (Aluno 14)

Aluno 14: Agora mexe, agora vai voltando toda, vai voltando a gasolina ao normal, as moléculas da gasolina e da água. Vamos ver como vai ficar. [moléculas] Da água fica embaixo. Como a densidade da água é maior, ela fica embaixo, que é polar. A gasolina que é menos densa e que é apolar fica em cima.

Entrevistador: Ta. Aí, você só deixa a câmera pegar aqui um pouquinho? Isso, ótimo. Então a água não se mistura a gasolina por que mesmo?

Aluno 14: Porque uma é apolar e a outra é polar.

Entrevistador: Ta. Quem que é polar?

Aluno 14: A água.

Entrevistador: A água?

Aluno 14: Isso.

Entrevistador: E a gasolina é apolar?

Aluno 14: Apolar. E a densidade da água é maior que a da gasolina, é mais densa.

Entrevistador: Ta. Aí, o sistema, ele ta se movendo ou ele ta parado? Ou só algum se move, o outro não se move?

Aluno 14: Ta parado.

Entrevistador: Ta tudo parado?

Aluno 14: Ta parado.

Entrevistador: Ta. Beleza.

Aluno 14: Certo?

Entrevistador: É isso aí.

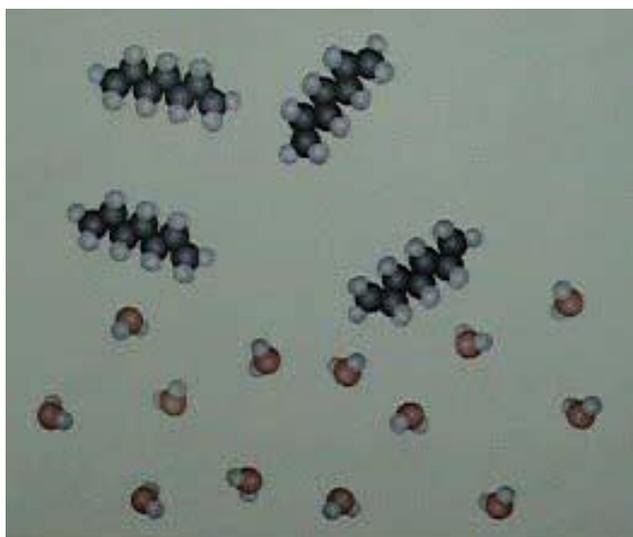


FIGURA 84 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 14)

### Transcrição do depoimento do Aluno 15

Aluno 15: É, foi assim.

Entrevistador: Ta, aí essa parte é....

Aluno 15: Gasolina e água.

Entrevistador: Ta. Aí é já no fim do filme. É depois que eu misturei e tudo, aí eu deixei quieto. Ta. Aí a água e a gasolina não se misturam?

Aluno 15: Não.

Entrevistador: Ali no finzinho?

Aluno 15: Hãhã.

Entrevistador: Ta. Aí, deixa eu perguntar um negócio. Você acha que esse sistema, ele fica parado, ou ele ta se movendo?

Aluno 15: Nesse caso aqui, ele ta se movendo, por isso eu fiz assim [indicando a inclinação das figuras], se movendo.

Entrevistador: Ah, ta.

Aluno 15: Ah, só que nesse caso, a água teria que ficar embaixo. Nesse caso aqui, não teria que ficar embaixo?

Entrevistador: Ta.

Aluno 15: A gasolina aqui em cima, assim. Fiz assim.

Entrevistador: Ah, ta, então tudo ta se movendo?

Aluno 15: Ta.

Entrevistador: Beleza. E por que a água não se mistura com a gasolina?

Aluno 15: São imiscíveis, imiscíveis... são imiscíveis.

Entrevistador: Então, assim...elas não se misturam..

Aluno 15: Se desse força de repulsão.

Entrevistador: Hum, ta, entendi.

Aluno 15: Só isso?

Entrevistador: Só isso.

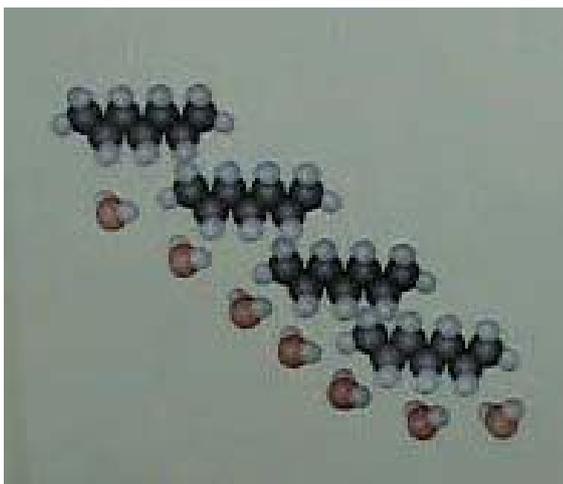


FIGURA 85 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 15)

### Transcrição do depoimento da Aluna 16

Aluna 16: Eu achei assim. Você falou que a água é polar, né? E que os polares atraem os polares, né? E os apolares atraem os apolares. E como elas não se misturam, eu achei que a gasolina é apolar e a água é polar, então por isso não fica mais densa, e por isso ela fica embaixo e a gasolina lá em cima.

Entrevistador: Certo. E foi desse jeito que você fez lá na bancada?

Aluna 16: É mais ou menos assim. Peraí. Com um pouco mais de água. Acho que era mais ou menos assim.

Entrevistador: Ta. Deixa eu perguntar uma coisa. Aí, você acha que esse sistema ele vai tá todo parado? Ele vai tá em movimento?

Aluna 16: Não, ele vai que nem, a água se mexe um pouquinho, ó. [fazendo um movimento vibracional da molécula]. Eu acho que ficaria assim.

Entrevistador: Ta, eles tem movimento.

Aluna 16: É.

Entrevistador: E a gasolina?

Aluna 16: Deixa eu pensar, a gasolina... também, não pode tá. Humm, acho que ela tá um pouquinho mais devagar que a água.

Entrevistador: Hum, tá, mas tá se movimentando também?

Aluna 16: Humhum.

Entrevistador: E por que ela é mais devagar do que a água?

Aluna 16: Ai, eu acho que é porque no gelo, ela treme bem pouquinho, ah, não sei, deixa eu pensar de novo. Ah, então acho que ela tá mais, porque quando a... não, porque a água quando tá na forma de gás, ela tá bem rápida. E ela não tá nesse caso, na forma de gás, a água. A água na forma de gás é menos densa que na forma líquida, e é mais rápida. Então, eu acho que tá um pouquinho mais rápido.

Entrevistador: Então a gasolina tá mais rápida do que a água?

Aluna 16: Um pouquinho.

Entrevistador: Tá, tá bom. É isso.

Aluna 16: Mas é?

Entrevistador: Então, eu não posso responder ainda.

Aluna 16: Ah....

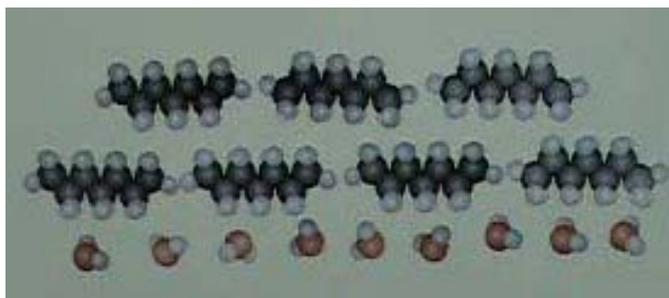


FIGURA 86 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 16)

### Transcrição do depoimento da Aluna 17

Aluna 17: Ai, pode pegar só três agulhas?

Entrevistador: Pode, pode pegar tudo que você quiser. Maria Eduarda, né?

Aluna 17: Isso.

Entrevistador: Cadê? Eu tava seguindo a ordem, agora...Tá. Então você fez desse jeito na bancada?

Aluna 17: Humhum.



FIGURA 87 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 17)

Entrevistador: Ta, aí Você imagina que a água não se mistura com a gasolina desse jeito?

Aluna 17: Humhum.

Entrevistador: Ta. Ai você imagina que esse sisteminha vai estar se movendo? Ou ele vai ta parado? Ou só a água se mexe? Ou só a gasolina se mexe?

Aluna 17: Eu acho que os dois se mexem, só que..calma aí. A gasolina, ai, eu acho que todos estão vibrando, só que no mesmo ritmo, porque os dois são líquidos.

Entrevistador: Humhum.

Aluna 17: Eu acho.

Entrevistador: Ta, então os dois tão se movendo. Aí, por que a água não se mistura com a gasolina?

Aluna 17: Ah, eu acho que porque como a água só dissolve produtos polares, então como a gasolina é apolar, né? Então não tem essa interação entre as duas substâncias.

Entrevistador: Ta, então um não dissolve o outro?

Aluna 17: Não.

Entrevistador: Ta bom. Acho que é isso. Entendi.

Aluna 17: Só isso?

Entrevistador: Só isso.

Aluna 17: Ta bom então.

Entrevistador: Beleza?

### Transcrição do depoimento da Aluna 18

Entrevistador: Eu não sei porque eu to falando que você é Natália.  
Você é Marina, né?

Aluna 18: Hãhã.

Entrevistador: Certo.

Aluna 18: Pode ir explicando?

Entrevistador: Isso, aí..bom, pode explicar, se quiser.

Aluna 18: Hãhã. Qual é a pergunta?

Entrevistador: Não, não, pode explicar.

Aluna 18: É que as moléculas da gasolina e como elas tem menos densidade, elas ficam em cima. E elas não tem polaridade, e a água tem polaridade, então elas não se misturam. Não tem como se juntar.

Entrevistador: Ta. Ta bom. Aí, assim, você acha que esse sistema vai estar parado, ou ele vai estar se movendo? Ou por exemplo, só a água vai estar se movendo? Ou só a gasolina ta se movendo?

Aluna 18: Então, acho que os dois estão se movendo.

Entrevistador: Ta tudo se movendo?

Aluna 18: Hãhã.

Entrevistador: Ta. E elas não se misturam por causa de?

Aluna 18: Por causa de que as moléculas da gasolina não tem polaridade, ou seja, não tem positivo e negativo e a água tem polaridade. Então não tem como elas se juntar, se misturar.

Entrevistador: Ta. Ta bom, era isso que eu queria saber. Só isso.

Aluna 18: Pode tirar?

Entrevistador: Pode tirar, por favor.



FIGURA 88 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 18)

### Transcrição do depoimento do Aluno 19

Entrevistador: Deixa eu anotar que ta virando um rolo isso aqui.

Aluno 19: Pode colar?

Entrevistador: Pode, pode colar as figurinhas.

Aluno 19: Aqui é no começo, quando você mistura tudo junto.

Entrevistador: Humhum.

Aluno 19: Aqui vai ta tudo misturado com a água. É, ta tudo misturado aí.

Entrevistador: Humhum.



FIGURA 89 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 19)

Aluno 19: E depois quando, a gasolina é mais denso que, menos denso que a água, e a gasolina vai subir.

Entrevistador: Ta.

Aluno 19: Fica assim.

Entrevistador: Ta, aí, esse sistema vai ta parado, ou ele vai ta em movimento? Ou uma parte ta se movendo e a outra não? O que você acha?

Aluno 19: Acho que vai ficar parado.

Entrevistador: Ta, tudo parado?

Aluno 19: É. Quando a gasolina fica aí em cima, a água fica embaixo, eles se separam.

Entrevistador: Humhum, e por que a água não se mistura com a gasolina?

Aluno 19: Porque a gasolina é menos densa, não é?

Entrevistador: Humhum, e é por isso que elas não se misturam?

Aluno 19: É.

Entrevistador: Ta, beleza. É isso aí.

Aluno 19: Pode tirar aqui?

Entrevistador: Pode tirar.



FIGURA 90 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 19)

### Transcrição do depoimento do Aluno 20

Aluno 20: Vamo lá, eu pensei assim. Que naqueles negócio polar, apolar. Então, a gasolina sendo apolar, ela não vai misturar com as moléculas de água. E ela vai ficar em cima porque sua densidade é menor do que a de água. Pensei assim, só nesses dois negocinho, eu pensei.

Entrevistador: Ta.

Aluno 20: Então ela não se mistura por causa da polaridade e fica em cima por causa da densidade.

Entrevistador: Hum, entendi. E assim, você acha que o sistema vai ta parado ou vai ta em movimento? Ou só a água se mexe? Ou só a gasolina se mexe? O que você acha?

Aluno 20: Ah, eu penso que vai ficar em constante movimento, tudo.

Entrevistador: Humhum.

Aluno 20: Então, mas ele não vai passar por causa da densidade e por causa da polaridade. Então ele não vai descer [gasolina], mas vai continuar em movimento. Tanto que quando você mexe, ela mistura um pouco, mas depois ela [a gasolina] vai subindo.

Entrevistador: Humhum.

Aluno 20: Eu acho assim.

Entrevistador: Beleza.

Aluno 20: Beleza?

Entrevistador: Isso aí. Tranqüilo.



FIGURA 91 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 20)

### Transcrição do depoimento do Aluno 21

Entrevistador: Dá uma passadinha [na frente da câmera]. Aí, você pode usar, o mesmo esquema que você fez lá na bancada, a água e a gasolina.

Aluno 21: Pode usar as “gasosas” [referindo às moléculas de gasolina] aqui?

Entrevistador: Pode usar tudo se quiser.

Aluno 21: Não pega fogo, né?

Entrevistador: Essa não. [risos]

Aluno 21: Então ta bom. Aqui eu to imaginando as moléculas de gasosa.

Entrevistador: Quer que eu segure um pouco [de figuras]?

Aluno 21: Aqui são todas as gasosas. Aqui estão as moléculas da água. A gasolina é posta, só que fica desse jeito aqui. A gasolina fica em cima e as moléculas de água tudo aqui embaixo.

Entrevistador: Ta. Beleza. Aí, isso é já no fim?

Aluno 21: Humhum. A gasolina em cima e a água embaixo.

Entrevistador: E assim, você imagina que esse sistema vai ta em movimento? Ou ele vai ta parado? Ou ele vai ter só uma parte em movimento, só a água ou só a gasolina?

Aluno 21: Não, vamos supor, se alguém chacoalhar, aí a gasolina e a água vai entrar em movimento.

Entrevistador: E se eu deixar parado?

Aluno 21: Se deixar parado aí não entra.

Entrevistador: Fica tudo parado?

Aluno 21: É. Às vezes pode acontecer de ventar, e o vento bater, acontecer um mínimo movimento.

Entrevistador: Ta, mas se eu deixar a garrafa parada lá, fica desse jeito, paradinha?

Aluno 21: Humhum.

Entrevistador: Ta. Aí, porque a gasolina não se mistura com a água?

Aluno 21: Porque a gasolina é menos densa que a água.

Entrevistador: Ta. Então é por causa da densidade?

Aluno 21: Humhum.

Entrevistador: Ta. Beleza. [risos]



FIGURA 92 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 21)

### Transcrição do depoimento da Aluna 22

Aluna 22: Aí é o copo de água, né?

Entrevistador: Humhum.

Aluna 22: Aí elas [moléculas de água] vão ta se mexendo, assim. Aí vai colocar a gasolina, né?

Entrevistador: Isso.

Aluna 22: Aí eu coloco a gasolina. Elas vão ficar em cima da água.

Entrevistador: Humhum. Ta, aí terminou e fica desse jeito?

Aluna 22: Fica.

Entrevistador: Ta, então Natália, aí por que a gasolina não se mistura com a água? O que você acha?

Aluna 22: Porque a gasolina é mais densa que a água?

Entrevistador: Ta. Então é por causa da densidade?

Aluna 22: É.

Entrevistador: Ta, então só mais uma coisinha. Você acha que esse sistema vai ta parado ou vai ta se movendo? Ou só a água ta se movendo? Ou a gasolina?

Aluna 22: A água ta se movendo e a gasolina ta parada.

Entrevistador: Ta. Só a água ta se movendo.

Aluna 22: Humhum.

Entrevistador: Ta bom, é só isso. Beleza.



FIGURA 93 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 22)

### Transcrição do depoimento do Aluno 24

Entrevistador: Você que sabe, se quiser por duas ou por mais. Você que manda.

Aluno 24: Acho que fica assim.

Entrevistador: Ta. Você acha que fica desse jeito?

Aluno 24: Sim.



FIGURA 94: Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluno 24)

Entrevistador: Ta, então deixa te perguntar uma coisa, Rodrigo, você acha que esse sistema seu vai ficar parado ou tudo ta se movendo? Ou só uma parte ta se movendo? Por exemplo, só a água se move ou só a gasolina? Que você acha?

Aluno 24: Acho que os dois.

Entrevistador: Os dois ta se mexendo?

Aluno 24: Isso.

Entrevistador: Ta. E por que a água não se mistura com a gasolina? O que você acha?

Aluno 24: Densidade?

Entrevistador: Ta, como assim, a densidade..

Aluno 24: Ah, a densidade da gasolina é menor que a da água. E a água é polar a gasolina é apolar.

Entrevistador: Então é por causa da densidade e da polaridade?

Aluno 24: Isso.

Entrevistador: Beleza, é isso. Beleza

### Transcrição do Depoimento da Aluna 25

Entrevistador: Pode ficar à vontade.

Aluna 25: [risos] Ai, to lembrando da Ana Cláudia.

Entrevistador: O que ela fez?

Aluna 25: Ela pegou e foi no banheiro. - Cadê a Vanessa? Cadê a Vanessa? Eu tava na porta aí, aí dei um passo assim e voltei pra trás e ouvi ela falando: Eu vi o pezinho aí fora! [risos]

Entrevistador: É, a Ana Cláudia é brava.

Aluna 25: Aiai, bom, vamos começar. Papo sério agora. Eu imaginei que [molécula de gasolina] caía, e como as moléculas da água são mais densas, ela não suportou, quer dizer, e a do.....

Entrevistador: Da gasolina...

Aluna 25: Da gasolina era menos [densa] e puxou ela [moléculas de gasolina] pra cima de novo. Aí ficou assim outra vez. Ficou assim, a da água embaixo, né, e a gasolina em cima. Foi isso que eu imaginei, Gustavo.

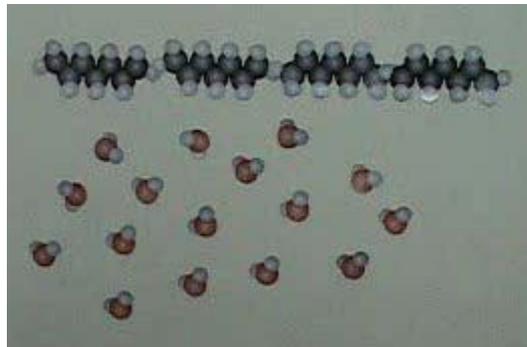


FIGURA 95 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 25)

Entrevistador: Ta, então deixa eu perguntar uma coisa. Mas a água e a gasolina não se misturam por que?

Aluna 25: Eu acho que é por isso. Por a água ser mais densa, as moléculas da água serem mais densas, elas não suportaram as menos densas e jogaram elas pra cima de novo.

Entrevistador: Ta.

Aluna 25: Eu acho que é por isso.

Entrevistador: Ta bom. Mas, Vanessa, esse sistema, você acha que ele vai estar em movimento ou vai estar parado?

Aluna 25: Não, vai estar em movimento. A água vai ta em movimento aqui.

Entrevistador: Ta, e a gasolina?

Aluna 25: A gasolina também.

Entrevistador: Ta, os dois vão estar em movimento?

Aluna 25: Os dois.

Entrevistador: Ta bom.

Aluna 25: Porque toda a água precisa de oxigênio. Os oxigênios não vão ficar parados. Ta?

Entrevistador: Ta bom. Entendi.

Aluna 25: Ah, ta tudo errado, mas tudo bem.

Entrevistador: Não, ta ótimo.

### Transcrição do depoimento da Aluna 27

Aluna 27: Primeiro, antes de por a gasolina, a água ta assim, né? Ta meio assim, tudo bagunçado.

Entrevistador: Ta.

Aluna 27: Tudo bagunçado. Aí depois vem, as moléculas de gasolina, coloca. Primeiro, a gasolina cai na água, depois ela vai subindo e fica tudo aqui em cima. Porque a água fica aqui embaixo, porque a água e a gasolina não se mistura. Fica bem separada, assim.



FIGURA 96 – Sistema com água e gasolina em escala molecular. (Aluna 27)

Entrevistador: Ta, certo. Aí, esse sistema seu, você acha que ele fica parado ou ele fica se movimentando?

Aluna 27: Não, ele fica se mexendo, né? Porque a gente mexeu, né, pra ver se dava pra misturar, então tudo se mexeu. E depois também continua se mexendo.

Entrevistador: Ta. Tudo? Ou só a água? Ou só a gasolina?

Aluna 27: Tudo.

Entrevistador: Tudo?

Aluna 27: Tudo.

Entrevistador: Ta. E por que a água não se mistura com a gasolina?

Aluna 27: Isso que eu queria também te perguntar. Porque o óleo não se mistura, porque o óleo é mais denso. Só que a gasolina não parece ser mais denso que a água.

Entrevistador: O que você acha?

Aluna 27: Então eu acho...

Entrevistador: É por causa da densidade? Ou é por causa de alguma outra coisa?

Aluna 27: Eu acho que é porque a gasolina tem um monte de misturas químicas que não deixa o resto se misturar com a água.

Entrevistador: Hum, ta bom. É isso?

Aluna 27: Ah, eu acho, né? Ta certo?

Entrevistador: Ta bom.

Aluna 27: E agora, por que a água não mistura com a gasolina?

## Transcrições dos depoimentos sobre a solução saturada de cloreto de sódio

### Transcrição do depoimento da Aluna 1

Aluna 1: Até coloco isso, é muita água. Aí ta a água, né, no vidro

Entrevistador: Humhum.

Aluna 1: Aí a gente põe primeiro é cinco gramas, né, não, é quinze, é quinze. A gente põe quinze. Aí a gente põe na água. Aí mistura tudo. [colocou íons entre as moléculas de água] Aí depois a gente põe uma quantidade...aí...

Entrevistador: A gente pôs vinte e uma gramas, né. Aí fica com trinta e seis.

Aluna 1: É. Aí põe. Aí no meu caso, no meu grupo dissolveu também trinta e seis [colocou mais íons entre as moléculas de água] Aí depois quando a gente colocou a quantidade de três gramas, aí ficou tudo no fundo. [colocou todas as espécies para baixo representando o fundo do recipiente] A água não consegue mais dissolver essa quantidade [adiciona um cristal de NaCl] . Deixa assim. Aí depois perde a água, né? Aí...vai ficar...

Entrevistador: Aí é depois que a água ta fervendo?

Aluna 1: É. Ta tudo rodando e tal. [representa o movimento das espécies] Ai que droga [sobre figuras que caíram]

Entrevistador: Não tem problema que caiu um pouquinho.

Aluna 1: Aí depois a gente para. Aí o sal começa a cair, pra vir pro fundo. Assim. É isso, eu acho, sei lá.

Entrevistador: Ta, aí...

Aluna 1: É aí fica uns cristaizinhos aqui boiando e tal, mas depois eles vão parar no fundo.

Entrevistador: Ta, aí quando a solução ta saturada, quando ela ta com trinta e seis gramas, ela, você imagina que ela, como ela se comporta? Como que os íons, como que a água fica? Como ela se comporta? Esse é já no fim, né?

Aluna 1: É. Ah, não sei, sei lá. Acho que com trinta e seis tá tudo juntinho, bonitinho assim, positivo e negativo.

Entrevistador: Eles estão juntos ou separados? Os negativos e positivos.

Aluna 1: Acho que estão juntos. Não sei. Ah, não sei.

Entrevistador: Ah, ta bom. Beleza.



FIGURA 97 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 1)

### Transcrição do depoimento da Aluna 3

Aluna 3: Esse vai ficar uma confusão. [risos] Ah, eu acho que o da água vai ficar...é que nem, pra se ter uma idéia pelo desenho que o Murilo (Aluno 21) fez ontem, né? Colocar uma [cristal de NaCl] em cada canto assim, né? E depois colocar água assim no meio. A água e depois, assim e depois se juntando, esse se juntando e esse [referindo-se aos cristais] e vem vindo e mais espaço entre as águas. Aí juntando mais e juntando. Até que fica tudo, esse daqui fica aqui [cristal] e fica as águas todas juntas no meio. Ficaria assim. Foi meio assim que eu teria imaginado, por ontem.

Entrevistador: Ta, e pelo experimento de hoje, quando a gente coloca o máximo de sal que consegue dissolver?

Aluna 3: Então, eu acho que ficaria assim, né. Ficaria a água aqui [hidratando o cristal]. Ficaria com menos quantidade de água e mais quantidade de sal.

Entrevistador: Ah, do jeito que ta, tem menos água do que sal.

Aluna 3: É. Tem menos água do que sal

Entrevistador: Ta, então quando a solução ta saturada, ela ta desse jeito?

Aluna 3: É. Eu imagino que sim. Ficaria mais quantidade de sal do que de água. Se ficaria mais quantidade de água então ia conseguir se dissolver. Eu acho isso.

Entrevistador: Ta bom.

Aluna 3: Ta bom? Ah, eu acho que seria isso.

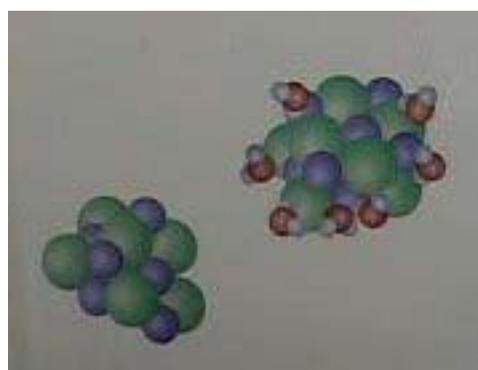


FIGURA 98 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 3)

### Transcrição do depoimento da Aluna 4

Aluna 4: Pode colocar já?

Entrevistador: Pode, pode sim.

Aluna 4: Esse aqui é sem o sal, né? Sal, colocar. Só pra dar um...hã, tiro de novo [um cristal] por que vai misturar, né? Eles [os íons] vão estar separados. Aí é só, por que depois que a água foi esquentada, ele [os íons] precisou ficar junto de novo, mas você falou que não precisava explicar essa parte.

Entrevistador: Humhum, ta.

Aluna 4: É só isso mesmo. Ta errado?

Entrevistador: Então, não. Aí e quando forma os cristais depois, né?

Aluna 4: É. Aqui a água e eles ficam aqui no cantinho [íons formando um cristal].

Entrevistador: Ta, aí assim, quando a solução ta saturada, é a máxima quantidade de sal que a água consegue dissolver.

Aluna 4: Humhum.

Entrevistador: Assim, como você imagina essa máxima quantidade? Como você imagina que fica as bolinhas, as figurinhas?

Aluna 4: Quando é muita? Tem muito sal?

Entrevistador: É, quando ela ta saturada.

Aluna 4: Quando a água não consegue dissolver mais?

Entrevistador: Isso. Lembra daquele trinta e seis, que a gente colocou trinta e seis gramas, que é o máximo que a água agüenta.

Aluna 4: Então, ele fica quase a mesma coisa, só que aí elas ficam, como é muito sal pra pouca água, elas ficam...água aqui e [os íons] ficam um pouco aqui em cima. Ficam uns misturados na água e a maioria fica aqui embaixo, porque é muito sal. A água não é bastante pra dissolver.

Entrevistador: Ta, e esse sal não ta dissolvido?

Aluna 4: Não.

Entrevistador: Então, quando á saturado só aumenta a quantidade de sal?

Aluna 4: É.

Entrevistador: Ta bom.

Aluna 4: Ta bom?

Entrevistador: Humhum



FIGURA 99 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 4)

### Transcrição do depoimento do Aluno 5

Aluno 5: Primeiro eu coloco as moléculas de água. Depois o sal [cristal iônico]

Entrevistador: Ta, aí quando você põe o sal na água, você mistura, né?

Aluno 5: Isso.

Entrevistador: A gente misturou, misturou e aí quando chegou na solução saturada, é quando colocou quinze e mais vinte e uma gramas, deu trinta e seis gramas. Aí, quando chega nessa quantidade máxima que o sal dissolve na água. Então como ficaria essa quantidade? Como ficaria o sistema?

Aluno 5: Onde? Na solução?

Entrevistador: É. Quando eu coloco essa quantidade máxima, no caso trinta e seis gramas. Na solução saturada.

Aluno 5: Mais ou menos assim. Mais ou menos assim.

Entrevistador: Ta, então quando a solução ta saturada ela fica desse jeito?

Aluno 5: Isso.

Entrevistador: Beleza.

Aluno 5: Pensei que você ia fazer até o...próximo.

Entrevistador: Hã?

Aluno 5: Pensei que você ia fazer até o próximo, até o saturado com corpos.

Entrevistador: Ah ta, não precisa.



FIGURA 100 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 5)

### Transcrição do depoimento da Aluna 7

Aluna 7: Peraí, deixa eu ver.

Entrevistador: Ta. Você lembra o que é solução saturada?

Aluna 7: Saturada?

Entrevistador: Humhum.

Aluna 7: É quando dá pra dissolver, a água dissolve. É, por que insaturada...ai meu Deus...ai Gustavo... Porque insaturada é quando dá pra dissolver, saturada também e supersaturada é que não dissolve.

Entrevistador: Hum, mais ou menos. Assim, a insaturada dá pra por mais sal ainda.

Aluna 7: É, porque eu já coloquei dezesseis [gramas de sal] ainda.

Entrevistador: Isso, a saturada já ta com trinta e seis [gramas de sal]. É o máximo, né? A supersaturada tem que mexer na temperatura pra dissolver, pra dissolver mais. Então o que você ta montando ta em que momento?

Aluna 7: Quando eu to mexendo.

Entrevistador: Ta, então você já colocou o sal na água e...

Aluna 7: Coloquei o sal e fui mexendo e foi misturando. E aí, tem que por no fogo?

Entrevistador: Não..

Aluna 7: Ela ta como?

Entrevistador: Não, então, como você imaginou aí? Quanto de sal que tem? Que o primeiro foi quinze [gramas] e depois foi vinte e um [gramas de sal]. Deu quinze com mais vinte e um, deu trinta e seis [gramas]. Que aí é uma solução saturada, o máximo de sal que a água suporta. É cem gramas de água.

Aluna 7: Ai, eu coloquei como eu escrevi. A supersaturada, que aí depois leva ao fogo, e os cristais vão ficar em cima, eu vou mexer e eles vão descendo pra baixo. Ou até mesmo sem mexer, eles vão caindo devagar, vão ficar embaixo.

Entrevistador: Ta, e antes de por no fogo? Na hora que colocou 36 [g de sal]?

Aluna 7: Não dissolveu.

Entrevistador: Não dissolveu?

Aluna 7: Não, ele [o excesso de sal] ficou em baixo.

Entrevistador: Ta, e como ele ficaria na telinha? Se você fosse mostrar.

Aluna 7: Aí não sei se ficaria junto ou separado...a água fica em cima, viu? Agora não sei se fica junto ou separado, aqui em baixo [referindo-se aos íons]. Ai, não sei.

Entrevistador: Ta bom, então é assim que fica quando ta saturada?

Aluna 7: É.

Entrevistador: Ta bom.

Aluna 7: Só?

Entrevistador: Só isso.

Aluna 7: Não deu cinco minutos.



FIGURA 101 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 7)

### Transcrição do depoimento da Aluna 8

Aluna 8: Como que é o nome desse daqui?

Entrevistador: Esse é o cristal de sal.

Aluna 8: Hum, e esse?

Entrevistador: Esses daqui são os íons do sal, são as mesmas bolinhas. É o mesmo que ta aqui.

Aluna 8: Como que é esse daqui?

Entrevistador: Esse é o íon sódio, o íon positivo. E esse daqui é o íon negativo, o íon cloreto. E aqui é a água.

Aluna 8: Hum, então eu posso....vou fazer o que eu tava pensando. Vai ficar a água sem fazer nada, claro fazendo o movimento dela. Sem ninguém fazer nada com ela. Colocar tudo de uma vez. Assim, a água. Aí, como é que eu vou, ai, esqueci. A água tava no copo quietinha. Aí foi chegando assim, e eles [íons] começaram a descer assim, e vir pra água.

Entrevistador: Humhum.

Aluna 8: Humhum, sei. [risos]. Aí a água foi dando espaço assim pra eles [os íons], um espaço maior assim, né? Ai foi misturando, é ta bom. Só mais um [par de íons]. E foi se misturando assim na água e tudo, né?

Entrevistador: Ta, isso daí é quando você colocou quanto de sal?

Aluna 8: Um, dois, três, quatro, cinco. [pares de íons]

Entrevistador: Ta, mas aí, lembra que a gente colocou 15g de sal e dissolveu tudo. Quando a gente colocou 36, é o máximo que a água dissolve, né?

Aluna 8: Humhum.

Entrevistador: Aí é uma solução saturada. Lembra. Solução saturada é a máxima quantidade de sal que a água consegue dissolver. Aí desse jeito seria uma solução saturada ou não? É isso que eu queria saber. Do jeito que você colocou.

Aluna 8: Ai eu acho que...ai eu não sei. Eu gostaria que você me falasse. Aí colocou até quinze [gramas de sal] e tudo bem, mas depois colocou mais vinte e um [gramas de sal], aí ficou saturada. Aí, depois, nossa ficou muito sal.

Entrevistador: Então, você precisa explicar pra mim só até quando colocou trinta e seis [gramas], depois não precisa.

Aluna 8: É.

Entrevistador: Ficou desse jeito então a solução saturada?

Aluna 8: Humhum. [riso nervoso]

Entrevistador: Então ta bom. Beleza?

Aluna 8: Beleza. Só isso?

Entrevistador: Só isso.

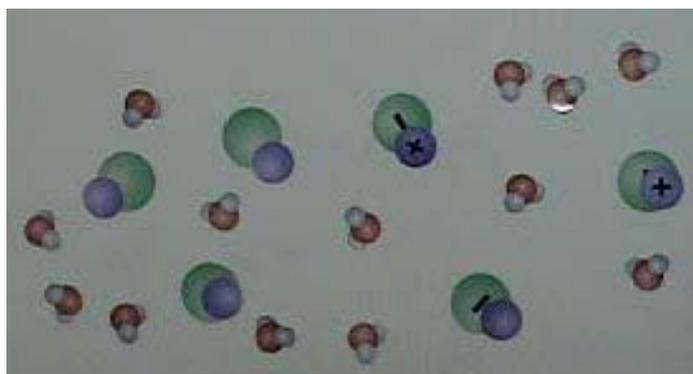


FIGURA 102 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 8)

### Transcrição do depoimento da Aluna 9

Aluna 9: Assim, eu acho que é aquilo que eu tinha te falado. Seria uma mistura meio complicado. Aí é quando mistura, aí é quando ta fazendo a misturação, né? Aí depois acho que quando eles [os íons e as águas] fossem se juntar ia ser assim, mais ou menos. Assim, aí depois o sal ia pra baixo e a água pra cima. Fiz assim.

Entrevistador: Ta bom. Deixa eu perguntar uma coisa então. Lembra quando a solução ficou saturada?

Aluna 9: Humhum.

Entrevistador: Você lembra o que é solução saturada?

Aluna 9: Humhum.

Entrevistador: O que que é?

Aluna 9: Deixa eu ver. Ai, não lembro, não lembro aqui.

Entrevistador: Então, a solução ta saturada quando tem a máxima quantidade de sal que consegue dissolver. No caso é trinta e seis gramas pra cem gramas de água. Então, como você acha que fica o sistema, as figurinhas quando ta saturado? Quando ta com essa quantidade de sal?

Aluna 9: Eu acho que ta tudo misturado, assim na água, porque aí fica a mesma medida e tem como ela dissolver na água.

Entrevistador: Ta, mas aí nas figurinhas fica desse jeito? Ou fica diferente?

Aluna 9: Hum, e agora? Eu acho que vai se formar assim um todo. Assim, ai como vou dizer? Eu acho que eles se atraem, entendeu? A água com o sal. Eu acho que eles iam formar assim, mais ou menos.

Entrevistador: Desse jeito aqui? Assim? [se referindo ao sistema representado no quadro]

Aluna 9: É.

Entrevistador: Hum, ta. Aí ia ter só um desse aqui [água com sais em sua volta] ou teria vários?

Aluna 9: É teria se juntando bastante. Aí ia formar um só.

Entrevistador: Entendi. Deixa só...ah, a câmera pegou.

Aluna 9: Pegou?

Entrevistador: Então é isso. Ta bom?



FIGURA 103 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 9)

### Transcrição do depoimento da Aluna 11

Aluna 11: O sal é assim, né? O sal é assim. Tudo assim. Quando coloca a água, um tanto de água assim, bastante água assim, separa ele [o cristal]. Aí coloca e separa. Aí fica tudo assim [colocando íons livres], só que quando coloca muito sal, eu acho que eles se ajunta de novo porque fica muito sal pra pouca água. Por isso que eu acho que não dissolveu.

Entrevistador: Então peraí, quando começa é desse jeito?

Aluna 11: Começa assim. É, quando coloca água separa tudo [os íons do cristal]. Mas quando coloca mais sal, aí a água não consegue dissolver tudo e eu acho que ajunta tudo de novo. Assim, aí fica igual aqui.

Entrevistador: Ta, então ele volta ao que era antes?

Aluna 11: [acena que sim com a cabeça]

Entrevistador: Ta, você lembra quando a gente colocou la, colocamos quinze gramas [de sal] e depois vinte e um.

Aluna 11: Humhum.

Entrevistador: Aí, quando tem essa quantidade, quando a água tem 36g de sal ela ta saturada. Você lembra o que é uma solução saturada?

Aluna 11: É o tanto de água que dá pra dissolver um tanto de sal.

Entrevistador: Isso, é a quantidade máxima de sal que a água consegue dissolver.

Aluna 11: Humhum.

Entrevistador: Ta, então quando ta com essa quantidade de sal, é desse jeito que você imagina a solução ou é de outro jeito?

Aluna 11: Ai, eu acho que quando coloca o sal é desse jeito. Aí quando coloca a água solta tudo [os íons do retículo cristalino], igual ao que eu expliquei da outra vez. Só que aqui fica muito sal, ou desce tudo. Sei lá. Mas eu acho que agruda de novo.

Entrevistador: Ta, então a tendência é juntar de novo.

Aluna 11: É. Ou quando ferve aí de novo, que aí depois desce quando fica muito sal. Que quando ferve pode juntar tudo. Acho que é isso. Pode tirar?

Entrevistador: Ta bom. Pode tirar.



FIGURA 104 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 11)

### Transcrição do depoimento da Aluna 13

Aluna 13: Eu posso usar junto?

Entrevistador: Pode. Pode usar tudo o que você quiser.

Aluna 13: Como é que eu vou saber se é quinze [gramas de sal], é..como é que era o primeiro? Quinze gramas e depois vinte e uma gramas e depois três gramas, né?

Entrevistador: Isso, só que assim, quando a gente colocou quinze, conseguia dissolver mais.

Aluna 13: É.

Entrevistador: Lembra? Aí quando colocou vinte e um [gramas], quinze com vinte e um dá trinta e seis.

Aluna 13: Trinta e seis, é aí eu também consegui dissolver.

Entrevistador: Aí esse trinta e seis que você conseguiu dissolver foi o máximo, é o máximo que aquela quantidade de água consegue dissolver.

Aluna 13: Ah ta, então eu não preciso colocar mais ainda? É porque eu escrevi no papel o que aconteceu lá, entendeu?

Entrevistador: Não, não tem problema.

Aluna 13: Mas então como é que eu vou saber quanto eu tenho 15 aqui que eu venho colocando, entendeu?

Entrevistador: Ah ta. É assim, você faz do jeito que você imaginou. Não tem uma quantidade certa, assim. Sabe, de bolinhas?

Aluna 13: Ah, ta.

Entrevistador: Ta?

Aluna 13: Humhum. Vai colocar a água, né? Cem gramas de água.

Entrevistador: Isso.

Aluna 13: Aqui. Aí vai colocar quinze gramas de sal, aí vai se dissolver [colocando íons livres]. Se dissolveu aqui. Aí coloca mais, aí ainda mexe, aí se dissolveu tudo. É, coloca mais.

Entrevistador: Aí do jeito que ta, ta com quanto de sal?

Aluna 13: Trinta e seis [gramas]

Entrevistador: Ah ta, então é desse jeito que fica?

Aluna 13: Todas dissolvidas, assim, a água e tudo. Aí coloca mais ainda, só que esses não vai dissolver. Então esses estão dissolvidos, e esses vão

pro fundo do copo, né? É, aí depois vai aquecer, aí depois que aqueceu, quando ta quente eles se misturam, sabe, fica tudo misturado. Aí na hora que começa a esfriar, começa a formar cristal, entendeu? Fica todos em cima na hora que começa a esfriar, aí começa a cair um bloco assim, debaixo da água. Aí deixa a água em cima e vai caindo [os íons]. Entendeu?

Entrevistador: Entendi.

Aluna 13: É isso.

Entrevistador: Beleza.

Aluna 13: Pode tirar?

Entrevistador: Pode.



FIGURA 105 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 13)

### Transcrição do depoimento do Aluno 14

Aluno 14: Jogar a água só pra mostrar.

Entrevistador: Humhum.

Aluno 14: Jogou a água assim. Agora é só destrinchar. Pode usar uma só ou usa todas?

Entrevistador: Pode usar o que você quiser. Esse daí é em que momento? Que hora que é aí? Começou o experimento, ou ta no meio ou ta no fim?

Aluno 14: Aqui começa, joguei a água e agora vou começar a destrinchar as moléculas. Ah é destrinchar.

Entrevistador: Hãhã.

Aluno 14: Só tirar algumas [águas], que tem muita. Fica assim. Quando a água fica...como é que chama...saturada.

Entrevistador: Isso.

Aluno 14: Fica desse jeito.

Entrevistador: A água fica saturada quando? A solução ta saturada quando?

Aluno 14: Quando colocou a água pra ferver?

Entrevistador: Lembra que a gente colocou quinze gramas de sal e depois colocou mais vinte e um? Aí quinze com vinte e um dá trinta e seis. Então, do sal na água, em cem gramas de água, trinta e seis é a quantidade máxima de sal que a água consegue dissolver.

Aluno 14: Hãhã.

Entrevistador: Então é aí que ela ta saturada.

Aluno 14: Quando tem trinta e seis gramas.

Entrevistador: É a quantidade máxima que ela agüenta. Então como que estaria assim o sistema nesse momento, que ta saturado?

Aluno 14: Ele ficaria desse jeito. Saturado tudo, né?

Entrevistador: Humhum.

Aluno 14: Tudo ficaria assim. Aumenta mais uma ou duas gramas. Pode acontecer de ficar dois ou três cristais assim, aqui no fundo, aqui.

Entrevistador: Aí fica desse jeito?

Aluno 14: Fica desse jeito.

Entrevistador: Beleza. Vamos só ver se a câmera ta pegando...isso, pegou.

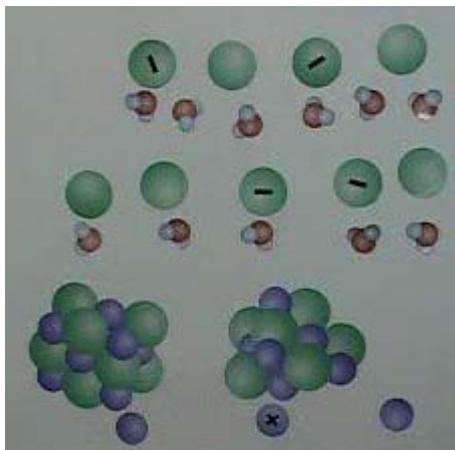


FIGURA 106 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 14)

### Transcrição do depoimento da Aluna 16

Entrevistador: Aí é o mesmo esqueminha. É as mesmas figurinhas, a água, íon sódio, íon cloreto e o cristal com os íons juntinhos.

Aluna 16: Ai, deixa eu lembrar o que eu fiz lá. Ah, eu acho que não fiz nenhum desenho, eu só pensei assim. Que ela, que quando ela tava misturada, tinha...tava certinho. Isso daqui em cada água tava certinho, sabe? Ah, mas eu não sinto falta...aí acabou, quando sobrava um [íon] por exemplo, eu acho que era aquela saturada com corpo....

Entrevistador: Com corpo de fundo?

Aluna 16: Com corpo de fundo.

Entrevistador: Ta, aí então...

Aluna 16: Foi difícil esse.

Entrevistador: Tava mais difícil?

Aluna 16: É.

Entrevistador: É, ele é mais difícil mesmo. Mas quando ela ta saturada então, o que é ta saturada mesmo?

Aluna 16: Saturado é quando a água dissolveu o máximo que ela podia. É 36 gramas.

Entrevistador: Isso, no caso do sal é trinta e seis gramas. Aí então eu teria dessa forma, assim [apontando para o quadro com as figuras] com os íons?

Aluna 16: Sim.

Entrevistador: E eu teria o sistema parado ou em movimento?

Aluna 16: Não, em movimento.

Entrevistador: Em movimento. E eu teria só duas águas ou teria mais?

Aluna 16: Não, teria mais, teria bastante. É que no desenho, eu não tinha muito cloro aí eu fiz isso. É, seria bastante.

Entrevistador: Ta, entendi. Entendi o que você quis dizer. Beleza.

Aluna 16: É, bom, foi isso que eu achei.

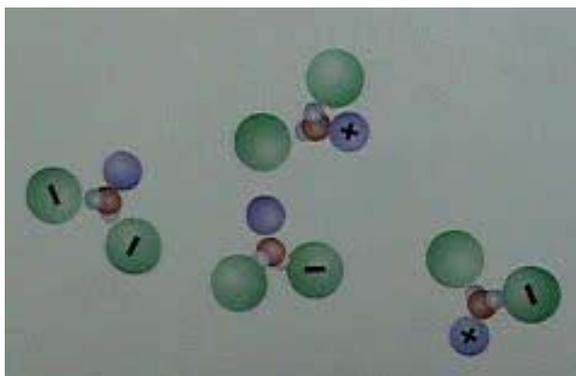


FIGURA 107 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 16)

### Transcrição do depoimento da Aluna 17

Entrevistador: Ta, então é da solução saturada.

Aluna 17: Ai, não, ó, então primeiro eu vou fazer...ai, calma aí, deu branco. Calma aí, colocou misturadas, é...[suspiro] ta, lembrei. Então, tem aqui as moléculinhas de água, e esse positivo aqui nessa formação, eu acho, né?

Entrevistador: Oi?

Aluna 17: A formação delas [orientação entre os íons e a água], que eu acho que seria assim.

Entrevistador: Ta.

Aluna 17: É assim, aí como é saturada, teria é...por exemplo, se aquele por exemplo, esse cristal aqui se dividisse, ele ia se dividir só que não ia ter sobras de Na e nem de Cl. Não ia por exemplo, não ia ter um [íon livre] aqui, outro aqui e o verdinho ali. Então ia formar uma outra coisa.

Entrevistador: Hum, assim, não entendi. Vai ficar como cristal ou não? Ou ele vai separar tudo? Não entendi.

Aluna 17: Ai, porque naquele outro vidinho [animação], agente tinha feito como se formasse um negócio assim. Como aqui ele [hidrogênio da água] é parcialmente positivo, ele atrairia negativo e aqui como ele é parcialmente negativo [oxigênio da água] ele atrai positivo. Então quando mistura o sal com a água, eles vão se dissolver, só que nesse caso acontece, eu acho que a dissolução acontece assim. Tipo, esse cristal se divide e cada molécula de água atrai as partículas pra si, dessa forma.

Entrevistador: Ta, então...

Aluna 17: E não sobra [íons].

Entrevistador: Tá, entendi. Então não tem nenhum cristal.

Aluna 17: Porque a quantidade proporcional de sal, de cristais de sal com a água, com as moléculas de água.

Entrevistador: Ta, aí todas as águas ficam desse jeito?

Aluna 17: Ah, acho que sim.

Entrevistador: Então quando t[a saturada fica assim? Um monte de águas desse jeito?

Aluna 17: Acho que é, ou assim também, né? Não sei. Mas eu acredito que fica assim, se tiver errado...tudo bem.

Entrevistador: Ta bom então, ta?

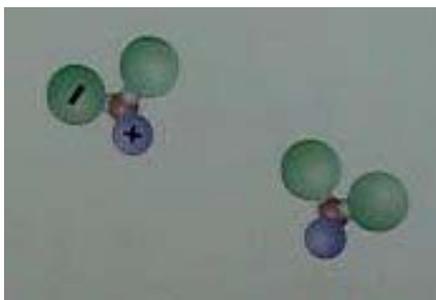


FIGURA 108 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 17)

### Transcrição do depoimento da Aluna 18

Aluna 18: Ai, agora não lembro. Assim.

Entrevistador: Ta. Aí assim, isso aí já é quando a solução ta saturada?

Aluna 18: Hãhã.

Entrevistador: O que é a solução ta saturada?

Aluna 18: É quando eles se juntam todos? Todas as moléculas, não ficam afundando?

Entrevistador: Então, é assim, aquela quantidade de água lá do sal é 36 gramas, é o máximo de sal que a água consegue dissolver. Aí quando a solução ta saturada, ela não consegue dissolver mais nada.

Aluna 18: É quando já ta cheio?

Entrevistador: Então, eu não sei...você acha que é quando ta cheio?

Aluna 18: Hãhã.

Entrevistador: Ta, então assim, nas moléculas, a representação, você acha que vai ficar desse jeito?

Aluna 18: Hãhã.

Entrevistador: Aí você acha que vai ter duas só [moléculas de água], ou vai ter mais?

Aluna 18: Vai ter mais.

Entrevistador: Vai ter quantas, assim?

Aluna 18: Ah, não sei. Mas vai ter mais.

Entrevistador: Mais um pouco? Mais bastante? Mas muito?

Aluna 18: Mais bastante. [risos]

Entrevistador: Aí, isso aí vai estar em movimento ou vai estar parado?

Aluna 18: Acho que vai estar em movimento.

Entrevistador: Vai estar em movimento. Então eu acho que é isso. Ta bom?

Aluna 18: Certo. Pode sair?

Entrevistador: Pode.

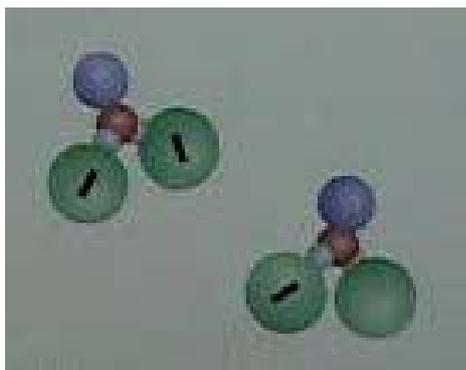


FIGURA 109 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 18)

### Transcrição do depoimento do Aluno 19

Entrevistador: Tá gravando, ta?

Aluno 19: Ta.

Entrevistador: É o mesmo esquema. Esse momento já é com o sal na água?

Aluno 19: É. Tão se misturando.

Entrevistador: Ta. Aí você lembra o que é solução saturada?

Aluno 19: Não.

Entrevistador: Só vamos ver essa parte. Essa parte é em que momento que você fez aí?

Aluno 19: Colocou a água com o sal. Aí misturou. Aí misturou os dois.

Entrevistador: Ta.

Aluno 19: Ta misturado. E depois quando aquece. E quando aquece, o sal fica em baixo. E a água com o sal fica tudo em cima misturado.

Entrevistador: Ta. Depois do aquecimento isso?

Aluno 19: É.

Entrevistador: Ta. Ta bom, só voltar um pouco, antes do aquecimento. Lembra que tinha três potinhos? Um potinho tinha 15 [gramas de sal].

Aluno 19: É.

Entrevistador: Outro tinha vinte e um [gramas de sal] e o outro tinha três [gramas de sal]. Então primeiro você colocou o que tinha quinze e depois o que tinha vinte e um, somando dá trinta e seis.

Aluno 19: É.

Entrevistador: Essa quantidade é a máxima que aquela quantidade de água consegue dissolver. A gente fala que a solução ta saturada quando ela ta dissolvendo o máximo possível. Então como você mostraria como que ficaria essa solução saturada naquele momento? Você colocou 36 gramas, misturou e como que ficaria?

Aluno 19: Sem aquecer?

Entrevistador: Sem aquecer. Só com as trinta e seis gramas, só com os dois potinhos.

Aluno 19: Ficaria assim, com a água com o sal misturado.

Entrevistador: Ta. Aí, esse sistema ia estar parado ou em movimento?

Aluno 19: Acho que estaria parado. Não, ele ta se movendo, né?  
Quando para de mexer o sal cai pra baixo.

Entrevistador: Isso quando ta saturado?

Aluno 19: Hum.

Entrevistador: Dá pra ver o sal no fundo ou não?

Aluno 19: Sal?

Entrevistador: É, o sal no fundo.

Aluno 19: É, quando para de mexer.

Entrevistador: Ah, ta.

Aluno 19: E quando para de mexer o sal cai pra baixo.

Entrevistador: Hum, entendi.

Aluno 19: Aí fica um pouquinho de água com sal meio, mas só um pouquinho. Mas a maioria do sal cai tudo pra baixo. Fica o sal diluído com água, aí o sal fica em baixo. Os trinta e seis [gramas], né?

Entrevistador: Humhum, é isso mesmo. São trinta e seis gramas.

Aluno 19: Acho que fica mais ou menos assim.

Entrevistador: Beleza.

Aluno 19: Beleza?

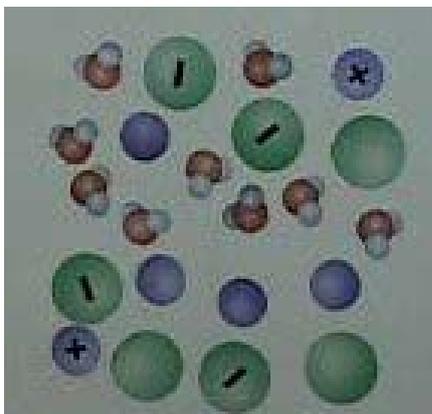


FIGURA 110 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 19)

### Transcrição do depoimento do Aluno 20

Entrevistador: Que é quando ta com trinta e seis gramas, né?

Aluno 20: Hãhã.

Entrevistador: Aí é o máximo de sal que a água consegue dissolver.

Aluno 20: Acabou a verde [íon cloreto].

Entrevistador: Acabou. Acabou mesmo, só tem os cristais agora.

Aluno 20: Mais um assim. Esquece esse resto aqui. Deixa mais esse aqui [região com muitos íons].

Entrevistador: Ta.

Aluno 20: Eu imagino assim, que já vai estar todas as moléculas de sal ocupando cada molécula de água. Então vai tá, tipo, todas as moléculas de sal já vai tá agrupada nas de água. Então quer dizer, que se catar mais uma, se cair mais uma de sal, assim, ela vai ficar sozinha. Então ela não vai se diluir. Então ela vai ficar super, super como chama, é...

Entrevistador: Saturada.

Aluno 20: Supersaturada; Que aí vai ficar em baixo e em cima. Então, saturada vai ficar assim. Todas as moléculas de água, cada uma ocupando uma molécula de sal. E aí se tiver mais uminha, que o professor falou, já era, então penso assim. Que se cair uma molécula de sal aqui já era. Que uma molécula de sal é tudo junta, né? Então tem várias, então a água não ia dar conta de catar. Bom, eu penso assim.

Entrevistador: Ta. Aí o sistema ia ta parado ou ta se movendo?

Aluno 20: Não, ele ia ta sempre se movendo. Ia ta em movimento. A água e o sal fica em movimento?

Entrevistador: Tudo?

Aluno 20: Tudo fica em movimento assim. Assim, os diluídos, acho que os que não diluem, acho que fica parado.

Entrevistador: Como assim os que não diluem?

Aluno 20: Não, assim se tiver mais algum sal caído aqui, aí eu acho que ele vai ficar estável.

Entrevistador: Ta, entendi. É o sal que não dissolve?

Aluno 20: É. Aí eu acho que ele fica parado. Só o que dissolve vai ficar, é ele vai ficar com o mesmo movimento que a água, eu acho.

Entrevistador: Vai ficar o...qual?

Aluno 20: Esse daqui, o diluído.

Entrevistador: Ah, ta.

Aluno 20: Vai ficar com o mesmo movimento que a água e o outro não.

Entrevistador: Entendi.

Aluno 20: O outro vai ficar mais parado.

Entrevistador: Ta, entendi.

Aluno 20: Penso assim.

Entrevistador: Beleza.

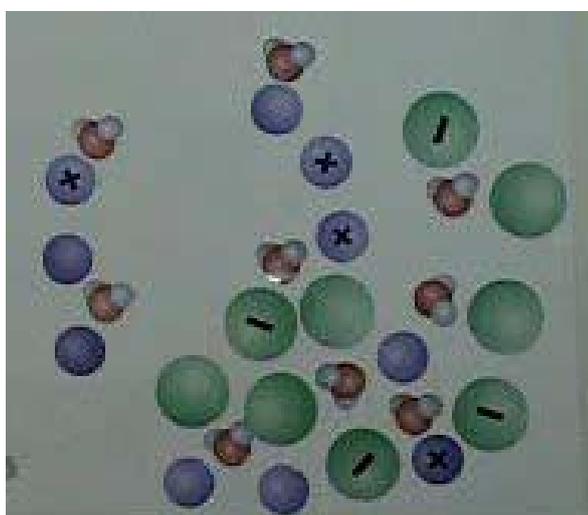


FIGURA 111 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 20)

### Transcrição do depoimento do Aluno 21

Aluno 21: Ah, eu vou sair feio na foto.

Entrevistador: Fica tranquilo. Esse aí é em que momento?

Aluno 21: Seria do sal indo, quando o sal não ta dissolvido. Ele ta entrando em contato.

Entrevistador: Hum, ta.

Aluno 21: É que ele vai passar [cristais em cima se movem para baixo na tela], ele vai ser um pouquinho de sal que fica. Fica um pouquinho, aí ele vai ficar espalhado [íons livres]. Aí fica junto com as águas.

Entrevistador: Ta, então esse daí já é o saturado?

Aluno 21: Humhum.

Entrevistador: Quando dissolve o máximo possível?

Aluno 21: Humhum. Ai, eu devia ter batido as fotos, né?

Entrevistador: Não, não, aí é amanhã. Amanhã vocês vão fazer em grupo. Porque assim é mais rápido, eu vejo rapidinho como que vai ficar o filme. Desse jeito que você vê a solução saturada?

Aluno 21: Humhum. É, um pouco mais misturada.

Entrevistador: Aí esse sistema ta parado ou ele se move?

Aluno 21: Ele se move.

Entrevistador: Ele se move? Mas o que se move? Tudo? Ou só algumas partes?

Aluno 21: Tudo.

Entrevistador: Tudo?

Aluno 21: Se mexer essa parte, se mexer muito ele move tudo, se mexer pouco ele às vezes ele move tudo às vezes ele move menos.

Entrevistador: Humhum. Ta bom. Beleza.

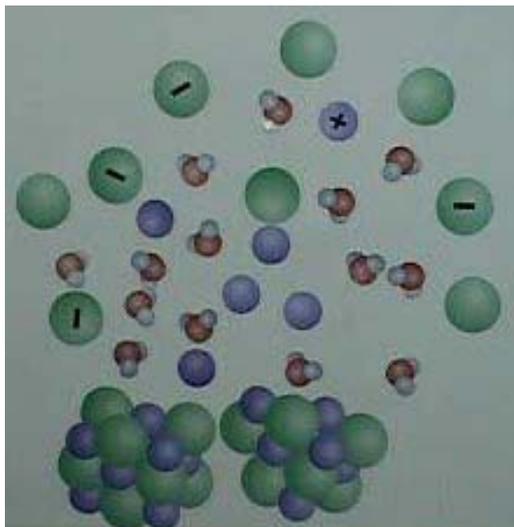


FIGURA 112 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 21)

### Transcrição do depoimento da Aluna 22

Aluna 22: Que hora que é?

Entrevistador: Agora é 5:35. Você lembra o que é solução saturada?

Aluna 22: [aceno que não com a cabeça]

Entrevistador: [risos] Ta aí só tem a água.

Aluna 22: É o copo sem o sal.

Entrevistador: Ta, aí você vai e põe o sal.

Aluna 22: Faz assim, quinze gramas primeiro. Aí ela, antes coloca assim [como cristal], aí depois ela vai se separar. Aí depois vai colocar vinte e um [gramas de sal] assim de novo [introduzindo um cristal]. Aí vai separar [e adiciona mais íons livres]. É assim.

Entrevistador: Ta, aí desse jeito, você colocou quinze e depois vinte e uma gramas, então ta com trinta e seis.

Aluna 22: Ta com trinta e seis

Entrevistador: E aí com trinta e seis ela ta saturada, é o máximo que ela consegue dissolver. Trinta e seis gramas de sal. Aí ficaria desse jeito?

Aluna 22: Humhum.

Entrevistador: Ta. Aí esse sistema estaria parado ou se movendo?

Aluna 22: Se movendo

Entrevistador: Ta, estaria tudo se movendo?

Aluna 22: Humhum.

Entrevistador: Ta bom.

Aluna 22: Ta bom?

Entrevistador: É isso.

Aluna 22: Ta certo?

Entrevistador: Calma, a gente vai amanhã, vocês vão fazer um filme em grupo de novo.

Aluna 22: Humhum.

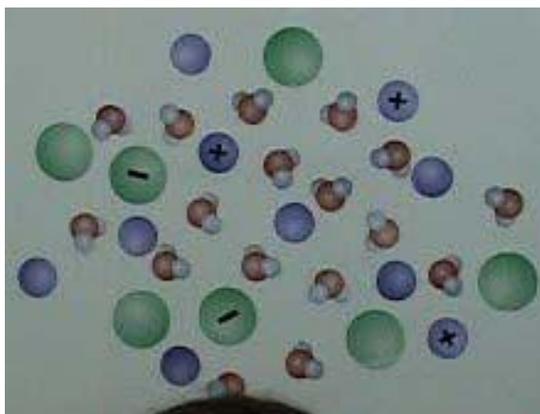


FIGURA 113 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 22)

### Transcrição do depoimento da Aluna 23

Entrevistador: Você lembra o que é solução saturada?

Aluna 23: É, deixa eu lembrar. Ai, agora eu não lembro, escrevi lá na folha. Não eu escrevi assim que, ai vai buscar lá pra você ver.

Entrevistador: Não, pode falar aí...

Aluna 23: Não, fala aí você, à vontade.

Entrevistador: Não vou falar [risos].

Aluna 23: Não, pode falar.

Entrevistador: Começa. [risos]

Aluna 23: Ah...[tosse]

Entrevistador: Calma, respira, tosse e depois respira. Ta, então é assim que você imaginou?

Aluna 23: É.

Entrevistador: Ta, e isso aí seria em que momento do experimento?

Aluna 23: Eu vou falar o que eu fiz.

Entrevistador: Isso.

Aluna 23: Como coloca a água e o coiso, coloca lá a quantidade, aí deu aquele nome lá que eu não lembro. Como chama? Fala o nome de um deles...

Entrevistador: Saturada, insaturada?

Aluna 23: Insaturada, só que ficou mais sal, tem que colocar mais água, senão não vai dar certo, não vai dar pra ver os cristais, né? Você me entende? Então tem que colocar mais água, ah não entendo, tem que ter a mesma quantidade, mas colocando mais água não só mais sal. Que vai dar o nome de alguma coisa.

Entrevistador: Hã?

Aluna 23: Ato alguma coisa.

Entrevistador: Hã? Então vamos, ali assim. Vamos voltar ali [a tela]. Ali você imaginou que momento? Assim, a hora que você colocou? Ou a hora que terminou? Ou no meio?

Aluna 23: Não, na hora que colocou. Aqui é a primeira parte, aí eles iam se misturar e dissolver a água com o sal. Que ia formar o cristal.

Entrevistador: Ta, então...

Aluna 23: Com a água, é lógico.

Entrevistador: Então a gente colocou o sal na água, aquelas quinze gramas. Aí a gente colocou mais vinte e uma gramas.

Aluna 23: Isso.

Entrevistador: Que aí somando dá trinta e seis. Então trinta e seis gramas é a máxima quantidade de sal que a água consegue dissolver, em cem mL de água. Então a gente fala que a solução tá saturada, que ela não consegue dissolver mais nada nessa quantidade de água.

Aluna 23: E se colocar mais sal, aí teria que colocar mais água?

Entrevistador: Pra quê?

Aluna 23: Pra conseguir dissolver.

Entrevistador: Isso, ou faz isso, ou esquenta. Que foi o que a gente fez. A gente esquentou e ela dissolveu mais. Só que no fim ela não dissolveu tudo, mas dissolveu mais.

Aluna 23: É, só que ela vai evaporar, né? Não tudo, né.

Entrevistador: É, tem esse problema, a água começa a evaporar quando né, e começa a ir embora.

Aluna 23: É.

Entrevistador: Aí vira um problema. Mas enfim. Se manter a temperatura mais baixa, antes dela entrar em ebulição aí sim resolve, né, antes de chegar aos cem graus. Aos cem graus ela evapora. Mas então voltando àquele momento em que tava com trinta e seis gramas, que a gente colocou quinze mais vinte e uma. Aí sim ela tá saturada, ela não consegue dissolver mais nada de água. Como você imagina que fica assim as moléculas, a água, o sal nesse momento?

Aluna 23: Tudo junto.

Entrevistador: Cola as figurinhas pra mim assim.

Aluna 23: Ah...

Entrevistador: Ah, porque tudo junto...mostra pra mim, só coloca as figurinhas.

Aluna 23: Ah, tipo...Ah, tudo junto, dessa forma, assim.

Entrevistador: Ah, mas eu não entendi ainda.

Aluna 23: Ah, mas é que nem...como você quer saber? Fala de novo.

Entrevistador: Então, quando a gente colocou as trinta e seis gramas ela ficou saturada, ela não consegue mais dissolver sal. Aí como que fica ali [no quadro], assim como se eu pudesse ver. Como que ficaria?

Aluna 23: Ah ia ficar o sal, o cristal que ia descer pra baixo, né, que nem aquele caso que a gente viu e a água junta. Agora eu não sei explicar desse jeito.

Entrevistador: Mostra pra mim, vai colando do jeito que você imagina, do jeito que você vê. Do jeito que você fez na bancada.

Aluna 23: Eu fiz assim, eu coloquei a água né, aí eu coloquei, aí foi desse jeito que eu imaginei.

Entrevistador: É desse jeito mesmo?

Aluna 23: É.

Entrevistador: Então ta bom. Então beleza.

Aluna 23: Ta bom.

Entrevistador: Ta?

Aluna 23: Só isso?

Entrevistador: Só isso.

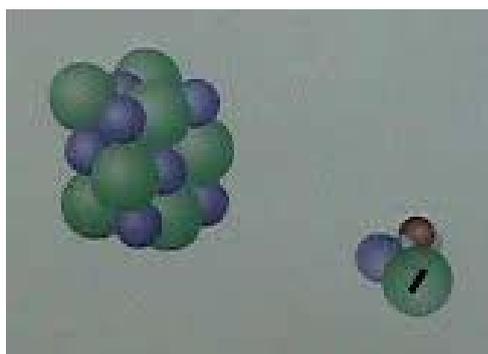


FIGURA 114 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 23)

### Transcrição do depoimento do Aluno 24

Entrevistador: Ta, aí do jeito que você ta fazendo, seria que momento do experimento? Seria mais o começo ou o meio?

Aluno 24: É quando já tinha fervido.

Entrevistador: Ta, depois que ferveu.

Aluno 24: É.

Entrevistador: É isso? É desse jeito que você imagina?

Aluno 24: Eu acho que é.

Entrevistador: Ta, então vamos voltar um pouquinho antes. Lembra que tinha três frasquinhos?

Aluno 24: Sim.

Entrevistador: Um com quinze gramas, outro com vinte e um e outro com três. Primeiro a gente colocou o de quinze gramas e depois colocamos o de vinte e um, vinte e uma gramas de sal. Se a gente somar quinze com vinte e um dá trinta e seis. Então quando eu coloco trinta e seis gramas de sal naquele tanto de água, é o máximo que ela dissolve, então a gente fala que é saturada.

Aluno 24: É o máximo?

Entrevistador: Isso. É o máximo que ela dissolve.

Aluno 24: Hum.

Entrevistador: É a quantidade máxima. Então como você imaginaria quando a gente coloca essas trinta e seis gramas a gente fala que ta saturada né? Como você imaginaria essa solução saturada? Com as bolinhas assim.

Aluno 24: Ah... [acenando que não com a cabeça]

Entrevistador: [risos] Desse jeito que você fez seria depois, não é? Quando a gente colocou mais sal e aí ferveu né?

Aluno 24: Isso.

Entrevistador: Só um pouquinho antes. Como que seria? Antes de colocar aquelas três gramas e aquecer.

Aluno 24: Ia se misturar.

Entrevistador: Hum, mostra pra mim como ficaria.

Aluno 24: Assim?

Entrevistador: Ficaria desse jeito?

Aluno 24: Acho que é.

Entrevistador: Ta, aí desse jeito, o sistema vai ta todo em movimento ou vai ta tudo parado? Ou só uma coisa se move, só a água, não sei...

Aluno 24: Tudo.

Entrevistador: Tudo ta se movendo?

Aluno 24: É.

Entrevistador: Ta. Beleza, acho que é isso.



FIGURA 115 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluno 24)

### Transcrição do depoimento da Aluna 26

Aluna 26: Eu tenho que lembrar como era antes.

Entrevistador: Eu já liguei. Calma, calma, ta apressada, não precisa ficar com pressa.

Aluna 26: Eu não to apressada. É que eu esqueci.

Entrevistador: Então é por isso que você queria fazer rápido então?

Aluna 26: Calma aí.

Entrevistador: Aquela hora que você queria ser a primeira.

Aluna 26: É, daí coloca, ta bom, colocou os três né, potinhos de sal. Dois deles se misturou com a água, ta bom vai, vou por assim.

Entrevistador: Hã?

Aluna 26: Vou por assim, colocando aqui a água e dissolveu. Daí o outro, as outras três gramas não se dissolveu com a água, daí ficou lá no fundo do copo. Assim, daí aqueceu o negócio daí tudo se misturou com a água. Ta bom, deixa eu ver. Tudo se misturou com a água e daí depois quando começou a esfriar, sei lá, a água ficou em baixo e formaram, como é, cristal de sal, é. Formou cristal de sal em cima e foi caindo. E foi caindo assim, entendeu? A água ficou em cima e os cristais em baixo.

Entrevistador: Ta, deixa só a câmera ver. Ta, aí, vamos só, tem mais?

Aluna 26: Não.

Entrevistador: Ta, é só perguntar uma coisa. Primeiro você colocou dois frasquinhos, o primeiro com quinze e depois com vinte e uma gramas.

Aluna 26: Humhum.

Entrevistador: Aí somando esses dois dá trinta e seis gramas. Aí essa é a quantidade máxima de sal que a água consegue dissolver.

Aluna 26: Hãhã.

Entrevistador: Então aí, nesse momento, como ficaria a solução?

Aluna 26: No momento que...

Entrevistador: Que ta com as trinta e seis gramas.

Aluna 26: Como ficaria?

Entrevistador: É, como que as bolinhas, os íons, o cristal, como que ficaria?

Aluna 26: Ficariam todas misturadas. Tem que mostrar aqui?

Entrevistador: Mostra, mostra pra mim.

Aluna 26: Ah, eu não vou pegar as pequininhas, a gente coloca água aqui. Ficaria tudo misturado aqui, sei lá. Ficaria tudo misturado assim.

Entrevistador: Elas estão falando com você?

Aluna 26: Não. Ficaria tudo misturado nessa hora. É que nem aquela que a gente fez no sal, que misturava tudo, eu acho.

Entrevistador: Ta, então, mas assim, os íons eles estão juntos, né?

Aluna 26: Hãhã.

Entrevistador: Eles estariam juntos ou separados?

Aluna 26: Não sei.

Entrevistador: Do jeito que ta eles tão juntos, né?

Aluna 26: Ah, eu acho que eles iam estar juntos, né?

Entrevistador: Ta. Então quando ta saturado, eles ficam tudo juntos?

Aluna 26: Quando já ta misturado fica junto. Agora quando ta misturando, daí acho que não. Quando ta misturando a água fica parada, que nem a gente fez naquele do sal e da água.

Entrevistador: Ta, entendi.

Aluna 26: Ta certo?

Entrevistador: Ah, aí a gente vai fazer o filme e ver.



FIGURA 116 – Representação da solução saturada de NaCl. (Aluna 26)

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)