

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

MAPAS CONCEITUAIS E RESOLUÇÃO DE
PROBLEMAS SOBRE AS INTERAÇÕES
INTERMOLECULARES: UM ESTUDO COM ALUNOS DA 1^a
SÉRIE DO ENSINO MÉDIO.

Ronaldo Nascimento Mota

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Química - Ensino de Química da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de MESTRE PROFISSIONAL EM QUÍMICA, área de concentração: ENSINO DE QUÍMICA.

Orientador: Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig

São Carlos-SP

2012

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

M917mc Mota, Ronaldo Nascimento.
Mapas conceituais e resolução de problemas sobre as interações intermoleculares : um estudo com alunos da 1ª série do ensino médio / Ronaldo Nascimento Mota. -- São Carlos : UFSCar, 2013.
191 f.

Dissertação (Mestrado profissional) -- Universidade Federal de São Carlos, 2013.

1. Química - estudo e ensino. 2. Mapas conceituais. 3. Resolução de problemas. 4. Aprendizagem significativa. I. Título.

CDD: 540.7 (20ª)

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

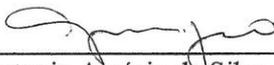
Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a defesa de dissertação de Mestrado Profissional do candidato Ronaldo Nascimento Mota, realizada em 18 de janeiro de 2013:



Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig



Prof. Dr. Luiz Henrique Ferreira



Prof. Dr. Antonio Aprígio da Silva Curvelo

“Uma palavra que não representa uma ideia é uma coisa morta, da mesma forma que uma ideia não incorporada em palavras não passa de uma sombra”.

(Vygotsky)

Dedico este trabalho aos meus grandes colaboradores:

minha companheira e esposa Marcia por sua paciência;

meus filhos Gabriel e Natalia que souberam entender a minha ausência;

aos amigos de sempre, Jose Luiz e Rita Derisso.

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig que me orientou no desenvolvimento deste estudo. Agradeço pelo incentivo à entrada no programa do mestrado, a paciência e acompanhamento essencial para a finalização da pesquisa.

Aos Profs. Dr. Antonio Aprigio da Silva Curvelo e Dr. Luiz Henrique Ferreira pelas sugestões apresentadas no seminário de qualificação e que subsidiaram os redirecionamentos do trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de São Carlos. Aos professores que por meio das orientações dadas nas disciplinas cursadas no programa contribuíram para o aprimoramento deste trabalho.

À Direção do Colégio Cecília Meireles, em especial à diretora e coordenadora do ensino médio Giselda. Aos alunos e funcionários que deram todas as condições para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao professor e amigo Cesar e amiga Fran que ajudaram na correção ortográfica e formatação, e à Juliana que ajudou na escrita do abstract, todos foram fundamentais para a forma final desta dissertação.

Aos amigos e companheiros da Apeoesp e das escolas estaduais, que manifestaram grande apoio.

Aos meus irmãos e a minha mãe por entender o distanciamento no último período.

Lista de Tabelas

TABELA 5.1: Listagem de conceitos envolvidos e porcentagem de conceitos utilizados pelos alunos.....	62
TABELA 5. 2: Quantidade de mapas ramificados e lineares em cada problema em números absolutos e porcentagem.....	63
TABELA 5.3: Conceitos gerais identificados nos mapas do problema 1.....	68
TABELA 5.4: Palavras de ligação para os conceitos TF e TE com aumento da massa ou número de elétrons e a frequência.....	69
TABELA 5.5: Interligações do conceito aumento da massa ou número de elétrons com outros conceitos e a frequência.....	69
TABELA 5.6: Pontuação obtida pelos alunos 2A e 17A após análise dos mapas referentes ao problema 1.....	71
TABELA 5.7: Pontuação em porcentagem dos mapas conceituais em relação ao mapa de referencia.....	72
TABELA 5.8: Frequência de conceitos interligados ao conceito ligação de hidrogênio.....	74
TABELA 5.9: Frequência das palavras de ligação da interação com ponto de Fusão.....	74
TABELA 5.10: Pontuação obtida pelos alunos 9A e 3B após análise dos mapas referentes ao problema 2	76
TABELA 5.11: Pontuação obtida pelos alunos 13B e18B, após análise dos mapas referentes ao problema 3a.....	80
TABELA 5.12: Pontuação obtida pelos alunos 3B e 4A após análise dos mapas referentes ao problema 3b/c.....	83
TABELA 5.13: Pontuação obtida pelos alunos 3A, 4B e 5B, após análise dos mapas referentes ao problema 4.....	86
TABELA 5.14: Pontuação obtida pelos alunos 16B e 21B, após análise dos mapas referentes ao problema 5.....	89
TABELA 5.15: Frequência de outros conceitos gerais nos mapas do problema 6.....	91
Tabela 5. 16 : Pontuação obtida pelos alunos 10A, 1B e 3B após análise dos mapas referentes ao problema 6.....	94
TABELA 5.17: Pontuação obtida pelos alunos 4A, 3B e 10B, após análise dos mapas referente ao problema 7.....	97

TABELA 5.18: Relações hierárquicas e proposicionais formadas pelos alunos envolvendo o conceito ligação de hidrogênio.....	102
Tabela 5.19: Pontuação obtida pelos alunos 8B e 14B após análise dos mapas referentes ao problema 8.....	103
TABELA 5.20: Resultado em porcentagem de acertos da análise da resolução de cada problema para cada aluno.....	109
TABELA 5.21: Média de acerto percentual a cada problema.....	110
TABELA 5.22: Proposições incorretas utilizadas nas respostas.....	111
TABELA 5.23: Quantidades individuais e coincidentes de mapas e resoluções com pontuação igual ou superior a 50%.....	156
TABELA 5.24: Intensidade da Correlação de Pearson por faixas de pontuação.....	157
TABELA 5.25: Correlação de Pearson (r) entre os mapas e resoluções dos problemas.....	158
TABELA 5.26: relação de problemas de acordo com a intensidade da correlação.....	158

Lista de Figuras

FIGURA 2.1: Na aprendizagem significativa as novas informações a, b e c são ligadas aos subsunçores A, B e C	8
FIGURA 2.2: O aprendizado pode variar de altamente mecânico a altamente significativo. A criatividade resulta de níveis muito altos de aprendizado significativo.....	11
FIGURA 2.3: Representação da assimilação dos conceitos na estrutura cognitiva.....	13
FIGURA 2.4: Representação da aprendizagem subordinada derivativa.....	14
FIGURA 2.5: Representação da aprendizagem subordinação correlativa.....	15
FIGURA 2.6: Representação da aprendizagem superordenada.....	15
FIGURA 2.7: Representação da aprendizagem combinatória.....	16
FIGURA 2.8: Mapa Conceitual da Água de Novak e Gowin	22
FIGURA 2.9: Um modelo para mapeamento conceitual segundo a teoria de Ausubel.....	23
FIGURA 4.1: Modelo de ficha individual para levantamento de dados dos mapas para cada problema.....	55
FIGURA 5.1: Mapa Conceitual do aluno 2a referente ao problema 2.....	64
FIGURA 5.2: Mapa Conceitual do aluno 3a referente ao problema 2.....	65
FIGURA 5.3: Mapa conceitual de referência do problema	67
FIGURA 5.4 (Esquerda): Mapa conceitual do aluno 2A referente ao problema 1.....	70
FIGURA 5.5 (Direita): Mapa conceitual do aluno 17A referente ao problema 1.....	70
FIGURA 5.6: Mapa conceitual de referência do problema 2.....	73
FIGURA 5.7 (Superior) : Mapa conceitual do aluno 3B referente ao problema 2.....	75
FIGURA 5.8 (Abaixo) : Mapa conceitual do aluno 9A referente ao problema 2.....	75
FIGURA 5.9: Mapa conceitual de Referencia do problema 3a.....	77
FIGURA 5.10 (acima): Mapa Conceitual de 18B referente ao problema 3a.....	79
FIGURA 5.11(Abaixo): Mapa conceitual de 13B referente ao problema 3a.....	79
FIGURA 5.12: Mapa conceitual de referência relativo ao problema 3b/c.....	81
FIGURA 5.13: Mapa conceitual de 3B em relação ao problema 3b/c.....	82

FIGURA 5.14: Mapa conceitual de 4A em relação ao problema 3b/c.....	83
FIGURA 5.15: Mapa de referência do problema 4.....	84
FIGURA 5.16: Mapa conceitual de 5B em relação ao problema 4.....	84
FIGURA 5.17: Mapa conceitual de 4B em relação ao problema 4.....	85
FIGURA 5.18 - Mapa conceitual de 3A referente ao problema 4.....	87
FIGURA 5.19: Mapa de referência relativo ao problema 5.....	88
FIGURA 5.20: Mapa conceitual de 16B referente ao problema 5.....	90
FIGURA 5.21: Mapa conceitual de 21B referente ao problema 5.....	90
FIGURA 5.22: Mapa conceitual de referência relativo ao problema 6.....	91
FIGURA 5.23: Mapa conceitual de 1B referente ao problema 6.....	92
FIGURA 5.24: Mapa conceitual de 10A referente ao problema 6.....	92
FIGURA 5.25: Mapa conceitual de 4B em relação ao problema 6.....	93
FIGURA 5.26: Mapa conceitual de 3B em relação ao problema 6.....	94
FIGURA 5.27 - Mapa conceitual de referência relativo ao problema 7.....	95
FIGURA 5.28: Mapa conceitual de 3B referente ao problema 7.....	96
FIGURA 5.29: Mapa conceitual de 4A referente ao problema 7.....	96
FIGURA 5.30: Mapa conceitual de 10B referente ao problema 7.....	97
FIGURA 5.31: Mapa de referencia em relação ao problema 8.....	99
FIGURA 5.32: Mapa conceitual de 8B relativo ao problema 8.....	100
FIGURA 5.33: Mapa conceitual de 14B relativo ao problema 8.....	101
FIGURA 5.34: Gráfico com a média percentual dos mapas em cada problema em relação aos mapas de referência.....	107
FIGURA 5.35: Resolução do problema 1 de 11B.....	112
FIGURA 5.36 : Resolução problema 1 de 3B.....	113
FIGURA 5.37: Resolução do problema 2 de 4a	114
FIGURA 5.38: Resolução do problema 2 de 17A.....	115
FIGURA 5.39: Resolução do problema 2 de 8A.....	115
FIGURA 5.40: Resolução do problema 3a de 8B.....	117
FIGURA 5.41: Resolução do problema 3A de 4A.....	118
FIGURA 5.42: Resolução do problema 3b de 1A.....	120
FIGURA 5.43: resolução do problema 3b de 1B.....	121
FIGURA 5.44: Resolução do problema 3c de 8B.....	121
FIGURA 5.45: Resolução do problema 3c de 6B.....	122

FIGURA 5.46: Resolução do problema 3c de 11A.....	122
FIGURA 5.47: Resolução do problema 4 de 12B.....	124
FIGURA 5.48: Resolução do problema 4 de 5B.....	124
FIGURA 5.49: Resolução do problema 4 de 7B.....	125
FIGURA 5.50: Resolução do problema 4 de 7A.....	126
FIGURA 5.51: Resolução do problema de 7A.....	128
FIGURA 5.52: Resolução do problema 5 de 1A.....	129
FIGURA 5.53: Resolução do problema 5 de 23A.....	129
FIGURA 5.54: resolução do problema 5 de 13A.....	130
FIGURA 5.55: Resolução do problema 5 de 1B.....	130
FIGURA 5.56: Resolução do problema de 3B.....	131
FIGURA 5.57: Resolução do problema 6 de 2B.....	132
FIGURA 5.58: resolução do problema 6 de 1B.....	132
FIGURA 5.59: Resolução do problema 6 de 15B.....	133
FIGURA 5.60: Resolução do problema 6 de 10B.....	133
FIGURA 5.61: resolução do problema 7 de 5A.....	136
FIGURA 5.62: Resolução do problema 7 de 22A.....	137
FIGURA 5.63: Resolução do problema 7 de 4B.....	138
FIGURA 5.64: Resolução do problema 7 de 9A.....	138
FIGURA 5.65: Resolução do problema 8 de 8B.....	140
FIGURA 5.66: Resolução do problema 8 de 15B.....	141
FIGURA 5.67: Resolução do problema 8 de 18B.....	142
FIGURA 5.68: Média das resoluções em cada problema.....	145
FIGURA 5.69: Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 1.....	147
FIGURA 5.70: Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 2.....	148
FIGURA 5.71: Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 3a.....	149
FIGURA 5.72: Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 3b/c.....	150

FIGURA 5.73: Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 4.....	151
FIGURA 5.74: Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 5.....	152
FIGURA 5.75: Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 6.....	153
FIGURA 5.76: Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 7.....	154
FIGURA 5.77: Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 8.....	155
FIGURA 5.78: Relação entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica durante determinado tempo de um programa de curso.....	162

Sumário

Capítulo 1: Introdução e Objetivos.....	1
1. Introdução.....	1
1.2. Questão de Pesquisa.....	5
1.3. Objetivos.....	6
1.3.1. Objetivo Geral.....	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
Capítulo 2: Referencial Teórico.....	7
2.1. Referencial Teórico.....	7
2.1.1. Definição e Características da Aprendizagem Significativa.....	7
2.1.2. Diferença entre aprendizagem mecânica e significativa	9
2.1.3. Ensinos por descoberta e receptiva	10
2.1.4. Condições para ocorrência da aprendizagem significativa e a assimilação.....	12
2.1.4.1. Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.....	16
2.1.5. Organizadores prévios.....	17
2.2. Resolução de Problemas.....	17
2.2.1. Conhecimento estruturado em um determinado domínio.....	19
2.3. Mapas Conceituais.....	20
2.3.1. Construção dos mapas conceituais.....	23
2.3.2. Mapas Ramificados e Lineares.....	24
2.3.3. Uso dos mapas conceituais.....	25
2.3.4. Mapas conceituais como instrumentos de Ensino e/ou Aprendizagem.....	25
2.3.5. O uso dos mapas conceituais como recurso de planejamento curricular.....	27
Capítulo 3: Revisão Bibliográfica.....	29
3.1. Mapas Conceituais.....	29
3.2. Resoluções de Problemas.....	38
Capítulo 4: Metodologia da Pesquisa.....	43

4.1. Desenvolvimento do Conteúdo.....	44
4.1.1. O conceito interações intermoleculares.....	44
4.1.2. Uso dos organizadores prévios.....	44
4.2. Atividades Prévias para a Elaboração de Mapas Conceituais.....	47
4.3. Aplicação do Material e coleta de dados.....	49
4.3.1 Local da Coleta de Dados.....	49
4.3.2. Preparação do Material.....	50
4.3.3. Aplicação do Material.....	51
4.4. Coleta e Análise dos Dados	52
4.5. Metodologia de análise dos resultados.....	53
4.5.1. Análise dos Mapas.....	54
4.5.1.1. Análise quantitativa.....	54
4.5.1.1a. Levantamento quantitativo de categorias em cada mapa.....	54
4.5.1.1.b. Determinação quantitativa de mapas ramificados e lineares.....	55
4.5.1.2. Análise qualitativa.....	57
4.5.2. Análise dos problemas: qualitativo e quantitativo.....	58
4.6. Correlação entre mapas e problemas.....	59
Capítulo 5: Resultados e Discussão	61
5.1. Estrutura dos mapas: ramificados e lineares	62
5.2. Análise dos mapas em cada problema: mapeamento cognitivo	66
5.3. Análise entre os Mapas Conceituais.....	104
5.3.1. Comparação entre os mapas.....	104
5.4. Análise dos problemas.....	108
5.5. Comparação entre os problemas.....	144
5.6. Comparação entre os resultados dos mapas conceituais e resolução dos problemas.....	146

5.6.1. Comparação entre mapas e problemas.....	147
5.7. Comparação quantitativa entre mapas e resolução: correlação de Pearson.....	157
5.7.1. Relação entre os valores da correlação de Pearson.....	158
Capítulo 6: Conclusão.....	165
Capítulo 7: Referências.....	169
Capítulo 8. Anexos e Apêndices	
Anexo1. Critérios de classificação dos mapas conceituais e modelo de pontuação.....	173
Apêndice: Categorias de análises dos mapas conceituais para aferir conceito.....	174

Resumo

O presente trabalho investigou a elaboração de mapas conceituais e resolução dos respectivos problemas relacionados ao tópico interações intermoleculares por alunos do primeiro ano do ensino médio da escola Colégio Cecília Meireles da rede particular de São Carlos. Para isso foram usados como fundamentação teórica a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, Mapas Conceituais e Resolução de Problemas. Para a realização dessa pesquisa se fez uso da elaboração de Mapas Conceituais utilizando uma lista de conceitos extraídos dos respectivos problemas e que são relevantes para a sua resolução, além da construção do “Mapa de Referência” de acordo com a proposta de Joseph Novak. Os alunos ao fazerem os mapas organizaram hierarquicamente os conteúdos listados, e, de acordo com o princípio da diferenciação progressiva determinou-se as principais deficiências conceituais. A resolução dos problemas constituiu-se em outro instrumento para o mapeamento cognitivo, pois os alunos revelam a forma como estão organizados os conceitos em sua mente por meio da aplicação na resolução do problema. Os resultados obtidos com os mapas conceituais foram usados para traçar a estruturação cognitiva e confrontados às análises das resoluções dos problemas, determinando-se aspectos qualitativos e quantitativos em relação à estruturação conceitual e às semelhanças nos resultados entre os dois instrumentos. Determinou-se a correlação de Pearson entre os resultados dos mapas e da resolução dos problemas, obtendo-se uma fraca correlação entre os dois instrumentos. A razão para isso não é conclusivo no âmbito da presente pesquisa e a discussão pertinente origina trabalhos posteriores. As análises qualitativas mostraram que os dois instrumentos são capazes de determinar a estruturação cognitiva dos conceitos e indicar as suas deficiências.

Palavras-chaves: Mapas Conceituais/ Resolução de Problemas/
Aprendizagem Significativa

Abstract

The present work investigated high school students about the elaboration of conceptual maps and the resolution of their problems related to the topic intermolecular interactions. For that we based upon Ausubel's theory of meaningful learning, Concept Maps and troubleshooting. To carry out this research we use the elaboration of Concept Maps using a list of concepts extracted from their problems and that are relevant to their resolution, and the construction of the "Reference Map" according to the proposal of Joseph Novak. To make the maps the students organized hierarchically the listed contents and in accordance with the principle of progressive differentiation we determined the major conceptual deficiencies. The resolution of the problems constituted another tool for the cognitive mapping, as the students show how the concepts are organized in their minds through the application in solving the problem. The results obtained with the conceptual maps were used to trace the cognitive structuring and compared to analyzes of the resolutions of problems determining qualitative and quantitative aspects in relation to structuring and conceptual similarities in results between the two instruments. It was determined the Pearson's correlation between the results of the maps and the resolution of problems, resulting in a weak correlation between the two instruments. The reason for this is not conclusive in the extent of this research and relevant discussion originates later works. Qualitative analyzes show that the two instruments are able to determine cognitive structuring concepts and indicate their shortcomings.

Key-Words: Concept Maps/ Troubleshooting/ Meaningful Learnin

Capítulo 1: Introdução e Objetivos

1. Introdução

No ensino médio a Química é parte integrante da área de ciências da natureza, matemática e suas tecnologias e tem como objetivo explicar os fenômenos da natureza, as propriedades da matéria e as suas mudanças.

De acordo com os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais), a química participa do desenvolvimento científico-tecnológico com decorrências econômicas, sociais e políticas, além disso, a sociedade e os cidadãos interagem com o conhecimento químico por diferentes meios (as tradições culturais, veículos de comunicação, por exemplo) e que muitas vezes passam uma visão unilateral da realidade, tornando a química como a grande vilã da sociedade ao se enfatizar os danos que certas substâncias causam ao ar, solo e água (PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS, 1999).

A constatação da presença da química na sociedade, das mais diferentes formas e consequências, reforça a proposta do ensino de química ser mais próximo do cotidiano do aluno, levando em consideração a vivência individual e a do coletivo em sua interação com o meio físico. Essa abordagem leva em consideração que o cotidiano e o mundo macroscópico são parte do conhecimento prévio, portanto, deve ser ativado por meio da apresentação hierárquica dos conceitos para a ocorrência da aprendizagem significativa.

O presente trabalho envolve mapas conceituais e resolução de problemas relacionados ao tópico interação intermolecular referente ao ensino médio.

A escolha de tal assunto baseia-se no fato principal de que era um daqueles assuntos programados pela escola a ser ministrado no período do 3º bimestre. Há também o fato de o tópico interação intermolecular ser de grande abrangência, mobilizando outros conceitos, como ligação e as representações químicas, polaridade molecular, solubilidade, ponto de fusão e ebulição.

Além disso, trata-se de um tópico que encontra diversas aplicações no dia-a-dia e é parte integrante do conteúdo solicitado no vestibular.

A fundamentação do trabalho é baseada na teoria de Ausubel, Novak e Hanesian (1980) e Novak e Gowin (1999).

Ausubel (1980) formulou a teoria da aprendizagem significativa baseada na estrutura cognitiva. Em sua teoria os conceitos armazenados na mente são altamente organizados, com alto grau de relação entre os mais antigos e os recentes, resultando na formação de conceitos com diferentes hierarquias:

- a) conceitos mais gerais, que estão no topo da estrutura cognitiva e que interagem com conceitos específicos ou subordinados;
- b) conceitos específicos ou subordinados, que ocupam posição intermediária.

Assim, a aprendizagem significativa é aquela que ocorre com a incorporação dos novos conceitos aquele já existente na estrutura cognitiva do aprendiz, resultando na diferenciação progressiva dos conteúdos, ou seja, o novo material a ser aprendido interage de forma hierarquizada com os conceitos mais gerais presentes na mente, resultando em alteração da sua estrutura.

Para ocorrer a aprendizagem significativa é necessário que o professor identifique aquilo que o aluno já sabe e que está estruturado em sua mente, para organizar as aulas de forma a respeitar a hierarquia conceitual dos conteúdos e facilitar a diferenciação progressiva.

O material a ser utilizado para introduzir os novos conceitos é outro fator importante, pois ele deve ser organizado de forma a potencializar a relação entre os conceitos de forma não arbitrária. Outro fator é o desejo do aluno de aprender significativamente, tendo uma predisposição a relacionar as novas ideias com as já existentes em sua estrutura cognitiva.

Novak e Gowin (1999) desenvolveram o mapa conceitual como técnica para promover a aprendizagem significativa, atuando nas etapas listadas anteriormente. Os mapas conceituais são diagramas que indicam a relação entre conceitos, mostrando a hierarquização do mais geral para o mais específico, reproduzindo ou prevendo como os assuntos devem estar estruturados de tal forma a dar significado aos conceitos.

Outra forma de verificar a aprendizagem é a resolução de problemas que exige, entre outros aspectos, a disponibilidade na estrutura cognitiva de conceitos e princípios relevantes.

No âmbito da presente pesquisa a resolução de problemas é do tipo lápis e papel, ou seja, teórico. Cada um dos problemas é precedido de um mapa conceitual de referência com o objetivo de verificar características da aprendizagem significativa em cada caso (mapas conceituais e resolução de problemas). Esses problemas foram selecionados de vestibulares e são referentes ao tópico interações intermoleculares.

As análises dos mapas ocorreram de acordo com a metodologia proposta por Novak e Canas (1999), quantitativamente a pontuação foi determinada por meio das análises da hierarquização, número de palavras de ligação e proposições formadas, e ocorrência das ligações cruzadas. Essas categorias também foram utilizadas para a análise qualitativa: procurou-se determinar as relações conceituais apresentadas pelos alunos nos mapas, estabelecendo como esses conceitos estão estruturados cognitivamente.

As resoluções dos problemas foram analisadas procurando determinar os acertos nas respostas e as dificuldades principais apresentadas pelos alunos, tanto quantitativa como qualitativamente e assim, verificar a existência de relação de proximidade com os dados coletados dos mapas. A correlação entre mapa e resolução dos problemas foi determinada quantitativamente por meio da correlação de Pearson, e junto com as demais análises foi a base para a conclusão deste trabalho.

1.2. Questão de Pesquisa

Como ocorre entre alunos do ensino médio a elaboração de mapas conceituais e a respectiva resolução de problemas referentes às interações moleculares?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

O objetivo geral da presente pesquisa é proceder uma análise entre alunos do ensino médio sobre a elaboração de mapas conceituais e a resolução dos respectivos problemas relacionados ao tópico interações intermoleculares.

1.3.2. Objetivos específicos

A mencionada análise possibilita enunciar os seguintes objetivos específicos:

- analisar qualitativa e quantitativamente a elaboração dos mapas conceituais bem como a resolução dos problemas;
- identificar as dificuldades apresentadas pelos alunos e que são referentes ao conteúdo conceitual envolvido;
- determinar como os alunos elaboram a hierarquização entre os conceitos relacionados;
- comparar por meio de uma descrição qualitativa e quantitativa a elaboração dos mapas conceituais e respectivos problemas.

Capítulo 2: Referencial teórico

2.1. Definição e Características da Aprendizagem Significativa

David Paul Ausubel é um psicólogo que se preocupou em formular uma teoria de aprendizagem aplicável a sala de aula, onde considera decisivo o processo de ensino, portanto, afastando-se das teorias baseadas em estudos de casos mais simples e de situações artificiais de aprendizagem (ARAGÃO, 1976).

A teoria de Ausubel tem outra destacada característica que é a relação com a cognição como forma de explicar a aprendizagem e a estruturação do conhecimento. Ausubel considera que o conhecimento deve ser estruturado de forma hierarquizada: conceitos mais gerais ficam dispostos no topo da pirâmide e os conceitos mais específicos na base da pirâmide (ARAGÃO, 1976).

Para Ausubel (1980) conceito é uma ideia que se relaciona e interage com conceitos prévios na estrutura cognitiva. Esse conceito já existente na estrutura cognitiva é denominado de conceito subsunçor ou simplesmente subsunçor (do inglês *subsumer*) e serve como ancoradouro para as novas ideias (MOREIRA, 2006).

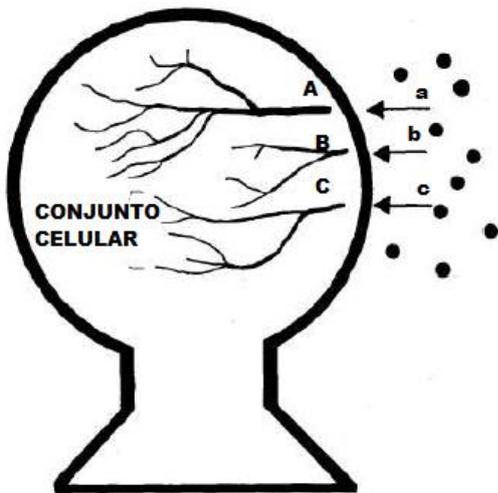
A aprendizagem significativa é aquela que ocorre quando a nova informação a ser aprendida interage com o subsunçor sendo armazenada de maneira não arbitrária e substantiva, modificando a estrutura cognitiva. A nova

estrutura cognitiva apresentará novos conceitos que servirão de ancoradouro a outras ideias e os conceitos preexistentes podem ter maior estabilidade ao sofrerem reelaboração por meio da interação do novo material com o subsunçor ou conhecimento prévio (MOREIRA, 2003).

Como exemplo da alteração estrutural cognitiva, consideramos os subsunçores A, B e C e a nova informação a, b e c que irá interagir com os subsunçores (Figura 2.1). O resultado é a alteração do subsunçor com a ocorrência da aprendizagem significativa.

FIGURA 2.1 - Na aprendizagem significativa as novas informações a, b e c são ligadas aos subsunçores A, B e C.

Fonte: adaptada de Novak, 1981.



Ausubel (1980) distingue três tipos de aprendizagem significativa e que estão relacionadas pela forma que as informações e conceitos são formados pelo aprendiz. Os primeiros conceitos aprendidos são aqueles formados nos primeiros anos de vida, por meio das observações das regularidades que ocorrem na infância, começando a aprender o significado de símbolos ou o que eles

representam, é a aprendizagem representacional que condiciona todos os outros aprendizados significativos.

Outro tipo de aprendizagem significativa é a aprendizagem de conceitos, que são ideias categóricas que também são representados por símbolos particulares. Esse é um tipo mais complexo de aprendizagem representacional, pois o indivíduo deve reconhecer que a proposição formada pelas palavras tem o mesmo significado do conceito, sendo incorporado pela estrutura cognitiva e resultando num significado mais amplo, porém, pertencente ao mesmo conceito. Finalmente, a aprendizagem proposicional é a aprendizagem onde as palavras combinam-se formando sentenças, constituindo proposições que representam conceitos, porém, diferente da aprendizagem conceitual, neste caso, a decorrente assimilação pela estrutura cognitiva resulta em outra estrutura cognitiva (AUSUBEL, 1980).

2.1.2. Diferença entre aprendizagem mecânica e significativa

A aprendizagem significativa ocorre quando o novo conceito interage com os subsunçores existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, alterando ou formando outro conceito em relação aquele inicial.

O princípio norteador da aprendizagem significativa é o conhecimento prévio do indivíduo, Ausubel (1968, p. 6) afirma: “mais importante fator isolado que influencia a aprendizagem é o que o aprendiz já sabe. Determine isso e ensine-o de acordo”.

Na aprendizagem significativa é necessária que a nova informação se assente nos subsunçores que são formados desde os primeiros anos de vida por meio da aprendizagem representacional.

Na aprendizagem mecânica a nova informação é aprendida sem relação com aquilo que o aprendiz já sabe, resultando em pouco ou nenhuma ocorrência de conexões, porém, Ausubel (1980) não considera a aprendizagem mecânica uma oposição a aprendizagem significativa, mas um *continuum*, pois existem conceitos que são inteiramente novos para a estrutura cognitiva do aprendiz e ausentes de subsunçores (ARAGÃO, 1976; AUSUBEL, 1980; MOREIRA, 2006). Nesse caso, a aprendizagem mecânica é necessária para a formação de subsunçor que poderá ser usado posteriormente na assimilação de outras informações de forma significativa.

É possível fazer relação entre o tipo de aprendizagem e a memória ou a retenção. A aprendizagem mecânica possivelmente forma a memória de curto prazo, onde a pouca ou nenhuma interação com a estrutura cognitiva resulta em retenção da nova informação por pouco tempo (geralmente minutos). A aprendizagem significativa corresponderá a memória de longo prazo onde as informações são retidas por meio das interações com os subsunçores e, portanto, fazendo parte da rede de conceitos formados (TAKEUCHI, 2009).

2.1.3. Ensino por descoberta e receptiva

Novak (2000; 2010) e Ausubel (1980), discutem que muitas vezes essas metodologias de ensino são confundidas com as teorias de aprendizagem mecânica e significativa. A aprendizagem tem relação com a forma como são aprendidos ou fixados os conceitos, enquanto o ensino está relacionado com a

maneira como será discutido e apresentado determinado corpo de assunto com o objetivo de promover a aprendizagem.

As modalidades de ensino por descoberta e receptivo têm tido grande ênfase na discussão atual, contrapondo o método tradicional, o qual sugere uma prática com o aluno passivo, com situações que possibilitam uma prática onde a construção de conhecimento ocorre com a participação do aprendiz, assim, destacam-se os ensinos receptivo e por descoberta, os quais são habitualmente confundidos com as formas de aprendizagem mecânica e significativa.

FIGURA 2.2 - O aprendizado pode variar de altamente mecânico a altamente significativo. A criatividade resulta de níveis muito altos de aprendizado significativo.

Fonte: adaptada de Novak, 2010.



A instrução receptiva é aquela onde o aprendiz recebe um conjunto de informações de um corpo de conhecimento pronto e acabado. No ensino por

descoberta o aluno realiza atividades que lhe permite coletar dados e elaborar um determinado conceito, ou seja, o conhecimento é descoberto pelo aluno.

O método por descoberta pode ser mais motivador para o aluno em determinadas situações, além de mobilizar mais habilidades, porém, o tempo envolvido por essa modalidade de ensino é muito grande e pode inviabilizar a sua aplicabilidade para corpos inteiros de uma área de conhecimento. Um grande exemplo do trabalho do ensino por descoberta são as aulas de laboratório: em geral organizadas para reproduzir situações de um cientista, proporcionando a redescoberta. No entanto, o ensino convencional de laboratório, baseado em instruções prévias, exige do aprendiz uma mera execução mecânica de etapas (MOREIRA, 2006).

Independente da forma de instrução, tanto a aprendizagem mecânica como a significativa podem ocorrer, e tudo dependerá da forma como as novas informações interajam com os subsunçores, ou seja, como o material instrucional ou os conceitos expostos são potencialmente ativadores dos subsunçores (Figura 2.2).

2.1.4. Condições para ocorrência da aprendizagem significativa e a Assimilação

As condições para a ocorrência da aprendizagem significativa são aquelas que facilitam a interação da nova informação com os subsunçores. O material a ser aprendido deve ser suficientemente claro para que o novo conteúdo possa ser relacionável com o conhecimento anterior. Além disso, o aprendiz deve possuir conhecimento que possa ser relacionável com o novo

material afim de que ocorra interação, e deve ter interesse em aprender de forma significativa, ou seja, o aluno deve esforçar-se para relacionar o novo material com aquilo que já sabe e não torná-lo uma simples relação de fatos a ser memorizada (MOREIRA, 2006; POZO, 2009; NOVAK, 2010).

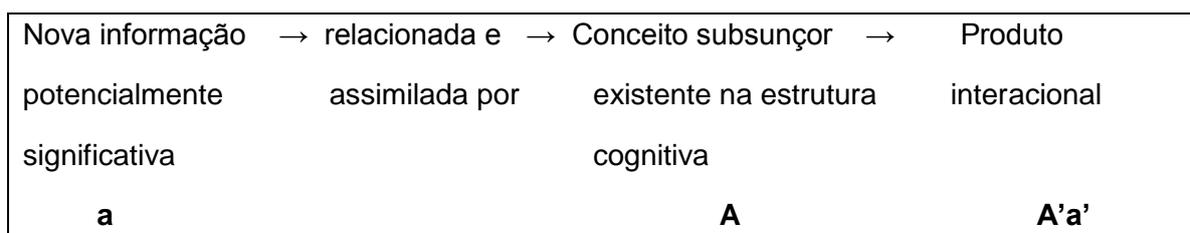
Essas condições reforçam a relação existente entre aprendizagem mecânica e significativa, pois o conhecimento prévio entre alunos de uma mesma série/idade são variados, e assim, o material ou a forma de ensino pode potencializar a aprendizagem significativa para um e a mecânica para o outro (NOVAK, 2010).

Considerando a relação entre memória e aprendizagem mecânica e significativa, a primeira caracteriza-se por pouca ou nenhuma retenção por não ter qualquer vínculo com a estrutura cognitiva do aprendiz, enquanto a segunda possibilita apreensão e compreensão, pois mantém forte relação com tal estrutura.

Ausubel introduz a teoria da assimilação, onde o resultado da interação entre o novo material a ser aprendido e a estrutura cognitiva existente é uma assimilação de antigos e novos significados que resulta na modificação dessa estrutura, dando origem a uma estrutura mais altamente estruturada, conforme representado na Figura 2.3 (MOREIRA, 2006).

FIGURA 2.3 - Representação da assimilação dos conceitos na estrutura cognitiva.

Fonte: Moreira, 2006



Na assimilação, a nova informação **a** e o subsunçor **A** interagem e transformam-se em **a'** e **A'** que permanecem relacionados como coparticipantes

de uma nova unidade ou complexo ideacional $A'a'$. Essa associação é o resultado da aprendizagem significativa que pode sofrer alteração, pois a assimilação é algo que continua ao longo do tempo, com ocorrência de novas aprendizagens e perda de capacidade de reprodução de ideias subordinadas (MOREIRA, 2006; 1999).

A assimilação pode ocorrer por meio das formas: aprendizagem subordinada, aprendizagem superordenada; aprendizagem combinatória.

A aprendizagem subordinada é a forma com que a nova informação adquire significado, interagindo com subsunçores numa relação hierárquica de subordinação em relação à estrutura cognitiva preexistente, ou seja, as novas ideias se subordinam as ideias mais gerais representadas pelos subsunçor.

A aprendizagem subordinada pode ser de dois tipos: derivativa e correlativa. A aprendizagem subordinada derivativa ocorre quando a nova informação é entendida como um exemplo específico ou é uma ilustração de um conceito previamente aprendido e estabelecido na estrutura cognitiva, conforme apresentado nas figuras a seguir (AUSUBEL, 1980):

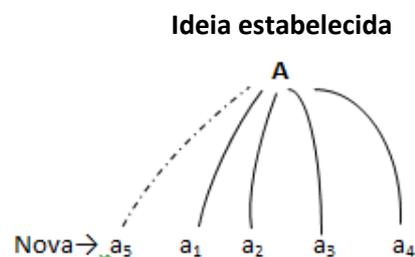
FIGURA 2.4 - Representação da aprendizagem subordinada derivativa

Fonte: Ausubel, 1980

Aprendizagem Subordinativa:

A. Subordinação

Derivativa



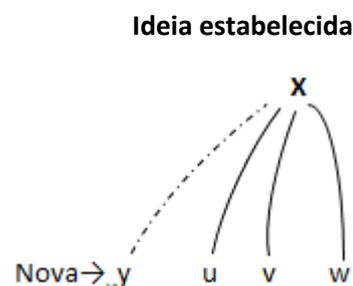
Analisando a Figura 2.4, podemos verificar que a nova ideia a_5 é um exemplo do conceito mais geral A , que está relacionado sem sofrer alteração.

A aprendizagem subordinada correlativa é o processo mais usual para aprendizagem dos conteúdos. Nessa situação, a nova informação é aprendida

FIGURA 2.5 - Representação da aprendizagem subordinação correlativa.

Fonte: Ausubel, 1980

B. Subordinação correlativa



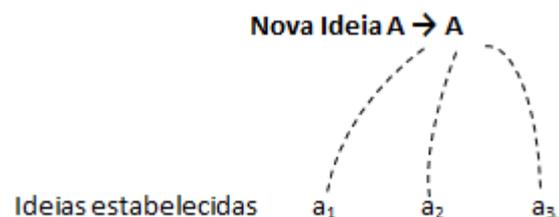
como modificação, elaboração, extensão ou qualificação de conceitos previamente aprendidos, representado na Figura 2.5.

A Figura 2.5 indica que a nova informação y está ligada à ideia X sem ocorrer modificação. Com a ocorrência do processo correlativo o conceito representado por y pode ampliar ou modificar o subsunçor X .

FIGURA 2.6 - Representação da aprendizagem superordenada

Fonte: Ausubel, 1980

Aprendizagem Superordenada



Na aprendizagem superordenada o novo conceito A é ampla demais para ser assimilada por qualquer *subsunçor* existente, sendo mais abrangente que estes e então passa a assimilá-los. Analisando a Figura 2.6, as

ideias: a_1, a_2, a_3 são aquelas já estabelecidas na estrutura cognitiva e são entendidas como exemplos mais específicos da nova ideia **A** e passam a associar-se a **A**. A ideia superordenada **A** é definida por um novo conjunto de ideias que incluem as subordinativas.

FIGURA 2.7 - Representação da aprendizagem combinatória

Fonte: Ausubel, 1980

Aprendizagem Combinatória

Nova Ideia $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$

A aprendizagem combinatória ocorre quando ideias são aprendidas sem apresentar relação subordinada ou superordenada. Essas novas informações não são assimiladas por ideias específicas já existentes na estrutura cognitiva, mas são potencialmente significativas, pois podem ser relacionadas de maneira não arbitrária a conteúdos amplos previamente aprendidos e relevantes de uma maneira geral, conforme representado na Figura 2.7. Como essas ideias estão disponíveis apenas para relação geral com a estrutura cognitiva, a aprendizagem e retenção é mais difícil de ocorrer em relação à aprendizagem subordinada e superordenada.

2.1.4.1. Diferenciação progressiva e reconciliação integrativa

Para ocorrer a diferenciação progressiva, os assuntos devem ser planejados de forma que a ideia mais geral e inclusiva deva ser apresentada antes e diferenciada progressivamente, isto é, os detalhes específicos de um conceito são apresentados de forma que ocorra a ancoragem e a interação com o subsunçor, provocando a sua modificação, tornando-nos mais precisos e simultaneamente mais exclusivos e mais inclusivos (AUSUBEL, 1980).

Quando dois ou mais conceitos parecem relacionáveis de um "novo" modo, ocorre uma "reconciliação integrativa" dos conceitos, surgindo um princípio unificador mais inclusivo que cria um nível superior de ordenação conceitual. Na reconciliação integrativa, a programação do material instrucional deve ser feita para explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas além de reconciliar inconsistências reais ou aparentes (MOREIRA, 2006).

2.1.5. Organizadores prévios

A aprendizagem significativa ocorre quando há interação da nova ideia com conceitos, ideias ou proposições que servem de ancoradouro: os subsunçores. No entanto, existem materiais a serem aprendidos em que esses ancoradouros não existem e a aprendizagem significativa pode não ocorrer.

Ausubel considera possível intervir na estrutura cognitiva de tal modo a estabelecer uma ideia ou ancoradouro provisório que sirva para o desenvolvimento da nova aprendizagem (MOREIRA, 2006).

Os organizadores prévios são materiais prévios e introdutórios que se destacam por serem mais gerais, com maior nível de abstração e inclusividade que o material a ser aprendido, preenchendo a estrutura cognitiva entre o que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer (AUSUBEL, 1980).

2.2. Resolução de Problemas

O conhecimento envolvido nas disciplinas escolares é constituído basicamente por conceitos, proposição e procedimentos e, resoluções de

problemas sejam teóricos ou experimentais, que implica em estabelecer os relacionamentos correspondentes, torna-se, assim de maior importância ensinar os alunos a aquisição desse conhecimento.

Diversas variáveis podem afetar o desempenho durante a resolução: motivação, persistência, atenção, cognição etc. No presente trabalho somente a última é focalizada.

As dificuldades na resolução de problemas possuem uma relação direta com a estrutura cognitiva e estão vinculados com pelo menos um dos seguintes aspectos (KEMPA, 1991; KEMPA; NICHOLLS, 1983):

- ausência de informações e relações essenciais na estrutura cognitiva;
- nessa estrutura, presença de informação e/ou relações incorretas;
- presença de informações irrelevantes.

Tanto a teoria de Ausubel como a teoria do processamento de informações fornecem relevantes subsídios para a resolução de problemas.

O processamento de informações é a parte da psicologia cognitiva que se propõe a estudar como as pessoas empenham-se em vários processos cognitivos, tais como o armazenamento, combinação, recuperação e ação sobre a informação (STERNBERG, 2000). Esses processos envolvem a codificação e a busca na memória para reunir e interpretar informações (GARDNER et al., 2003).

A informação é processada pela memória por meio de três operações básicas: codificação, armazenamento e recuperação.

A maneira pela qual a informação entra na memória, como é mantida e depois recuperada para uso no processamento, refere-se às três operações, respectivamente mencionadas. Estas últimas, embora sejam sequências, são, interdependentes: se não compreendemos uma informação não

podemos codificá-la e, conseqüentemente, armazená-la e recuperá-la para o uso posterior (resolução de problemas ou qualquer outra tarefa).

De acordo com tempo decorrido entre a aquisição de informações e a sua evocação, a memória seria constituída por dois tipos principais:

- curto prazo (também chamada de memória de trabalho) por sua característica limitada e temporária;
- longo prazo (ou permanente) por ser considerada praticamente ilimitada em capacidade e duração.

Quando uma atividade de aprendizagem envolver muitas informações novas, simultaneamente, pode-se ultrapassar o limite da memória de curto prazo, tornando a realização da atividade mais lenta e difícil. A informação pode ser codificada em uma forma que possa ser armazenada na memória de longo prazo e estar disponível para recuperação e uso posterior.

A principal forma de codificação ocorre pelo meio semântico (atribuição de algum significado). A busca do aspecto semântico é espontânea no pensamento, visando organizar as informações em uma estrutura com partes relacionadas.

2.2.1. Conhecimento estruturado em um determinado domínio

Inicialmente a teoria do processamento de informações aceitava a existência de processos gerais de pensamento, independente do conteúdo específico por meio de um solucionador geral de problemas (POZO, 2005). Posteriormente, voltou-se para os conhecimentos específicos em diferentes domínios, de modo a determinar as diferenças entre iniciantes e especialistas

durante a resolução de problemas. Comparando-se os dois grupos é possível determinar como cada um deles processa as informações. Essa comparação foi realizada em várias áreas de conhecimento: jogo de xadrez, ciências sociais, física (aerodinâmica, mecânica e eletrônica), música, história, matemática, interpretação teatral, radiologia, programação de computadores, medicina e formação de professores (STERNBERG, 2000; POZO, 2005).

Em todos os casos encontram-se sempre os mesmos resultados: o melhor desempenho dos especialistas é consequência de um estoque estruturado de informação e não de uma capacidade de análise intrinsecamente maior. Os especialistas fora de sua área pode ter as mesmas limitações de processamento de qualquer leigo (POZO, 2005).

O conhecimento se organiza em estruturas cujo grau de complexidade e inter-relacionamento determina o desempenho dos processos cognitivos. Quanto maior o grau, maior a base de conhecimento em uma dada área e desse modo, a capacidade de pensar complexamente está quase sempre ligada a uma rica base de conhecimento (POZO, 2005).

Ao trabalhar num domínio durante um período de tempo significativo, a base de conhecimento aumenta e se organiza melhor e “quanto mais organizado o conhecimento da pessoa mais eficiente serão seus processos cognitivos” (GARDNER et al., 2003, p. 245).

2.3. Mapas Conceituais

Os mapas conceituais idealizados por Novak implementam na prática a teoria da aprendizagem significativa e seus princípios: aprendizagem de aspectos específicos e diferenciados a partir de um todo previamente

conhecido e mais inclusivo; os conceitos estão estruturados no cérebro de forma hierárquica, sendo o mais geral ocupando o topo e as informações menos inclusivas ao subsunçor e os mais diferenciados ocupam progressivamente posições inferiores (MOREIRA, 2006).

Tentando reproduzir a forma como ocorre assimilação das informações, os mapas conceituais são diagramas que relacionam hierarquicamente a organização conceitual de um corpo de conhecimento ou parte dele de forma bidimensional: a hierarquia conceitual aparece tanto na estrutura vertical como na horizontal (MOREIRA, 2006).

As relações conceituais são construídas por meio de proposições, onde dois ou mais conceitos aprendidos de forma significativa são unidos por uma ou mais palavras de ligação, assim, a diferenciação progressiva (um conceito deriva em outros conceitos) pode ser revelada uma vez que os conceitos menos inclusivos apareçam interligados (NOVAK, 1999).

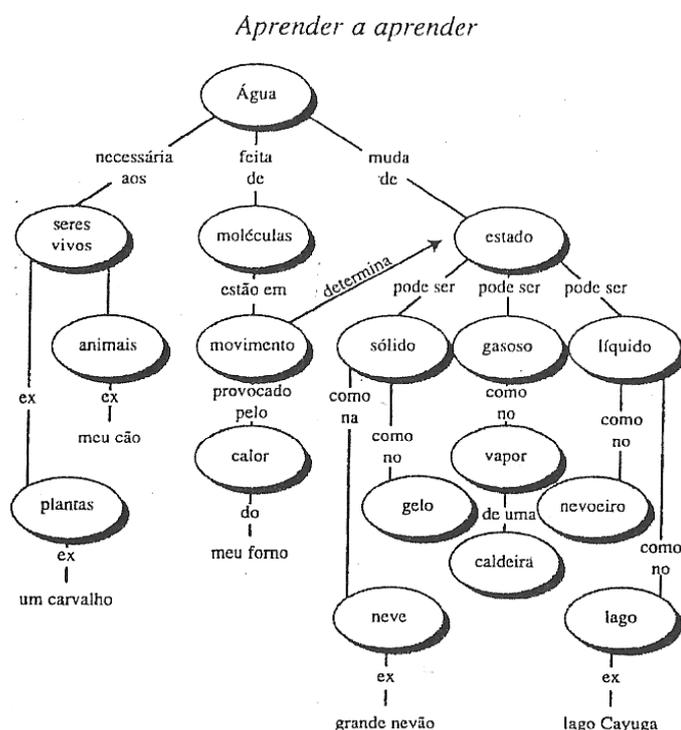
Outro elemento que pode constar nos mapas é a reconciliação integrativa: um conceito relaciona-se com outro(s) conceito(s) onde aparentemente não existia na relação.

Como consequência dessa organização, o ideal é que se construam mapas para o entendimento da estrutura conceitual de uma questão focal ou específica, que pode ser a descrição dos conceitos de toda uma disciplina ou um tópico específico da disciplina, por exemplo.

O mapa conceitual pode ser um poderoso instrumento para o professor indicar as ideias chaves dentro de um corpo de conhecimento que deve ser trabalhado com prioridade para a ocorrência da aprendizagem significativa.

FIGURA 2.8 – Mapa Conceitual da Água de Novak e Gowin

Fonte: Novak (1999, p.32)



A Figura 2.8 (NOVAK, 1999) é um exemplo de elaboração de um mapa conceitual onde o foco é a água, assunto mais inclusivo e que se une por meio de palavras de ligações a vários outros conceitos menos inclusivos da diferenciação progressiva. O conceito **água** se interliga ao conceito **seres vivos** através da palavra de ligação **necessária aos**, é um exemplo da diferenciação integrativa.

Analisando a figura podemos observar a relação entre conceitos pertencentes aos ramos diferentes, como por exemplo, **movimento** do ramo **molécula** se interliga ao conceito **estado**, essa situação chamada de ligação cruzada nos auxilia a verificar como um conceito está relacionado a outro domínio conceitual, é a identificação da reconciliação integrativa (NOVAK, 2010).

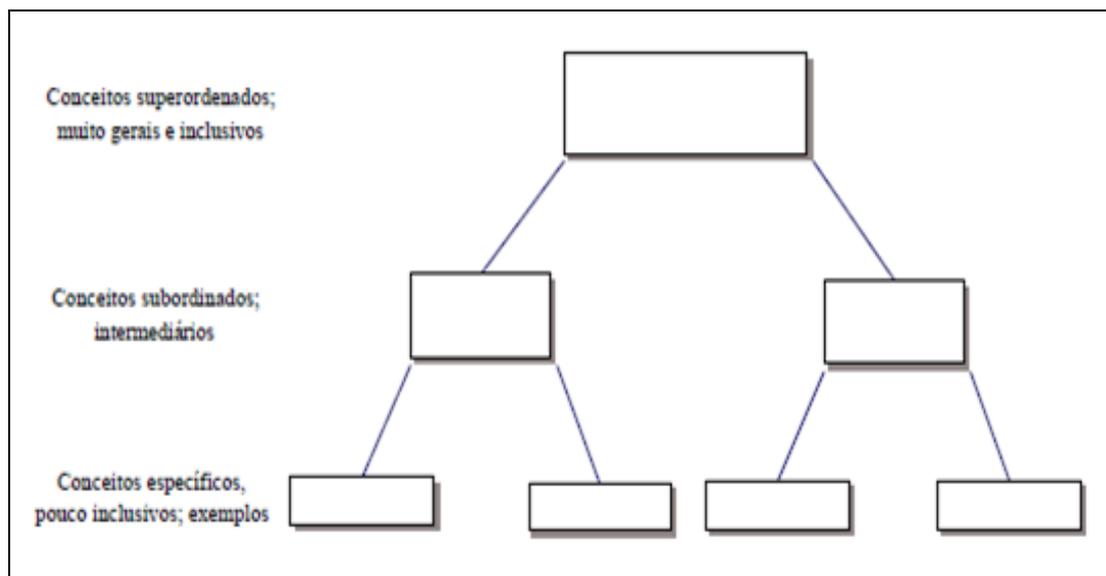
É importante observar que o mapa conceitual traçado por diferentes especialistas apresentará variações, refletindo as diferentes maneiras como os

conceitos são organizados na mente e isso ilustra outra importante característica dos mapas: não há mapas um único mapa para um mesmo corpo de conhecimento, pois ele é apenas uma das possíveis representações da estrutura conceitual (MOREIRA, 2006).

2.3.1. Construção dos mapas conceituais

FIGURA 2.9 - Um modelo para mapeamento conceitual segundo a teoria de Ausubel.

Fonte: Moreira (2006)



Considerando que os princípios usados no mapa são aqueles da aprendizagem significativa e que este tem como ponto de partida o conhecimento prévio para que as novas informações possam ser interligadas, a inicialização da construção do mapa conceitual deve ocorrer com assuntos familiares ao aprendiz que pode ser desde a descrição de um trecho do texto, uma aula experimental ou de assunto que está tentando ser aprendido, definido o tema focal listam-se os conceitos-chaves que se interligam ao tema e em seguida devem ser ordenados de forma a determinar aquelas ideias mais gerais ou inclusas para as mais específicas (NOVAK, 2010).

Esses conteúdos podem ser ordenados na vertical e na horizontal dentro de caixas ou círculos fechados, como o modelo apresentado na Figura 2.9 (MOREIRA, 2006):

Os conceitos que possuem a mesma hierarquia ou inclusividade aparecem na mesma posição vertical é o que ocorre na linha dois e três da Figura 2.9 Esses conceitos pertencentes a mesma linha dão a dimensão horizontal da tabela. Além disso, esses conceitos devem ser interligados por palavras ou frases que são inseridas nas linhas que unem as caixas ou círculos, resultando numa proposição que dá sentido a ideia (MOREIRA, 2006).

2.3.2. Mapas Ramificados e Lineares

Os mapas podem ter um conceito ligado a vários outros conceitos de menor hierarquia ou subordinados e também podem ocorrer mais de um conceito subordinado na mesma linha ou nível, como na Figura 2.8, chamamos esses mapas de ramificados. Um maior número de ramificações significa que o aprendiz possui grande estruturação cognitiva, o que possibilita fazer mais diferenciações progressivas com conceitos de mesmo nível hierárquico.

Para pontuar os mapas, Cañas (2006) considera como um dos critérios o grau de ramificação, o qual é determinado pelo número de pontos de ramificação, isto é, a partir de um nó, conceito ou termo de ligação, sai duas ou mais linhas de conexão (o número exato não importa). Esse critério se refere ao número de nós que apresenta mais de uma ramificação, e não ao número de ramificações que emerge de um nó.

Os mapas mais simples não apresentam ramificação, portanto, os conceitos se interligam com a ocorrência da diferenciação progressiva em forma

de coluna, ou seja, temos apenas a dimensão vertical. Esse mapa é chamado de linear.

2.3.3. Uso dos mapas conceituais

Os mapas conceituais são poderosas ferramentas para mostrar as relações hierárquicas entre os conceitos que estão sendo ensinados pelo professor ou especialista e que estão sendo aprendidos pelos alunos, ou seja, os mapas podem ser utilizados como instrumentos de ensino e/ou aprendizagem, mas também como recurso de planejamento curricular.

2.3.4. Mapas conceituais como instrumentos de Ensino e/ou Aprendizagem

Eles podem ser usados pelo professor para apresentar previamente quais são os conteúdos e quais as relações existentes entre esses conteúdos, porém, essa noção geral preferencialmente deve ser usada quando os alunos possuem alguma familiaridade com o assunto. Isso ocorre porque as linhas que ligam os conceitos só terão significado para o aluno que possui conhecimento prévio do assunto explicitado pelo professor por meio do mapa (MOREIRA, 2006).

Os mapas conceituais auxiliam professores e alunos, no entendimento do “pequeno número de ideias chave em que eles devem focar para uma tarefa de aprendizagem específica” (NOVAK, 1999, p.31).

Durante o processo de instrução o aluno pode ser chamado a apresentar o mapa inicialmente para explicitar uma pequena parte do conteúdo em determinado assunto e ir ampliando na medida em que os conteúdos vão ficando mais complexos, assim é possível acompanhar a ocorrência da desejada diferenciação progressiva e/ou reconciliação integrativa. Para isso é preciso que “sua utilização do ponto de vista instrucional não deve ser unidirecional, exclusivamente de cima para baixo, como sugere o modelo” (MOREIRA, 2006, p.16).

No ensino, o uso de mapas conceituais feitos pelo professor apresenta vantagens e desvantagens. Entre as possíveis vantagens, pode-se mencionar (MOREIRA, 1979; MOREIRA; BUCHWEITZ, 1993):

1. Enfatizar a estrutura conceitual de uma disciplina e o papel dos sistemas conceituais em seu desenvolvimento, isso permite que o mapa tenha significado ao aluno e evita que este possa encará-lo como algo mais a ser memorizado;
2. Mostrar que os conceitos de certa disciplina diferem quanto ao grau de inclusividade e generalidade e apresentar esses conceitos em uma ordem hierárquica de inclusividade que facilite sua aprendizagem e retenção, impedindo que os mapas sejam muito complexos ou confusos, dificultando a aprendizagem e retenção, ao invés de facilitá-las;
3. Proporcionar uma visão integrada do assunto e uma espécie de "listagem conceitual" daquilo que foi abordado nos materiais instrucionais, mas tendo cuidado para que a habilidade dos alunos em construir suas próprias hierarquias conceituais não seja inibida em função de receberem prontas as estruturas propostas pelo professor.

Dentre as possíveis desvantagens, temos:

1. Se para o aluno o mapa não tem significado, ele pode encará-lo como uma atividade mecânica ou algo a mais a se memorizado;

2. Mapas complexos ou confusos dificultam a aprendizagem e retenção;
3. A habilidade dos alunos em construir suas próprias hierarquias conceituais pode ficar inibida em função de já receberem prontas as estruturas propostas pelo professor

No trabalho em sala de aula, os mapas conceituais também podem ser utilizados como instrumento de avaliação, não como forma classificatória dando nota aos alunos, mas como avaliação formativa, obtendo informações da estruturação dos conceitos do aluno para um dado conjunto de conceitos, assim, é possível o professor encaminhar o aluno para processos cognitivos adequados (MOREIRA, 2006; TAVARES, 2007).

2.3.5. O uso dos mapas conceituais como recurso de planejamento curricular

Os mapas conceituais podem ser usados para organizar os conteúdos de uma aula, possibilitando ao professor organizar hierarquicamente os conteúdos, ou seja, localizando o conteúdo superordenado e aqueles mais específicos, com isso é possível saber quais conhecimentos prévios o aprendiz necessita para ocorrer a aprendizagem significativa. O planejamento dos conceitos via mapas conceituais também podem ocorrer para a estruturação curricular de uma disciplina ou de todo um curso (MOREIRA, 2006).

Capítulo 3: Revisão Bibliográfica

Há vários trabalhos na literatura que indicam o uso do mapa conceitual como forma de aprendizagem, mas também no uso da avaliação diagnóstica da aprendizagem. O recurso da análise da resolução de problemas é outro instrumento utilizado com variados resultados.

Outro tema importante e investigado nessa revisão é a dificuldade envolvendo o processo ensino-aprendizagem do conceito interações intermoleculares. Há trabalhos que apresentam como fator responsável ao desempenho do aluno a linguagem usada pelos livros didáticos, tanto no ensino médio como no universitário. No presente capítulo descreveremos os trabalhos relacionados com esses temas e que se vinculam ao objeto desta pesquisa dividida em três tópicos:

- mapas conceituais;
- resolução de problemas;
- interações intermoleculares.

3.1. Mapas Conceituais

O levantamento da revisão bibliográfica deparou-se com uma grande quantidade de publicações que podem ser agrupadas nas seguintes categorias gerais, não mutuamente exclusivas:

- Mapas conceituais como instrumento de avaliação:

Castiñeiras et al. (1996); Shavelson; Lang; Lewin (1994); Liu; Hinchey (1996); Wilson (1996); Talsma (1997); Mcclure; Sonak; Suem (1999); Stoddart et al. (2000).

- Elaboração de mapas conceituais:

Moreira; Rosa (1996); Oliveira; Hosoume (1997); Sizmur; Osborne (1997); Slotte; Lonka (1999); Osmundson et al. (1999); Ruiz-Primo; Shultz; Li; Chavelson (1998); Ruiz-Primo; Shultz; Li; Chavelson (1999).

- Mapas conceituais como recurso instrucional:

Moreira (1980).

Muitos desses trabalhos são apenas tangenciais à presente pesquisa e, por isso, omite-se aqui a descrição correspondente. Outros serão a seguir descritos por terem alguns aspectos de maior proximidade.

Moreira (1980) propõe mapas como recurso instrucional para promover os princípios ausubelianos da “diferenciação progressiva” e “reconciliação integrativa”. O principal resultado foi a formação de um modelo de mapeamento conceitual, tomando por base o princípio da diferenciação progressiva. Além disso, os efeitos dos mapas conceituais na aprendizagem dos alunos carecem de maiores pesquisas.

Gangoso (1997) estuda a viabilidade de incorporação de mapas conceituais como estratégia para melhorar a estrutura cognitiva dos alunos e conseqüentemente o desempenho na resolução de problemas. Entre os resultados verificou-se que o mapa conceitual como estratégia isolada não produz mudanças no desempenho dos alunos na resolução de problemas. O mapa conceitual orienta o professor na elaboração de materiais instrucionais conceitualmente mais claros. Os alunos se familiarizam rapidamente com a técnica de construção de mapas conceituais.

Wilson (1996) examina as relações entre as estruturas conceituais dos estudantes presentes num mapa conceitual sobre equilíbrio químico e os resultados obtidos por outras formas de avaliação. Os principais resultados obtidos:

- as propriedades estruturais da organização do conhecimento na memória podem influenciar o acesso ao conhecimento em atividades cognitivas;
- os mapas conceituais podem revelar informações qualitativas sobre a estrutura e organização do conhecimento do indivíduo;
- os diferentes níveis de aprendizagem dos estudantes (num curso secundário de química) não são independentes das diferenças encontradas na estrutura dos seus mapas conceituais sobre o equilíbrio químico.

Talsma (1997) faz uma revisão da literatura sobre formas alternativas de avaliação da “compreensão” dos estudantes em ciências. Os resultados obtidos indicam que os Mapas Conceituais são apresentados como uma forma alternativa de avaliação, uma vez que são capazes de fornecer informações melhores sobre o conhecimento dos estudantes do que as que são fornecidas com testes convencionais.

Ruiz-Primo et al. (1998) comparam duas técnicas de construção de mapas conceituais: uma mais dirigida (do tipo complete as lacunas) e outra menos dirigida (construir um mapa a partir de alguns conceitos fornecidos, por exemplo). Examinaram (a) se a pontuação dos mapas do tipo “complete as lacunas” era sensível às alterações dos conceitos fornecidos ou das linhas de ligação entre os conceitos; (b) se as duas formas de preencher as lacunas (conceitos ou palavras de ligação) eram equivalentes; (c) se as duas técnicas de construção de mapas fornecem informações equivalentes sobre a estrutura de conhecimento dos estudantes. Os resultados indicam que:

- as duas técnicas de construção de mapas fornecem resultados diferentes sobre a estrutura de conhecimento dos estudantes;

- atividades menos dirigidas, como construir um mapa a partir de alguns conceitos fornecidos, refletem melhor as diferenças entre as estruturas desconhecimento dos estudantes;
- a relação entre a pontuação de um teste de múltipla escolha e a pontuação de ambas as técnicas de construção de mapas confirmou que elas não são equivalentes;
- a proporção entre as proposições corretas no mapa do estudante com o número total de proposições possíveis num mapa de referência (elaborado por um professor) é o indicador mais eficiente para pontuar os mapas menos dirigidos.

Klein et al. (2002) examina a validade dos mapas conceituais como instrumento de avaliação. Os autores propõem um modelo para elaboração de tarefas com mapas conceituais, descrevem um método de pontuação para avaliar o desempenho dos estudantes, incluindo a discussão da fidedignidade e a relação com outros métodos de pontuação, e apresentam resultados da análise estatística de método descrito. Os principais resultados são:

- os autores encontram uma grande correlação entre os três métodos de pontuação investigados, sendo que o método de pontuação proposto inicialmente por eles apresenta a simplicidade de aplicação como vantagem;
- mapas conceituais são sensíveis às diferenças de níveis de competência dos estudantes;
- mapas conceituais apresentam uma maior correlação com testes dissertativos do que com testes de múltipla escolha;
- avaliações com mapas conceituais oferecem aos estudantes a oportunidade de mostrarem o que eles sabem de uma nova maneira.

A pesquisa da revisão bibliográfica relacionada com os mapas conceituais deparou-se com uma grande quantidade de publicações na área de física. Entre esses trabalhos destaca-se a pesquisa de PONTONE JUNIOR (2003). O mapa conceitual foi utilizado como instrumento de avaliação num

curso de física de ensino médio, onde estudantes das 1^a e 2^a séries do ensino médio de uma escola da rede particular de Belo Horizonte-MG receberam um treinamento de 50 minutos sobre mapas conceituais e, em seguida, foram submetidos, num intervalo de tempo de um mês, a duas avaliações que solicitavam a elaboração de um mapa conceitual, a partir de uma lista com dez conceitos de física relacionados com o conteúdo que eles estavam estudando. Os mapas elaborados pelos estudantes foram corrigidos por meio de três critérios diferentes de pontuação com o objetivo de avaliar a validade desses critérios. O trabalho usa três critérios de pontuação dos mapas: relacional, similaridade e a comparação com o mapa de um especialista, concluindo que a forma relacional é a mais viável: só depende do trabalho do professor, demanda um tempo para a correção dos mapas, compatível com outras formas mais tradicionais de avaliação e permite ao professor uma boa leitura das estruturas conceituais dos estudantes. Além do uso dos mapas, os alunos resolveram testes de múltipla escolha, questões objetivas de vestibular relacionados aos conteúdos dos mapas, com o objetivo de verificar a ocorrência de correlação entre os dois instrumentos de pesquisa (mapas e testes). Essa correlação não é verificada, e argumenta que a possível justificativa está na exigência da memorização dos testes.

O trabalho de Bossolani (2004) apesar de não utilizar mapas conceituais analisou características da aprendizagem significativa em proposições expressas por escrito em conceitos químicos propostos a partir de atividades experimentais, portanto, as proposições são utilizadas para o mapeamento conceitual. A aprendizagem significativa foi detectada nos casos em que os alunos respondem corretamente usando as próprias palavras.

Martins (2006) utilizou o mapa conceitual como instrumento de ensino complementar nas aulas teóricas, com o objetivo de verificar a facilitação na evolução, organização e estruturação dos conceitos de física na estrutura cognitiva do aluno. O referencial teórico foi a Aprendizagem significativa de Ausubel utilizado tanto na organização do material instrucional, como na análise

dos mapas por meio da utilização dos mapas de referência para obter a pontuação dos mapas dos estudantes e extração dos significados conceituais.

Para a aferição da eficiência dos mapas conceituais foi usada uma turma de controle com instrução tradicional e outra chamada de experimental, utilizando o mapa conceitual como parte da instrução. A comparação entre as turmas ocorreu por meio das médias bimestrais que indicou quantitativamente maior valor nas turmas experimentais. A análise qualitativa ocorreu por meio da observação durante as atividades em aula, que demonstrou evolução na organização dos mapas e também de melhora na estrutura cognitiva em relação à turma de controle.

Em Takeuchi (2009) os mapas conceituais foram utilizados como instrumento de aprendizagem de conceitos-chaves e das relações entre esses conceitos para promover o pensamento crítico. Os mapas foram usados em turmas de graduação do curso de enfermagem relativos ao conteúdo em neurociência.

Os mapas conceituais foram analisados usando a taxonomia topológica de Cañas e colaboradores que consideram os seguintes critérios:

- i) O reconhecimento de conceitos;
- ii) O uso de frases de ligação;
- iii) O nível de ramificação;
- iv) O nível de profundidade hierárquica e;
- v) A presença de ligações cruzadas.

A conclusão é de que a teoria da aprendizagem significativa e os mapas conceituais utilizados na instrução e avaliação proporcionam melhor entendimento do processo ensino-aprendizagem, além do desenvolvimento das competências como atenção, simbolização, seleção e memória.

No trabalho de Lourenço (2008) o uso do mapa conceitual foi utilizado como instrução e avaliação com alunos da oitava série de ensino fundamental de duas escolas públicas da cidade de São Carlos-SP, o qual

investigou em que extensão ocorre a elaboração de mapas conceituais a partir de aulas teóricas e experimentais, pautadas na teoria da aprendizagem significativa. O tema abordado nessas aulas foi o estudo do material argila por meio das seguintes etapas:

- identificação dos conhecimentos prévios;
- familiarização com a construção de mapas conceituais;
- curso de argila que foi dividido em três módulos: Matéria e suas propriedades; Argila e transformações físicas e Químicas na produção de cerâmica;
- elaboração de texto dissertativo;
- questionário final.

Os mapas conceituais foram utilizados durante o curso de argila e a análise ocorreu por meio das seguintes categorias: conceitos presentes nos mapas; conceitos básicos (os quais são os presentes no mapa de referência); exemplos que elucidam os conceitos; proposições válidas; proposições inválidas; e hierarquia conceitual.

Os resultados permitiram a autora concluir que a maioria dos alunos compreendeu os conceitos fundamentais e a análise comparativa do questionário final e inicial possibilitou constatar a melhora significativa dos conceitos, portanto, conclui:

é possível ao professor utilizar mapas conceituais em suas aulas, pois esta é uma ferramenta que auxilia no processo de ensino aprendizagem dos alunos, pode ser usado como instrumento de avaliação e tem boa aceitação pelos alunos (LOURENÇO, 2008, p. 111).

O artigo de Tavares (2007) relaciona mapa conceitual com a teoria da codificação dual e aprendizagem multimídia. Para explicar a teoria da codificação dual utiliza como referência Paivio (1991) que indica a existência de dois sistemas cognitivos: um relacionado à imagem e outro às palavras, mas que são inter-relacionados e podem ser ativados separadamente, porém, quando são

interconectados as informações são codificadas de modo dual, facilitando a construção de conexões, relações e entendimento na estrutura cognitiva.

Tavares (2007) considera que o mapa conceitual insere-se na apresentação multimídia, conceituada como apresentação visual e verbal: o mapa conceitual organizado hierarquicamente fornece as informações por meio da imagem e as ligações das palavras entre os conceitos é o canal verbal, conseqüentemente o mapa é um instrumento de aprendizagem dual. Tavares (2007) discute que o mapa por apresentar essa característica dual torna mais fácil a percepção e a compreensão de eventos, e por esse motivo comparando com as informações a serem extraídas de um texto, o qual é um instrumento verbal, o número de transformações cognitivas nos mapas é menor e desse modo não excede as limitações da memória de curto prazo (VEKIRI, 2002, p.281).

Moreno et al.(2007) desenvolveu uma pesquisa na qual os mapas foram utilizados como recurso de acompanhamento dos processos de construção da aprendizagem. O objetivo desse trabalho foi discutir critérios de análise de mapas conceituais construídos por alunos do programa de mestrado do Ensino em Ciências da Saúde em duas disciplinas: processo de ensino-aprendizagem e educação em saúde. Nas duas disciplinas os mapas foram desenvolvidos relacionando o desenvolvimento de conceitos apresentados em aulas, considerando um mapa inicial construído e apresentado para um grupo. Esses mapas foram sendo reelaborados, incorporando os novos conceitos, finalizando com um mapa individual.

Os mapas foram analisados com os seguintes critérios: quantidade e qualidade de conceitos; inter-relações entre conceitos e as proposições formadas; estrutura do mapa, levando em consideração o tipo de cadeia (linear ou ramificada), busca de relações cruzadas e criatividade.

As análises permitiram ao autor concluir que os mapas apresentaram boa parte dos conceitos abordados nas disciplinas, com boa

hierarquização dos conceitos, portanto, o processo de construção dos conceitos deve ter sido significativo, ocorrendo inter-relação com os conhecimentos prévios. O processo de elaboração favoreceu a organização de ideias e o surgimento de novos níveis de integração.

Em relação ao uso do mapa como instrumento de avaliação, o autor conclui que os critérios de análise devem superar a utilização mecanicista, pois as proposições escritas nos mapas podem ser transformadas em textos, e analisados utilizando aspectos qualitativos e quantitativos.

3.2. Resoluções de problemas

Os problemas escolares e a sua resolução encontram na bibliografia várias classificações. Mayer (1981) e POZO et al. (1998) definem o problema em mal e bem definido, relação direta à facilidade de identificação do ponto de partida e dos meios necessários à solução.

Pozo e Crespo (1998) definem o problema por meio do critério do tipo de investigação necessário para a resolução:

- problemas abertos: quando a proposição, os resultados e a conclusão são de iniciativa do aluno;
- problema semiaberto: parte dos recursos do problema é fornecido pelo professor;
- problema fechado: durante o enunciado ou na instrução da resolução o professor fornece recursos.

Moreira e Costa (2001) definem como problema as situações problema de papel e lápis que se diferenciam de um *exercício* na medida em que exigem muito mais do que a memorização e aplicação mecânicas de fórmulas.

Os autores consideram que as pesquisas em relação à resolução de problemas se fundamentam em teorias do processamento da informação: determinar como o aluno processa a informação em relação ao conhecimento prévio e as informações do problema. A metodologia desenvolvida para esse trabalho foi a de analisar anotações em aula da disciplina de mecânica geral e a resolução de exercícios similares dados em aula, formulando problemas de forma nova e não similar para evitar o que Ausubel (1980) considera como “simulação da aprendizagem significativa”.

A conclusão de Moreira (2001) é a de que a generalização pode ser obtida de um ou poucos exemplos, onde o aluno constrói um modelo mental de determinada teoria e possibilita construir explicações, portanto, defende a teoria do enfoque de explicações.

Freire (2010) para determinar a influência da estratégia didática de resolução de problemas na formação de professores de química, desenvolveu sua pesquisa em uma turma com dezenove alunos do curso de licenciatura de Química, envolvendo atividades fundamentadas na estratégia do ensino por resolução de problemas como parte teórico-metodológico da didática da ciência. Considera que problema é aquela situação em que a resolução implicará em estratégia, procedimento e levantamento de hipóteses, ou ainda é aquela situação que não implica em solução mecânica, como a apresentação de um algoritmo.

A metodologia da pesquisa de Freire (2010) é qualitativa e se baseia na análise de respostas dadas pelos alunos, diferenciando situações problemas de exercícios, transformação de exercícios em problemas e resolução propriamente de problemas, considerando as etapas desenvolvidas em cada caso. A conclusão do autor é de que a não compreensão dos aspectos metodológicos da didática da ciência, bem como as confusões entre exercícios e problemas, podem comprometer a orientação ao aluno como forma de superação de um modelo não científico ou de solucionar as dúvidas que surgem das resoluções. Quanto a influência desse recurso na formação do professor, considera que a maior precisão dos resultados dependeria do acompanhamento dos estágios em sala para certificar-se do grau de incorporação da metodologia em sala de aula. O trabalho sugere um guia metodológico para a aplicação da estratégia da resolução de problemas.

Passos (2010) fez um trabalho qualitativo do tipo análise documental nas instituições de ensino superior federais brasileiras, que compreendeu o período de 2002 a 2009, e em relação ao tema: o uso da estratégia da resolução de problemas na formação de professores de química.

Esse trabalho reforça a análise do trabalho anterior, que julgam importante inserir a teoria da resolução de problemas na formação dos professores, como forma de melhor instrumentalizar o aluno durante o processo de ensino-aprendizagem na compreensão dos processos químicos e construção de um conhecimento científico com aplicações na sociedade.

A análise dos trabalhos permitiu a conclusão da importância do professor como mediador nesse tipo de atividade, e que o êxito depende de uma formação mais ampla, devendo incrementar o currículo dos cursos de licenciatura.

O presente trabalho utiliza como instrumento de pesquisa os mapas conceituais e a resolução de problemas. Apesar das bibliografias trazerem pesquisas onde esses instrumentos são tratados separadamente, pode-se perceber uma relação comum: promover ou avaliar o desenvolvimento do aprendizado com base na ciência da cognição. O trabalho de Moreira (2002) que descreve a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, é pertinente ao presente trabalho, pois relaciona problemas e mapas.

A teoria do campo conceitual é um

conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição. O domínio de um campo conceitual não ocorre em alguns meses, nem mesmo em alguns anos. Ao contrário, novos problemas e novas propriedades devem ser estudados ao longo de vários anos se quisermos que os alunos progressivamente os dominem (MOREIRA, 2002, p. 8).

O autor exemplifica a definição de campos conceituais aplicando a Física, por exemplo, há vários campos conceituais - como o da Mecânica, o da Eletricidade e o da Termologia que não podem ser ensinados, de imediato, nem como sistemas de conceitos nem como conceitos isolados. É necessária uma perspectiva desenvolvimentista à aprendizagem desses campos (MOREIRA, 2002, p. 8).

Três argumentos principais levaram Vergnaud (1983a, p. 393) ao conceito de campo conceitual:

1) um conceito não se forma dentro de um só tipo de situação;

- 2) uma situação não se analisa com um só conceito;
- 3) a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo de muito fôlego que se estende ao longo dos anos, às vezes uma dezena de anos, com analogias e mal-entendidos entre situações, concepções, procedimentos, e significantes.

Moreira (2002) descreve que o ensino de ciências envolve três aspectos inter-relacionados: conhecimento teórico; as práticas de laboratório e a resolução de problemas. A teoria dos campos conceituais de Vergnaut considera que a relação entre conhecimento e prática é essencial para moldar o conhecimento e que isso ocorre em situações que são resolvidas progressivamente pelo aluno, dando significado aos conceitos. A categoria situação citada por Vergnaut (MOREIRA, 2002), por suposição na ciência pode ser entendida como o problema.

Moreira (2002) conclui que a teoria dos campos conceituais relaciona-se com a aprendizagem significativa de Ausubel, onde ambos consideram conhecimento prévio essencial para a formação dos conceitos. Além disso, considera que essa teoria é um bom referencial para a análise das dificuldades dos alunos na resolução dos problemas e a relação com a conceitualização usada, identificando a distância entre os conceitos mobilizados pelos estudantes e aquele necessário para a correta resolução do problema.

Capítulo 4: Metodologia da Pesquisa

A metodologia da pesquisa consistiu inicialmente no desenvolvimento dos conceitos relacionados ao tópico interação intermolecular: geometria molecular; ligação polar e polaridade molecular; e tipos de interações intermoleculares.

Para a coleta de dados seguiu-se as seguintes etapas:

- seleção de questões de vestibular;
- organização da relação dos conteúdos envolvidos na resolução dos respectivos problemas;
- elaboração dos mapas conceituais de referência para cada problema.

Em seguida, elaboraram-se os procedimentos para a aplicação do material de pesquisa e a posterior análise dos resultados. Todas as etapas estarão detalhadas a seguir.

4.1. Desenvolvimento do Conteúdo

4.1.1. O conceito interações intermoleculares

O conceito Interação intermolecular é tratado no 1º ano do ensino médio, após o conceito ligação covalente. Esse conceito tem relevância conceitual, pois possibilita o entendimento de alguns fenômenos da natureza e do cotidiano dos alunos, como por exemplo, as diferenças do ponto de ebulição das substâncias, volatilidade, solubilidade, tensão superficial e outros.

Esse tema possui uma série de terminologias que não são uniformes nos livros didáticos do ensino médio (MEDINA et al., 2010) e o mesmo ocorre em livros do ensino superior (RODRIGUES, 2011).

Nas aulas e no desenvolvimento desta pesquisa optou-se por ter como referência as terminologias usadas no livro do Atkins e Jones (2001), mas chamando a atenção para as outras terminologias que aparecem nos vestibulares (MEDINA et al., 2010). Assim, o termo *Van der Waals* é o termo geral para todas as interações, também foi utilizado nas aulas e reforçado nos exercícios o uso do termo interação intermolecular. Quanto aos tipos de interação intermolecular temos os seguintes termos:

- para a interação entre moléculas apolares foram apresentados os termos: dipolo induzido; dipolo momentâneo e força de London;
- para as interações entre moléculas polares: dipolo permanente ou dipolo-dipolo;
- para as moléculas que apresentam a ligação de H com os elementos de grande eletronegatividade F, O e N: ligação de hidrogênio ou ponte de hidrogênio.

Outro termo que aparece de forma imprecisa nos livros e vestibulares é a relação da massa molar com o aumento das interações. Essa forma muito utilizada não expressa exatamente o motivo do aumento das interações e conseqüentemente o aumento do ponto de ebulição. As interações moleculares aumentam em moléculas com maior número de elétrons, pois há menor atração entre núcleo e elétrons, sendo mais polarizáveis. “Como o número de elétrons normalmente aumenta com a massa molar, podemos também esperar interações de London aumento da massa molar. No entanto, massa molar alta não é diretamente a fonte das interações fortes” (ATKINS, 2001, p. 302).

Durante o processo de ensino foi explicada a relação entre maior número de elétrons e maior interação intermolecular para a relação causa-efeito e generalizado para a relação massa, assim, será comum aparecer neste trabalho os dois termos.

4.1.2. Uso dos organizadores prévios

A introdução do tópico interação intermolecular ocorreu por meio da leitura do texto a seguir como organizador prévio:

05/10/2003 - 06h17

Artigo: Sobre gotas e esferas

MARCELO GLEISER

especial para a **Folha de S.Paulo**

Volta e meia é bom deixarmos de lado assuntos mais exóticos, como buracos negros, Big Bang, mecânica quântica, neutrinos ou supercordas, e pensarmos um pouco sobre as coisas que vemos todos os dias e que passam quase, ou totalmente, despercebidas. É mesmo uma pena que, em nossas vidas apressadas, mal tenhamos tempo de vislumbrar a beleza dos fenômenos simples, de apreciar a elegância das soluções que a natureza encontra para equilibrar função e forma. Por isso, hoje escrevo sobre uma forma que estamos cansados de ver, a gota d'água.

Para tornar o assunto um pouco mais romântico, imagine que você foi acampar com o seu amado (ou amada) na serra, em uma bela noite de junho, quando a temperatura já está mais fria. Como sabem aqueles que acampam, com o sol nascendo fica difícil dormir até tarde. Você sai da tenda para atender às suas necessidades biológicas e percebe que as plantas à sua volta estão todas decoradas por belíssimas gotas de orvalho, hemisférios líquidos resplandecentes, elegantemente simétricos.

Encantado, você começa a pensar nas várias gotas d'água que passam por sua vida, sem que você dê a menor bola: no suor sobre a sua pele, na condensação no chuveiro, no vidro embaçado do carro, nas gotas de chuva, nas lágrimas de sua amada (ou amado) durante um filme triste etc. Então você percebe, de um só golpe, que todas essas gotas têm uma coisa em comum: elas são esféricas ou, quando sobre uma superfície, hemisféricas.

A questão passa a ser uma obsessão. Por que a esfera? O que determina essa forma e não outra?

Imagine uma gota d'água, suspensa no ar. A água é composta por moléculas combinando átomos de oxigênio e hidrogênio. A força que mantém as moléculas unidas é a atração elétrica entre os seus átomos integrantes.

Uma molécula é eletricamente neutra, isto é, sua carga elétrica total é zero. Mas não exatamente.

O ponto é que a distribuição de carga na molécula nunca é perfeita: existe sempre um excesso (ou ausência) de carga, dando à molécula uma pequena força atrativa conhecida como força de Van der Waals. Isso significa que uma molécula dentro de uma gota é atraída pelas suas vizinhas em todas as direções, o que resulta em uma força total nula.

Mas esse cancelamento das forças não ocorre para as moléculas na superfície da gota: afinal, não existem moléculas acima delas para exercer qualquer atração --só de ar, mas o efeito é mínimo. Ou seja, existe um desequilíbrio que faz com que as moléculas na superfície da gota sejam atraídas para seu interior.

Essa atração força as moléculas na superfície a se aproximarem mais, tornando-a mais densa. Esse efeito é conhecido como tensão superficial do líquido e é o responsável pela resistência que a superfície de um líquido oferece contra a sua expansão ou ruptura. Isso explica, por exemplo, por que uma agulha de metal, que é aproximadamente oito vezes mais densa do que a água, pode boiar. Diferentes líquidos têm diferentes tensões superficiais. A do mercúrio é quase seis vezes maior do que a da água, a 20°C. Quando a temperatura aumenta e as moléculas estão mais agitadas, a tensão superficial diminui.

E o que isso tem a ver com a esfericidade das gotas? Como a tensão superficial causa uma contração das moléculas na superfície, ela faz com que sua área seja a menor possível. Para um volume fixo (a quantidade de líquido na gota), a forma geométrica com superfície de menor área que existe é a esfera. Portanto, é a tensão superficial que faz com que as gotas

tenham essa forma. Se você cutucar a gota bem de leve, você verá que ela vai oscilar um pouco e depois voltará a ter a forma esférica.

A esfera reaparece em vários outros lugares: balões, planetas, estrelas.

Nesses casos, as explicações para a forma são outras e ficam para depois. Mas uma coisa é sempre verdade: a esfera é muito comum porque ela constitui a solução mais econômica entre as tensões que existem nos objetos. A natureza, sábia que é, forja esse compromisso na forma mais simétrica que existe.

Marcelo Gleiser é professor de física teórica do Dartmouth College, em Hanover (EUA), e autor do livro "O Fim da Terra e do Céu"

Em seguida, discutiu-se o texto, identificando os novos termos e apresentando o tópico a ser estudado.

Para fazer o levantamento do conhecimento prévio, debateu-se algumas situações, exigindo as concepções científicas dos fenômenos.

Situações Problemas:

- 1) Foi feito experimentalmente e como demonstração, o efeito de uma régua atritada sobre um filete de água escoando pela bureta. Desse experimento pede-se: por que acontece o desvio produzido pela régua atritada no filete de água?
- 2) Por que a água não se mistura com o óleo, mas se mistura com o álcool?
- 3) Por que a água tem maior ponto de ebulição que o do éter?
- 4) Existem vitaminas que são hidrossolúveis, ou seja, dissolvem-se na corrente sanguínea por meio da água e existem vitaminas que são lipossolúveis, dissolvem-se pela ação dos lipídios ou gorduras e óleos. Como justificar essas diferenças?
- 5) Por que alguns insetos boiam na água?
- 6) Qual solvente é o mais adequado para remover uma mancha de graxa em uma camisa.

As respostas foram socializadas entre eles na medida em que ocorria o debate e o professor atuou apenas organizando as repostas e mostrando incoerências. Encerrada a fase de hipóteses apresentados pelos alunos, foi apresentada, no geral, uma ideia dos conteúdos que justificariam a explicação para a ocorrência dos fenômenos: geometria; polaridade da ligação; polaridade molecular; interações intermoleculares; cadeias carbônicas e solubilidade.

4.2. Atividades Prévias para a Elaboração de Mapas Conceituais

A iniciação dos alunos com o mapa conceitual teve como referência a metodologia sugerida por Novak (1999, p. 48).

- Inicialmente foram apresentadas duas listas de palavras conhecidas: uma referente aos nomes de objetos e outra de acontecimentos, onde os alunos explicaram as diferenças entre as duas listas.
- Outra lista com palavras de ligação (são, onde, é, então) foi apresentada e os alunos diferenciaram as palavras que denotam conceitos.
- Foram apresentados alguns exemplos com nomes próprios para a distinção entre as palavras, representando regularidades dos acontecimentos ou objetos e as que representam o acontecimento em si, ou objetos específicos.
- Outra lista foi apresentada com palavras de ligação e conceitos para construção de frases com sentidos aos conceitos presentes nas listas.

Aplicou-se a metodologia diretamente em conteúdos de Química, inicialmente com o tópico estrutura do átomo, para que o aluno se habitue aos termos químicos. Apresentou-se uma lista com os termos envolvidos no estudo de estrutura atômica:

átomo; núcleo; eletrosfera; prótons; nêutrons; elétrons; cátion; ânion.

Em seguida, solicitou-se a determinação do conteúdo mais incluso, ou seja, o mais geral. Com os dados determinados pelos alunos foram construídos mapas conceituais, com o objetivo de demonstrar que o conceito mais incluso pode variar, bem como a forma de hierarquizar os conteúdos. Os conceitos podem ser colocados em retângulos ou em outra figura como a elipse e a palavra de ligação disposta nos ramais que interligam os conceitos. O mesmo foi feito com o assunto ligação química.

Foram fornecidos alguns problemas onde os alunos listaram os conceitos necessários para a sua resolução e o respectivo mapa. Alguns mapas serão classificados, procurando enfatizar as ligações cruzadas existentes como decorrência da hierarquização dos conteúdos e o conseqüente significado proposicional.

Esses mapas foram construídos no decorrer do ano, versando conteúdos de química e de outras situações ligados ao cotidiano do aluno como forma de motivação.

4.3. Aplicação do Material e coleta de dados

Esta seção descreve o local e a forma usada para a coleta de dados, que incluem a preparação dos materiais: a seleção e a adaptação de questões de vestibular com o propósito de melhor estimular os alunos a resolverem de forma que permita detalhar a hierarquização conceitual cognitiva; seleção dos conteúdos usados em cada exercício para a confecção dos mapas.

O material planejado foi aplicado utilizando-se as seguintes fases:

- foi fornecida a listagem dos conteúdos para a elaboração do mapa;
- foi fornecida a questão para a sua resolução, cujos conceitos foram usados previamente e respectivamente nos mapas.

Segue a descrição dessa metodologia.

4.3.1. Local da Coleta de Dados

A coleta de dados ocorreu na escola Colégio Cecília Meireles, cuja fundação ocorreu em 1989 com turmas do ensino fundamental ciclo I e o ensino Médio surge em 1997, com perfil social focado na classe média que possui no seu plano pedagógico a preocupação com a formação geral e preparação para o vestibular.

A pesquisa ocorreu com a turma da 1ª série do ensino médio que possui um total de 45 alunos. A disciplina de Química possui um total de quatro aulas semanais de 45 minutos cada aula, organizadas em aulas duplas.

O tempo de aplicação da pesquisa ocorreu durante o horário de aula num período de quatro semanas, com a coleta do mapa e da resolução do respectivo problema por aula.

4.3.2. Preparação do Material

Para a análise da aprendizagem dos alunos foram usados dois instrumentos:

- Mapas Conceituais;
- Resolução de problemas com o conceito: interação intermolecular.

a) Seleção de problemas de vestibular

A pesquisa foi aplicada utilizando-se conteúdos que faziam parte do plano de ensino e a escolha de problemas originados de vestibulares foi a forma de motivá-los a desenvolver as atividades, pois há grande preocupação com o ingresso na universidade. Assim, os problemas de vestibular além de fazerem parte do cotidiano escolar, traz geralmente no enunciado situações que envolvem o cotidiano social e ambiental.

Os critérios utilizados para a seleção dos problemas são:

- a questão deverá envolver alguma situação no nível macroscópico;
- o mapa conceitual de cada questão deverá ter uma estrutura diferente da outra;
- alguns problemas deverão contemplar a reconciliação integrativa.

A partir desses critérios extraiu-se um total de oito questões que foram trabalhadas com os alunos e, posteriormente, submetidas à análise. Após a seleção dos problemas, foi feita a construção prévia dos mapas conceituais.

b) Mapas conceituais

Foi feito o levantamento dos conceitos relacionados ao assunto Interação Intermolecular e em seguida o Mapa Conceitual com o auxílio da Ferramenta CmapTools. Esse será o mapa de referência para a produção dos mapas de cada problema e que estão presentes no capítulo 7 (Resultados e Discussão).

Os problemas foram analisados para determinar os conceitos necessários para a sua resolução. Esses conceitos e o mapa de referência serão utilizados para a construção do Mapa Conceitual do Problema. Esse procedimento será usado em cada um dos problemas selecionados.

4.3.3. Aplicação do Material

Foram aplicados oito problemas com as características discutidas anteriormente juntamente com o levantamento de conceitos necessários para a resolução de cada problema. Esse material foi fornecido ao aluno com as seguintes etapas:

1. Inicialmente os alunos não receberam o enunciado dos problemas: foi fornecida somente uma listagem linear dos conceitos subjacentes e extraídos do respectivo mapa conceitual de referência. A seguir foi solicitada a elaboração individual do mapa correspondente. Todos eles foram recolhidos para posterior análise.
2. Apresentou-se o mapa conceitual de referência seguido de discussão.
3. Após a discussão e o esclarecimento das dúvidas, apresentou-se o enunciado do problema, ficando o mapa conceitual de referência disponível para consulta durante a resolução. Todos os problemas foram resolvidos individualmente e, após o término, recolhidos para análise.

4.4. Coleta e Análise dos Dados

Dois instrumentos foram utilizados para a coleta de dados: os mapas conceituais e a resolução de problemas, que possuem em comum a base teórica conceitual interações intermoleculares. Os instrumentos mencionados de acordo com as bibliografias são indicadores para a descoberta da estruturação cognitiva dos alunos envolvidos na pesquisa. A metodologia consistiu em analisar cada um dos instrumentos por meio das seguintes etapas:

I) análise dos mapas:

- análise individual dos mapas;
- análise entre os mapas.

II) análise das resoluções dos problemas:

- análise individual das resoluções;
- análise entre as resoluções.

III) análise correlacionando os mapas e as resoluções dos problemas.

4.5. Metodologia de análise dos resultados

Os mapas conceituais e as resoluções dos problemas foram inicialmente analisados separadamente de forma qualitativa e quantitativa como descrito a seguir.

4.5.1. Análise dos Mapas

4.5.1.1. Análise quantitativa

Inicialmente cada um dos mapas foi analisado estruturalmente com base na taxonomia topológica de Caña e Novak (2006), onde foi feito o levantamento do número de conceitos usados em relação à lista apresentada, e as relações válidas e não válidas nas categorias: conceito, proposição, níveis. Nesse momento, foi feita a classificação dos mapas em linear e ramificado, bem como a determinação do número de pontos de ramificação.

4.5.1.1a. Levantamento quantitativo de categorias em cada mapa

Em cada problema os mapas foram analisados para verificar se os conceitos listados foram usados na totalidade e as informações adicionadas a tabela ou fichas produzidos para cada problema como representado na Figura 4.1.

A Figura 4.1 representa o modelo de tabela usado em cada problema. A coluna conceitos básicos indica a porcentagem de conceitos utilizados pelos alunos, ao final foi feita a média de utilização dos conceitos. A terceira coluna relaciona a quantidade de conceitos novos ou diferentes dos fornecidos também para cada aluno.

A quarta coluna compreende o levantamento em relação às palavras de ligação nas seguintes categorias: total de palavras; número de palavras corretas (C) e incorretas (I).

FIGURA 4.1 - Modelo de ficha individual para levantamento de dados dos mapas para cada problema.

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização / níveis			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		

A quinta coluna está relacionada à hierarquização dos conceitos: os hierarquizados corretamente (C), incorretamente (I), e qual o conceito geral utilizado.

A sexta coluna identifica as ligações cruzadas: corretas (C) e incorretas (I). As duas últimas colunas faz o levantamento do tipo de mapas (ramificado (R) ou linear (L)) e no caso de ramificado identificou-se o número de ramificações.

4.5.1.1.b. Determinação quantitativa de mapas ramificados e lineares

A penúltima e a última coluna da tabela apresentada na Figura 4.1 indicam a classificação dos mapas em ramificado e linear. Para cada mapa e em cada problema foram identificados os tipos de mapas e anotados na respectiva

coluna da tabela, sendo que no caso de mapa ramificado foi anotado o número de pontos de ramificação. Os resultados foram usados para a determinação da média em relação ao total de mapas ramificados e lineares que foram tabelados.

A análise estrutural possibilitou fazer a análise qualitativa, identificando os casos de maior incidência de mapas lineares e os casos ramificados. Os dados extraídos dos mapas foram quantificados seguindo o modelo de Novak e Gowin (1999, p. 53) o que leva em consideração as seguintes categorias:

- a) proposições: o significado dado a dois ou mais conceitos unidos por meio de palavras em uma linha;
- b) estrutura hierárquica ou níveis posiciona os conceitos amplos e abrangentes localizados verticalmente em níveis superiores e os mais específicos em posições inferiores;
- c) reconciliação integrativa representada nos mapas por meio da conexão de conceitos de segmentos ou ramos diferentes, chamadas de ligações cruzadas.

Cada uma das categorias foi pontuada conforme o **Anexo 1**. Em resumo temos:

Níveis de hierarquia: 5 pontos.

Proposições: 1 ponto.

Ligações Cruzadas: 10 pontos.

A tabela da Figura 4.1 com os dados coletados dos mapas estão disponíveis no Anexo 2. No capítulo 5 (Resultados e Discussão) são apresentados os valores da cada mapa (Tabela 5.7) e é apresentado em cada problema o cálculo da pontuação de acordo com a metodologia exposta nos casos mais importantes, considerando a análise qualitativa.

4.5.1.2. Análise qualitativa

Ainda de acordo com o modelo de Novak (1999) faz-se uma relação entre os pontos de cada mapa dos alunos com o mapa de referência que foi elaborado previamente.

O mapa de referência do especialista é mais detalhado que o mapa de um principiante que é o caso dos estudantes participantes desta pesquisa e por isso é um bom referencial para a comparação, determinando quanto que os mapas dos estudantes se aproximam do especialista. A análise consiste em verificar as seguintes categorias:

- 1) formato do mapa: linear ou ramificados;
- 2) proposições (palavra de ligação-conceito-palavra de ligação): determinação do significado;
- 3) hierarquia: identificação do conceito mais geral em cada situação e as relações com os demais conceitos;
- 4) ligações cruzadas: identificação das ligações cruzadas e da relação de estruturação dos conceitos bem como o significado proposicional;

5) mapeamento cognitivo: determinar em cada problema e para cada aluno participante da pesquisa, a estruturação cognitiva dos conceitos apontando aqueles de maior e menor estruturação.

Após a análise individual de cada mapa em cada problema, far-se-á comparação entre eles procurando estabelecer categorias comuns entre os mapas, bem como a evolução dos mapas para cada aluno.

4.5.2. Análise dos problemas: qualitativo e quantitativo

A resolução de problemas constitui outro instrumento diagnóstico da estruturação de conceitos do aprendiz, pois a análise da resolução pode fornecer evidências da aprendizagem significativa, isto é, determinar se a resposta utilizada pelo aprendiz é resultado das relações estabelecidas entre os conceitos presentes na estrutura cognitiva ou aprendizagem mecânica.

Para cada um dos oito problemas determinou-se as principais relações conceituais necessárias para a resolução, bem como as inter-relações utilizadas para as justificativas. Esse conjunto constituiu a resolução de referência para a análise de resolução dos alunos, descrita no capítulo 5 (Resultados e Discussão).

Cada problema analisado foi pontuado considerando os principais conceitos que deveriam constar na resolução do aluno, comparado com as resoluções determinadas previamente.

A análise das resoluções dos problemas e as respectivas pontuações ocorreram seguindo-se as seguintes etapas:

a) a resposta objetiva: identificação dos conceitos essenciais para a resolução;

b) justificativa ou explicação: qual o grau de explicitação da resolução com o uso de conceitos e inter-relações comparado a resolução prévia.

A análise comparativa produzirá uma pontuação expressa na forma percentual, que indica quanto a resolução do aluno se aproxima da resolução prévia. Com as pontuações da resolução de cada aluno foi possível determinar a média da pontuação em cada problema. Além disso, essas pontuações, as individuais e as médias, são usadas para comparações entre as resoluções buscando categorias comuns.

4.6. Correlação entre mapas e problemas

Utilizando os dados quantitativos e qualitativos dos mapas e resoluções buscar-se-á comparações para verificar a existência de relações entre as resoluções e os mapas que indiquem a estruturação cognitiva dos conceitos em cada problema.

Os valores de pontuação dos mapas foram comparados com a pontuação da resolução dos problemas como parte da análise qualitativa. Os valores foram usados como referência para se obter categorias comuns que justificam a correlação, ou seja, a aproximação e até coincidência entre mapa e resolução. O mesmo critério foi utilizado para os casos onde ocorreu uma menor correlação quantitativa entre mapas e problemas.

As análises das pontuações nos mapas e resoluções dos problemas foram discutidas quantitativamente por meio da determinação da correlação de Pearson (r) para cada problema, associando o par (Mapa, Problema), não necessariamente nessa ordem, uma vez que essa correlação “é uma medida de associação linear entre variáveis” (FIGUEIREDO FILHO, 2009, p. 118).

A sua fórmula é:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right)$$

X_i e Y_i indicam os valores das variáveis (Mapas e Resolução) para cada aluno em dado problema;

\bar{X} e \bar{Y} representam os valores médios das variáveis;

n é o número de elementos (alunos);

S_x e S_y representam o desvio padrão, que é determinado pela raiz quadrada da variância que para a variável X é determinada por:

$$\text{Variância} = \sum (X_i - \bar{X})^2 / n$$

A associação é medida por meio do compartilhamento da variância entre duas variáveis, nesse caso, valores dos mapas e resolução em cada problema determinado para os alunos, além disso, essa correlação é linear, ou seja, a relação de aumento ou diminuição de X ocorre simultaneamente em Y , o que é adequado na presente pesquisa, pois se espera que haja uma relação linear entre os dois instrumentos: mapa e resolução (FIGUEIREDO FILHO, 2009).

Capítulo 5: Resultados e Discussão

Neste capítulo será abordado o estudo da estrutura dos mapas, procurando determinar porquê em determinados problemas há mais mapas ramificados e em outros lineares. Além disso, usando a pontuação dos mapas, conforme a descrição no capítulo de metodologia (Capítulo 6), são discutidas as principais características dos mapas em relação à formação semântica e quais as que determinaram as suas pontuações, destacando aqueles que se afastaram da pontuação média referente a dado problema. Fez-se comparação entre os mapas de diferentes problemas, buscando categorias comuns que formaram o mapeamento cognitivo.

A análise semelhante foi realizada para as resoluções dos problemas. Cada resolução teve uma pontuação por meio da comparação entre a resolução do aluno e a resolução elaborada previamente, a qual será chamada de resolução de referência. A pontuação, cujo critério é apresentado no capítulo de metodologia, foi utilizada para determinar as principais características responsáveis pela pontuação da resolução em cada problema e comparou-se as resoluções dos diferentes problemas para estabelecer as categorias.

Finalmente, utilizaram-se os dados das análises dos mapas e resoluções para verificar a existência de correlação entre eles de forma qualitativa por meio das categorias comuns e quantitativas, utilizando a correlação de Pearson.

5.1. Estrutura dos mapas: ramificados e lineares

Os mapas de cada problema foram construídos individualmente pelos alunos com base nos conceitos listados e que foram utilizados pela quase totalidade (Tabela 5.1), o que pode demonstrar entendimento dos procedimentos apresentados para a elaboração dos mapas e familiaridade com os conceitos, os quais foram previamente tratados em sala de aula.

Tabela 5.1-Listagem de conceitos envolvidos e porcentagem de conceitos utilizados pelos alunos

Fonte: Elaborado pelo autor

Problema	Conceitos envolvidos	Total de conceitos	%média dos conceitos usados
1	substância simples; apolar; Força de London; temperatura de fusão e ebulição; aumento da massa ou número de elétrons.	5	100
2	fórmula estrutural; geometria molecular; polar; apolar; dipolo-diplo; Força de London; ligação de Hidrogênio; ponto de fusão e ebulição.	8	98,86
3a	substância simples; geometria molecular; apolar; Força de London; temperatura de ebulição e fusão.	5	100
3b/c	substância binária composta; polar; dipolo permanente; ligação de hidrogênio; temperatura de ebulição e fusão; aumento da massa ou número de elétrons;	6	98,37
4	fórmula estrutural; grupo OH; ligação de hidrogênio; temperatura de ebulição	4	98,78
5	fórmula estrutural ;solubilidade; ; geometria; polar; apolar; ligação de Hidrogênio;	6	
6	Solubilidade; Homogênea; heterogênea; polar ;apolar; densidade.	6	100
7	Fórmula estrutural; tipo de interação; grupo OH; ligação de hidrogênio; solubilidade; ponto de fusão	6	98,37
8	fórmula estrutural; polar; apolar; interação molecular; dipolo-dipolo; ligações de hidrogênio; Força de London; ponto de fusão e ebulição.	8	98,51

A análise dos mapas construídos pelos alunos possibilitou determinar quantitativamente o número de mapas ramificados e lineares. Essa classificação pode dar pistas da complexidade dos mapas e do grau de assimilação e interação dos conceitos com a estrutura cognitiva.

TABELA 5. 2 - Quantidade de mapas ramificados e lineares em cada problema em números absolutos e porcentagem

Fonte: Elaborado pelo autor

Problema	Número de Mapas Conceituais		Porcentagem de mapas de acordo com a estrutura	
	Ramificados	Lineares	Ramificados	Lineares
1	25	20	55,55	44,45
2	43	1	97,72	2,28
3a	17	24	41,46	58,54
3b/c	36	5	87,81	12,19
4	9	32	21,95	78,05
5	38	4	90,48	9,52
6	43	2	95,55	4,45
7	29	12	70,73	29,27
8	42	0	100	0
Total			73,47	26,53

Os mapas lineares são de estrutura mais simples, podem ter a aparência de uma lista por ter disposição vertical dos conceitos, não há na estrutura conceitos que expressem a diferenciação

progressiva no mesmo nível (ramificação) e que apresentam a mesma relação de subordinação ou generalização em relação a um conceito mais inclusivo. Essa ausência pode revelar que o aluno possui pouca estruturação cognitiva dos conceitos (MOREIRA, 2006), pois um bom mapa é aquele que possui muitas conexões, com boa distinção entre os conceitos gerais e mais específicos, com uma boa estrutura hierárquica (NOVAK; GOWIN, 1999). Os mapas ramificados são mais complexos e revelam um maior poder do aluno de interligar os conceitos, fazendo a diferenciação e a reconciliação integrativa.

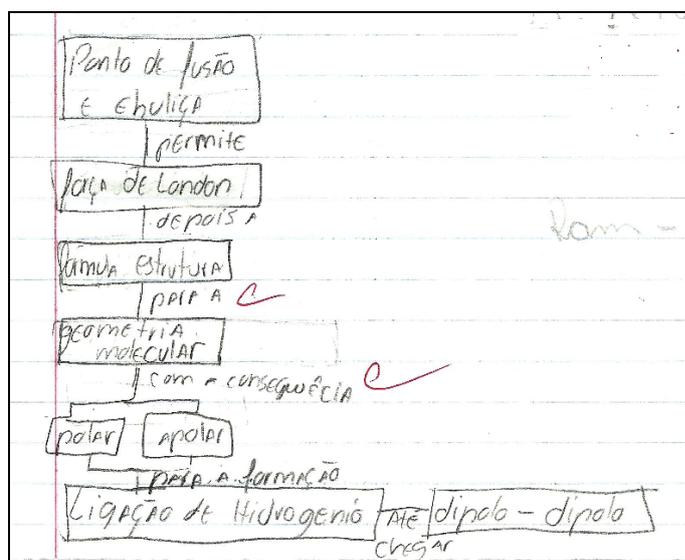
A quantificação do tipo de mapa identificou 73,47% dos mapas ramificados e 26,53% lineares (Tabela 5.2), sendo que a maior incidência dos mapas lineares ocorrem nos problemas 1, 3a e 4. É importante observar que os mapas construídos pelos alunos tiveram como base uma lista com conceitos que

podem ser mais ou menos complexos e isso também deve se refletir no tipo de mapa. Também pode-se constatar que nesses três casos o número de conceitos listados é o menor em relação aos outros problemas: 5, 5, e 4 (Tabela 5.1). O problema 4 é o que possui maior quantidade de mapas lineares e é exatamente o que apresenta menor quantidade de conceitos listados.

Entre os mapas ramificados o problema 8 chama a atenção pelo fato de ter 100% dos mapas ramificados e o problema 2 que possui 97,72%. Esses casos coincidem com a análise feita para os mapas lineares que relacionam quantidade de conceitos listados e o tipo de mapa: o número de conceitos nos problemas 2 e 8 é o maior predominando mapas ramificados.

A menor quantidade de conceitos listados pode aumentar a dificuldade do aprendiz em relacionar conceitos e posicioná-los hierarquicamente, pois há maior chance da ocorrência de conceitos de pouca abrangência e de natureza específica, assim, pontos de ramificação podem ser inviáveis. Quando há maior número de conceitos envolvidos e com maior poder de generalização o aluno tem mais chances de expor as diferenciações

FIGURA 5.1 – Mapa Conceitual do aluno 2a referente ao problema 2

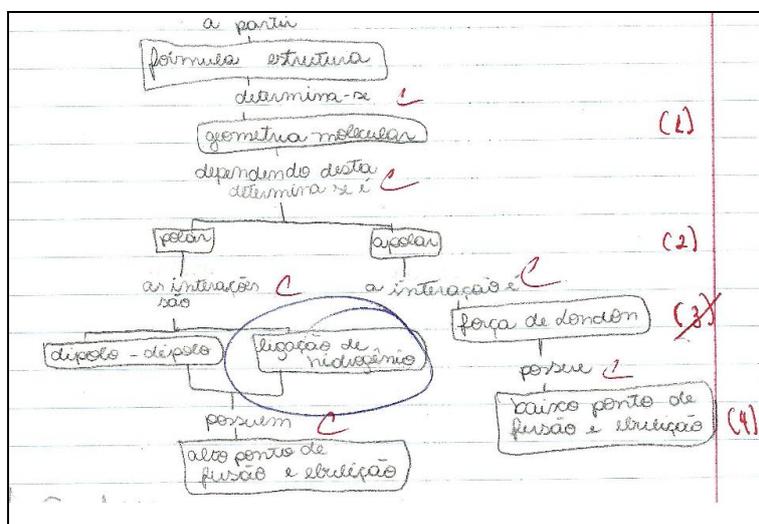


progressivas, identificando o conceito mais geral e interligando os conceitos menos inclusivos, resultando num mapa ramificado e facilitando o mapeamento cognitivo do aluno.

Independente do tipo de mapa a identificação da estruturação cognitiva do aluno ocorrerá, o que difere é que quanto

mais estruturado o mapa, maior a estruturação desses conceitos na mente. As

FIGURA 5.2 - Mapa Conceitual do aluno 3a referente ao problema 2



figuras 5.1 e 5.2 representam os mapas de dois alunos e que possuem os mesmos conceitos, porém, o mapa da Figura 5.2 é o mais estruturado e com mais pontos de ramificação. O aluno 2a indica que os conceitos polar e

apolar estão no mesmo nível de hierarquização e que são de maior generalização em relação aos conceitos de ligação de hidrogênio e dipolo-dipolo, mas há um conceito que possui o mesmo nível hierárquico em relação a esses que é o conceito Força de London, o qual é representado como o conceito mais geral, uma vez que o nível que ocupa no mapa é superior: nível 1. Esse mapa tem vários problemas hierárquicos, mas revela a pouca estruturação cognitiva desses conceitos para o aluno.

O aluno 3a apresenta dois pontos de ramificação, reconhecendo em cada ponto aqueles conceitos de mesma generalização e, portanto, ocupando o mesmo nível: polar e apolar e cada um desses conceitos compõem um nó onde emergem os conceitos relacionados à interação intermolecular. Para cada interação há relação com conceitos específicos: ponto de fusão e ebulição. A maior complexidade desse mapa revela a maior estruturação cognitiva dos conceitos listados para o aluno 3a .

A seguir descreveremos os resultados da análise dos mapas em cada problema com o objetivo de identificar a estruturação dos conceitos por meio das relações estabelecidas entre os conceitos listados.

5.2. Análise dos mapas em cada problema: mapeamento cognitivo

Neste item descrevemos as principais categorias identificadas nas análises dos mapas em cada problema. Os mapas foram analisados quantitativamente, levando-se em consideração a hierarquização dos conceitos, as palavras de ligação e o conseqüente número de proposições formadas conforme apresentado no Capítulo 6 (Metodologia). Essa análise resultou numa pontuação comparativa com o mapa de referência (Tabela 5.3) e com base nesses valores foi determinada a pontuação média em cada problema (Tabela 5.7).

A pontuação dos mapas apresenta valor mínimo zero, indicando que o mapa não possui correlação com mapa de referência. O valor máximo pode superar os 100%, pois o aluno pode representar relações hierárquicas que excedem o mapa de referência, é o que ocorre, por exemplo, com o aluno 10A: o mapa 1 apresenta pontuação de 195,8% (Tabela 5.7). Alguns alunos estiveram ausentes em algumas das atividades e por isso não apresentam pontuação sendo identificado na Tabela 5.7 por traços (-----).

A análise quantitativa foi realizada conjuntamente com a análise qualitativa por meio do levantamento das proposições formadas e a interpretação do seu significado. A comparação entre os mapas possibilitou encontrar categorias dos significados expressos pelas proposições e estrutura do mapa que explicitam a organização cognitiva de um conteúdo ou de seu conjunto.

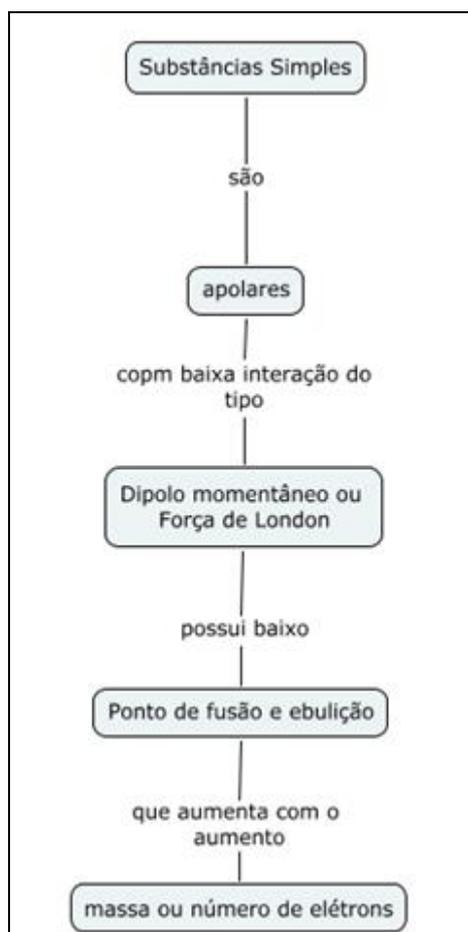
Descreveremos a seguir essas análises dos mapas para cada problema.

Mapas Conceituais do Problema 1

Os conteúdos listados neste problema têm como conceito mais geral a substância simples. O mapa de referência (Figura 5.3) usado como comparativo ideal nesse e nos demais problemas indica as seguintes proposições a serem formadas: **Substância Simples** são **Apolares** com baixa interação do tipo **Dipolo Momentâneo** ou **Força de London** com baixo **Ponto de Fusão e**

Ebulição que aumenta com o aumento da **Massa ou número de elétrons**.

FIGURA 5.3-Mapa conceitual de referência do problema 1



Na frase formada, as palavras em negrito são os conceitos listados indica. As demais são palavras de ligação com o objetivo de formar o sentido semântico adequado, que resulta no significado desses conceitos dados pelos alunos.

O mapa de referência não é a única forma de organizar esses conteúdos, pois poderíamos, por exemplo, mudar as palavras de ligação dando o sentido de que a interação aumenta com o aumento da **Massa ou número de elétrons** resultando em substâncias de maior **Ponto de Fusão e Ebulição**. Essa variação está em conformidade com as bibliografias

(NOVAK, 1999; MOREIRA, 2006; TAVARES, 2007) que afirmam não existir um único mapa ou mapas corretos, mas a sua organização indica a forma como estão organizados cognitivamente os conteúdos. O mapa de referência indica uma possibilidade pela qual os conceitos podem estar organizados, considerando o grau de generalidade e hierarquia.

A análise dos mapas indica que 15 alunos não reconhecem o conceito substância simples como o mais geral, sendo identificados outros conceitos com as respectivas frequências, conforme a Tabela 5.3.

Como esse é o primeiro mapa da série e o contato dos alunos com esse instrumento é recente, os resultados podem indicar a não priorização hierárquica dos conceitos ou pode revelar que essa é de fato a forma dos conteúdos estarem estruturados cognitivamente. Entre os casos relacionados anteriormente, o conceito fórmula molecular foi acrescentado por iniciativa dos alunos que estabeleceram boas relações com a substância simples e o tipo

TABELA 5.3- Conceitos gerais identificados nos mapas do problema 1

Conceito Geral	Frequência
Fórmula Molecular	2
Força de London	6
Interação molecular	2
Aumento da massa ou número de elétrons	3
TF e TE	1
Polar	1

apolar. O conceito geral de maior frequência é a força de London, e apesar disso em quatro desses casos a hierarquia dos demais conceitos não sofre grandes alterações.

A formação das demais proposições foi identificada nos mapas dos alunos, mas as relações de temperatura de fusão e o aumento da massa ou número de elétrons, verificou-se que num

total de 45 alunos apenas cinco conseguiram formar a proposição indicada no mapa de referência. As proposições com maior incidência seguem na Tabela 5.4.

A análise comparativa dos mapas dos alunos com o mapa de referência mostra que ocorreram situações de não adequação hierárquica, onde o

TABELA 5.4- Palavras de ligação para os conceitos TF e TE com aumento da massa ou número de elétrons e a frequência

Palavra(s) de ligação entre conceitos: TF e TE - aumento da massa ou número de elétrons	Frequência das palavras na formação das proposições
determina	6
permite	4
que permite	1
podem determinar	1
portanto	1
tem	1
ocorre	1
sem palavra de ligação	2

TABELA 5.5- Interligações do conceito Aumento da massa ou número de elétrons com outros conceitos e a frequência

Conceitos interligados	Palavras de ligação	Frequência
Força de London – Aumento da Massa...	determina	3
Força de London – Aumento da Massa...	é determinado	1
Aumento da Massa.....- Polar	determina	1
Aumento da Massa.....- Força de London	determina	1

conceito de aumento da massa ou número de elétrons está conectado a outros conceitos (Tabela 5.5) com formação de sentido semântico diferente do significado apresentado no mapa de referência. Esses dados podem demonstrar que há pouca estruturação cognitiva desse conteúdo, uma vez que, a diferenciação progressiva ocorre com a inexistência do nível correspondente e a não formação de proposição correta. Isso pôde justificar a média de pontuação de 62,8% em relação ao mapa de referência (Tabela 5.7).

A Figura 5.5 é uma exemplo de mapa

com relações hierárquicas não válidas: a temperatura de fusão e temperatura de ebulição, apesar de serem conceitos específicos e decorrentes da interação e/ou do maior número de elétrons são colocados em nível superior indicando que o aluno o considera geral.

A Figura 5.4 ilustra a situação de adequação hierárquica comparada com o mapa de referência, o que reflete na pontuação conforme explicitado na Tabela 5.6.

Figura 5.4(Esquerda)- Mapa conceitual do aluno 2A referente ao problema 1

Figura 5.5(Direita)- Mapa conceitual do aluno 17A referente ao problema 1

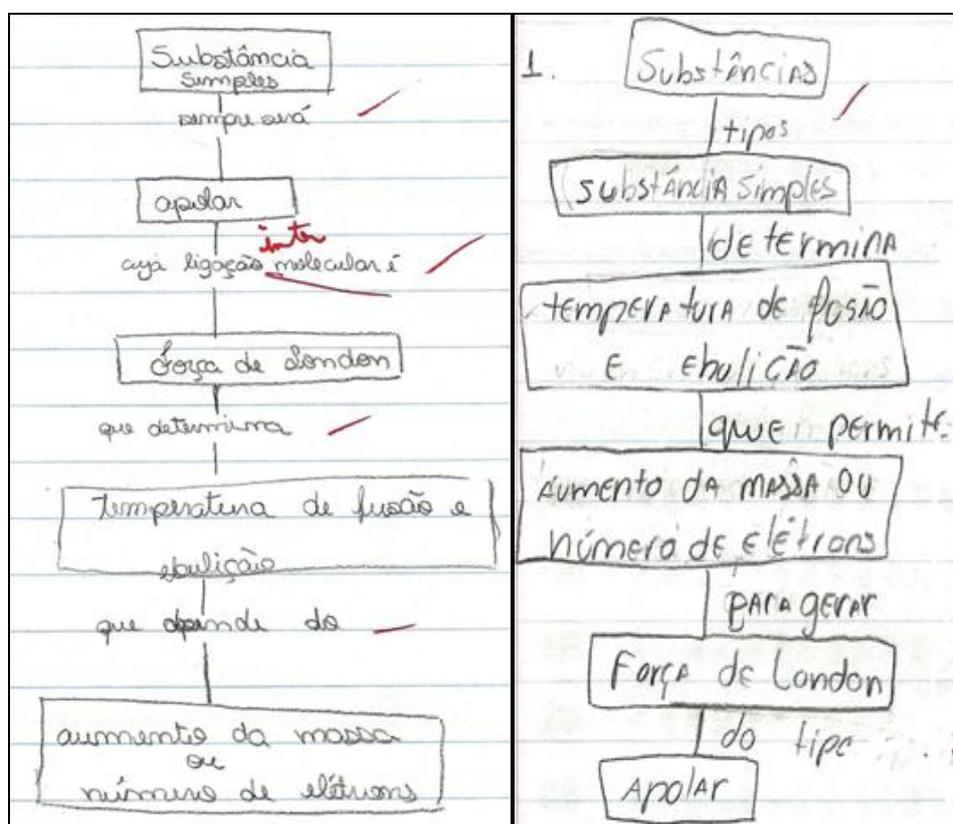


TABELA 5.6: Pontuação obtida pelos alunos 2A e 17A após análise dos mapas referentes ao problema 1

Critérios Classificatórios	Mapa Conceitual de Referencia	Mapa Conceitual do aluno 17A	Mapa conceitual do aluno 2A
Número de proposições formadas	4 x 1	4 x 1	1 x 1
Hierarquia - número de níveis válidos	4 x 5	4 x 5	2 x 5
Ligações Transversais: cada ligação válida	0	0	0
Total de pontos	24	24	11
% de pontos em relação ao Mapa Conceitual de Referencia		100	45,8

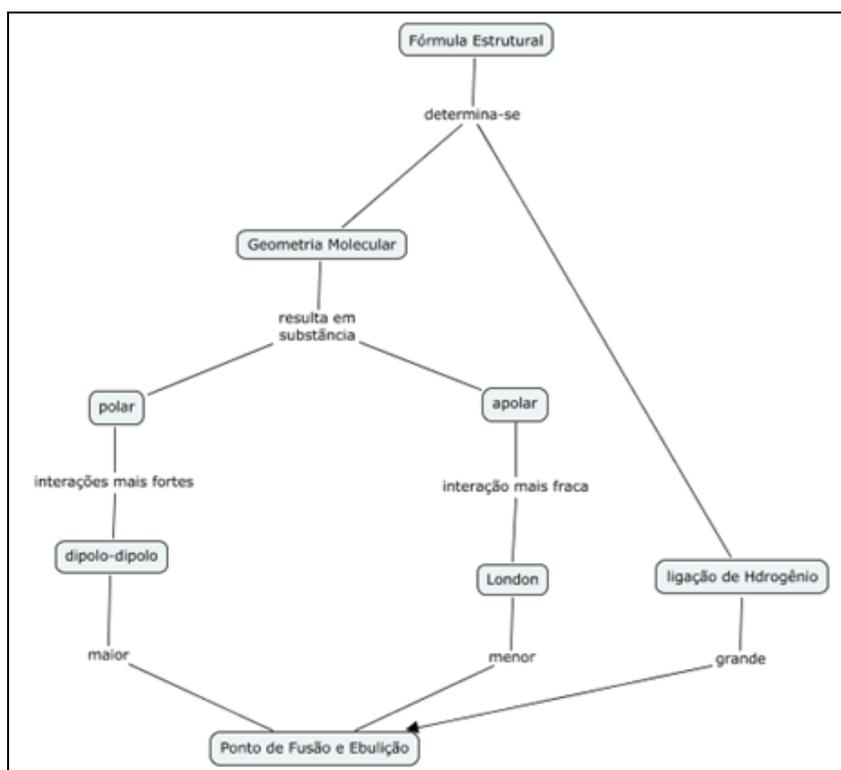
TABELA 5.7- Pontuação em porcentagem dos mapas conceituais em relação ao mapa de referencia

Nome	1	2	3a	3b/c	4	5	6	7	8
1A	75	38,5	87,5	88,5	-----	57,5	5	56	38,5
2A	45,8	33,33	108,3	57,7	55,6	50	zero	60	69,2
3A	50	61,5	100	92,3	100	52,5	45	96	64,1
4A	75	59	100	92,3	-----	45	95	104	56,4
5A	75	77	125	96,2	127,8	75	85	116	69,2
6A	54,7	56,4	70,8	76,9	34,8	75	35	124	51,3
7A	87,5	38,5	91,6	46,2	26,1	50	75	-----	43,6
8A	75	38,5	50,0	23,1	4,35	45	75	92	-----
9A	75	18,0	54,2	65,4	55,6	60	75	73,9	38,5
10A	195,8	61,5	66,7	23,1	61,1	-----	71	73,9	92,3
11A	75	56,4	91,7	84,6	105,6	62,5	55	-----	-----
12A	58,3	53,8	66,7	23,1	100	60	65	48	35,9
13A	58,3	59,0	120,8	26,9	66,7	50	85	64	59
14A	54,2	59,0	100	96,2	100	75	100	96	74,4
15A	100	41,0	45,8	7,7	100	42,5	zero	116	10,3
16A	58,3	82,1	100	73,1	94,4	52,5	85	56	35,9
17A	100	61,5	95,8	96,2	161,1	65	50	52	69,2
18A	129,2	61,5	75,0	69,2	66,7	57,5	25	56	56,4
19A	8,3	-----	-----	-----	83,3	25	10	73,9	61,5
20A	83,3	61,5	108,3	111,5	111,1	45	85	52	69,2
21A	50	33,3	83,3	19,2	94,4	25	50	40	59
22A	75	61,5	100	92,3	100	55	105	56	59
23A	91,7	53,8	120,8	80,8	94,4	67,5	75	73,9	66,7
24A	75	46,2	95,8	zero	166,7	80	80	80	66,7
1B	45,8	30,8	91,6	76,9	88,9	50	75	20	38,5
2B	25	48,7	-----	-----	-----	35	50	-----	-----
3B	75	56,4	91,6	88,5	27,7	75	100	44	74,4
4B	12,5	46,2	91,6	61,5	26,1	60	60	88	-----
5B	8,3	53,8	91,6	84,6	38,8	85	60	40	-----
6B	8,3	20,5	50,0	84,6	38,8	40	zero	72	74,4
7B	75	59	95,8	96,2	100	50	105	52,8	51,3
8B	91,7	56,4	91,7	96,2	100	132,5	80	97,4	87,2
9B	62,5	28,3	50,0	88,5	94,4	60	85	20	52,8
10B	4,2	sero	25,0	zero	27,7	zero	50	zero	zero
11B	70,8	35,9	-----	-----	-----	-----	85	40	61,5
12B	66,6	33,3	45,8	53,8	100	52,5	50	92	38,5
13B	zero	35,9	4,2	88,5	27,7	45	50	68	33,3
14B	zero	0	87,5	3,8	88,9	30	zero	20	15,4
15B	66,6	48,7	45,8	46,2	100	60	115	72	66,66
16B	66,6	56,4	-----	-----	38,8	51,4	50	48	41
17B	70,8	53,8	91,7	65,4	94,4	60	50	48	38,5
18B	45,8	48,7	100,0	103,8	100	-----	85	92	71,8
19B	54,7	61,5	29,2	96,2	26,1	47,5	60	76	53,8
20B	70,8	28,2	45,8	3,8	88,9	47,5	50	zero	51,3
21B	79,2	61,5	77,0	50	26,1	100	150	44	59
Média	62,8	47,2	79,6	64,3	76,7	58,1	63,1	62,5	54,9

Mapas Conceituais do Problema 2

Entre os conceitos listados no problema 2, há um trecho com ramificação contendo os conteúdos ligados as moléculas apolares, os mesmos tratados no problema 1, porém, temos três outras situações: identificar as substâncias que apresentam ligação de hidrogênio, relação da geometria com a polaridade e subsequentemente com o tipo de interação: dipolo-dipolo/força de London e compará-los quanto ao PE e PF, conforme indicado no mapa de referência (Figura 5.6).

FIGURA 5.6 – Mapa conceitual de referência do problema 2



A análise revela que a maioria dos alunos identifica o conceito fórmula estrutural como o conceito geral, porém em seis casos isso não ocorre. Comparativamente ao mapa de referência, 11 alunos não reconheceram a relação entre os níveis 2 e 3. As principais ocorrências são: no nível 2 a inversão

hierárquica da geometria e polaridade - dando a ideia de maior generalidade da polaridade em relação à geometria; nível 3, estabelece hierarquicamente aos conceitos relacionados a interação e foram colocados juntos com polaridade, ou seja, conceitos de mesmas generalidades; outra relação que há grande dificuldade dos alunos é como determinar a ocorrência da ligação de hidrogênio: 28 alunos consideram que esse tipo de interação ocorre quando a molécula é polar, ou seja, subordinam a identificação da ligação de hidrogênio a

TABELA 5.8 - Frequência de conceitos interligados ao conceito ligação de hidrogênio

Conceitos interligados a ligação de hidrogênio	Frequência
geometria	4
polaridade	17
dipolo	8
apolar	2

determinação da polaridade.

TABELA 5.9 - Frequência das palavras de ligação da interação com Ponto de Fusão

categorias	frequência
Sem palavra de ligação	4
indicam	1
Permite saber	1
descoberta	2
determina	12
Maior/menor	14

Na relação com o conceito ligação de hidrogênio temos outros conceitos envolvidos, conforme indicado na Tabela 5.8.

Em relação ao nível 4 identificamos 14 alunos que estabeleceram por meio da palavra de ligação *maior ou menor* a relação entre a interação (dipolo-dipolo/ London/ligação de Hidrogênio) com o maior ou menor ponto de

ebulição. As proposições são em geral formadas por meio das palavras: determina; resulta; obtêm-se; possibilita; descoberta; demonstrado na Tabela 5.9.

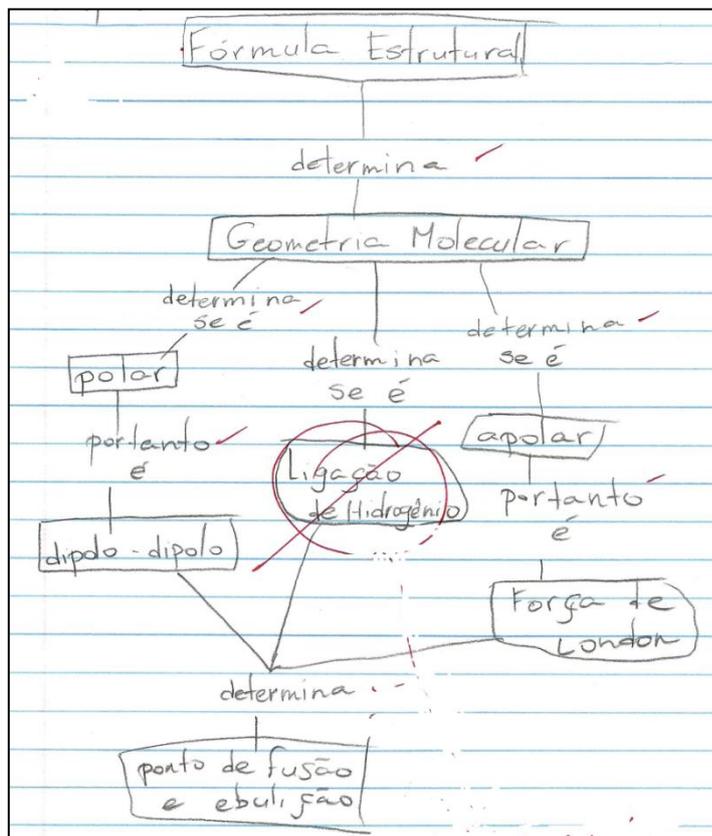


FIGURA 5.7 (Superior) - Mapa conceitual do aluno 3B referente ao problema 2.

FIGURA 5.8 (Abaixo) - Mapa conceitual do aluno 9A referente ao problema 2.

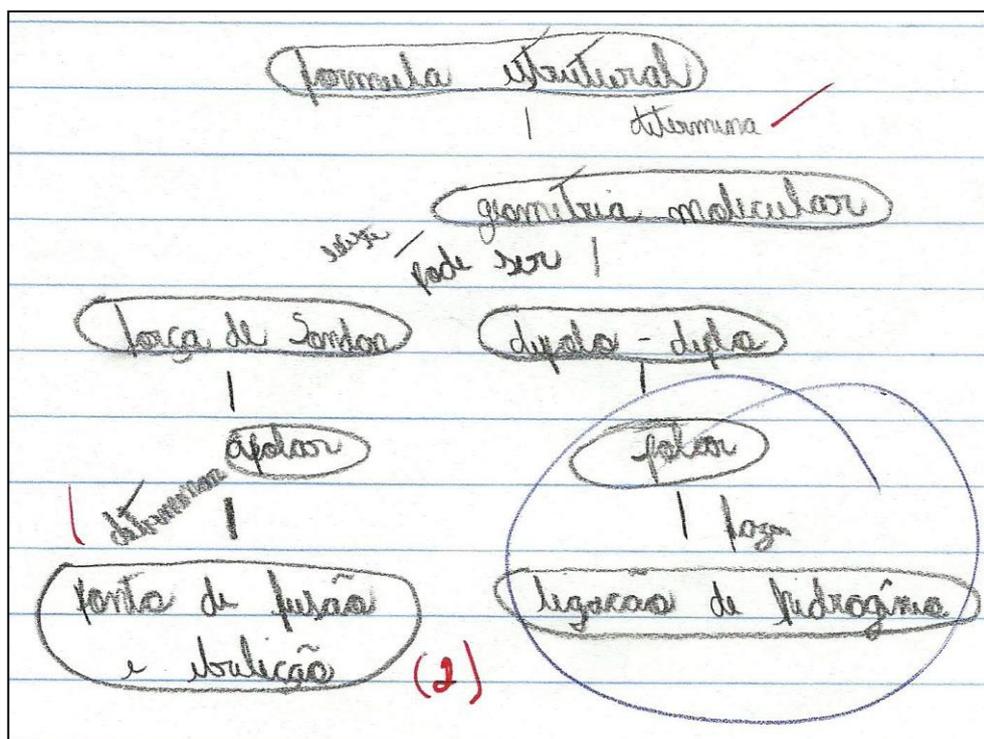


TABELA 5.10- Pontuação obtida pelos alunos 9A e 3B após análise dos mapas referentes ao problema 2

Critérios Classificatórios	Mapa Conceitual de Referencia	Mapa Conceitual do aluno 3B	Mapa conceitual do aluno 9A
Número de proposições formadas	$9 \times 1 = 9$	$7 \times 1 = 7$	$2 \times 1 = 2$
Hierarquia - número de níveis válidos	$4 \times 5 = 20$	$3 \times 5 = 15$	$1 \times 5 = 5$
Ligações Transversais: cada ligação válida	$1 \times 10 = 10$	-----	-----
Total de pontos	39	22	7
% de pontos em relação ao Mapa Conceitual de Referencia		56,4	18,0

A dificuldade verificada em relação ao conceito de ligação de hidrogênio pode representar inadequação conceitual, uma vez que a relação estabelecida pelos alunos é de subordinação

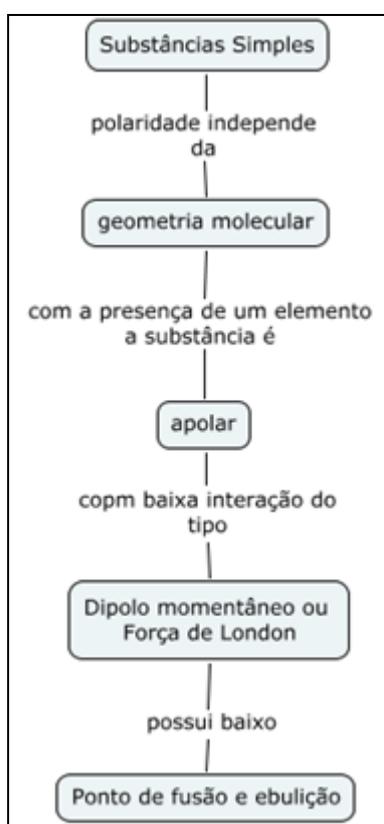
conceitual a polaridade e geometria. Outra hipótese é a dificuldade de trabalhar com os mapas, pois a ligação conceitual no mapa de referência ocorre por meio da subordinação hierárquica a fórmula estrutural e aos altos valores de PE e PF por meio da ligação cruzada ou reconciliação integrativa. Sabe-se por meio do levantamento bibliográfico que as ligações cruzadas são de difícil concretização (NOVAK, 1999; MOREIRA, 2006).

A Figura 5.7 é um exemplo dos mapas com boa hierarquização conceitual, mas que apresentam relação inadequada no conceito ligação de hidrogênio comparada com o mapa referencial (Figura 5.6), refletindo na pontuação relativa indicada na Tabela 5.10. Além disso, nesse mapa há aquela situação de não formação da proposição entre a interação e a intensidade do PE e PF. Na Figura 5.8 há um exemplo das relações hierarquicamente inadequadas comparadas com o mapa de referência, resultando em pontuação inferior a 50% (Tabela 5.10).

Mapas Conceituais do Problema 3a

Neste problema foram fornecidos os conceitos de substância simples, geometria, apolar, dipolo momentâneo e ponto de fusão e ebulição. O conceito geometria foi colocado com o objetivo de verificar entre os alunos a estruturação cognitiva com o conceito de substância simples.

FIGURA 5.9- Mapa conceitual de Referência do problema 3^a



Analisando os mapas do problema 3, constatamos que os conceitos apresentam boa hierarquia conceitual na quase totalidade dos mapas e níveis. Ocorreram cinco casos onde o conceito geral é a geometria, mas o adequado, considerando o mapa de referência (Figura 5.9) é a substância simples. As proposições foram formadas por meio das palavras de ligação: determina/resulta. O significado, portanto, é de que a geometria determina o tipo de substância.

No nível 1, geometria, o significado esperado por meio da formação da proposição é: **substância simples** polaridade independe da **geometria**, mas não foi constatada nenhuma proposição nos mapas analisados, algumas proposições formadas são:

- substância simples determina geometria que determina polaridade;
- substância simples utiliza geometria molecular para achar que é apolar;

- substância depende da geometria molecular para definir polar/apolar;
- substância simples depende da geometria molecular será apolar.

As proposições indicam uma relação de dependência entre geometria e polaridade podendo indicar que o aprendiz desconsidera o conceito mais geral de que substâncias simples são formadas pelos mesmos elementos e, portanto, não há polaridade, mas 32 alunos (78%) concluem que a geometria nesses casos resultam em moléculas apolares. Os outros conceitos que são os mesmos dos mapas do problema 1, comparando ao mapa de referência, são de boa estruturação conceitual.

A Figura 5.10 retrata a situação descrita, onde a palavra de ligação da substância simples e geometria, *resulta*, e dos conceitos geometria molecular e polar/apolar, *depende da polaridade*, que fará sentido com o tipo de interação. A disposição hierárquica está correta, porém, o significado da proposição formada pelos conceitos de geometria e polaridade, mesmo se tratando de substância simples, não é adequado se comparado ao significado dado no mapa de referência. Apesar disso, a pontuação considerada nesse caso é de 100% (Tabela 5.11), pois o número de conceitos considerados pelo aprendiz é maior que o fornecido, portanto, o número de proposições corretas é igual ao do mapa de referência apesar de não serem as proposições esperadas. Essa situação é considerada na bibliografia (NOVAK, 1999; MOREIRA, 2006) inclusive como justificativa para a possibilidade da pontuação ser superior a 100% do mapa de referência.

A Figura 5.11 representa um dos poucos casos muito abaixo de 50% da pontuação em relação ao mapa conceitual. A disposição hierárquica indica que os conceitos que deveriam ser mais inclusos são tratados como algo específico, como é o caso de geometria e força de London em relação à

temperatura de fusão e ebulição. Essa situação resulta na pontuação de 4,2% em relação à pontuação do mapa de referência (Tabela 5.11).

FIGURA 5.10 (acima) - Mapa Conceitual de 18B referente ao problema 3a.

FIGURA 5.11 (Abaixo) - Mapa conceitual de 13B referente ao problema 3a.

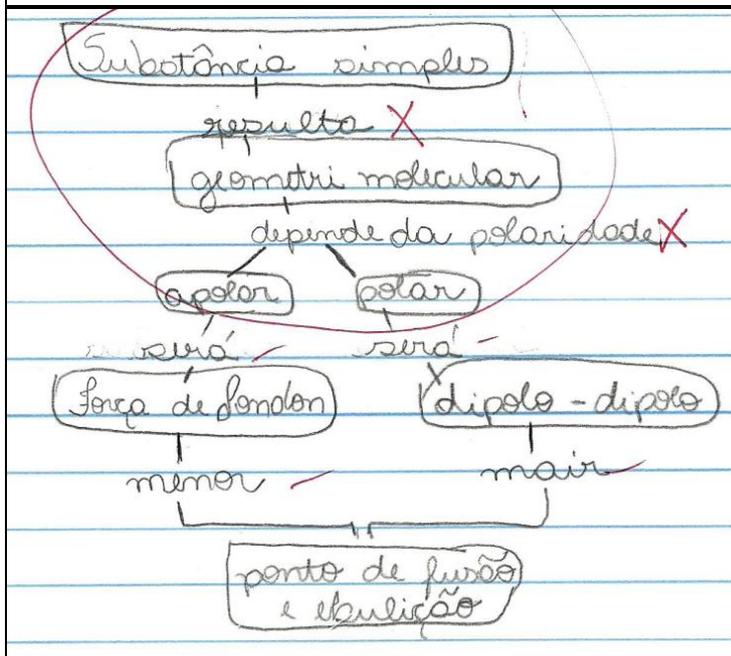
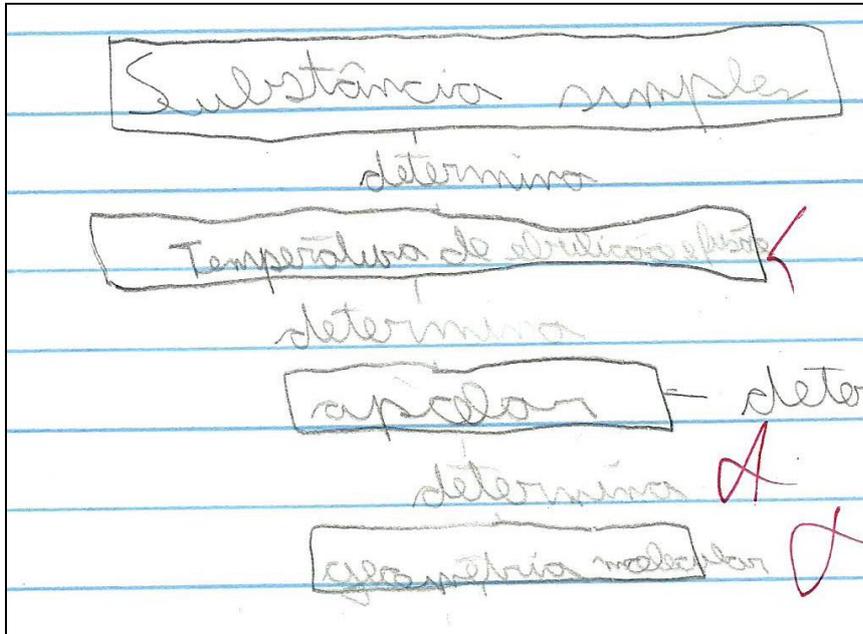


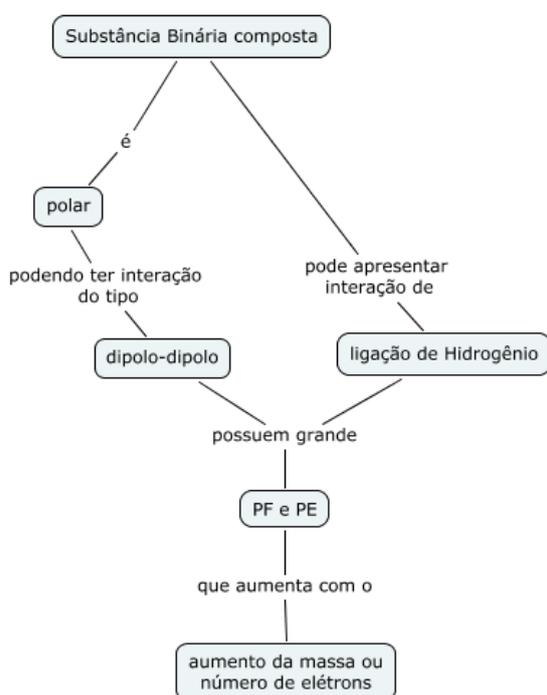
TABELA 5.11: Pontuação obtida pelos alunos 13B e18B, após análise dos mapas referentes ao problema 3a

Critérios Classificatórios	Mapa Conceitual de Referencia	Mapa Conceitual de 18B	Mapa conceitual de 13B
Número de proposições formadas	4 x 1	4 x 1	1 x 1
Hierarquia - número de níveis válidos	4 x 5	4 x 5	0
Ligações Transversais: cada ligação válida	0	0	0
Total de pontos	24	24	1
% de pontos em relação ao Mapa Conceitual de Referencia		100	4,2

Mapas Conceituais do Problema 3b/c

Neste caso o conteúdo geral é a substância binária composta que é

FIGURA 5.12– Mapa conceitual de referência relativo ao problema 3b/c



sempre polar. As interações possíveis nesse caso são: ligação de hidrogênio e dipolo-dipolo. A ligação de hidrogênio independe da polaridade e sim da presença da ligação do elemento H com elementos F, O ou N e por isso estrutura-se com o conceito geral. Ao contrário a interação do tipo dipolo-dipolo que possui relação direta com o fato dessas substâncias serem polares, conforme indicado no mapa de referência (Figura 5.12), essas interações são fortes e podem

ser de maior intensidade nas substâncias de maior número de elétrons (maior massa como é tratado nos livros didáticos de ensino médio).

A análise identificou que o conceito de ligação de hidrogênio em apenas seis mapas foi construído com significado proposicional determinado independente da polaridade, como indicado na Figura 5.13. A maioria dos mapas considera que essa interação ocorre nas substâncias identificadas pela polaridade (Figura 5.14).

O conceito de aumento da massa ou número de elétrons não foi registrado com o sentido semântico dado pelo mapa de referência (Figura 5.12): PF e PE que aumenta entre as substâncias com o aumento da massa ou número de elétrons. As palavras de ligação que aparecem nos mapas dos alunos são: aumenta com; que gera; que determina o; acontece; conseqüentemente; que pode dar; forma; verificar; difere a; que tem; resultará; causando; sabendo que; ocorre; que apresenta.

As proposições formadas com as palavras de ligação descritas pelos alunos formam o sentido de que os altos valores de PF e PE causam aumento da massa ou do número de elétrons das substâncias.

Essas situações descritas anteriormente por meio dos mapas exemplificados foram quantificados conforme Tabela 5.12.

FIGURA 5.13 – Mapa conceitual de 3B em relação ao problema 3b/c

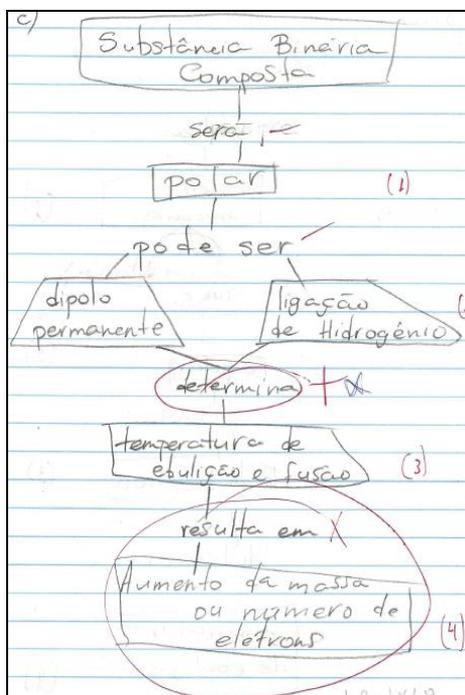


FIGURA 5.14 – Mapa conceitual de 4A em relação ao problema 3b/c

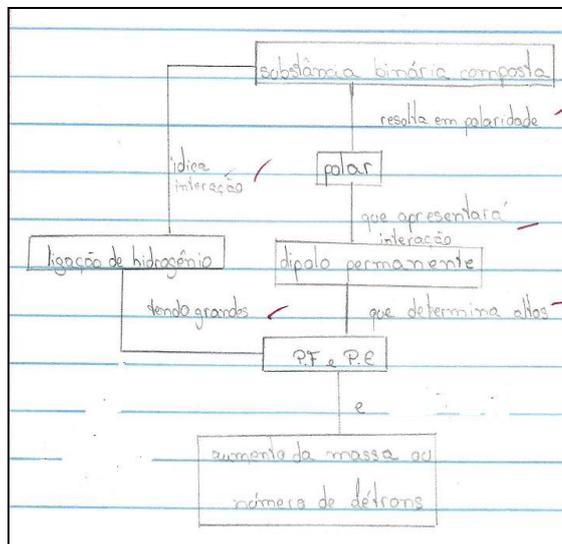


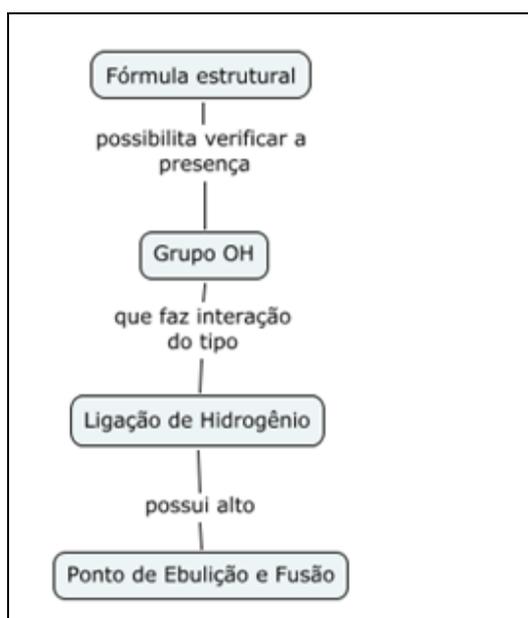
TABELA 5.12: Pontuação obtida pelos alunos 3B e 4ª após análise dos mapas referentes ao problema 3b/c

Critérios Classificatórios	Mapa Conceitual de Referencia	Mapa Conceitual de 3B	Mapa conceitual de 4A
Número de proposições formadas	6 x 1	3 x 1	4 x 1
Hierarquia - número de níveis válidos	4 x 5	4 x 5	4 x 5
Ligações Transversais: cada ligação válida	-----	-----	-----
Total de pontos	26	23	24
% de pontos em relação ao Mapa Conceitual de Referencia		88,5	92,31

Mapas Conceituais do Problema 4

No problema 4 o grupo OH está subordinado hierarquicamente a ligação de hidrogênio. Este é um conceito mais geral comparado aos conceitos PE e PF e todos são subordinados ao conceito geral fórmula estrutural (Figura 5.15).

FIGURA 5.15 – Mapa de referência do problema 4

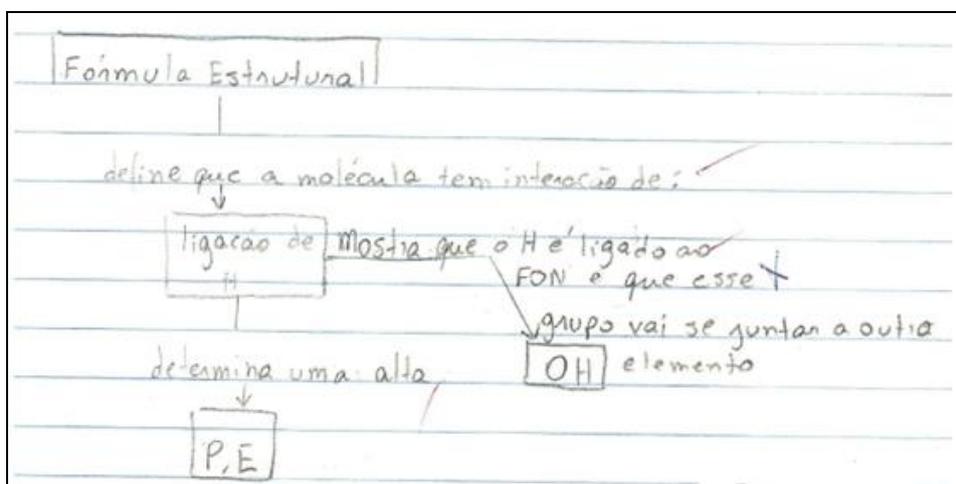


ligação de hidrogênio. Este é um conceito mais geral comparado aos conceitos PE e PF e todos são subordinados ao conceito geral fórmula estrutural (Figura 5.15).

A análise dos mapas mostrou que o conceito geral fosse reconhecido pela quase totalidade dos alunos. Dois mapas apresentam o conceito Grupo OH como conceito geral.

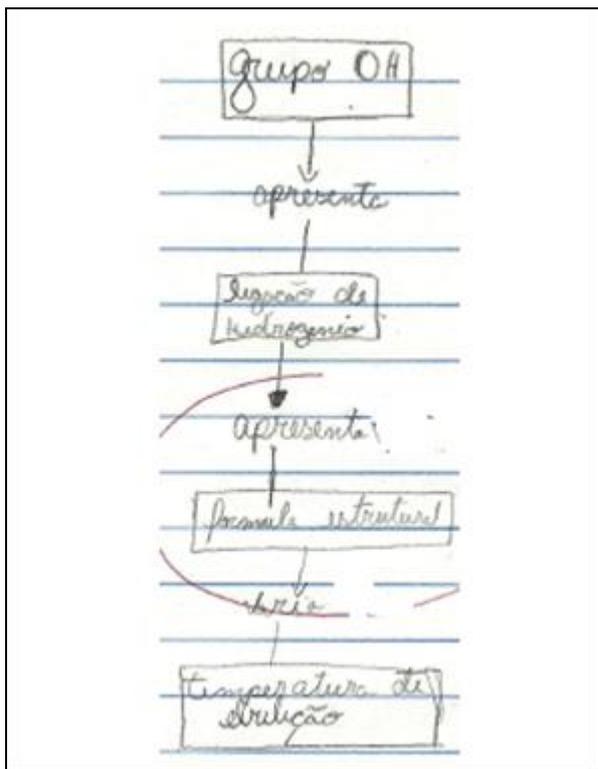
No nível 1 existem 17 mapas conceituais (41%) onde a

FIGURA 5.16 - Mapa conceitual de 5B em relação ao problema 4



relação entre o grupo OH e a ligação de hidrogênio foi estruturada de forma não válida, comparados ao mapa de referência. Entre as ocorrências, sete são de inversão da relação hierárquica. Os alunos consideraram o conceito de ligação de hidrogênio mais geral que o grupo OH, é o que verifica-se na Figura 5.16,

FIGURA 5.17 – Mapa conceitual de 4B em relação ao problema 4



onde a ligação de hidrogênio é colocada em nível superior ao grupo OH e a proposição formada não apresenta sentido.

A Figura 5.18 ilustra outro caso onde o conceito mais geral é o grupo OH, enquanto a fórmula estrutural é indicada como conceito menos inclusivo em relação à ligação de hidrogênio. Esse mapa também revela no nível temperatura de ebulição, que o sentido semântico é dado por meio da palavra de ligação, *varia*.

A relação entre o conceito ligação de hidrogênio e a maior temperatura de ebulição ocorre em 20 mapas (50%). Nos demais aparecem as palavras de ligação: determina; gera; com; que implica; define.

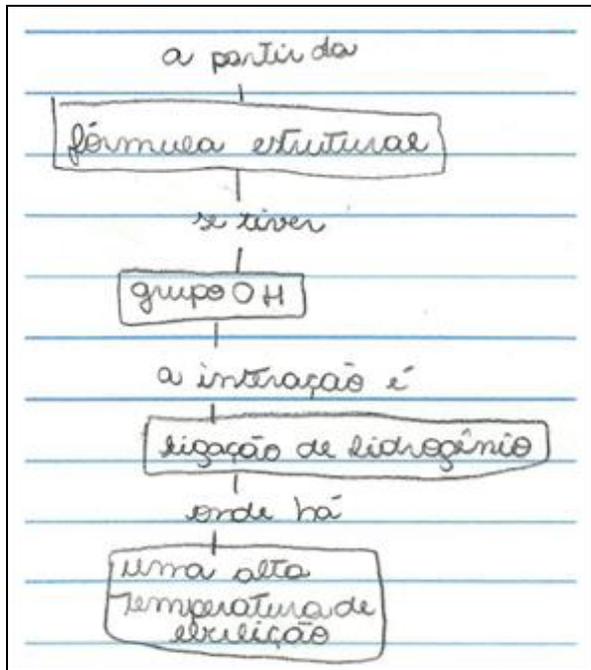
Esses resultados podem indicar que o conceito ligação de hidrogênio possui pouca estruturação cognitiva ou há dificuldade de expressar por meio dos mapas, pois esses alunos apesar de reconhecerem que há ligação de hidrogênio nas substâncias com grupos OH, não conseguem explicitar por meio da diferenciação progressiva ou níveis hierárquicos.

A média de pontuação desses mapas (Tabela 5.3) é alta, 76,7%, o que indica que no geral os mapas apresentam boa hierarquização e significado proposicional. Este é o caso do mapa reproduzido na Figura 5.18.

TABELA 5.13: Pontuação obtida pelos alunos 3A, 4B e 5B, após análise dos mapas referente ao problema 4

Critérios Classificatórios	Mapa Conceitual de Referencia	Mapa Conceitual de 5B	Mapa conceitual de 4B	Mapa Conceitual de 3A
Número de proposições formadas	3 x 1	1 x 1	-----	3 x 1
Hierarquia - número de níveis válidos	3 x 5	1 x 5	1 x 5	3 x 5
Ligações Transversais: cada ligação válida	-----	-----	-----	-----
Total de pontos	18	6	5	18
% de pontos em relação ao Mapa Conceitual de Referencia		33,3%	27,7%	100%

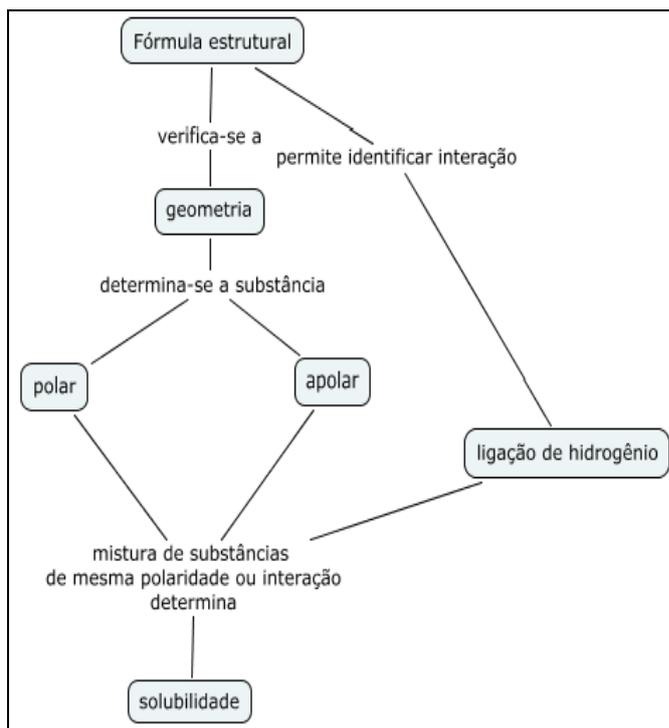
FIGURA 5.18 - Mapa conceitual de 3A referente ao problema 4.



Mapas Conceituais do Problema 5

Os conceitos a serem usados pelos alunos são: fórmula estrutural; polaridade; geometria; ligação de hidrogênio; e solubilidade, como

FIGURA 5.19 – Mapa de referência relativo ao problema 5



apresentado no mapa de referência (Figura 5.19).

A fórmula estrutural é o conceito geral e a ele se estruturam todos os demais: geometria, polaridade, ligação de hidrogênio e a solubilidade. No mapa de referência a ligação de hidrogênio é estruturada por meio da

reconciliação integrativa entre os conceitos fórmula estrutural e o tipo de mistura.

A análise indica que 21 mapas (49%) apresentaram a estruturação do mapa de referência envolvendo os conceitos polaridade e solubilidade, sendo que o sentido proposicional da estruturação do conceito é decorrente da polaridade: polar dissolve polar e apolar dissolve apolar.

Em 10 casos (23%) o conceito solubilidade apresenta posição hierárquica superior ao da polaridade, indicando que esses alunos apresentam esse conceito como mais geral que o da polaridade, mas isso não compromete o

conceito proposicional formado que considera ocorrer solubilidade apenas nos casos de mistura de polar com polar e apolar com apolar. A Figura 5.20 representa uma dessas situações, onde o conceito solubilidade é mais incluso e

TABELA 5.14: Pontuação obtida pelos alunos 16B e 21B, após análise dos mapas referentes ao problema 5

Critérios Classificatórios	Mapa Conceitual de Referencia	Mapa Conceitual de 16B	Mapa conceitual de 21B
Número de proposições formadas	7 x 1	4 x 1	6 x 1
Hierarquia - número de níveis válidos	4 x 5	3 x 5	6 x 5
Ligações Transversais: cada ligação válida	1 x 10	-----	-----
Total de pontos	37	19	36
% de pontos em relação ao Mapa Conceitual de Referencia		51,4	100

relaciona a solubilidade por meio do conceito de mistura homogênea e heterogênea.

No entanto, a reconciliação integrativa, indicando as substâncias que apresentam ligação de hidrogênio como solúveis em água não ocorreram em nenhum dos mapas.

O mapa da Figura 5.21 representa a situação mais próxima do mapa de referência. O sentido proposicional formado é o da solubilidade entre semelhantes: é miscível a mistura de substâncias polar com polar e apolar com apolar. Nesse mesmo mapa há a relação de solubilidade entre substâncias de

ligação de hidrogênio com substâncias da mesma interação, não ocorrendo a relação de solubilidade dessas substâncias com as polares.

FIGURA 5.20 – Mapa conceitual de 16B referente ao problema 5

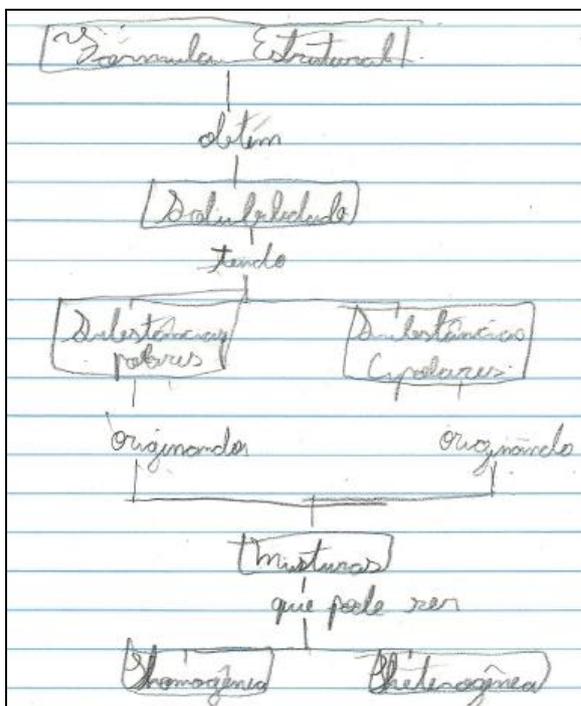
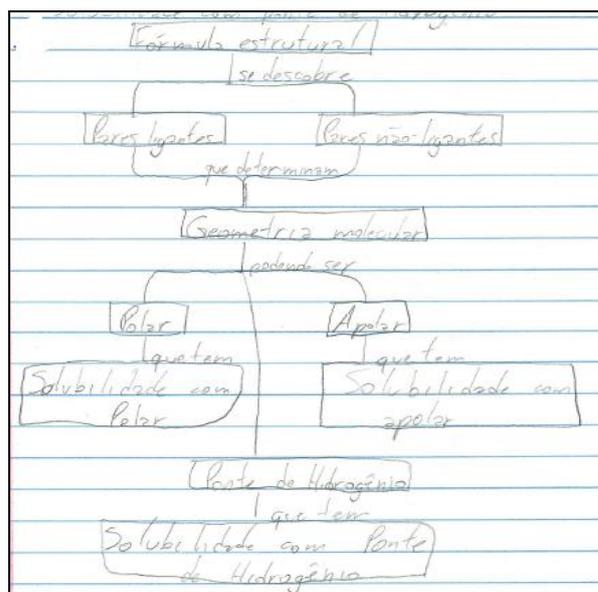


FIGURA 5.21 – Mapa conceitual de 21B referente ao problema 5



Mapas Conceituais do Problema 6

Neste problema relacionamos os conceitos de solubilidade, mistura

homogênea e heterogênea, polar, apolar e densidade.

FIGURA 5.22 - Mapa conceitual de referência relativo ao problema 6

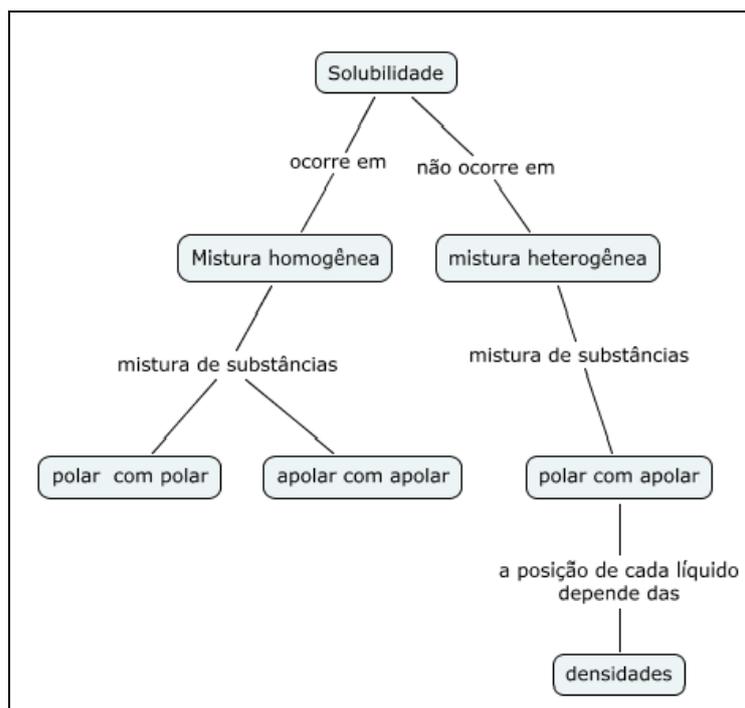


TABELA 5.15– Frequência de outros conceitos gerais nos mapas do problema 6

Conceitos	frequência
densidade	4
substância	7
mistura	5
Distribuição eletrônica	2

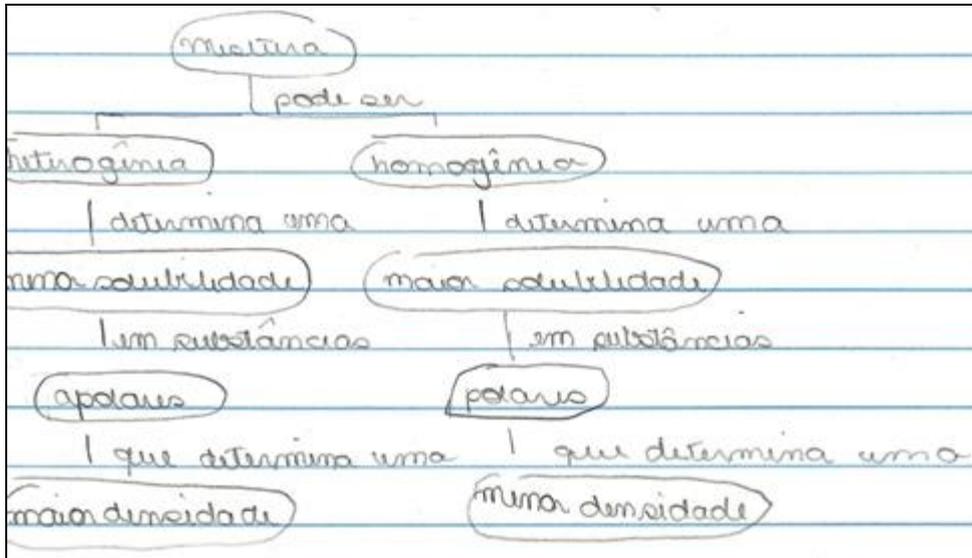
Identificamos o conceito geral como sendo o conceito de solubilidade, pois a sua ocorrência depende do conceito de polaridade que acarretará um tipo de mistura, e no caso de mistura heterogênea a identificação da posição dos componentes pode ocorrer pelas diferenças das densidades, conforme indicado no mapa de referência (Figura 5.22).

Analisando os mapas, verificou-se que um total de 18 alunos (40%) apresentaram outros conceitos como o mais geral, incluindo o conceito Distribuição Eletrônica que não foi fornecido, na

Tabela 5.15 relaciona as ocorrências.

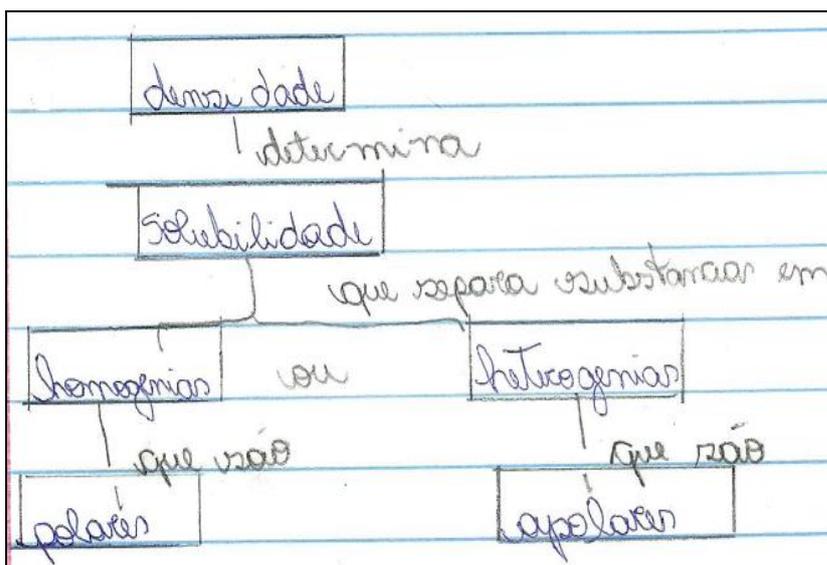
Os alunos apresentaram durante as atividades de reconhecimento do

FIGURA 5.23 - Mapa conceitual de 1B referente ao problema 6



conhecimento prévio, que a solubilidade era determinada pela densidade. Os

FIGURA 5.24 - Mapa conceitual de 10A referente ao problema 6

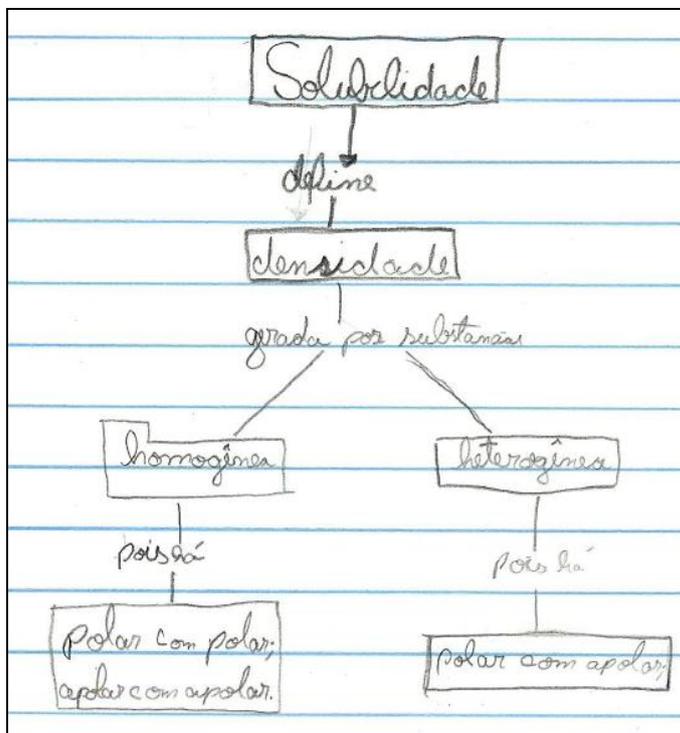


mapas produzidos após as aulas demonstram que quatro alunos (Tabela 5.15) consideram a densidade na estruturação cognitiva como conceito geral e determinante para a solubilidade e identificação do

tipo de mistura: homogênea ou heterogênea. O significado proposicional que aparecem: “densidade determina solubilidade”; e “densidade depende de homogênea e heterogênea”. A Figura 5.23 representa um desses mapas onde o conceito geral é densidade e a proposição indica o significado cognitivo de que a densidade determina a solubilidade. Além disso, o conceito densidade aparece em outros níveis hierárquicos com as seguintes proposições:

- Solubilidade define densidade gerada por substância homogênea/heterogênea; Substância polar tem alta densidade/apolar baixa;
- Homogênea/Heterogênea para saber a densidade; dependendo de sua densidade pode ser homogênea e heterogênea; substância polar tem alta densidade/ apolar baixa.

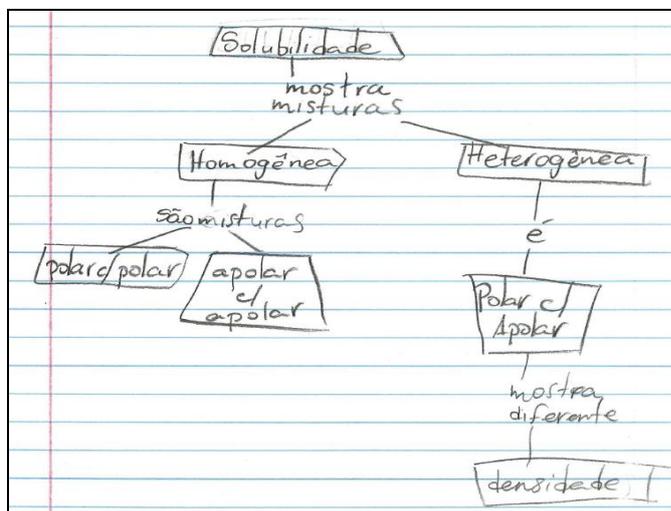
FIGURA 5.25 - Mapa conceitual de 4B em relação ao problema 6



As figuras 5.24 e 5.25 ilustram uma das situações descritas de um total de 15 (37%) ocorrências: na primeira a maior ou menor densidade deriva do tipo de mistura e na segunda a solubilidade define a densidade gerada por substâncias homogêneas/heterogêneas. Esses mapas dão uma visão geral das ocorrências: há uma boa

hierarquização dos conceitos com exceção para o conceito densidade, confirmado pelos significados proposicionais.

FIGURA 5.26 - Mapa conceitual de 3B em relação ao problema 6



A pontuação média obtida, 64,2% (Tabela 5.7) sendo que oito alunos tiveram pontuação inferior a 50%, reforçando a conclusão de que os alunos tiveram por meio do aprendizado uma boa estruturação dos conceitos, porém com pouca estruturação cognitiva do conceito densidade.

Tabela 5.16 - Pontuação obtida pelos alunos 10A, 1B e 3B após análise dos mapas referentes ao problema 6

Critérios Classificatórios	Mapa Conceitual de Referencia	Mapa Conceitual de 1B	Mapa conceitual de 10A	Mapa conceitual de 3B
Número de proposições formadas	6 x 1	1 x 1	-----	6 x 1
Hierarquia - número de níveis válidos	3 x 5	3 x 5	3 x 5	3 x 5
Ligações Transversais: cada ligação válida	-----	-----	-----	-----
Total de pontos	21	16	15	21
% de pontos em relação ao Mapa Conceitual de Referencia		76%	71%	100

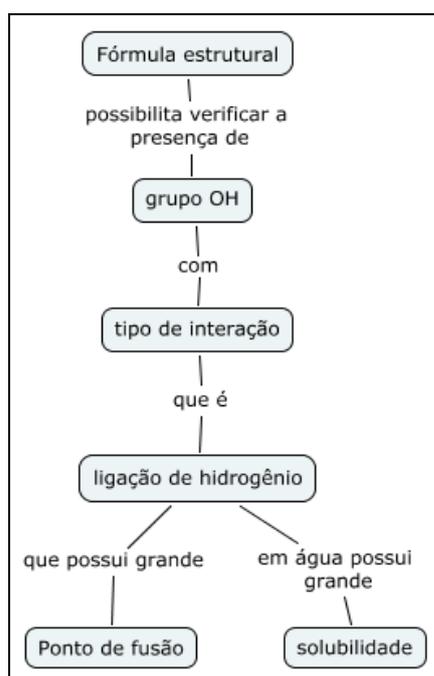
A

Figura 5.26 representa a situação de uma boa hierarquia conceitual, incluindo o conceito densidade, a frequência desse tipo de mapa é de apenas 8.

Mapas Conceituais do Problema 7

Neste caso os conteúdos relacionados são: fórmula estrutural; tipo

FIGURA 5.27 - Mapa conceitual de referência relativo ao problema 7

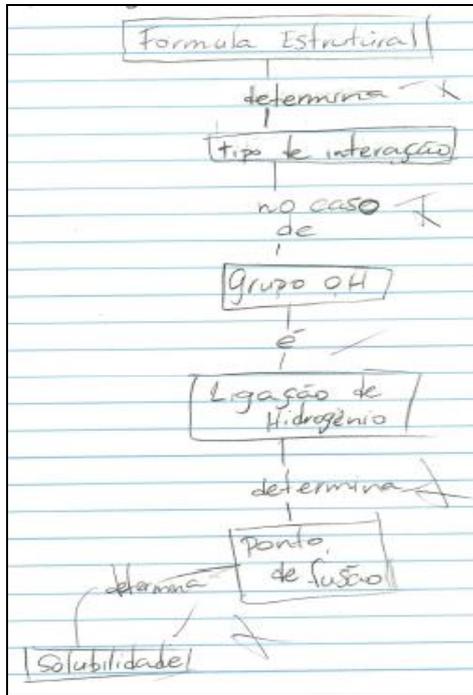


de interação; grupo OH; ligação de hidrogênio; solubilidade; ponto de fusão. De acordo com o mapa de referência (Figura 5.27), um bom mapa é aquele que possui estruturação tal que o conceito mais inclusivo é a fórmula estrutural formando a seguinte proposição: Fórmula Estrutural possibilita verificar a presença de Grupo OH com o Tipo de Interação que é a Ligação de Hidrogênio. Os conceitos de ponto de fusão e solubilidade são conceitos específicos decorrentes da intensidade da grande interação das ligações de hidrogênio.

A análise dos mapas indica que seis mapas não apresentaram o conceito fórmula estrutural como o conceito geral, sendo substituído pelos conceitos: solubilidade; ligação de hidrogênio, além de substância e distribuição eletrônica que são conceitos que não estavam relacionados. Identificou-se ainda 20 mapas que além de apresentarem o conceito geral Fórmula Estrutural apresentam significado proposicional geral, próximo ao sentido demonstrado pelo mapa de referência (Figura 5.27).

A Figura 5.28 apresenta o conceito solubilidade em posição hierárquica não válida comparada com o mapa de referência, pois se trata de um conceito específico tal como o ponto de fusão. As palavras de ligação formam

FIGURA 5.28 – Mapa conceitual de 3B referente ao problema 7

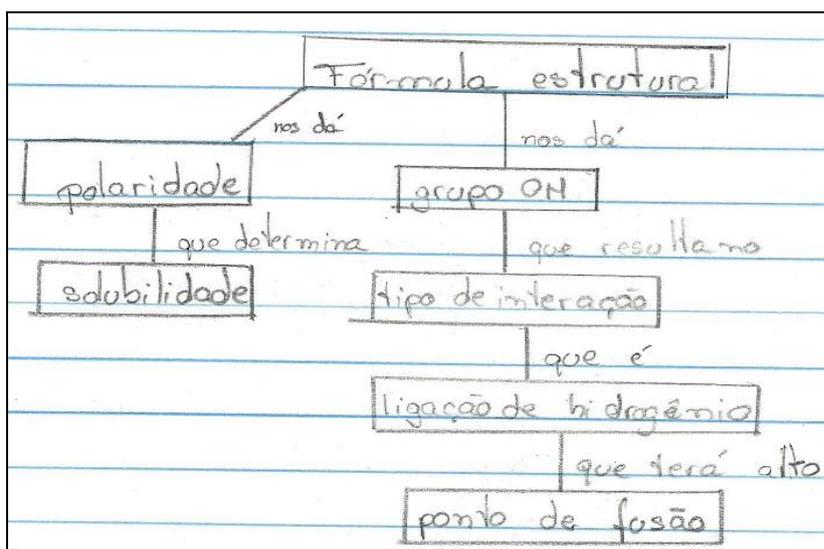


proposições válidas indicando uma estrutura cognitiva com boa relação conceitual, resultando em pontuação superior ao do mapa de referência (Tabela 5.17).

O mapa da Figura 5.29 possui estrutura diferente do mapa de referência: apresenta um conceito não listado, polaridade, que se ramifica com o conceito solubilidade. Essa estruturação indica que a solubilidade ocorre em compostos polares e dificulta determinar qual a estruturação cognitiva dos conceitos Solubilidade e Ligação de hidrogênio,

pois encontram-se em ramais distintos. Apesar disso há uma boa estruturação dos conceitos que resultam em pontuação aproximada de 100% (Tabela 5.17).

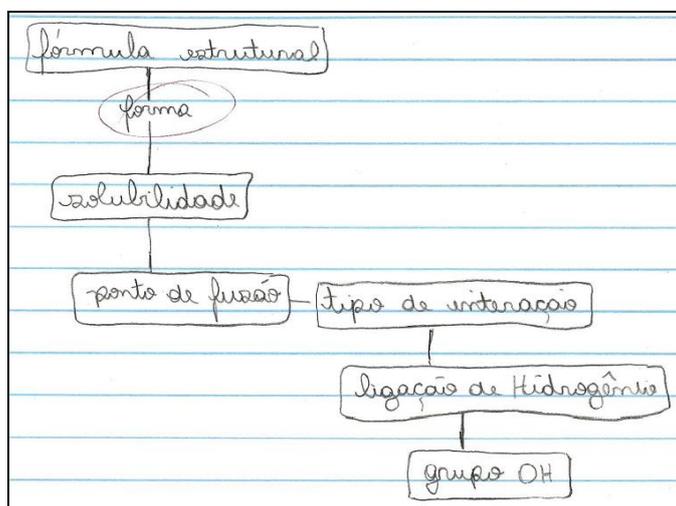
FIGURA 5.29 - Mapa conceitual de 4A referente ao problema 7



Vários outros mapas conceituais apresentam relações hierárquicas e proposições não válidas comparadas com o mapa de referência. Seguem algumas

dessas proposições identificadas:

FIGURA 5.30 – Mapa conceitual de 10B referente ao problema 7



- ligação de hidrogênio varia a solubilidade; grupo OH pode saber a solubilidade e ponto de fusão; ligação de hidrogênio que determina ponto de fusão que determina tipo de interação que determina a solubilidade; grupo OH

TABELA 5.17- Pontuação obtida pelos alunos 4A, 3B e 10B, após análise dos mapas referentes ao problema 7

Crítérios Classificatórios	Mapa Conceitual de Referencia	Mapa Conceitual de 3B	Mapa conceitual de 4A	Mapa conceitual de 10B
Número de proposições formadas	5 x 1	1 x 1	6 x 1	0
Hierarquia - número de níveis válidos	4 x 5	2 x 5	4 x 5	0
Ligações Transversais: cada ligação válida	-----	-----	-----	-----
Total de pontos	25	11	26	0
% de pontos em relação ao Mapa Conceitual de Referencia		44	104	0

mostra a solubilidade/ponto de fusão; ligação de hidrogênio determina a solubilidade; grupo OH que tem alta solubilidade; ligação de hidrogênio que

permite saber a solubilidade; ligação de hidrogênio com isso definimos solubilidade/ponto de fusão; ligação de hidrogênio mostra sua solubilidade; ligação de hidrogênio mostra que quanto mais grupos OH maior ponto de fusão; ligação de hidrogênio tem solubilidade.

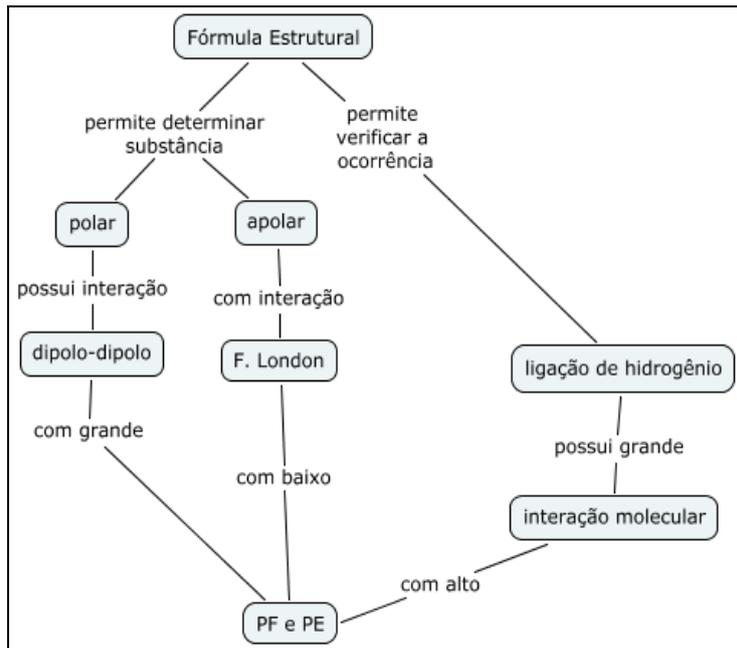
As proposições indicam de forma imprecisa a relação entre a ligação de hidrogênio ou grupo OH com a solubilidade e ponto de fusão. As palavras de ligação usadas como: determina; mostra; permite; definimos; varia; permite saber; pode saber; indicam de forma imprecisa a natureza da relação desses conceitos.

O mapa da Figura 5.30, representa uma das situações em que há inconsistência hierárquica e proposicional: com exceção do conceito geral os demais conceitos estão colocados de forma inadequada, além disso, só há a palavra de ligação entre o conceito geral e o primeiro nível. Esse mapa resulta numa pontuação zero (Tabela 5.17).

Mapas Conceituais do Problema 8

Os conceitos relacionados envolvem fórmula estrutural como o mais geral e que se relaciona com os conceitos: polaridade e interação do tipo dipolo-dipolo e força de London.

FIGURA 5.31– Mapa de referencia em relação ao problema 8



O conceito ligação de hidrogênio apesar de resultar em compostos polares, ocorrerá quando presente grupos contendo a ligação H-O; H-N ou H-F, que

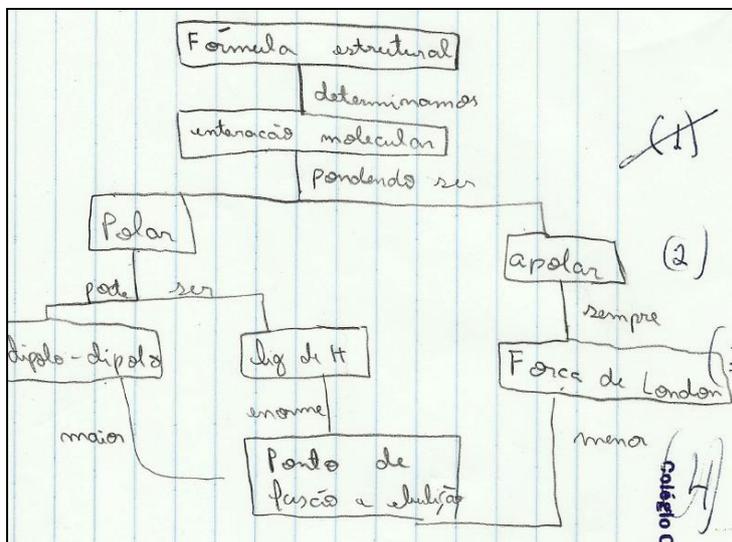
pode ser determinado por meio do conceito Fórmula Estrutural e relacionam-se com diferentes intensidades com o conceito Ponto de Ebulição e Fusão. A estruturação dos conceitos de fórmula molecular e ligação de hidrogênio é colocada em um ponto de ramificação, na forma de ligação cruzada, separado dos demais conceitos para mostrar a independência dessa relação (Figura 5.31).

Todos os mapas apresentam o conceito fórmula estrutural como o conceito geral, isso significa que todos estruturam os conceitos listados apoiando-se nesse conceito.

Os resultados indicam que três alunos estruturaram a ligação cruzada, portanto, a quase totalidade dos alunos não consegue estabelecer esse tipo de relação, o que está de acordo com os resultados das referências

bibliográficas. A ausência da ligação cruzada na relação como o conceito de

FIGURA 5.32 – Mapa conceitual de 8B relativo ao problema 8



ligação de hidrogênio resulta na não adequação do mapa, comparado com o mapa de referência, e isso justifica a média de 54,9% em média de acertos.

Foi investigada a forma como está organizada cognitivamente por meio do levantamento das

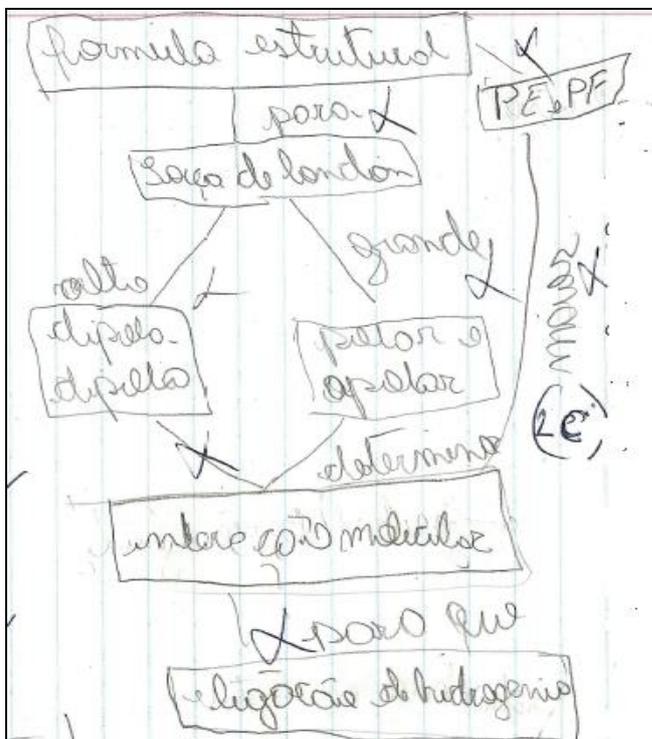
relações hierárquica e proposicionais (Tabela 5.18).

A proposição 1 é a de maior frequência e indica que a relação cognitiva formada é tal que a ligação de hidrogênio depende da substância ser polar. Um exemplo dessa situação está ilustrada na Figura 5.32: o ponto de ramificação formada no conceito Interação Molecular tem como ramificação o conceito Polar que se estrutura com o conceito Ligação de Hidrogênio. Apesar da estruturação inadequada da proposição comparada com o mapa de referência, o mapa da Figura 5.32 mostra uma boa estruturação cognitiva dos conceitos relacionados, resultando na pontuação aproximada de 88% (Tabela 5.19).

As proposições 2, 5, 9, 11, 13, 14, apesar de apresentarem diferentes palavras de ligação, apresentam os mesmos significados semânticos, sendo explícito nas proposições 5, 9, 11, 13 e 14 que relacionam a ligação de hidrogênio com a interação dipolo-dipolo como se fossem sinônimos ou como variantes dessa.

A Figura 5.33 retrata um desses casos, onde os conceitos não apresentam hierarquia

FIGURA 5.33 – Mapa conceitual de 14B relativo ao problema 8



conceitual e as proposições formadas não apresentam o sentido determinado pelo mapa de referência, resultando em pontuação baixa, 15% (Tabela 5.19).

Apesar da pouca estruturação cognitiva na maioria dos casos em relação ao conceito Ligação de Hidrogênio, os demais conceitos foram bem hierarquizados com a ocorrência da diferenciação progressiva. O conceito geral e

subsunção, fórmula estrutural, foi identificado por todos os alunos ocorrendo a diferenciação progressiva entre o conceito interação e polaridade.

TABELA 5.18 - Relações hierárquicas e proposicionais formadas pelos alunos envolvendo o conceito ligação de hidrogênio.

Nº da proposição	Proposições formadas envolvendo o conceito ligação de hidrogênio	Frequência
1	Fórmula estrutural permite identificar polar a interação é ligação de hidrogênio permite identificar ponto de fusão e ebulição.	13
2	Fórmula estrutural permite descobrir polar e apolar permite descobrir interação molecular pode ser ligação de hidrogênio permite descobrir ponto de fusão e ebulição.	4
3	Fórmula estrutural sabemos se há ligação de hidrogênio com alto ponto de fusão.	2
4	Fórmula estrutural permite identificar polar a interação é ligação de hidrogênio determina força de London permite identificar ponto de fusão e ebulição.	2
5	Fórmula estrutural determina polar interação forte pode ser dipolo ou ligação de hidrogênio o PE e PF é alto.	1
6	Fórmula estrutural determina ligação de hidrogênio grande interação molecular aumenta PF e PE.	1
7	Fórmula estrutural estabelece ligação de hidrogênio determina interação molecular pode ser dipolo-dipolo ou força de London.	1
8	Fórmula estrutural estabelece ligação de hidrogênio determina interação molecular pode ser dipolo-dipolo ou força de London.	1
9	Formula estrutural determina se a molécula é polar faz interação do tipo dipolo se for ligação de hidrogênio terá maior interação molecular.	1
10	Fórmula estrutural determina a geometria molecular – ligação de hidrogênio mostra uma interação muito forte.	1
11	Fórmula estrutural determina ligações de hidrogênio contêm dipolo.	1
12	Fórmula estrutural estabelece ligação de hidrogênio determina interação molecular pode ser dipolo-dipolo ou força de London.	1
13	Fórmula Estrutural determina polar podendo ser dipolo fazendo interação de ligação de hidrogênio tendo alto PF e PE.	1
14	Fórmula estrutural sabe-se a polaridade polar permite saber que é dipolo que é uma ligação de hidrogênio.	1

Tabela 5.19: Pontuação obtida pelos alunos 8B e 14B após análise dos mapas referentes ao problema 8

Critérios Classificatórios	Mapa Conceitual de Referencia	Mapa Conceitual de 8B	Mapa conceitual de 14B
Número de proposições formadas	9 x 1	9 x 1	1 x 1
Hierarquia - número de níveis válidos	4 x 5	3 x 5	1 x 5
Ligações Transversais: cada ligação válida	1 x 10	1 x 10	-----
Total de pontos	39	34	6
% de pontos em relação ao Mapa Conceitual de Referencia		87,2	15,4

5.3. Análise entre os Mapas Conceituais

Após analisar as principais características dos mapas dos alunos para cada problema, este item tem o objetivo de verificar as relações das categorias entre os mapas dos diferentes problemas.

Os mapas de cada problema apresentam um conjunto pré-determinado de conceitos com relação de proximidade entre eles que podem ser de maior ou menor intensidade. Como os mapas foram produzidos tendo como base essa lista conceitual, analisaremos a seguir os resultados dos mapas com o objetivo de avaliar a estruturação conceitual, progressos cognitivos e identificação de conceitos com menor estruturação cognitiva. Além disso, as relações cognitivas serão relacionadas com a estruturação dos mapas.

5.3.1. Comparação entre os mapas

A comparação entre os conteúdos em cada problema (Tabela 5.1) permite verificar que no problema 1 a substância simples é o conceito geral dos conceitos interações, polaridade e dos conceitos específicos massa e número de elétrons. Os mapas são no geral simples e de estrutura linear, mas organizados o suficiente para indicar a boa estruturação dos conceitos listados. Entre os conceitos, o aumento da massa ou número de elétrons é o que apresentou menor organização ou estruturação, sendo o principal responsável pela média de pontuação dos mapas serem de aproximadamente 63% em relação ao mapa de referência.

No problema 2 os conceitos substâncias simples, composta, dipolo-dipolo; força de London e ligação de hidrogênio têm como conceito geral a

fórmula estrutural. Comparando-se os conceitos envolvidos nos problemas 2 e 1 observa-se que o problema 2 possui complexidade superior ao dos mapas do problema 1, pois os conceitos do problema 1, com exceção massa/número de elétrons, estão englobados no mapa do problema 2. Conforme a descrição das análises dos mapas em cada caso, a média de pontuação nos mapas do problema 2 é menor, pois além de maior complexidade da representação no mapa, percebeu-se que o significado do conceito ligação de hidrogênio ainda não estava suficientemente estruturado cognitivamente. Os demais conceitos foram no geral bem estruturados.

Os mapas do problema 3a têm estrutura semelhante aos dos mapas do problema 1, sendo que o conceito massa e ou número de elétrons é o conceito que não consta no problema 3a, portanto, este mapa é mais simples, o que justifica a maior média de pontuação. Porém, o mapa do problema 3b/c possui os conceitos do problema 2, acrescido dos conceitos massa e número de elétrons, conceitos de maior dificuldade do problema 1. As análises indicam que persistem na maioria dos casos a concepção verificada no problema 2: o conceito ligação de hidrogênio foi estruturado para a quase totalidade com o conceito polaridade. Além disso, o significado do conceito de aumento dos elétrons (massa) expresso nas proposições é: ponto de fusão e ebulição determinam o aumento da massa ou número de elétrons, ou seja, uma inversão da relação causa-efeito.

Comparando os mapas dos problemas 1 e 2 percebe-se uma evolução na estruturação com grande incidência de ramificação, o que indica maior diferenciação progressiva. Essa evolução é bem acentuada nos mapas do problema 3b/c, onde as médias de pontuação dos mapas (Tabela 5.7 e Figura 5.34) são superiores, 64,3%, porém, os mesmos significados constatados nos problemas 1 e 2 aparecem nos mapas do problema 3b/c.

Os mapas do problema 4 apresentam estrutura mais simples, possivelmente pela menor quantidade de conteúdos relacionados, incluindo o conceito ligação de hidrogênio que tem apresentado erros conceituais nos mapas dos problemas anteriores. Esses casos apresentam um progresso na estruturação dos mapas, pois o número de alunos que não apresenta o significado indicado pelo mapa de referência é grande, 16, porém, menor que o demonstrado nos mapas anteriores. Isso pode revelar que houve reestruturação cognitiva.

No problema 5 é introduzido o conceito de solubilidade subordinado ao conceito polaridade e possui como conceito geral a fórmula estrutural. Os resultados indicam que a maioria (31 mapas) estrutura a solubilidade, considerando as semelhanças das polaridades. Esses conceitos também ocorrem no problema 6 com o acréscimo dos conceitos tipo de mistura e densidade. Os resultados confirmam que a relação entre os conceitos solubilidade e polaridade estão bem estruturadas para a maioria dos alunos, mas há um número significativo de mapas que indicam que a estruturação do tipo de mistura está ancorada no conceito densidade o que fazem desenvolver a concepção da solubilidade como causa da densidade.

Os mapas do problema 7 também apresentam conceitos relacionados ao conceito específico solubilidade, mas envolvendo o conteúdo ligação de hidrogênio e a presença do grupo OH que também foram usados no problema 5. Os resultados apontam uma boa estruturação hierárquica dos mapas com a indicação da ligação de hidrogênio e a solubilidade, apesar das proposições formadas serem imprecisas. Isso resultou em pontuação média de acertos dos mapas do problema 6 e 7 em valores próximos e superiores aos obtidos nos mapas do problema 5.

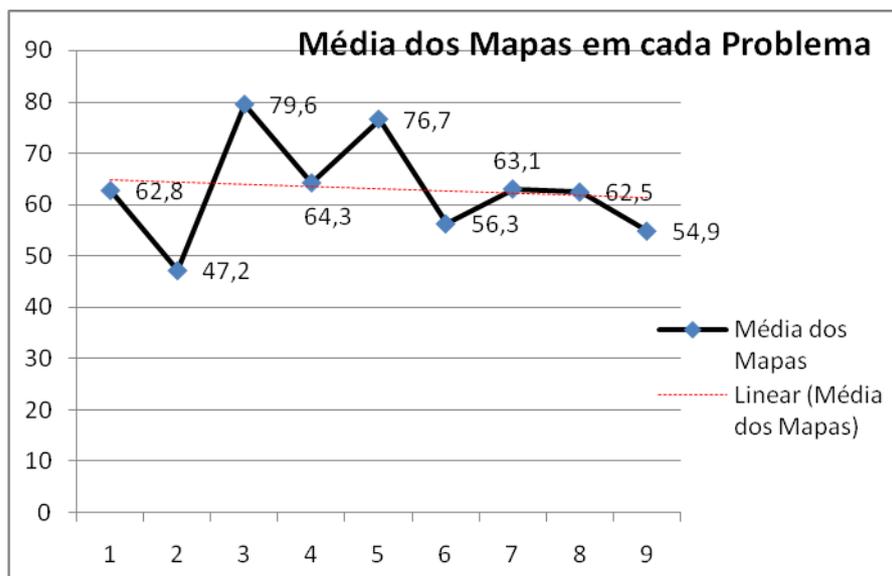
Os mapas conceituais do problema 8 apresentam estrutura semelhante aos do problema 2 onde a relação ligação de hidrogênio é identificada como a menos estruturada, persistindo a ideia associativa e

subordinada ao conceito polaridade. Além disso, a representação indicada no mapa de referência é por meio de reconciliação integrativa ou ligações cruzadas, difícil de ser traçado pelos alunos iniciantes na construção de mapas.

Por hipótese, esses resultados podem representar pequena incorporação desses conceitos na estrutura cognitiva, ou pode apenas ser a confirmação da dificuldade de expressar essas relações no mapa por meio de encontros de conceitos e pontos de ramificações diferentes. De qualquer forma o resultado da média de pontuação é ligeiramente maior nos mapas do problema 8 em relação aos do problema 2.

O gráfico 1 (figura 5.34) apresenta a evolução das pontuações dos mapas nos problemas e podemos verificar que não é linear o que pode indicar que os conceitos listados em cada caso não apresentam uma ordem linear de dificuldade para a representação da estruturação desses conhecimentos.

FIGURA 5.34 – Gráfico com a média percentual dos mapas em cada problema em relação aos mapas de referência.



5.4. Análise dos problemas

Neste tópico as resoluções de cada um dos problemas serão analisadas quantitativamente por meio da pontuação que retrata o acerto das respostas comparadas com a resolução de referência. Esta será apresentada em cada problema, abordando quais os conteúdos a serem usados e como irão se relacionar.

Os resultados estão representados nas tabelas 20 e 21, sendo que os alunos ausentes, que não possuem as resoluções e as respectivas pontuações comparativas com a resolução de referência estão indicados com traços (-----).

As resoluções dos alunos foram comparadas com as resoluções de referência procurando-se fazer o levantamento dos conceitos presentes, ausentes e que demonstram pouca estruturação ou inadequação.

As análises individuais dos problemas foram comparadas entre si para determinar categorias comuns.

TABELA 5.20 - Resultado em porcentagem de acertos da análise da resolução de cada problema para cada aluno.

Nome	1	2	3a	3b e c	4	5	6	7	8
1A	50	100	zero	50	-----	87,5	25	75	25
2A	12,5	50	zero	Zero	50	100	50	75	25
3A	50	100	zero	50	75	87,5	100	75	100
4A	50	100	zero	50	-----	87,5	100	75	87,5
5A	12,5	75	zero	50	50	87,5	50	75	zero
6A	100	50	zero	zero	100	75	25	25	40
7A	100	zero	100	zero	40	50	Zero	-----	-----
8A	100	50	zero	zero	zero	37,5	50	25	40
9A	50	zero	zero	zero	60	87,5	50	62,5	25
10A	100	75	zero	50	75	-----	100	62,5	87,5
11A	zero	50	zero	50	60	87,5	100	-----	-----
12A	zero	100	zero	zero	40	87,5	50	62,5	25
13A	50	75	100	25	50	37,5	100	50	25
14A	100	100	100	100	100	87,5	50	50	100
15A	zero	75	zero	100	70	zero	50	62,5	25
16A	100	75	zero	50	100	87,5	100	75	62,5
17A	75	50	100	100	100	100	100	75	100
18A	100	100	zero	50	zero	87,5	100	75	87,5
19A	50	-----	-----	-----	zero	25	50	25	25
20A	100	100	zero	25	50	87,5	100	87,5	40
21A	25	50	zero	Zero	75	37,5	85	62,5	50
22A	50	50	zero	50	50	87,5	100	25	50
23A	100	50	zero	zero	50	87,5	25	50	25
24A	100	25	zero	zero	30	37,5	100	50	25
1B	50	zero	zero	zero	zero	37,5	50	50	zero
2B	50	50	-----	-----	-----	37,5	100	-----	-----
3B	50	50	100	100	50	Zero	100	37,5	50
4B	zero	50	zero	zero	60	62,5	zero	62,5	50
5B	50	100	zero	50	75	87,5	50	100	25
6B	100	zero	zero	50	75	37,5	100	87,5	75
7B	100	50	100	100	75	zero	100	50	75
8B	100	100	100	100	60	87,5	100	87,5	87,5
9B	50	100	zero	100	50	87,5	100	50	25
10B	zero	zero	zero	zero	40	Zero	50	25	zero
11B	50	zero	-----	-----	-----	-----	75	75	25
12B	25	100	100	100	100	87,5	100	75	50
13B	50	zero	zero	50	0	12,5	25	25	50
14B	50	zero	zero	50	60	62,5	100	Zero	25
15B	25	75	100	75	75	87,5	50	87,5	87,5
16B	100	100	-----	-----	100	87,5	100	75	75
17B	25	zero	zero	zero	zero	37,5	50	zero	zero
18B	50	50	zero	25	75	-----	100	75	62,5
19B	50	100	zero	50	50	87,5	100	62,5	75
20B	50	25	zero	25	25	87,5	100	75	zero
21B	100	100	zero	100	100	37,5	100	87,5	100

TABELA 5.21 - Média de acerto percentual a cada problema.

Problemas	1	2	3a	3b/c	4	5	6	7	8
Média percentual de acertos	57,78	57,95	21,95	43,29	55,98	62,59	73,56	59,22	47,80

Problema 1

1- (UFC-2007- adaptado) As forças intermoleculares são responsáveis por várias propriedades físicas e químicas das moléculas, como, por exemplo, a temperatura de fusão. Considere as moléculas de F_2 , Cl_2 e Br_2 .

- a) Quais as principais forças intermoleculares presentes nessas espécies?
- b) Ordene essas espécies em ordem crescente de temperatura de fusão.

Número de alunos participantes: 45.

A resolução de referência para cada item é:

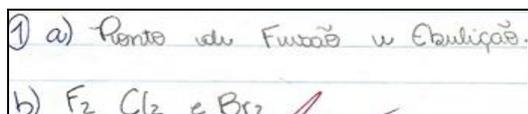
- a) As fórmulas moleculares indicam que as moléculas são substâncias simples, portanto, moléculas apolares. Nesse caso todas apresentam interação do tipo Forças de London ou dipolo momentâneo.
- b) A temperatura de fusão está relacionada à força de interação, como são todas iguais, relacionamos o número de elétrons (ou massa) - maior o número de elétrons, maior o ponto de fusão, então teremos: $F_2 < Cl_2 < Br_2$

Dos 45 alunos que participaram da atividade, 15 (33%) não conseguiram responder de forma completa o item a, tendo uma média de acertos de aproximadamente 70%.

TABELA 5.22 - Proposições incorretas utilizadas nas respostas.

Proposições incorretas utilizadas como resposta ao item a	Frequência
Moléculas polares e apolares	2
Ligação de hidrogênio e dipolo momentâneo	1
Força de London e Dipolo	1
Força de London, Dipolo Momentâneo e Dipolo permanente	1
Temperatura de fusão e atração intermolecular	1
Atração dos átomos	1
Força de atração, força entre as moléculas, forças exercidas pelos elétrons	1
Ponto de fusão e ebulição	1
São apolares e as forças que estão presentes são a massa e a força de London	1
Força de London, temperatura de fusão e ebulição	1
Forças apolares e muita atração	1
Dipolo momentâneo e dipolo-dipolo a	1

FIGURA 5.35 - Resolução do problema 1 de 11B.

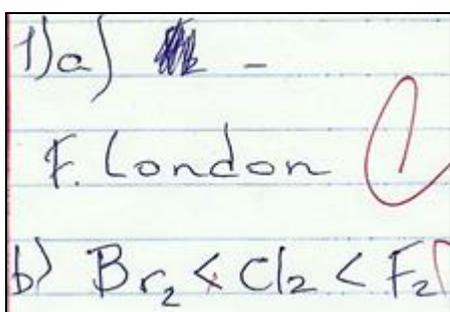


Verifica-se que os alunos, apesar de na maior parte dos casos, nomear termos relacionados à interação, as proposições indicadas na Tabela 5.22 não apresentam relacionamento conceitual aplicável à solução do problema. A Figura 5.35 exemplifica essa situação: no lugar do tipo de interação foram mencionadas as propriedades decorrentes: ponto de fusão e ebulição. Assim, temos outros

termos: moléculas como apolar e polar, sendo que todas são apolares e, além disso, esse termo não é o indicativo do tipo de interação; interação dipolo momentâneo e dipolo-dipolo; e assim por diante.

Na resolução do item b, a média de acertos decresce para 49%, 23 alunos não conseguiram ordenar corretamente, desses 8 alunos estão

FIGURA 5.36 - Resolução do problema 1 de 3B.



relacionados nos erros citados do item (a), portanto, nesse grupo existem 15 alunos que apesar de terem identificado o tipo de interação no item (a) não conseguiram ordenar a sua intensidade.

A Figura 5.36 mostra o exemplo de acerto do tipo de interação (item a) e a inversão da ordem do ponto de fusão (item b). A inversão da ordem crescente do ponto de fusão foi o principal erro verificado, 18 (40%) casos.

Problema 2

(Unifesp-2006) A geometria molecular e a polaridade das moléculas são conceitos importantes para prever o tipo de força de interação entre elas. Dentre os compostos moleculares nitrogênio (N_2), dióxido de enxofre (SO_2), amônia (NH_3), sulfeto de hidrogênio (H_2S) e água (H_2O), determine aqueles que apresentam o menor e o maior ponto de ebulição. Justifique.

Número de alunos participantes: 44.

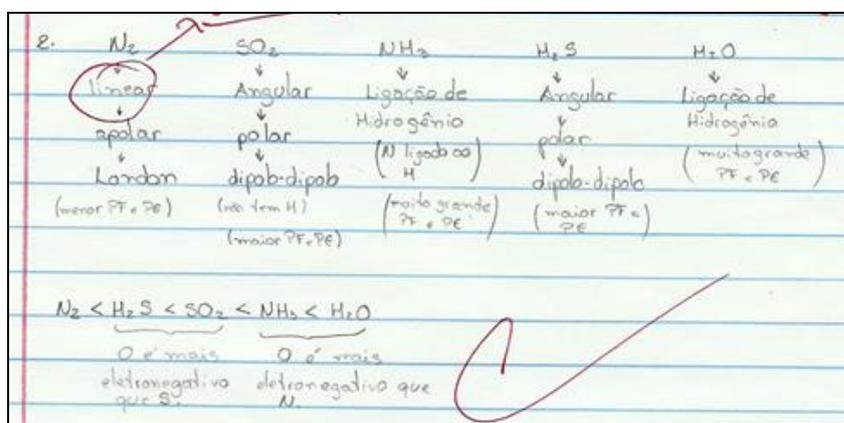
A resolução que será usada como referência para a análise é:

Primeiro escrever as fórmulas eletrônicas de cada substância, pois é possível identificar pares de elétrons livres responsáveis por repulsão. É o que ocorre com as substâncias: amônia, sulfeto de hidrogênio e água e como consequência as moléculas são polares de grande interação e altos pontos de ebulição e fusão. Porém, a água com a presença da ligação H-O possui interação por ponte de hidrogênio e maior interação intermolecular, portanto, apresenta o maior ponto de ebulição.

O nitrogênio que é uma substância simples e que não apresenta diferença de eletronegatividade é apolar e possui o menor ponto de ebulição.

Então, temos: N_2 e H_2O .

FIGURA 5.37 - Resolução do problema 2 de 4A.



A análise da resolução dos problemas indica que 31,8% dos 44 alunos conseguiu resolver completamente

o problema, indicados com pontuação 100 na Tabela 5.20, o que significa estabelecer a exata relação entre a menor interação na substância simples que é apolar e a maior interação na substância que possui ligação de hidrogênio. A Figura 5.37 ilustra essa situação: identificou-se a geometria, em seguida a polaridade e as interações, diferenciando a amônia da água pela eletronegatividade.

FIGURA 5.38 - Resolução do problema 2 de 17A.

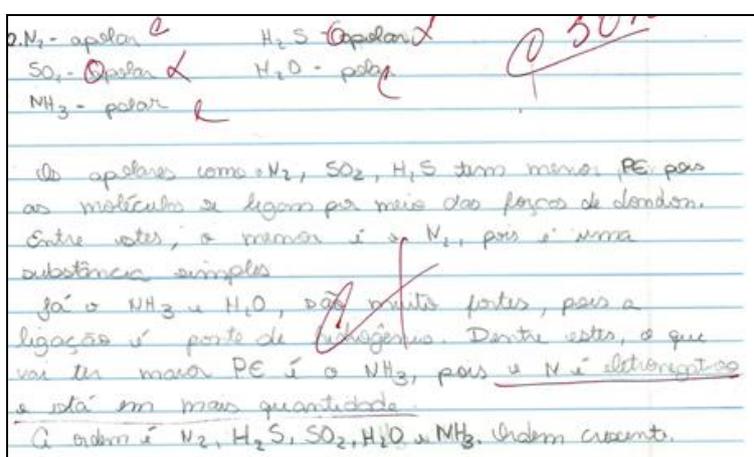
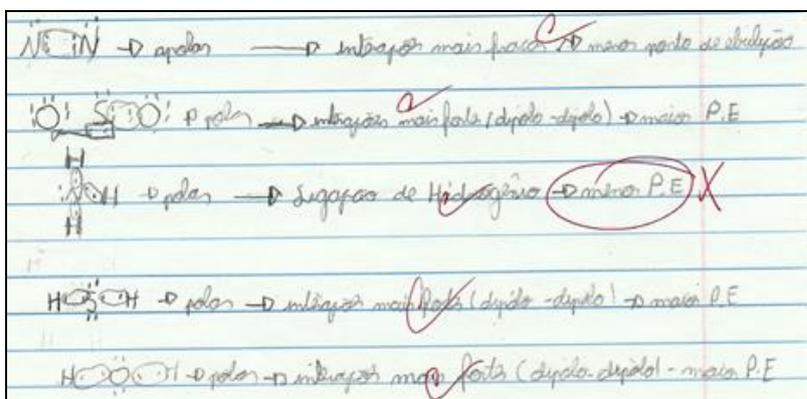


FIGURA 5.39 - Resolução do problema 2 de 8A.



A identificação das substâncias com ligação de hidrogênio levou os alunos a duas substâncias: água e amônia. Para decidir a de maior ponto de ebulição tiveram que determinar a substância de maior interação e para isso identificaram que a maior eletronegatividade do oxigênio presente na água aumenta a polaridade da ligação com o hidrogênio, e assim, possui maior interação intermolecular.

Entre os erros mais comuns, oito alunos, aproximadamente 18%, consideraram a amônia o elemento de maior ponto de ebulição e a justificativa de maior

frequência é que comparada a água, a amônia possui três ligações com hidrogênio e, portanto, faz interações mais fortes (Figura 5.38). Ainda temos três casos onde foi identificada corretamente a ordem, porém, não é mencionada a ligação de hidrogênio como justificativa (Figura 5.39).

Outras situações identificadas são:

- intensidade da interação pelo maior número de elétrons presente na substância, concluindo que o dióxido de enxofre possui maiores PE e PF, ocorrência: 1;
- o dióxido de enxofre é mais polar, pois possui maior eletronegatividade, ocorrência: 1;
- a amônia é apolar e tem fraca interação e, portanto, menor ponto de ebulição, ocorrência: 1;

No geral o índice de acerto é de 58% o que indica uma boa estruturação cognitiva em relação aos conceitos aplicados. As incorreções apresentadas, principalmente em relação à ponte de hidrogênio que possui número de casos significativos, estão relacionadas a não relação entre eletronegatividade do elemento (F, O, N) e a maior polaridade da ligação com o hidrogênio.

Problema 3a

(Ita-2007- adaptado) A tabela adiante apresenta os valores das temperaturas de fusão (T_f) e de ebulição (T_e) de halogênios e haletos de hidrogênio.

	T_f (°C)	T_e (°C)
F_2	-220	-188
Cl_2	-101	-35
Br_2	-7	59
I_2	114	184
HF	-83	20
HCl	-115	-85
HBr	-89	-67
HI	-51	-35

a) Justifique a escala crescente das temperaturas T_f e T_e do F_2 ao I_2 .

Número de alunos participantes: 41

A resolução desse item envolve a identificação das substâncias como simples e conseqüentemente são todas apolares e de fraca interação: dipolo momentâneo. Sendo as substâncias de mesma interação, a justificativa para os diferentes pontos de fusão e ebulição é a diferença das massas o número de elétrons.

O número de acertos foi de 9 alunos (21,95%), onde a

FIGURA 5.40 - Resolução do problema 3a de 8B

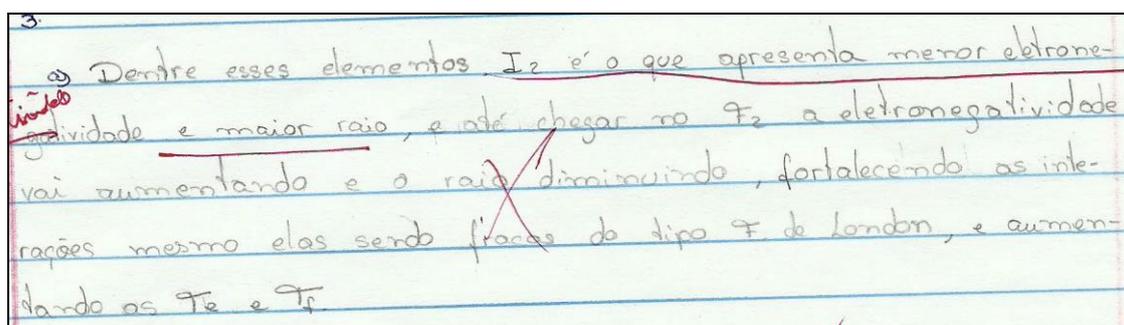
a) Todas são substâncias apolares, para poder determinar quem tem maior p_f e p_e , devemos observar quem tem a maior massa (nº de prótons e neutros).

argumentação utilizada pelos alunos foi exatamente o reconhecimento da relação entre maior massa ou número de elétrons com as

temperaturas de fusão e ebulição, como exemplificado na figura 5.40.

Os demais alunos que não conseguiram justificar corretamente a ordem crescente das temperaturas apresentaram principalmente a argumentação relacionada a eletronegatividade:

FIGURA 5.41 - Resolução do problema 3A de 4a



- oito alunos consideraram a ordem da eletronegatividade dos elementos: maior a eletronegatividade do elemento menores os pontos de ebulição e fusão.

Várias argumentações não identificam a causa das diferenças das propriedades físicas, porém é possível identificar pontualmente a compreensão de alguns conceitos usados:

- dez alunos utilizaram acertadamente o conceito apolar para afirmar o motivo do baixo ponto de fusão e ebulição, pois a interação é fraca, porém sem a identificação do fator causal das diferenças, já que todas as substâncias são apolares.

Foram identificados casos individuais de inadequação conceitual utilizada na argumentação:

- as substâncias de menor ponto de ebulição são apolares e as de maior ponto de ebulição são polares com maior interação;

- as substâncias são apolares e apresentam interação do tipo dipolo-dipolo.

- o iodo apresenta maior ponto de ebulição pois é polar.

Os resultados no geral indicam dificuldade dos alunos em relacionar a massa ou número de elétrons como causa das diferenças dos pontos de ebulição e fusão, mas também mostra bom domínio na aplicação das relações com os conceitos substância, molécula apolar, pequena interação.

Apesar de não ser objeto na presente pesquisa, a melhor estruturação dos conceitos aumento da massa molar ou número de elétrons com aumento das temperaturas de fusão e ebulição, podem ser obtidos através do uso de outras ferramentas de ensino como os recursos de informática (simuladores, modelos em programas computacionais, etc.).

Problema 3b/c

(Ita-2007- adaptado) A tabela adiante apresenta os valores das temperaturas de fusão (T_f) e de ebulição (T_e) de halogênios e haletos de hidrogênio.

	T_f (°C)	T_e (°C)
F_2	-220	-188
Cl_2	-101	-35
Br_2	-7	59
I_2	114	184
HF	-83	20
HCl	-115	-85
HBr	-89	-67
HI	-51	-35

b) Justifique a escala decrescente das temperaturas T_f e T_e do HF ao HCl.

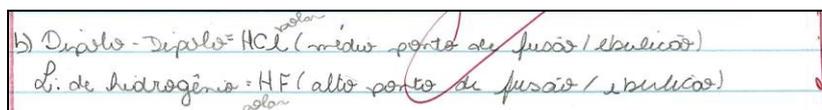
c) Justifique a escala crescente das temperaturas T_f e T_e do HCl ao HI.

Número de alunos participantes: 41

A resolução do item b envolve a identificação na molécula HF da interação ligação de hidrogênio, que é muito forte e justifica os maiores pontos

FIGURA 5.42-Resolução do problema 3b de 1a

Fonte: Produzido em sala de aula



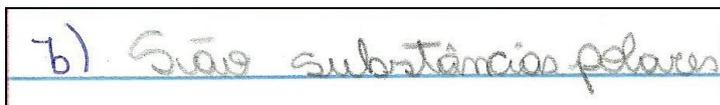
de ebulição e fusão. O HCl é polar e possui interação do tipo dipolo-dipolo.

O total de alunos que identificou acertadamente a ligação de hidrogênio no HF é de 24, ou aproximadamente 58%. Isto é o que ocorre na resolução apresentada na figura 5.42.

Entre as resoluções consideradas incorretas identificou-se alunos que usaram as seguintes justificativas:

- os dois apresentam ponte de hidrogênio, mas o HF possui maior massa: frequência 3;
- as duas substâncias são polares: frequência 4;

FIGURA 5.43: resolução do problema 3b de 1B



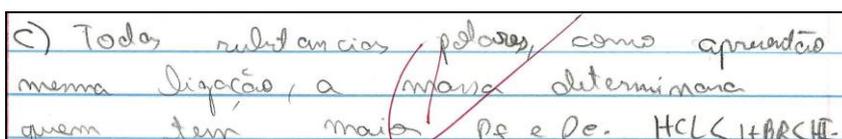
b) São substâncias polares

- ligação de hidrogênio em alto PE e PF: frequência 1;

- maior interação no HF: frequência 1;

A

Figura 5.44 - Resolução do problema 3c de 8B



c) Todas substâncias polares, como apurodo mesmo ligação, a massa determina quem tem mais ps e pe. HCL < HARCH

figura 5.43

ilustra a situação de erro conceitual usado para justificar a

ordem de maiores PF e PE: a aluna considera as duas substâncias polares sem justificar as diferenças nos pontos de PE e PF.

No caso do item c a justificativa usada como referência é a identificação do tipo de substância (composta), que é polar e apresenta interação do tipo dipolo-dipolo. A diferenciação dos pontos de fusão e ebulição é causada pelas diferenças das massas ou número de elétrons.

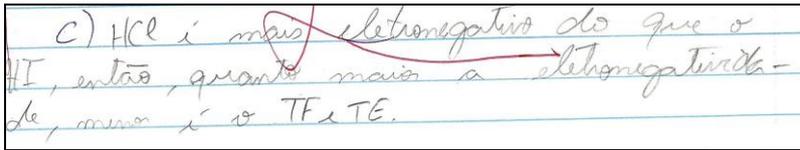
Nove alunos (22%) conseguiram determinar como causa o aumento da massa ou número de elétrons, como o exemplificado na figura 5.44.

Entre as resoluções consideradas incorretas, temos as seguintes justificativas:

- “polar maior TE e TF”: ocorrência 3;
- “mesma interação mas intensidades diferentes”: ocorrência 2;
- “eletronegatividade e ligação de hidrogênio”: ocorrência 2;
- “maior eletronegatividade menor PF e PE”: ocorrência 3;
- “maior eletronegatividade maior PE e PF”: ocorrência 2;
- “maior número de prótons que faz crescer PF e PE”: ocorrência 1;

- “HCl mais eletronegativo e maior PE e PF”: ocorrência 1;
- “HCl tem mais eletronegatividade que o HI”: ocorrência 2;
- “eletronegatividade”: ocorrência 1;

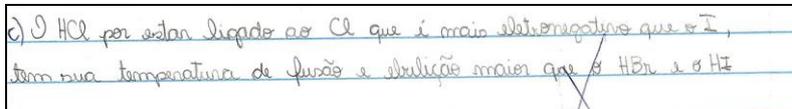
FIGURA 5.45 - Resolução do problema 3c de 6B



c) HCl é mais eletronegativo do que o HI, então, quanto maior a eletronegatividade, menor é o TF e TE.

Essas proposições indicam que com diferentes formas o conceito mais frequente é a eletronegatividade, onde os alunos tentam vincular a intensidade da eletronegatividade do elemento ligado ao hidrogênio com os maiores ou menores PF e PE. As figuras 5.45 e 5.46 exemplificam as situações anteriores: na figura 5.45 a eletronegatividade é usada para argumentar que quanto maior as

FIGURA 5.46: resolução do problema 3c de 11a



c) O HCl por estar ligado ao Cl que é mais eletronegativo que o I, tem sua temperatura de fusão e ebulição maior que o HBr e o HI.

eletronegatividades menores os PE e PF e na figura 5.46 a relação estabelecida é: maior a eletronegatividade

maior o PF e PE.

Os dados podem ser indícios de relação mecânica estabelecida pelos alunos com o conceito ligação ou ponte de hidrogênio usado no item 3a, cuja intensidade da interação está relacionada com o aumento da eletronegatividade.

maior massa (número de elétrons) do ricinoleato resultando na maior interação entre os dois e consequentemente no maior ponto de ebulição.

FIGURA 5.47 - Resolução do problema 4 de 12B

④ III > metanol < II - Ricinoleato de metila < I glicemina. ✓
 Ocorre pois, no metanol tem poucos grupos OH; no ricinoleato tem a mesma quantidade que no metanol, mais a sua massa é maior aumentando assim o P.E. Já na glicemina tem uma maior quantidade de grupos OH, fazendo com que ela tenha um grande P.E. ✓

FIGURA 5.48 - Resolução do problema 4 de 5B

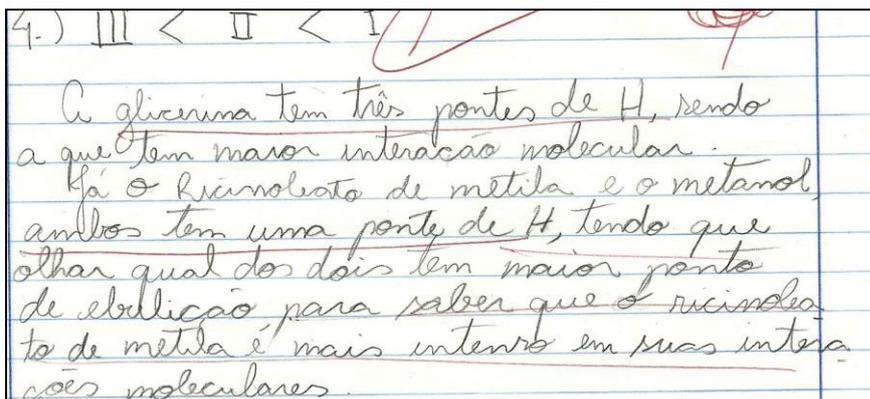
4 - Metanol < Ricinoleato de metila < Glicemina ✓
 O metanol faz apenas uma ligação de hidrogênio e poucas ligações. Isso resulta em um baixo ponto de ebulição (em relação às outras duas substâncias).
 A substância II faz também uma ligação de H, porém faz várias ligações, aumentando o seu P.E.
 A glicemina possui três ligações, tornando-a uma interação muito forte, resultando em um alto P.E.

Do total de 41 alunos que fizeram a atividade, 20 (50% aproximadamente) conseguiram determinar a ordem de intensidade das interações, sendo que 6 alunos, ou 1,5%, conseguiram indicar corretamente a ordem das interações e justificaram considerando a ligação de hidrogênio gerada pela presença e quantidade do grupo OH e também a relação entre as massas. A figura 5.47 ilustra uma dessas situações: a ordem é justificada com base na quantidade de grupos OH presentes nas estruturas e nos casos de mesmo número do grupo OH a maior massa foi utilizada para justificar a maior interação e consequentemente o maior ponto de ebulição.

Em relação aos acertos na ordem, ocorreram 16 casos (39%) com alunos que estabelecerem corretamente a relação das interações e de identificar a ligação de hidrogênio como o tipo de interação, não conseguiram explicar o porque da diferença dos ponto de ebulição entre o metanol e o ricinoleato, pois apresentam o mesmo número de grupos OH, conforme exemplificado na figura 5.48: a resolução justifica que o metanol faz apenas uma ligação de hidrogênio assim como a substância II, porém diferencia as estruturaras pelas demais ligações. Assim conclui que a substância II possui mais ligações e por isso terá maior ponto de ebulição comparada com o metanol. Nesse caso o aluno pode

estar

FIGURA 5.49 - Resolução do problema 4 de 7B



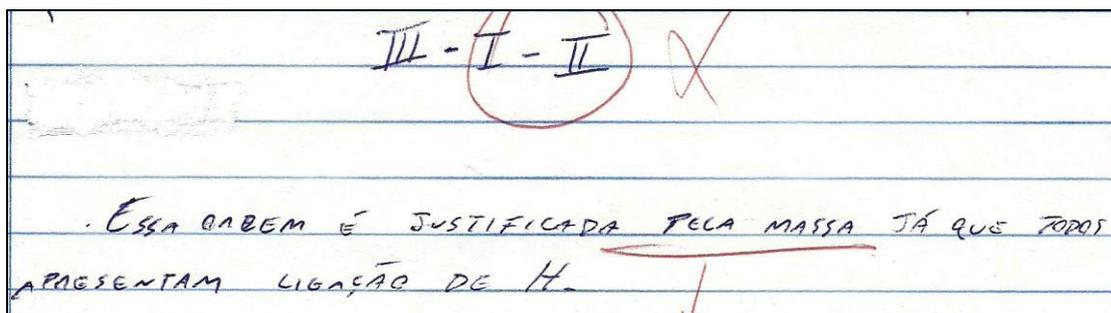
sinalizando que reconhece que a molécula da substância II é maior, reconhecido pelo maior número de ligações, porém

não faz inferência em relação ao maior número de elétrons ou massa.

A figura 5.49 traz outro exemplo, com a não justificativa das diferenças entre o metanol e o ricinoleato de metila: apesar de ocorrer a identificação da ponte de hidrogênio não é apontada a justificativa para a diferença entre os dois compostos.

Há ainda 6 alunos que justificaram a ordem relacionando com o próprio ponto de ebulição, através da generalização: maior o ponto de ebulição maior a interação. Essa situação pode ser reflexo de memorização dessas relações e da aplicação mecânica.

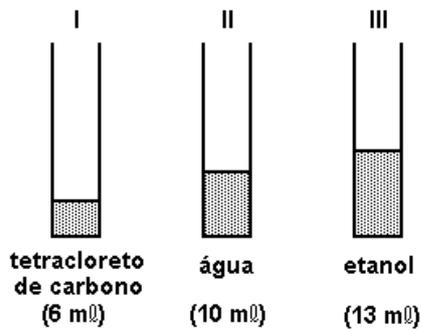
FIGURA 5.50 - Resolução do problema 4 de 7a



As análises das resoluções indicaram que do total de alunos, 14 ou 34% não conseguiram estabelecer a relação entre o ponto de ebulição presente no texto do problema e a intensidade da interação. A principal argumentação foi considerar o ricinoleato de metila a substância de maior intensidade justificada pela maior massa, ou seja, para esses alunos o principal fator para a determinação da maior intensidade da interação não é a presença do maior número de grupos OH, mas a massa é o que ocorre no exemplo ilustrado na figura 5.50.

Problema 5

(Ufrj-2000) A solubilidade dos compostos é um conhecimento muito importante em química.



Sabe-se que, de uma forma geral, substâncias polares dissolvem substâncias polares e substâncias apolares dissolvem substâncias apolares.

Em um laboratório, massas iguais de tetracloreto de carbono (CCl_4), água (H_2O) e etanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) foram colocadas em três recipientes idênticos, conforme se vê na figura a seguir.

- Mostre, por meio de desenhos semelhantes ao apresentado, como fica a mistura de I e II, identificando cada substância, e como fica a mistura de II e III.
- A graxa lubrificante utilizada em automóveis é uma mistura de hidrocarbonetos pesados derivados de petróleo com aditivos diversos e possui o mesmo comportamento do tetracloreto de carbono.

Indique qual, dentre os três solventes apresentados, é o mais adequado para remover uma mancha de graxa em uma camisa. Justifique sua resposta.

Número de alunos participantes: 43

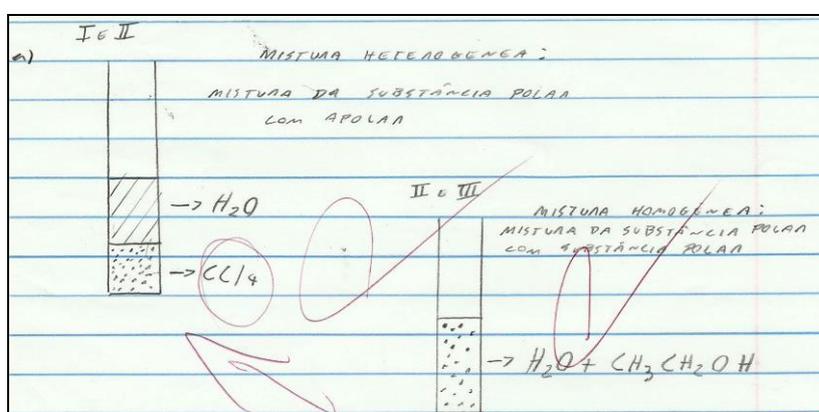
Nesse problema a resolução de referência é:

- Na mistura de I com II: A molécula CCl_4 possui geometria tetraédrica e como os ligantes são iguais o vetor momento dipolar é nulo e portanto a molécula é apolar. A molécula de água de geometria angular é polar, portanto possui interação mais forte que o CCl_4 e não se misturam, é heterogênea. Reconhece-se a fase do CCl_4 pela densidade: como os recipientes são de mesma massa, o recipiente contendo o líquido com menor volume apresenta a maior densidade. O CCl_4 é o composto de maior densidade.

Na mistura de II com III: o álcool possui grupos OH capazes de estabelecer interação do tipo Ligação de Hidrogênio, a mesma interação da água, portanto formam uma mistura homogênea.

b) É necessário um solvente com o mesmo comportamento da graxa, ou seja, apolar. Foi explicado aos alunos que a semelhança no comportamento tem relação com o petróleo que boia no mar, perceptível através da mancha e que portanto não se mistura com a água. O tetracloreto de carbono é apolar, ou seja,

FIGURA 5.51 - Resolução do problema 5 de 7a



possui o mesmo tipo de interação.

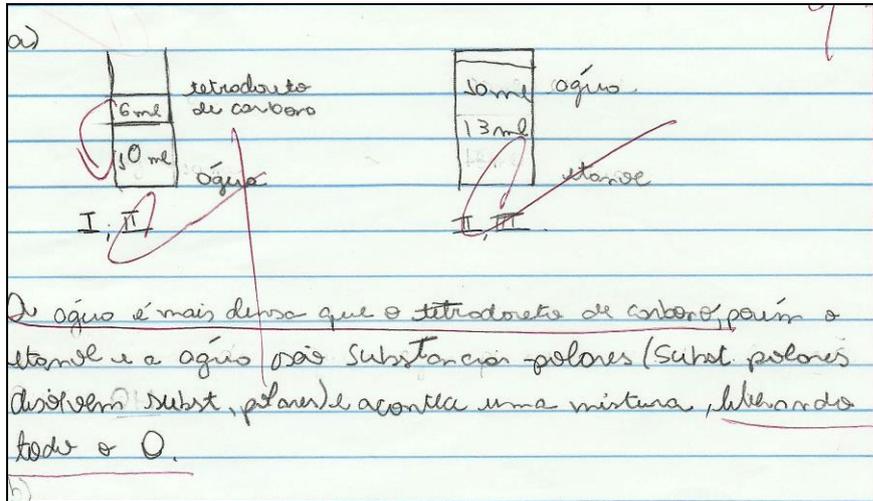
Assim é a substância ideal para dissolver a graxa.

A

análise das

resoluções identificou 2 alunos com 100% de acerto nos dois itens e que apresentaram todas as relações necessárias para a justificativa das respostas.

FIGURA 5.52 - Resolução do problema 5 de 1a

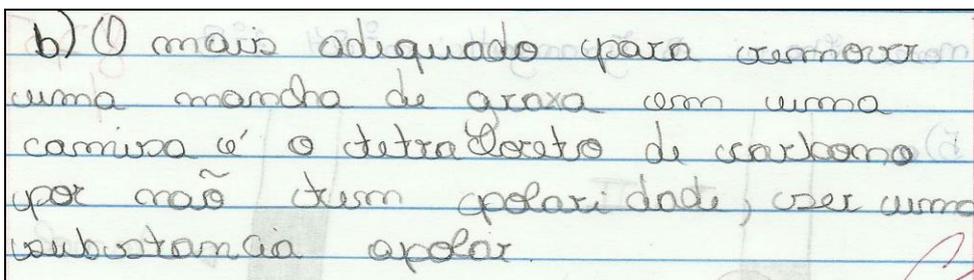


Em relação ao item 5a, 39 alunos (87%) representaram as misturas de forma acertada identificando as substâncias de polaridades diferentes. Porém apenas dois desses indicaram corretamente que o tetracloreto de carbono é mais denso que a água, representando como na figura 5.51.

Os demais casos consideraram a água a substância mais densa, portanto não conseguiram relacionar a informação do problema: mesma massa dos diferentes líquidos e volumes diferentes. A figura 5.52 representa essa situação.

Nesse mesmo item 36 alunos (80%) indicaram a mistura água com

FIGURA 5.53 - Resolução do problema 5 de 23a



álcool como homogênea, reconhecendo que são ambos polares ou em alguns

casos pela interação da ligação de hidrogênio como resultado da presença nas duas substâncias dos elementos H e O.

No item 5b 27 alunos (62,79%) que identificaram o tetracloreto de carbono a substância semelhante a graxa, apresentando a mesma polaridade, conforme ilustrado na figura 5.53.

Também verificou-se que 12 alunos consideraram o etanol a substância ideal para limpar a camisa. A justificativa mais frequente foram duas: consideram o etanol e a graxa polares e outros consideram que a densidade do CCl_4 é maior que a da graxa e essa é a condição para solubilidade.

FIGURA 5.54 – resolução do problema 5 de 13a

b) O etanol. Pois é polar e mais denso.

A figura 7.54 reproduz a justificativa em que o etanol é considerado polar e mais denso. Por hipótese o aluno pode estar considerando que semelhante dissolve semelhante e portanto o CCl_4 é polar. A propriedade densidade pode indicar que como o álcool possui maior densidade isso

FIGURA 5.55 – Resolução do problema 5 de 1B

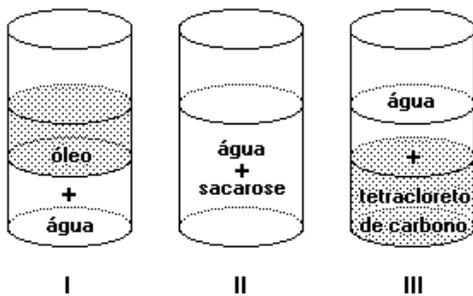
b) O etanol, pois possui densidade maior que a do CCl_4 , portanto a graxa lubrificante.

determina a polaridade sobre o menos denso.

A figura 5.55 reproduz a situação cuja justificativa considera a densidade determinante para a previsão da solubilidade.

Problema 6

(Mackenzie – 1999 - adaptado) Observando-se o comportamento das substâncias nos sistemas a seguir



pede-se:

a) o que deve ocorrer se misturarmos óleo com tetracloreto de carbono? Justifique.

b) Julgue a afirmação justificando: o açúcar é polar, pois sem excesso forma com a água mistura homogênea.

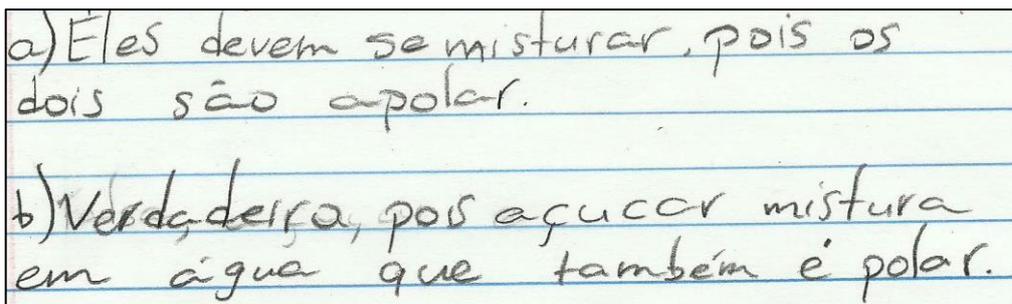
Número de alunos participantes: 45.

A resolução de referência desse problema é:

a) a análise do Sistema I permite concluir que a mistura é heterogênea. Assim, é possível afirmar que o óleo é apolar e por isso não se mistura com a água que é polar. O mesmo ocorre com o Sistema III: o tetracloreto de carbono não se mistura com a água, indicando que é apolar e como semelhante dissolve semelhante, pois as interações são parecidas, óleo se misturará com o tetracloreto de carbono.

b) analisando o Sistema II verificamos que a mistura é homogênea, o açúcar foi dissolvido pela água, isso demonstra que há interação entre os dois, ou seja, eles são semelhantes, são polares.

FIGURA 5.56 - Resolução do problema de 3B.

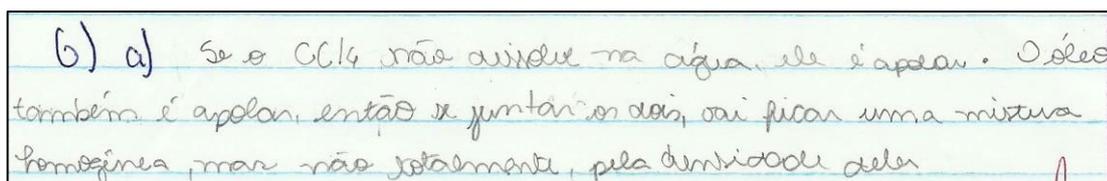


Participaram da atividade 45 alunos e a análise dos resultados indica que há 24 alunos com 100% de acerto na totalidade da resolução do problema, demonstrando que a maioria conseguiu estabelecer as relações necessárias para a completa explicação.

A Figura 5.56 ilustra uma dessas situações onde o aluno, a partir dos sistemas ilustrados no enunciado do problema determina as polaridades e conclui que o óleo e o tetracloreto de carbono são apolares e, portanto, miscíveis.

Analisando os itens separadamente temos que no problema 6a, 27 alunos acertaram completamente o item, determinaram a polaridade com base nas ilustrações e com isso concluíram que a mistura proposta será homogênea.

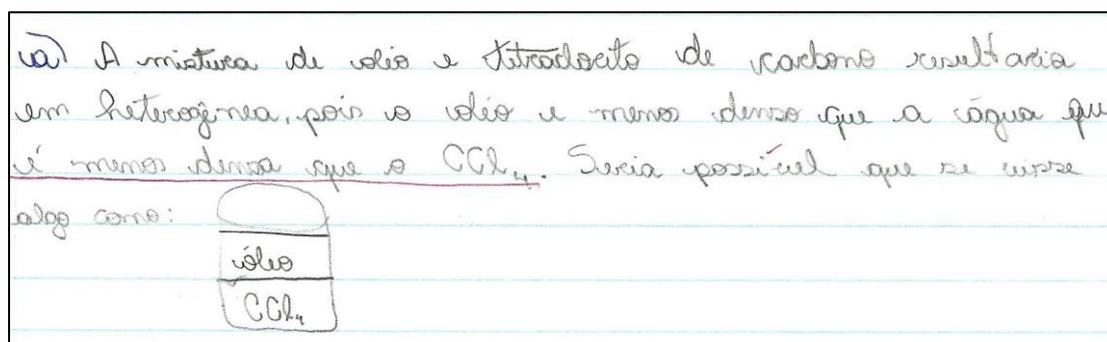
FIGURA 5.57 - Resolução do problema 6 de 2B.



b) a) Se o CCl_4 não mistura na água, ele é apolar. O óleo também é apolar, então se juntar os dois, vai ficar uma mistura homogênea, mas não totalmente, pela densidade dele.

Para outras resoluções, apesar de chegarem a mesma conclusão, mistura homogênea, os conceitos utilizados foram inadequados: 3 alunos consideraram os componentes de mesma polaridade, concluindo que são polares. Outra categoria identificada foi a de considerar a mistura homogênea,

FIGURA 5.58 - Resolução do problema 6 de 1B.



a) A mistura de óleo e tetracloreto de carbono resultaria em heterogênea, pois o óleo é menos denso que a água que é menos densa que o CCl_4 . Seria possível que se misturasse algo como:

Diagrama de um recipiente contendo duas camadas: a camada superior é rotulada como 'óleo' e a camada inferior como ' CCl_4 '.

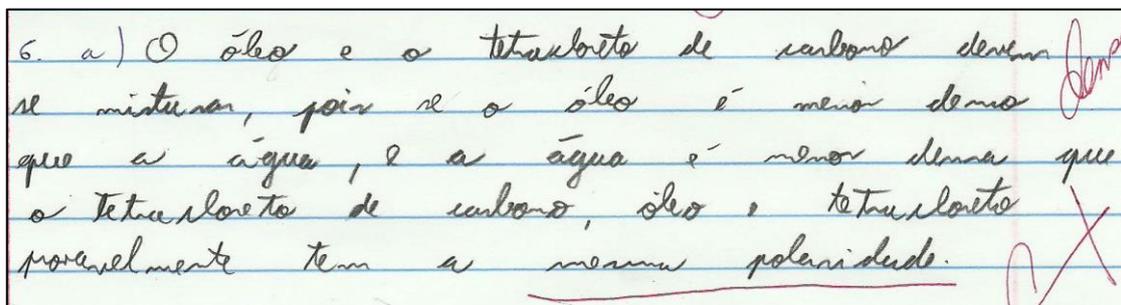
com o argumento da ocorrência da solubilidade, sem explicitar o por quê.

A categoria de maior frequência é a relação do tipo de mistura e a densidade, nove casos, considerando as seguintes conclusões: quatro alunos

consideraram a mistura heterogênea, pois as substâncias são de densidades diferentes; cinco estudantes argumentaram que a mistura é homogênea. Nessa última situação, duas resoluções indicam que as causas são: as densidades das substâncias são diferentes e três casos consideram o oposto, as densidades devem ser as mesmas. Essas situações estão ilustradas nas figuras 5.57, 5.58 e 5.59.

No item 6b, houve a ocorrência de 26 alunos estabelecendo de forma completa as relações necessárias para a conclusão de que se há solubilidade, as substâncias possuem as mesmas polaridades e, portanto, o açúcar é polar.

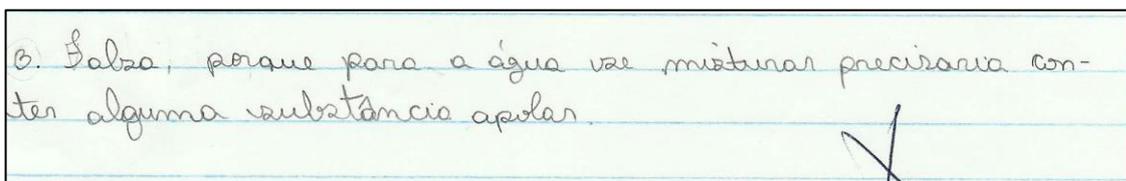
FIGURA 5.59 - Resolução do problema 6 de 15B.



6. a) O óleo e o tetracloreto de carbono devem se misturar, pois o óleo é menos denso que a água, e a água é menos densa que o tetracloreto de carbono, óleo e tetracloreto provavelmente tem a mesma polaridade.

Algumas resoluções não deixam explícitos se os conceitos polaridade da água e solubilidade de semelhantes foram devidamente considerados: sete alunos argumentam apenas que a mistura é homogênea, pois o açúcar se dissolve na água. Seis outros casos concluem que o açúcar não é polar, justificando com citações de que polar dissolve polar, ou que havendo ligação de hidrogênio ocorrem solubilidade com água, mas sem esclarecer a relação com o açúcar.

FIGURA 5.60 - Resolução do problema 6 de 10B.



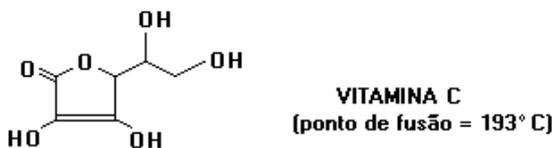
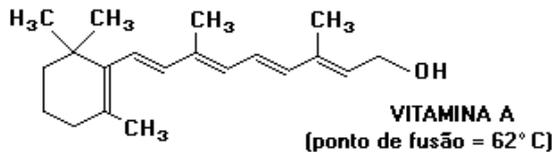
6. Falso, porque para a água se misturar precisaria conter alguma substância apolar.

A Figura 5.60 reproduz uma das situações de incorreções: o aluno considera falsa a afirmação, justificando que para ocorrer a solubilidade a substância precisa ser apolar. Apesar de não ser muito explícito sobre o conceito

apresentado, há duas possibilidades: a água é considerada apolar; a solubilidade ocorre entre substâncias de polaridades diferentes. Em qualquer um dos casos, o argumento demonstra incompreensão dos conceitos.

Problema 7

(Fuvest-1995) Uma das propriedades que determinam maior ou menor concentração de uma vitamina na urina é a sua solubilidade em água.



a) Qual dessas vitaminas é mais facilmente eliminada na urina? Justifique.

b) Dê uma justificativa para o ponto de fusão da vitamina C ser superior ao da vitamina A.

Número de participantes: 42.

A resolução como referência envolve os seguintes aspectos:

a) é necessário a análise da fórmula estrutural das substâncias orgânicas para a identificação de grupos que conferem as características físicas inferidas nas questões. O item pede a determinação da substância mais solúvel na urina. A eliminação da vitamina na urina está relacionada à solubilidade em água, para isso deve haver semelhança com a água: ser polar e/ou estabelecer interação por ligação de hidrogênio. A vitamina C possui maior quantidade de grupos OH que podem fazer interação por ligação de hidrogênio de forma semelhante a água e por isso é mais solúvel na urina.

b) neste item a justificativa para o maior ponto de fusão da vitamina C está relacionada com a resposta anterior: na vitamina C existem mais grupos OH e conseqüentemente maior interação do tipo ligação de hidrogênio. Maior a

interação, maior a temperatura para separar as moléculas, justificando o maior ponto de fusão.

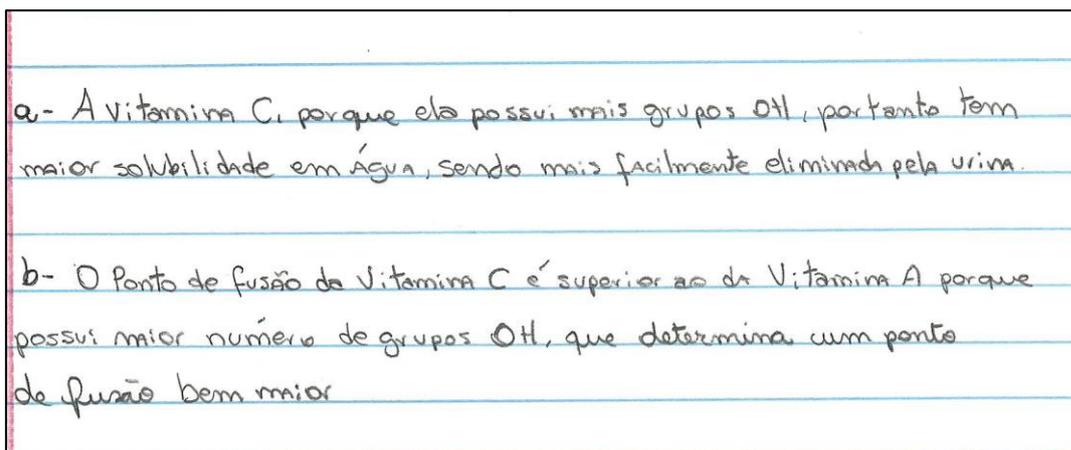
Participaram dessa atividade 42 alunos com pontuação média de acerto de aproximadamente 59% (tabelas 5.20 e 5.21), desse total 1aluno acertou os dois itens.

A análise do item 7a determinou que 37 alunos (88%) concluíram que a vitamina C é mais facilmente eliminada pela urina, o que é um índice extremamente alto. A conclusão é justificada por meio das fórmulas estruturais, onde o problema utiliza cadeias orgânicas complexas para essa fase escolar, mas que foi contornado por meio de noções básicas de orgânica.

As justificativas ocorreram com os seguintes envoltimentos conceituais e respectivas frequências:

- 14: o maior número de grupos OH e conseqüentemente maior solubilidade;
- 5: o maior número de grupos OH;
- 3: o maior número de ligações de hidrogênio e maior solubilidade;
- 3: apresenta maior solubilidade;
- 3: vitamina C é mais solúvel em água;
- 2: apresenta ligação de hidrogênio;
- 2 : maior ponto de fusão;
- 1: maior massa e maior número de grupos OH;
- 1: vitamina C é polar semelhante a água;
- 3: maior número de grupos OH acarreta maior interação e solubilidade.

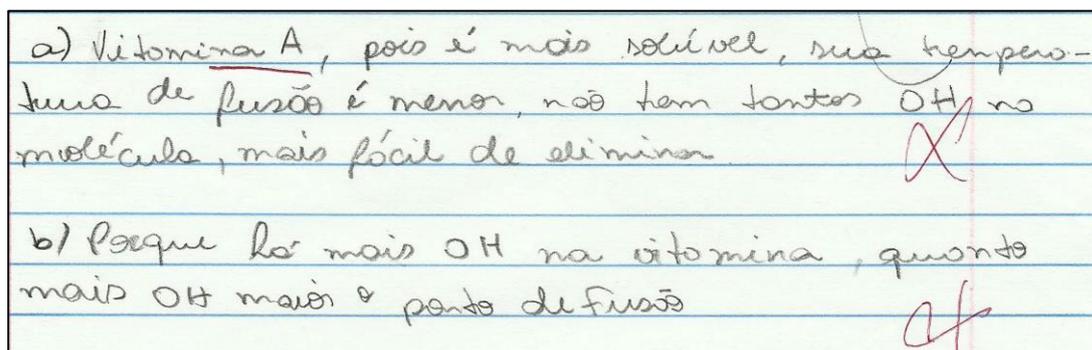
FIGURA 5.61 – resolução do problema 7 de 5a.



As justificativas demonstram que os conceitos envolvidos são aqueles pertinentes para a determinação da solubilidade: presença do grupo OH; ligação de hidrogênio; maior interação; polaridade da água e o reconhecimento da forma de ligação intermolecular, ligação de hidrogênio; maior ponto de fusão como resultado da maior interação. Esses conceitos não aparecem reunidos como podemos observar pelos resultados com maior frequência para aqueles que citam o maior número de grupos OH. Essa justificativa, apesar de sintética, pode ser a indicação de que os alunos relacionam esse grupo a ligação de hidrogênio e que é semelhante a água. É o que ocorre com a argumentação “o maior número de ligações de hidrogênio”, a identificação da ocorrência dessas interações deve estar ligada ao grupo OH que, por sua vez está relacionada com semelhança da água. A Figura 5.61 item-a reproduz uma dessas situações: a escolha da vitamina C é justificada pelo maior número de grupos OH e o consequente aumento da solubilidade.

Há apenas 5 casos que consideraram a vitamina A a substância mais eliminada na urina e a justificativa é com base no ponto de fusão: menor o ponto de fusão, maior a solubilidade (Figura 5.62). Outros casos que confirmam as análises anteriores estão reproduzidos nas figuras 5.63 e 5.64 item-a.

FIGURA 5.62 – Resolução do problema 7 de 22A.



As resoluções do item 7b é outro exemplo de que a quase totalidade consegue usar um dos conceitos envolvidos, embora poucos são os que conseguem explicitar os conceitos para sustentar a posição. O argumento com maior frequência, 18 casos, é o do maior número de grupos OH na vitamina C que faz aumentar o ponto de fusão, argumento semelhante no item anterior e que pode ter o mesmo significado semântico: esse grupo indica a ocorrência da interação ligação de hidrogênio. Outros conceitos envolvidos nas resoluções e frequências:

- 6: o maior número de ligações de hidrogênio;
- 5: o maior número de ligações de hidrogênio e consequentemente maior interação;
- 2: o maior número de grupos OH e apresenta mais ligações de hidrogênio e maior é a interação;
- 2: maior solubilidade e apresenta o maior ponto de fusão;

FIGURA 5.63 – Resolução do problema 7 de 4B.

7) a) Vitamina C por ter + número de ligação de hidrogênio apresenta maior solubilidade.

b) A vitamina C é mais solúvel e tem maior ponto de fusão.

A Figura 5.63 item –b ilustra um exemplo de acerto da substância a ser liberada com maior facilidade na urina, porém, o argumento relaciona a maior solubilidade ao maior ponto de fusão sem explicar a relação. Algo parecido ocorre no exemplo ilustrado na Figura 5.64 item-b: relaciona maior solubilidade com o maior número de grupos OH e maior ponto de fusão.

Os conceitos abordados pelos alunos, como exposto anteriormente, tratam semanticamente de forma parcial todas as causas envolvidas, mas demonstram que a estruturação cognitiva dos conceitos foi suficiente para a tomada de decisão, tanto para a escolha da substância que melhor é eliminada pela urina, como para justificar o maior ponto de fusão da vitamina C.

FIGURA 5.64 - Resolução do problema 7 de 9A.

7)

a) Vitamina C, pois apresenta maior solubilidade.

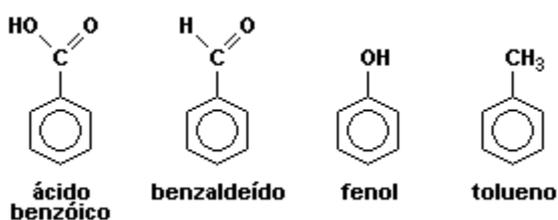
b) Por sua maior solubilidade e pelo maior n° de grupos OH seu ponto de fusão é maior.

Problema 8

(PUC/SP – 2007 - adaptado) Foram determinadas as temperaturas de fusão e de

amostras	t de fusão (°C)	t de ebulição (°C)
1	-95	110
2	-26	178
3	43	182
4	122	249

ebulição de alguns compostos aromáticos encontrados em um laboratório. Os dados obtidos e as estruturas das substâncias estudadas estão apresentados a seguir.



Analisando as temperaturas de fusão e ebulição, identifique as amostras 1,

2, 3 e 4, com as estruturas das substâncias. Justifique.

Número de alunos participantes: 40.

A análise desse problema ocorreu com base na resolução de referência a seguir:

É necessário o domínio dos três tipos de interações por meio do reconhecimento de elementos ou grupos presentes em cada cadeia carbônica. As fórmulas estruturais permitem identificar a presença de grupos OH e com isso a formação de pontes de hidrogênio. Isto é o que ocorre com o ácido benzoico e fenol que apresentam o mesmo número de grupos OH. Para determinar o composto de maior ponto de fusão deve-se levar em consideração a massa: o ácido possui maior massa ou número de elétrons, portanto, maior ponto de fusão em relação ao fenol.

A fórmula estrutural permite identificar que o tolueno é formado apenas pelos elementos C e H caracterizando-o como um hidrocarboneto, que

não apresenta polaridade, portanto, a interação intermolecular é do tipo força de London, muito pequena, portanto, os pontos de fusão e ebulição são os mais baixos.

A análise da fórmula estrutural do benzaldeído permite verificar a ausência do grupo OH, mas possui o grupo C=O, que possui grande polaridade, decorrente da diferença de eletronegatividade o que permite concluir que a substância é polar com interação forte do tipo dipolo-dipolo, resultando em maiores pontos de fusão e ebulição.

FIGURA 5.65 - Resolução do problema 8 de 8B.

Amostra 1: CH_3 (toluene) pois apresenta nenhum elemento O, ou OH (é um hidrocarboneto)

Amostra 2: HCO (benzaldeído); pois apresenta O mas não ligado ao H, porém aumenta sua interação.

Amostra 3: OH (fenol) lig de H, portanto apresenta alto ponto de fusão e ebulição.

Amostra 4: OH-C=O (Ácido benzóico) lig de H, porém tem um O mais que o fenol, por isso, é mais forte a interação, tendo ↑ ps e pe.

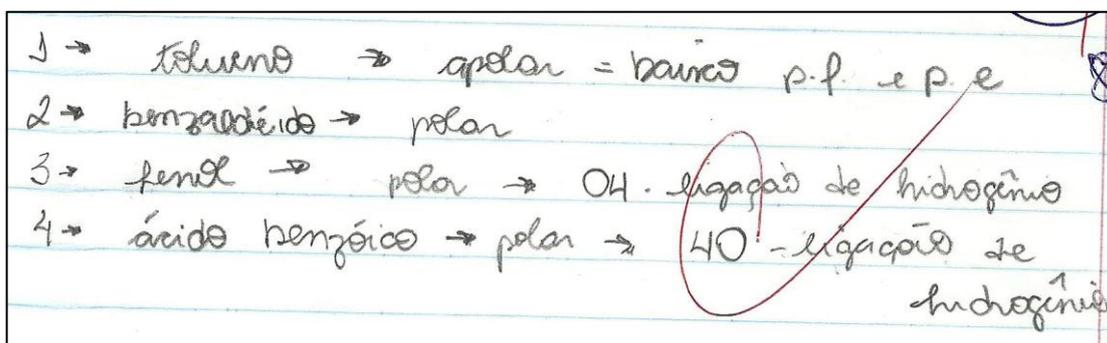
Então, a ordem crescente das temperaturas de ebulição e fusão coincide com a ordem das intensidades das interações: tolueno, benzaldeído, fenol e ácido benzoico.

Os resultados analisados indicam que 17 alunos acertaram a correlação entre os pontos de fusão e ebulição com as estruturas das substâncias. Nesses casos, quatro alunos conseguiram justificar plenamente a ordem de acordo com os critérios apresentados anteriormente. A Figura 5.65 ilustra essa situação: ocorre a identificação das interações e o maior ponto de fusão no ácido benzoico ocorreu pela maior quantidade de átomos de oxigênio na estrutura, resultando na maior interação. Por hipótese, podemos inferir duas interpretações dadas pelo aluno:

- o oxigênio é um elemento muito eletronegativo, contribuindo para a maior polarização da molécula;
- o oxigênio determina explicitamente a maior massa na estrutura.

Em qualquer um dos casos a justificativa demonstra boa percepção na análise da estrutura e dos conceitos envolvidos.

FIGURA 5.66 - Resolução do problema 8 de 15B.

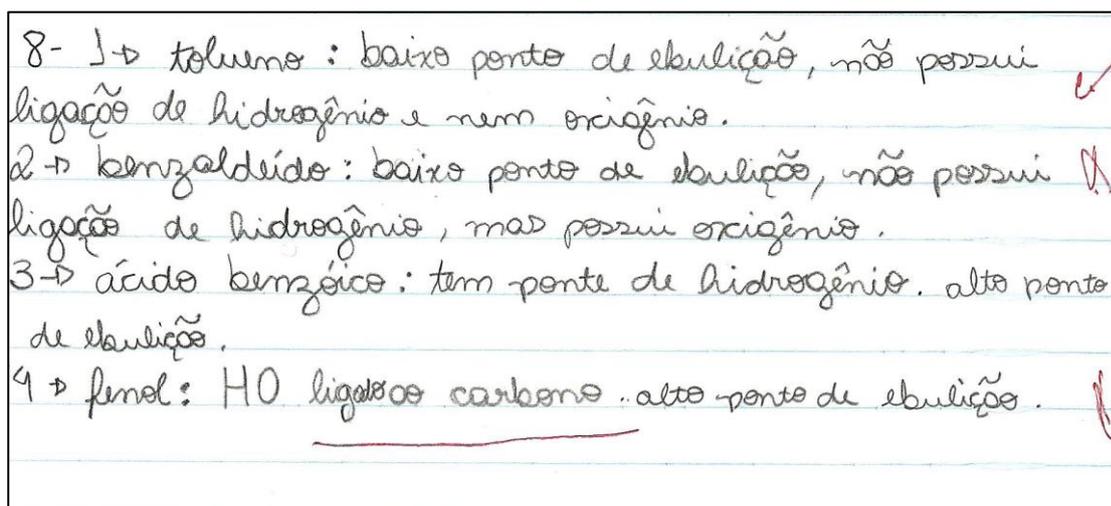


Ainda analisando as resoluções daqueles que acertaram a ordem, sete alunos identificaram as interações e as polaridades, porém, não apresentam justificativa para a diferenciação entre o fenol e o ácido benzoico, pois os dois

apresentam igual número de grupos OH responsáveis pelas ligações de hidrogênio (Figura 5.66). Há três outras situações onde os alunos justificam apresentando as interações com as propriedades físicas, mas sem a correlação com as substâncias. A primeira resolução descreve que as substâncias tolueno e benzaldeído não apresentam ligação de hidrogênio e, por isso, apresentam interação fraca, o fenol e ácido apresentam um grupo OH; os outros casos não apresentaram justificativa.

Entre aqueles que não conseguiram fazer na totalidade a correta correlação entre as interações e os pontos de ebulição, a maior incidência foi a inversão na ordem entre ácido benzoico e fenol, oito casos. As justificativas demonstram que nesses casos os alunos reconhecem por meio das estruturas os tipos de interações que são expressas de forma genérica. Para o tolueno retiramos as seguintes relações: é hidrocarboneto; formado apenas por carbonos e hidrogênios. Em relação ao fenol e ácido benzoico: interações fortes; apresentam grupo OH; possuem ligação de hidrogênio (Figura 5.67).

FIGURA 5.67 - Resolução do problema 8 de 18B.



Algumas outras inversões com o tolueno, figurando com altos pontos de fusão e ebulição em relação ao benzaldeído e fenol foram

identificadas em três resoluções com a justificativa de que possui maior número de hidrogênios para fazer ligações de hidrogênio, o que demonstra a não estruturação do conceito de ligação de hidrogênio, mas no geral, os acertos da ordem na totalidade ou parcialmente representam a maioria das resoluções e indicam que a maioria consegue relacionar estrutura com pontos de ebulição e fusão. No entanto, a média de pontuação obtida é um pouco inferior a 50% e ocorre porque os alunos não conseguiram justificar plenamente o ordenamento das substâncias.

5.5. Comparação entre os problemas

A análise da resolução do problema 1 indica que a maior dificuldade foi a ordenação das substâncias em seus respectivos pontos de fusão, e para isso deveriam levar em consideração o aumento da massa ou número de elétrons e os resultados do problema 3a confirmam essas dificuldades: a média de acertos no problema 1 é de 58% e no 3a 22%. A diferença nas médias pode ter ocorrido em função das substâncias já estarem ordenadas no problema 3a, ao contrário no problema 1, para o qual exige-se apenas a justificativa, o que traz maior dificuldade, levando em conta a argumentação do aumento da massa ou número de elétrons.

O problema 2 permitiu aferir uso dos conceitos das demais interações não usadas nos problemas anteriores. Os resultados indicaram reconhecimento das substâncias apolares como as de menor interação e das ligações de hidrogênio com maior interação. Alguns alunos tiveram dificuldade de identificar a substância de maior ponto de ebulição entre aquelas que podem fazer ligação de hidrogênio: amônia e água. A argumentação usada em alguns casos indica que a concepção formada por esses alunos seja a de maior presença de hidrogênio.

Situação semelhante ocorre no problema 3b/c que é acrescido do conceito de maior massa e/ou número de elétrons. Os resultados indicam o reconhecimento do tipo de interação a partir do reconhecimento de que substâncias compostas são polares, porém, a principal argumentação para a ordem é a eletronegatividade.

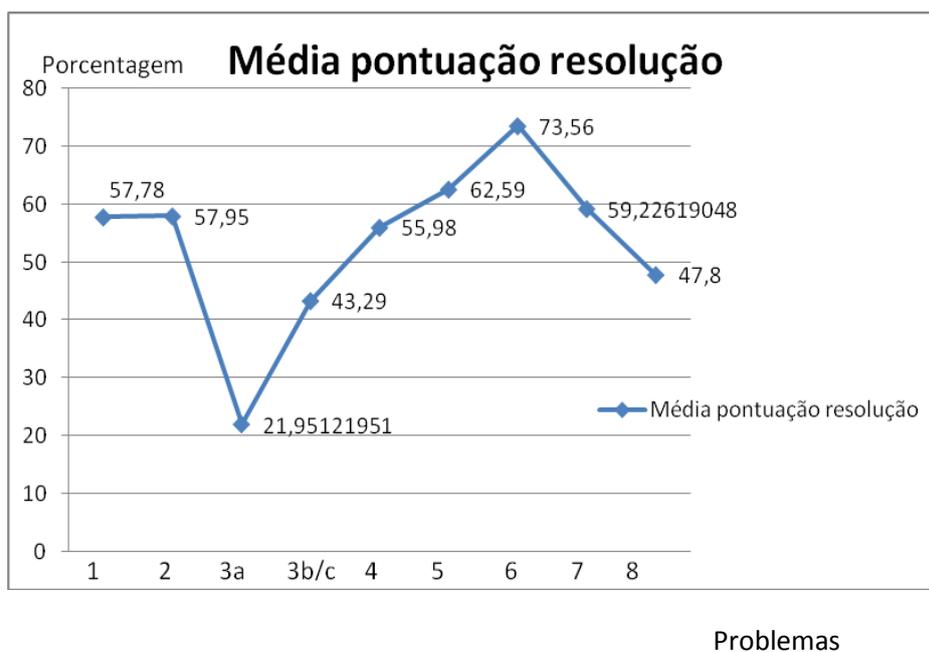
Esses conceitos são analisados também no problema 8, porém, o reconhecimento das interações dependem da análise das fórmulas estruturais mais complexas, as cadeias carbônicas, o que trouxe uma maior dificuldade.

Além disso, a questão exige a diferenciação das moléculas pelo aumento da massa ou número de elétrons e isso refletiu na média de acertos dos problemas: de 58% do problema 2 decresce para 43% no problema 3b/c e aumenta para 48% no problema 8 (tabelas 5.20 e 5.21).

O problema 4 introduz cadeias carbônicas a serem analisadas e a presença de grupos OH, onde houve pontuação média de acertos de 57% aproximadamente, que é maior que o ocorrido no problema 8, mas justificável: foram apresentadas as estruturas e pede-se a correlação com os pontos de fusão e ebulição, o que exigiu do aluno determinar o tipo de interação em cada caso, associando o fator aumento da massa, e isso em cadeias carbônicas com número de carbonos muito distintos um do outro.

Os problemas 5, 6 e 7 têm em comum o conceito de solubilidade. A pontuação média de acertos, respectivamente: 63,4%; 73,6% e 59,2% (tabelas 5.20 e 5.21), indicam que no geral os alunos conseguiram relacionar os vários conceitos envolvidos.

FIGURA 5.68 – Média das resoluções em cada problema.



As resoluções dos problemas 5 e 7 apresentaram aproximadamente a mesma pontuação, porém, o conceito solubilidade é usado nas seguintes situações: no problema 5 são cobradas análises de simulações experimentais e no 7 são apresentadas as fórmulas estruturais de substâncias orgânicas e os respectivos pontos de fusão que serão usados para a determinação da solubilidade e interação.

Comparando os problemas 5 e 6 houve um aumento na pontuação média dos resultados. Apesar das resoluções serem de mesma estrutura, os alunos necessitam comparar os sistemas e fazer inferências às estruturas para concluir sobre as polaridades e conseqüentemente sobre as semelhanças que possibilitarão solubilidades. A comparação entre a pontuação média de acertos entre esses problemas sugere que houve uma evolução no estabelecimento das relações que justificam a solubilidade: determinação da polaridade e solubilidade (Figura 5.68).

5.6. Comparação entre os resultados dos mapas conceituais e resolução dos problemas

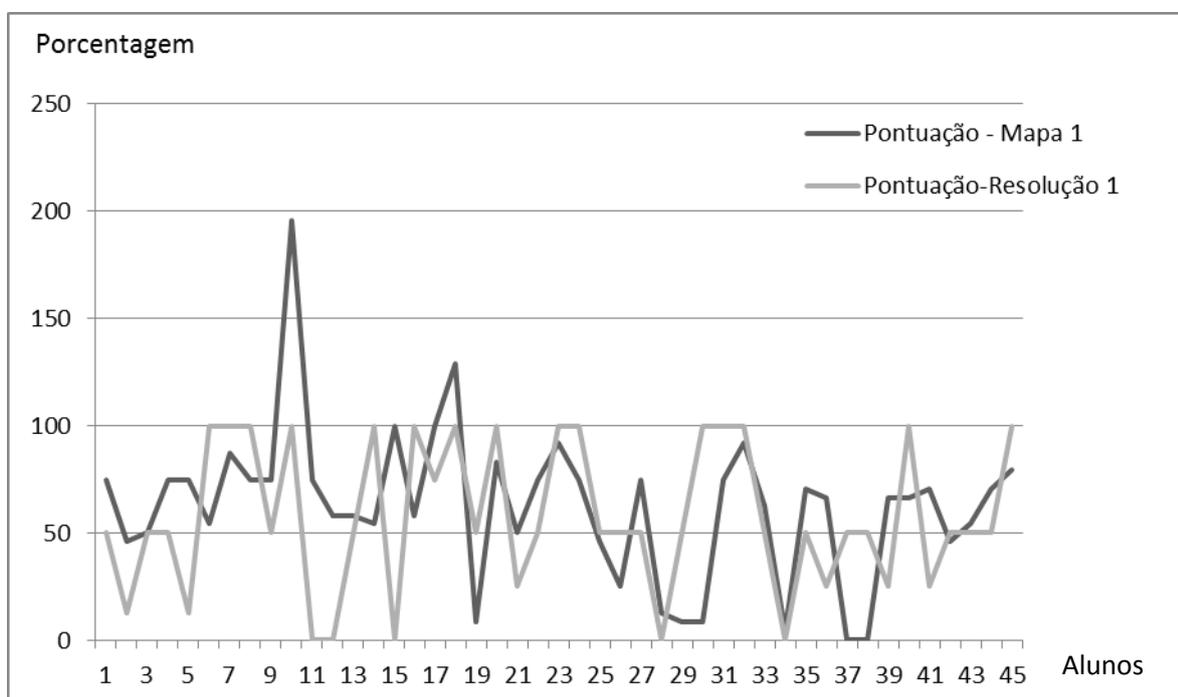
As análises dos mapas geraram informações relativas ao mapeamento da estrutura cognitiva, o que possibilita de acordo com o referencial teórico prever como o aluno tem estruturado os conceitos. As resoluções dos problemas constituem outra fonte de dados deste trabalho, que analisados nos permitem avaliar como as informações foram processadas e estruturadas para serem recuperadas para a resolução de cada um dos problemas.

Considerando os dois instrumentos, mapas conceituais e resolução de problemas, verificam-se categorias comuns entre os dois de tal forma a estabelecer a ocorrência ou não da influência dos mapas nos problemas.

5.6.1. Comparação entre mapas e problemas

Os mapas do problema 1 demonstram boa estruturação cognitiva em relação aos conceitos de substâncias simples e polaridade, intensidade da interação e ponto de fusão/ebulição. A resolução do item 1a do problema indica que os conceitos estruturados foram usados adequadamente, resultando em alta pontuação média de acerto, portanto, temos uma categoria comum. A estruturação do mapa também revelou que a diferenciação progressiva é pouco pronunciada para a relação entre os conceitos de massa ou número de elétrons e interação intermolecular, isso se reflete na resolução do item 1b onde a pontuação média de acerto foi menor e as análises das resoluções indicam pequena incidência do conceito de massa ou número de elétrons na justificativa.

FIGURA 5.69 - Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 1.

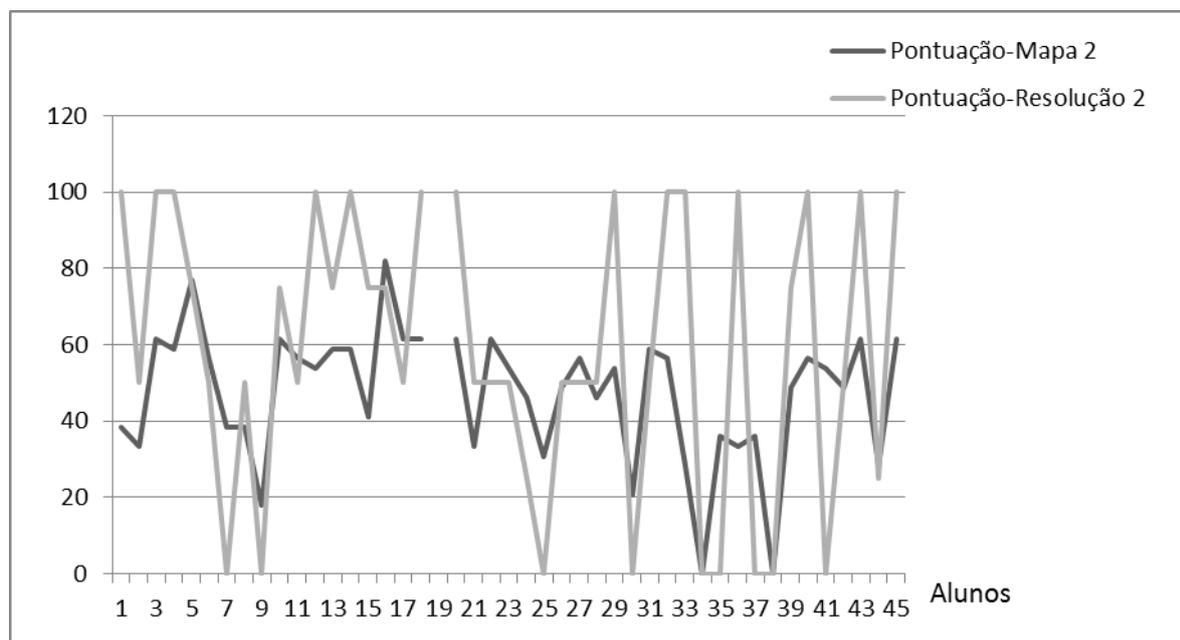


Comparando a pontuação média dos mapas com a pontuação da resolução do problema 1 (Figura 5.69), verifica-se que dos 34 alunos que tiveram pontuação média nos mapas igual e superior 50%, 26 alunos obtiveram média de acertos nas resoluções igual ou superior a 50%, ou seja, 76% deles

obtiveram nota igual ou superior nos mapas e problemas. Por outro lado, 11 alunos apresentaram nos mapas médias abaixo de 50% e desses cinco tiveram na resolução de problemas nota inferior a 50%.

As análises dos mapas identificaram no problema 2 que os alunos consideraram que os conceitos de interação estão todos associados aos conceitos de polaridade e geometria, incluindo o conceito de ligação de hidrogênio, onde a maioria não associa a presença do grupo OH da fórmula estrutural com a interação ponte de hidrogênio. A resolução dos problemas refletiu o ocorrido nos mapas, pois a principal dificuldade encontrada foi a justificativa para identificar entre as substâncias com ligação de hidrogênio aquela de maior ponto de ebulição, onde por exemplo alguns consideraram que a substância com o maior número de hidrogênios apresentava, por consequência maior interação.

FIGURA 5.70 - Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 2.



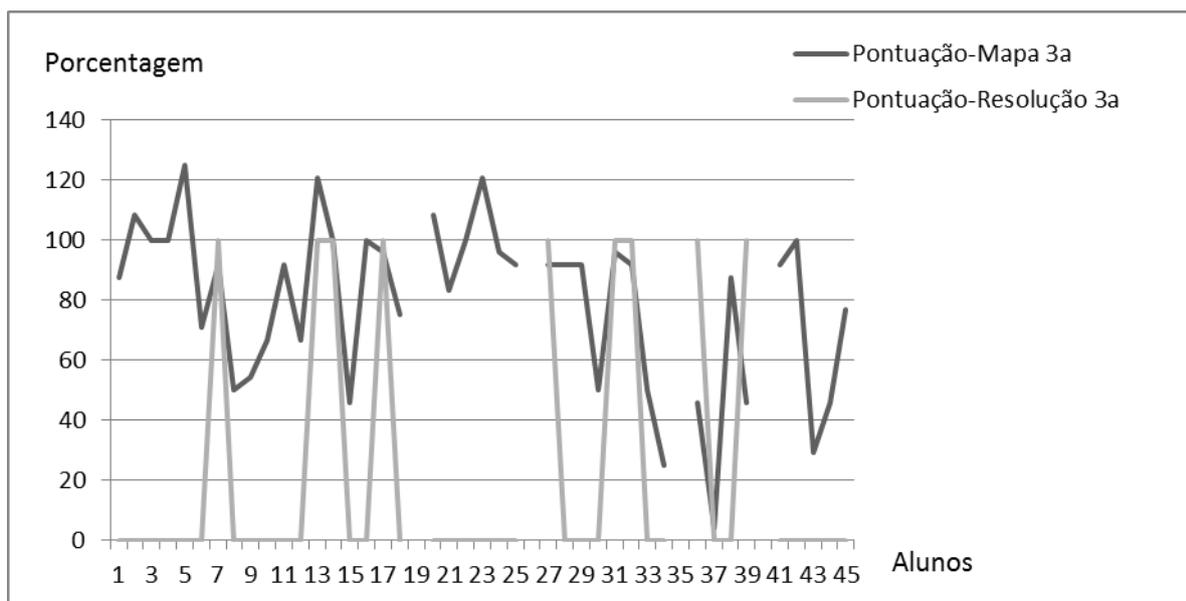
A Figura 5.70 ilustra as diferenças entre os mapas e as resoluções, sendo as médias da resolução altas comparadas com as pontuações dos mapas, onde 17 mapas estão abaixo de 50%, enquanto nas resoluções identificamos 11 casos e entre esses, 10 estão entre os casos de pontuação média dos mapas abaixo de 50%, o que significa dizer que existem sete casos de pontuação média

nos mapas abaixo de 50% que tiveram pontuação na resolução do problema acima de 50%.

Esses dados indicam uma tendência: mapas com alta pontuação resultam em resolução de problemas com maior pontuação.

Os problemas 1 e 3a apresentam estrutura semelhante, pois apresentam conteúdos relacionados próximos e comparando o resultado da resolução do problema 1 com o 3a, observa-se que o rendimento é muito diferente do verificado nos mapas. A porcentagem de acerto no problema 1 foi de 57,78% e no problema 3a foi de 21,95%. Os valores obtidos nos mapas são 62,8% e 79,6%, respectivamente para os problemas 1 e 3a. Uma possível explicação para esse afastamento entre mapa e resolução no problema 3a (Figura 5.71) pode estar na relação de maior dificuldade dos alunos identificada nos mapas, envolvendo o aumento da massa ou número de elétrons com os PF e PE. Essa relação não é listada entre os conceitos a serem utilizadas nos mapas, mas é condição para resolver o problema, e por isso, a maior dificuldade.

FIGURA 5.71 - Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 3a.

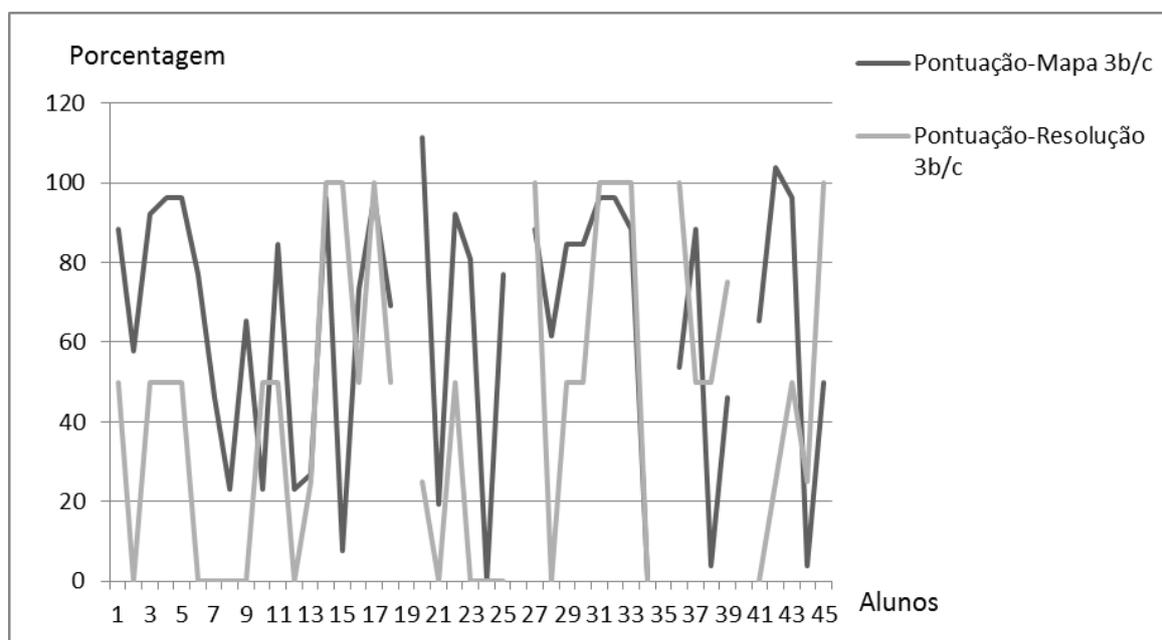


A análise da resolução do problema 3a permite confirmar a hipótese anterior, pois nesse caso são fornecidos os pontos de ebulição e pede-se a

justificativa para essa ordem. Constata-se que a maioria não consegue justificar, pois depende exatamente da relação de maior massa ou número de elétrons, cuja estruturação cognitiva identificada nos mapas indica pouca inclusividade e isso pode justificar as diferenças nos valores médios de acertos entre mapas e resolução.

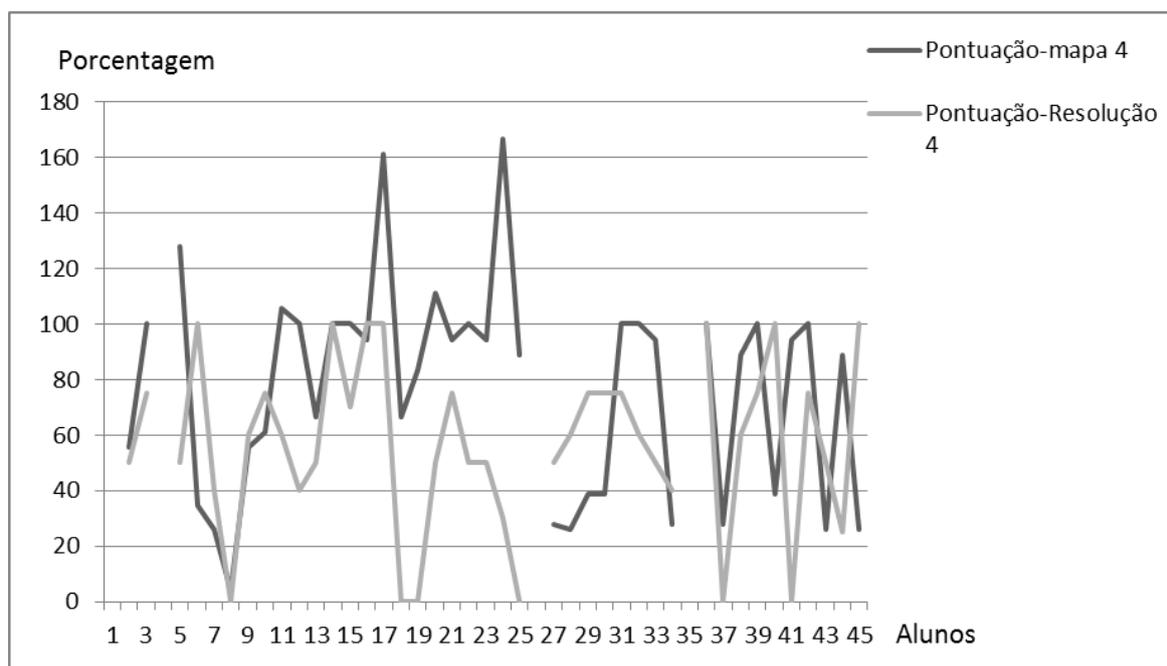
Os mapas do problema 3b/c reforçam a análise anterior e indicam que a estruturação do conceito de ligação de hidrogênio ocorre por meio da relação com o conceito de substância polar e o conceito de aumento da massa ou número de elétrons não apresenta conceitos que o assentem. A resolução do problema item 3b indica que a maioria reconheceu a ligação de hidrogênio e no item 3c repete a situação do problema 3a: o conceito de aumento da massa ou número de elétrons é a justificativa para a ordem crescente dos pontos de fusão e ebulição e isso não ocorre contribuindo para a menor pontuação comparada aos mapas, como podemos observar na Figura 5.72.

FIGURA 5.72 - Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 3b/c.



No problema 4 os mapas indicam que o conceito ligação de hidrogênio está assentado e relacionável ao conceito grupos OH o que justifica a alta pontuação. Por meio da análise das resoluções do problema percebe-se que a maioria consegue discutir a ordem do PF e PE em função da interação relacionada ao número de grupos OH. Nesse mesmo problema, destaca-se o fato de 34% dos alunos escolherem a substância de maior massa como aquela que apresenta maior PE, isso pode representar uma reorganização da estruturação cognitiva em função de que nos problemas anteriores terem sido discutidos os conceitos de massa e a influência na interação, provocando uma concepção errônea em relação ao critério a ser seguido, o que justificaria a menor pontuação média da resolução comparada aos mapas (Figura 5.73).

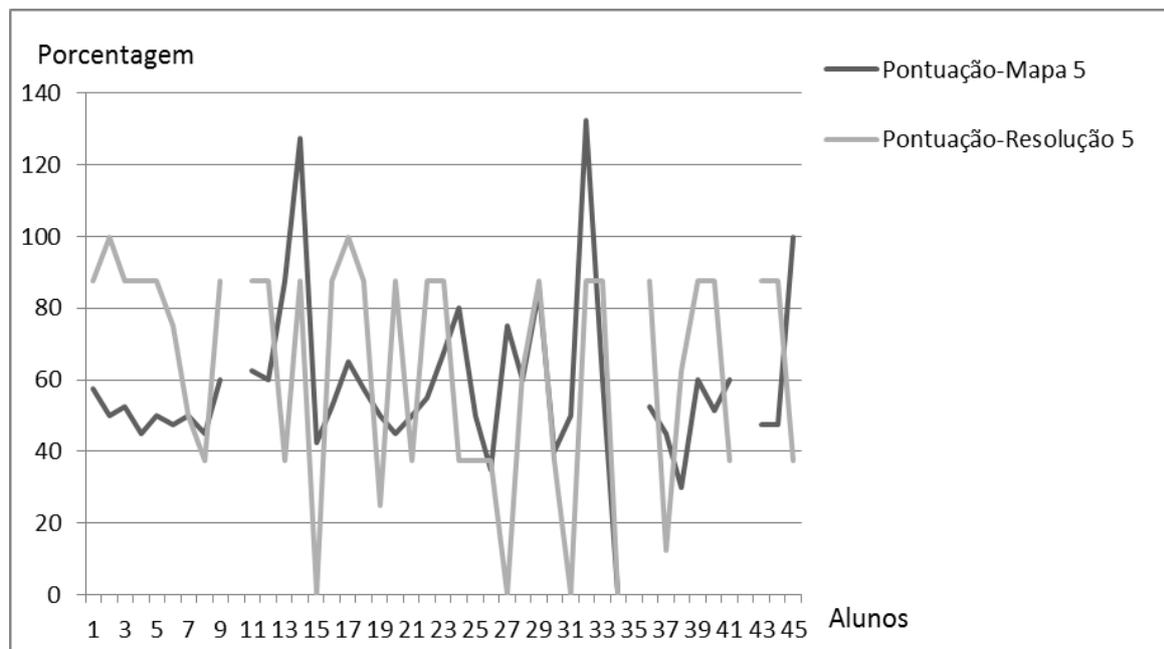
FIGURA 5.73 - Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 4.



Os mapas do problema 5 têm pontuação média menor que a resolução. Os mapas indicam que há boa estruturação entre os conceitos de solubilidade, polaridade e tipo de mistura, porém, a relação com a ligação de hidrogênio é indicada por meio da reconciliação integrativa: difícil de ser representada e reforçada pela estruturação do conceito até aqui reconhecida, a

ligação de hidrogênio para a maioria está subordinada a determinação da polaridade. A resolução dos problemas identificou algo não relacionado nos mapas, a densidade como forma de determinar a posição da substância nas misturas heterogêneas, a maioria não conseguiu estabelecer essa relação na justificativa do item a. Outra situação com menor frequência que também determinou a diminuição da pontuação (Figura 5.74), nas resoluções do item b foi identificar a substância que melhor removerá a graxa, houve a indicação do álcool como o mais adequado, podendo significar dificuldade do aluno em identificar a polaridade em compostos orgânicos.

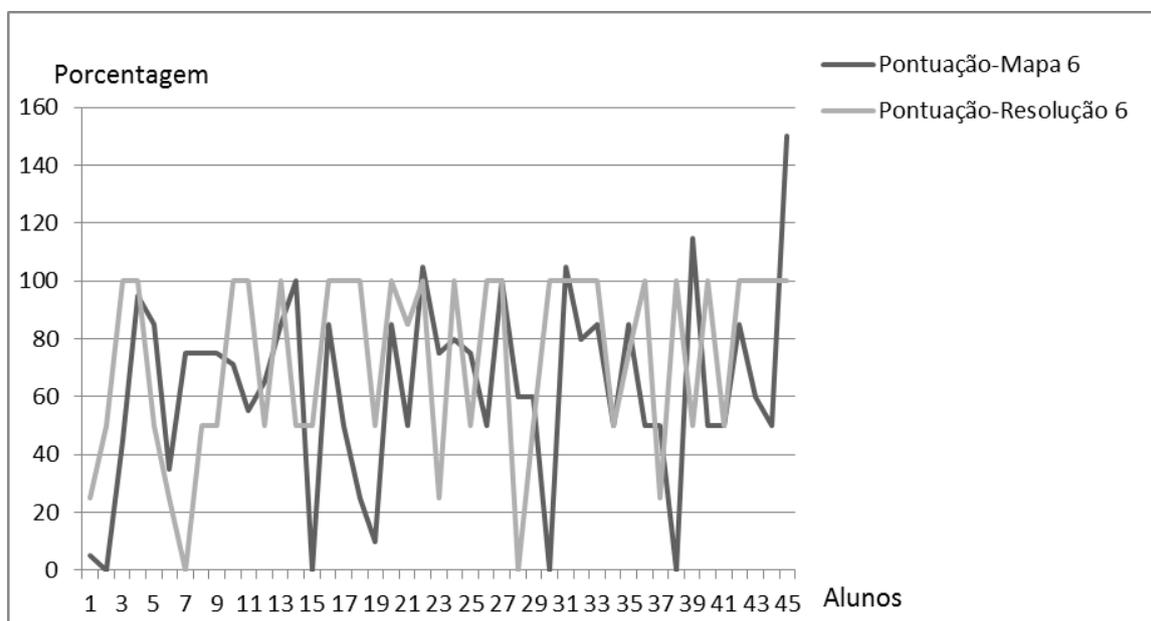
FIGURA 5.74 - Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 5.



Os mapas e as resoluções do problema 6 indicam que alguns alunos apresentam a estruturação cognitiva do conceito densidade e solubilidade com o significado de causa-efeito: densidade determina a solubilidade e o tipo de mistura. As médias de pontuação dos mapas são menores que a resolução (Figura 5.75), respectivamente 64% e 76%, porém, os dois apresentam valores acima de 50%, podendo confirmar que a maioria dos alunos possui boa estruturação dos conceitos, considerando a polaridade como determinante para a

solubilidade e o tipo de mistura resultante. A maior pontuação nas resoluções pode representar novas incorporações ou reestruturação conceitual da estrutura cognitiva, o indício dessa hipótese ocorre quando comparamos mapas e resoluções na relação mais frágil que é a densidade: entre os mapas foram identificados 15 casos relacionando de alguma forma a densidade ao tipo de mistura, mas nas resoluções dos problemas verificaram-se nove casos no item 6a com as mesmas concepções.

FIGURA 5.75 - Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 6.

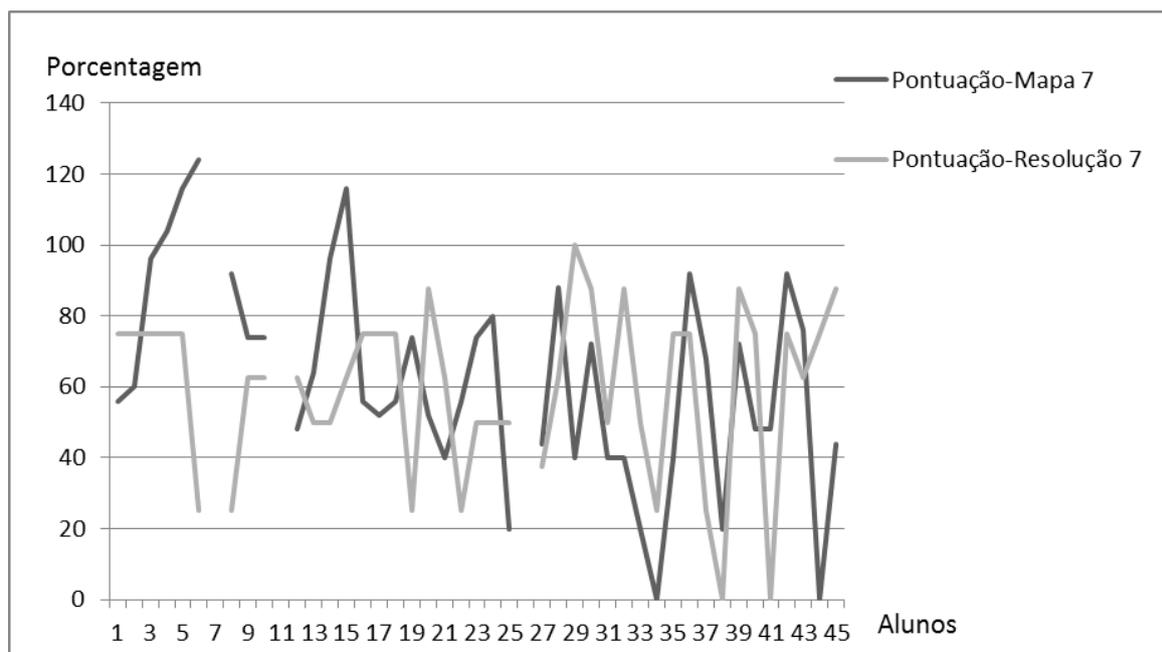


No problema 7 destaca-se a presença de substâncias orgânicas por meio das fórmulas estruturais das cadeias carbônicas, indicando a presença de grupos OH e conseqüentemente da ligação de hidrogênio que possui grande interação, resultando em alto ponto de fusão e solubilidade para a vitamina C.

Os mapas, apesar de indicarem boa estruturação hierárquica, também indicam que a formação das proposições são imprecisas, deixando dúvidas sobre o real significado cognitivo. As resoluções do problema mostram que o índice de acerto no item 7a, por meio da escolha da vitamina C como a

substância mais facilmente eliminada foi de 88%, mas a justificativa para a escolha, bem como para a explicação do maior ponto de fusão no item 7b apresenta características próximas as dos mapas, onde o uso dos conceitos pertinentes na argumentação se fazem presentes, mas sem uma explicitação proposicional que identifique explicitamente o fator causal da maior solubilidade e maior ponto de fusão da vitamina C. Essa coincidência entre os mapas e resoluções visíveis na Figura 5.76 podem indicar que as relações conceituais desse problema, apesar de apresentar boa estruturação hierárquica que permite identificar fatos e expressar causas, e não possui suficiente diferenciação hierárquica, dificultando a formação de proposição.

FIGURA 5.76 - Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 7.

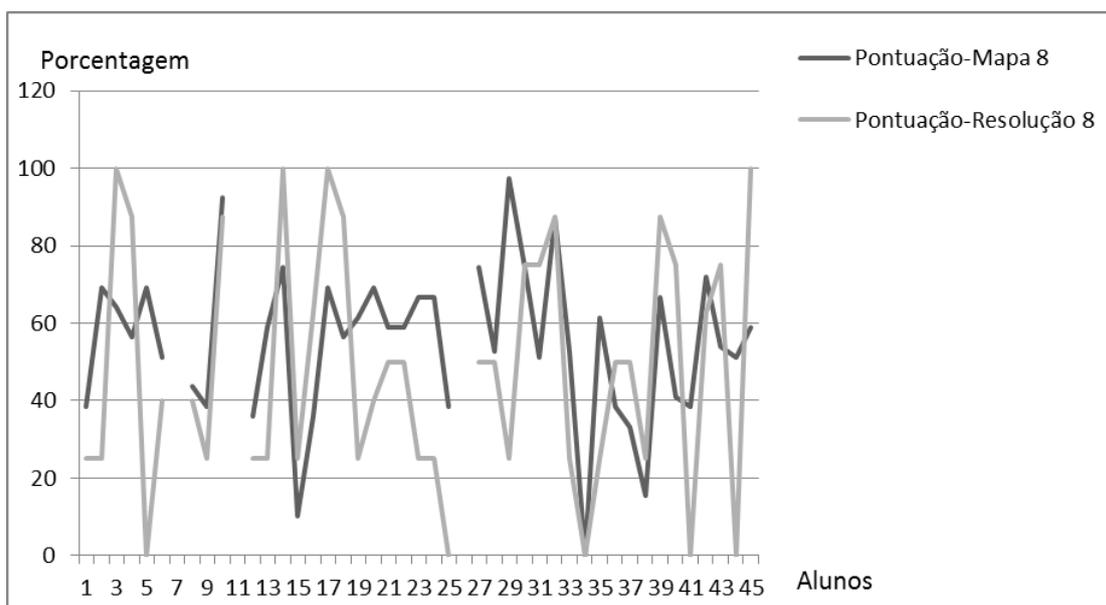


O problema 8 possui os vários conceitos trabalhados, excluindo-se o conceito solubilidade e, portanto, são próximos dos mapas elaborados principalmente nos problemas 2 e 3b/c. No mapa do problema 8, como discutido, a interação por ligação de hidrogênio é indicada no mapa de referência por meio da ligação cruzada e não identificamos nos mapas dos alunos, sendo esse o principal responsável pela pontuação aproximada de 55%.

As análises dos mapas permitem verificar que as representações indicam o conceito ligação de hidrogênio estruturado ao conceito polaridade e isso pode ser a indicação da estruturação cognitiva desses conceitos ou apenas a forma mais simples encontrada pelos alunos para a representação nos mapas.

Na análise das resoluções do problema 8 verifica-se que os alunos que conseguiram ordenar corretamente as substâncias reconheceram que as substâncias que possuem grupos OH são as de maior interação, pontos de fusão e ebulição, porém, percebeu-se que a principal dúvida foi como determinar entre as substâncias que possuem grupo OH aquela de maior interação. Relacionando esses dados aos dos mapas é possível determinar que os alunos possuem estruturados os conceitos grupo OH, ligação de hidrogênio e maior interação, como foi constatado em outros problemas, também é possível constatar que as dúvidas apresentadas são relativas a pouca inclusão do conceito de maior massa ou número de elétrons, decisivo para a determinação da substância com maior ponto de fusão em situações em que esses apresentam a mesma interação. Essas análises são coincidentes com a média de pontuação dos mapas e resoluções que são muito próximas, conforme apresentado na Figura 5.77.

FIGURA 5.77 - Gráfico da pontuação média dos mapas e resolução do problema 8.



A Tabela 5.23 relaciona as quantidade de mapas e de resoluções de problemas que apresentaram pontuação maior ou igual a 50% (3ª e 4ª colunas). A última coluna indica quantos dos mapas e resoluções em cada problema figuram na mesma faixa de pontuação (maior ou igual a 50%). Pode-se perceber que com exceção do problema 3a há uma maioria absoluta de mapas e resoluções que coincidem na mesma faixa de pontuação, ou seja, os resultados apontam para uma tendência verificada qualitativamente: maior a pontuação dos mapas, maior a pontuação na resolução dos problemas. A faixa de pontuação usada para a determinação da tendência pode ser justificada considerando que mapas e resoluções com mais de 50% de pontuação indica melhores estruturação do conhecimento e o inverso é verdadeiro.

TABELA 5.23 - Quantidades individuais e coincidentes de mapas e resoluções com pontuação igual ou superior a 50%.

Problema	Total de alunos participantes	Quantidade de mapas e resoluções com pontuação igual ou maior que 50%		Quantidade de mapas e resoluções com pontuação coincidente: igual ou maior que 50%
		mapa	resolução	
1	45	35	34	26
2	44	22	31	22
3a	41	34	9	7
3b/c	41	29	24	19
4	41	29	30	22
5	43	26	21	21
6	45	36	39	32
7	42	27	33	22
8	40	29	20	17

5.7. Comparação quantitativa entre mapas e resolução: correlação de Pearson

Os tópicos anteriores interpretaram as médias das pontuações nos mapas e resoluções por meio das análises qualitativas; utiliza-se agora a análise estatística para determinar a força da associação entre eles por meio da correlação de Pearson, dada pela fórmula a seguir e discutida no capítulo metodologia:

$$r = \frac{1}{n-1} \sum \left(\frac{x_i - \bar{X}}{s_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{Y}}{s_y} \right)$$

A correlação de Pearson pode variar de -1 a +1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior a correlação entre as variáveis e no outro oposto valores próximos de zero representam menor força dessa relação.

A magnitude dos coeficientes e o seu significado são importantes para a interpretação dos dados e temos ao menos duas classificações conforme descrito da Tabela 5.24.

TABELA 5.24 – Intensidade da Correlação de Pearson por faixas de pontuação.

Autor	Faixas de pontuação		
	Fraco	Moderado	Forte
Cohen (1988)	0,10 – 0,29	0,30 – 0,49	0,5 – 1,0
Dancey e Reidy (2005)	0,10 até 0,30	0,4 até 0,60	0,70 até 1,0

Discute-se a seguir os valores da correlação de Pearson.

5.7.1. Relação entre os valores da correlação de Pearson

O valores da correlação de Pearson presentes na Tabela 5.25 foram obtidos considerando-se os valores de pontuação dos alunos relativos aos mapas e resolução em cada problema (respectivamente tabelas 5.7 e 5.20) e calculou-se a correlação usando-se o Excel-função Person.

TABELA 5.25 - Correlação de Pearson (r) entre os mapas e resoluções dos problemas.

Problema	Correlação de Pearson (r)
1	0,34
2	0,59
3a	0,13
3b/c	0,33
4	0,11
5	0,24
6	0,18
7	0,073
8	0,40

Os cálculos indicam que os problemas 3a, 4, 5, 6 e 7 possuem intensidade de correlação fraca, isso significa que há um afastamento entre os resultados obtidos nos mapas e aqueles das resoluções. Esse afastamento pode representar que a pontuação dos mapas é muito maior que a pontuação das resoluções, ou o inverso.

TABELA 5.26: relação de problemas de acordo com a intensidade da correlação.

Intensidade da Correlação	Problemas
Fraca	3a; 4; 5, 6 e 7
moderada	1; 3b/c e 8
Forte	2

Os valores da tabela 5.26 indicam as intensidades de correlação.

Esperava-se uma correlação de maior valor, pois tanto os mapas conceituais como a resolução dos respectivos problemas requerem os mesmos

conceitos e relações. É possível aí a interferência de alguma(s) outra(s) variável(eis) ainda a ser identificada e estudada(s) conforme descrição a seguir.

A predisposição é um dos requisitos mais importantes para ocorrer a aprendizagem significativa. A sua ausência conduz a pouco ou nenhum valor do material instrucional mesmo sendo potencialmente significativo (AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980).

Sabe-se que “a maioria dos alunos da universidade (e da escola secundária) resiste à mudança para as estratégias da aprendizagem significativa” (NOVAK, 2000, p. 70). Isso pode ocorrer como consequência do hábito em aprender memoristicamente com pouca ou nenhuma atribuição de significado. É necessário, então, romper esse hábito a partir de material instrucional potencialmente significativo e praticado durante um tempo mínimo em diferentes assuntos até consolidar o processo.

É muito provável que na presente pesquisa esse mínimo não tenha sido atingido, pois foi possível apenas uma aula dupla por semana durante um mês em um único assunto com alunos que nunca haviam trabalhado com mapas conceituais. Como o mapa conceitual e a respectiva resolução do problema ocorreram na mesma aula é possível que o tempo necessário para a consolidação dos relacionamentos entre os conceitos do mapa não tenha sido suficiente. Desse modo, a resolução do problema pode ter ocorrido independente da elaboração do mapa o que justificaria um menor índice de correlação de Pearson. Tal aspecto conduz a pesquisa posterior onde os problemas seriam fornecidos após mais tempo para a discussão dos respectivos mapas.

Uma outra possibilidade no menor valor de correlação obtida poderia ser atribuída às variáveis não cognitivas como persistência, motivação, etc. Nenhuma delas porém, isoladas ou combinadas, foi o foco da presente pesquisa que portanto, origina outra(s).

A interação social no sentido de Vygotsky é um fator em potencial que pode influenciar o índice de correlação, pois em algum aspecto pode ocorrer entusiasmo entre alunos atingindo discussões mais elaboradas e, em outros, não. Como não houveram filmagens para identificar tais aspectos, origina-se aí pesquisa adicional.

Um outro aspecto que pode ter contribuído para o baixo valor da correlação é exposto a seguir.

Durantes as aulas fornecia-se a listagem dos conceitos pertinentes ao problema e solicitava-se a elaboração do mapa correspondente seguido de discussão. Após, apresentava-se o enunciado do problema respectivo procedendo-se à resolução individual, tal como consta na página 51.

Nessa sequência não consta nenhuma etapa fornecendo previamente (antes dos oito mapas e problemas) alguns exemplos da elaboração dos mapas em paralelo com a resolução dos problemas respectivos, ou seja, os alunos não receberam uma instrução passo a passo referente ao binômio mapa-problema paralelamente. Desse modo, não tomam consciência que a teoria expressa nos mapas é aquela necessária e suficiente para a resolução dos problemas e que a sua compreensão teórica propicia a correta resolução. Assim, pela ausência da mencionada etapa, é possível que parte dos alunos tenha ficado com a impressão que tais atividades (mapas e problemas) eram independentes e não estreitamente semelhantes, pois envolvem os mesmos conceitos e relações. Tal aspecto combinado com o pouco tempo disponível para as aulas, podem conjuntamente explicar o baixo valor da correlação. Novamente aqui uma pesquisa adicional emerge onde a hipótese mais plausível seria um valor mais positivo no índice de correlação de Pearson.

O baixo valor no índice de correlação pode também estar relacionado ao reduzido número de conceitos contemplados em cada problema e apresentado no capítulo 5, resultado e discussão (tabela 5.1).

A média de conceitos em cada problema é, aproximadamente, igual a 6, sendo possível que tal valor seja aquele no qual o efeito do mapa conceitual na resolução de problemas seja pequeno. Isto como consequência da hipótese de uma futura pesquisa podendo-se aí fazer a seguinte afirmativa: quanto maior o número de conceitos e relações entre eles para um mesmo tópico, mais complexo se torna o processamento das informações e, nesse caso, o mapa conceitual deve constituir-se um auxiliar relevante para a resolução de problemas. Por outro lado, à medida que esse número se reduz, a influência também diminui até chegar um ponto onde o mapa conceitual torna-se desnecessário.

Essa possível interferência pode realmente ter ocorrido conforme pesquisa de Novak (2000): durante um curso, enquanto o número de conceitos é reduzida a aprendizagem mecânica pode prevalecer sobre a significativa. Entretanto, à medida que passa o tempo e, conseqüentemente, aumenta o número de conceitos e relações entre eles, a aprendizagem mecânica não é mais suficiente, pois os alunos passam a ter mais dificuldade para memorizar conceitos e relações com atribuição de significado. A partir desse ponto a aprendizagem significativa passa a prevalecer sobre a mecânica, conforme mostrado no gráfico da figura 5.78.

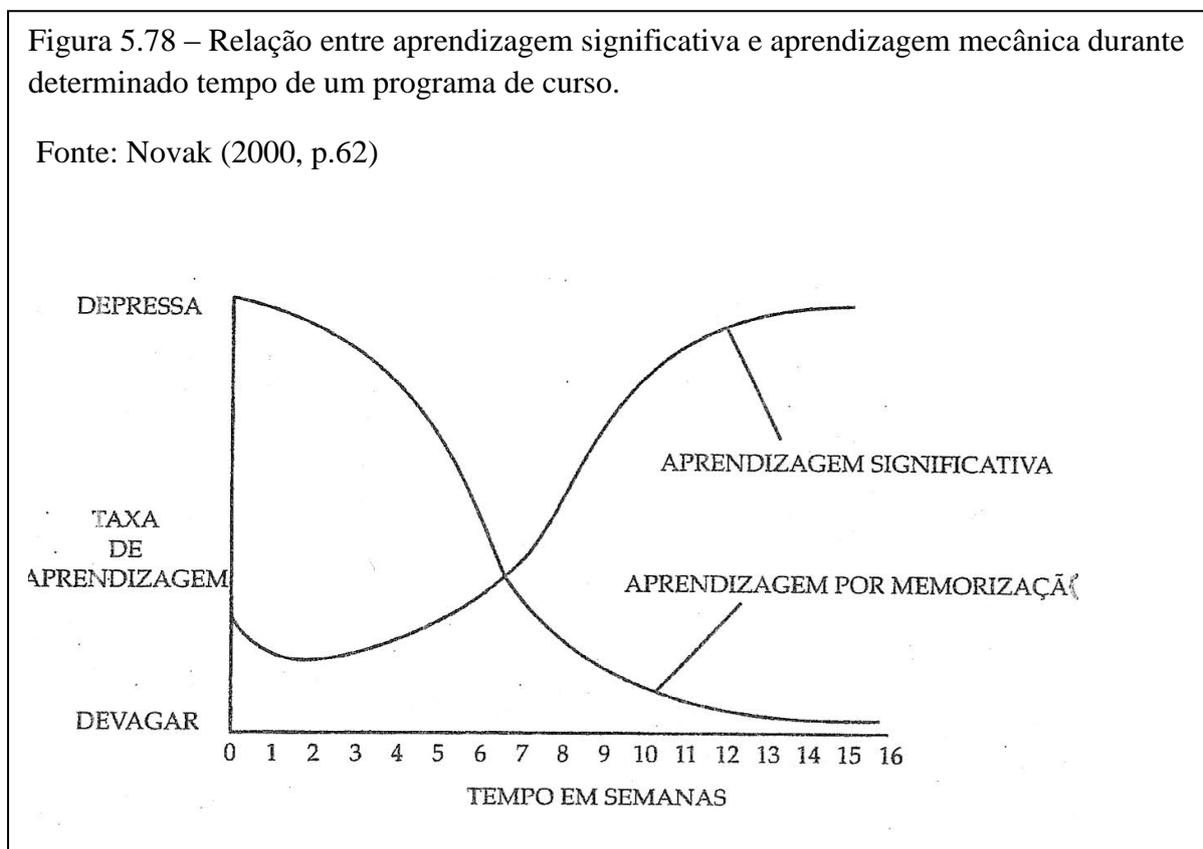
Em síntese, à medida que aumenta o número de conceitos o efeito deve aumentar e, diminuir, no caso oposto. Essa hipótese é plausível comparando-se as duas últimas tabelas: nos problemas 2 e 8 com maior número de conceito (8 nos dois casos) a correlação é forte e moderada, respectivamente, enquanto no problema 4, com o menor número de conceitos, a correlação é fraca. A questão de pesquisa daí originada aguarda, portanto, uma resposta.

A diferença de linguagem no mapa e respectivo problema pode ser outro fator que influenciou no baixo valor de Pearson. É provável que alguns alunos atribuam significados diferentes à leitura do mapa e problema. Assim, no

problema 7, por exemplo, a pergunta “qual é a substância mais facilmente eliminada pela urina” pode não ser interpretada pelos alunos com o significado de maior solubilidade a qual no mapa, está explícita e no problema, implícita.

Esse mesmo aspecto pode ter ocorrido no problema 5 sobre a remoção de uma mancha de graxa na camisa.

A consideração dessa variável, ou seja, a diferença de linguagem e respectiva atribuição de significado, somente pode ser desenvolvida a partir de pesquisa posterior.



Nota-se um reduzido número de publicações tanto no ensino de ciências em geral como química em particular que somente focalizam isoladamente mapas conceituais e resoluções de problemas (MARTINS, 2006; PONTONE JUNIOR, 2003; LOURENÇO, 2008; MOREIRA; COSTA, 2001; FREIRE, 2010).

Em publicação recente Toigo, Moreira e Costa (2012) fazem uma ampla revisão da literatura, constatando-se aí, a carência de trabalhos sobre mapas conceituais e resolução de problemas. Os poucos citados referem-se ao enfoque grupo de controle e grupo experimental em áreas como Fisiologia Médica, Matemática, Meio Ambiente e Física. Apenas um deles refere-se à Química onde verifica-se um pequeno efeito no grupo experimental. Os autores enfatizam que apesar do reduzido efeito dos mapas conceituais na resolução de problemas, isso não deve desestimular pesquisas a respeito. Algumas delas são aqui sugeridas aguardando-se, então, estudos correspondentes.

Capítulo 6: Conclusão

A presente pesquisa procedeu uma análise entre alunos do ensino médio sobre a elaboração de mapas conceituais e resolução dos respectivos problemas relacionados ao tópico interações intermoleculares, tendo a seguinte questão de pesquisa:

Como ocorre entre alunos do ensino médio a elaboração de mapas conceituais e a respectiva resolução de problemas referentes às interações moleculares?

A metodologia de fornecer ao aluno uma lista de conceitos relacionados ao tópico de estudo, interações intermoleculares, possibilitou visualizar a estruturação cognitiva e avaliar a sua aprendizagem. Podemos por meio das análises dos diversos mapas verificar os conceitos menos estruturados para um conjunto de alunos, como:

- relação entre os conceito aumento da massa/número de elétrons e ponto de fusão/ebulição;
- ponte de hidrogênio relaciona-se a polaridade, ou seja, está estruturado hierarquicamente tendo o conceito polaridade como aquele mais geral e determinante. Não há nesses caso o reconhecimento da indentificação da ponte de hidrogênio por meio da fórmula estrutural;
- concepção da solubilidade em função das densidade semelhantes;

Os mapas conceituais também revelaram a boa estruturação de alguns conceitos, como:

- substância simples são apolares e apresenta interação do tipo F. de London;
- substâncias binárias são polares;

- grupo OH relacionado a ponte de hidrogênio;
- polar dissolve polar e apolar dissolve apolar;
- na mistura heterogênea a substância de menor densidade é identificada na parte superior da mistura;
- relação entre substância polar e a interação dipolo-dipolo.

Sabemos da aplicação do mapa conceitual no processo de ensino-aprendizagem, porém percebemos que isso não ocorreu como esperado.

Comparando-se os mapas com listas de conceitos semelhantes em diferentes problemas, percebe-se a recorrência de modesta estruturação de conceitos, o que indica evolução cognitiva dos alunos menor do que a esperada. Possivelmente o pouco tempo para a adaptação dos alunos com essa ferramenta dificultou a reelaboração dos conceitos e a assimilação, desde as formas mais usuais como a correlativa até as superordenada ou subordinada que são formas mais difíceis de retenção (AUSUBEL, 1980).

Outro indício da não incorporação do mapa como instrumento de aprendizagem pelo aluno foram reclamações com as tentativas de elaboração dos mapas. Essas situações demonstram a resistência em aceitar o novo e conseqüentemente dificulta sair dos modelos mecânicos baseados na memorização tal como enfatiza Novak (1999).

A análise das resoluções dos problemas foi outra importante ferramenta, pois a forma como o aprendiz utiliza os conceitos assimilados na resolução dos problemas, também permite determinar a estruturação cognitiva. Os problemas aplicados foram de diferentes níveis de dificuldade, além disso, havia problemas de resolução mais direta, muito presente no cotidiano escolar e aqueles com maior número de informações incluindo àquelas de conteúdo interdisciplinar, exigindo maior processamento cognitivo para estabelecer as relações conceituais.

O tópico interações intermoleculares tem grande aplicação na Química Orgânica e alguns problemas foram selecionados com essa característica. Os alunos foram instruídos em aula com noções básicas de orgânica, funções e forma de representar as cadeias carbônicas. O resultado foi positivo, pois a média de pontuação nesses problemas foi próxima a média dos problemas que mencionam apenas moléculas inorgânicas.

Outra análise importante é que quantitativamente esperava-se uma correlação forte entre mapas e problemas o que não ocorreu comprovado por meio do cálculo da correlação de Pearson. As possíveis explicações podem estar relacionados com os problemas apresentados anteriormente para a implementação dos mapas conceituais como instrumento de aprendizagem.

A análise qualitativa dos mapas mostrou a ocorrência de dificuldades conceituais que, entretanto, ocorria em menor proporção nos problemas. É possível aí uma resistência aos mapas por falta de maior tempo de familiarização e, contrariamente, mais familiaridade com problemas não só em química como outras disciplinas.

Na presente pesquisa a estreita associação entre mapas conceituais e respectivos problemas, teve um impacto modesto no processo ensino-aprendizagem, entretanto, esse resultado não pode ser conclusivo: é necessário que tal associação seja articulada com outras variáveis como, por exemplo, mais tempo de aula, exemplos em paralelo no binômio mapas-problemas, antes do início da aplicação do material analisado, além do número de conceitos envolvidos nos problemas.

Espera-se daí, estudo futuro e específico que traga à discussão as considerações aqui tratadas.

Capítulo 7: Referências

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o ambiente*. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ARAGUÃO, R. M. R. *A teoria da aprendizagem significativa de David P. Ausubel: sistematização dos aspectos teóricos fundamentais*. 1976. 105 f. Tese (Doutorado em Ciências – Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1976.

AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. BARDIN, L. História e teoria. In:_____. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições, 1997.

BOSSOLANI, Keila. *Características da aprendizagem significativa em proposições expressas por escrito pelos alunos do ensino fundamental: um estudo de conceitos químicos propostos a partir de atividades experimentais*. São Carlos: UFSCar, 2004.

BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. B. (Org.). *COMO AS PESSOAS APRENDEM - CERÉBRO, MENTE, EXPERIÊNCIA E ESCOLA*. São Paulo: Editora Senac, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. *Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) - Ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

CMAP TOOLS. Desenvolvido pelo Institute for Human and Machine Cognition. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/>>. Acesso em: 10/08/2009

COLL, C.; POZO, J. I.; SARABIA, B.; VALLS, E. (Org.). *Os conteúdos na reforma*. Porto Alegre: Artmed, 2000. forma correta Indicar o 1º autor e et al.

CAÑAS, A. J.; NOVAK J. D. *Concept maps: theory, methodology, technology*. Institute for Human and Machine Cognition, 2008. Disponível em: <<http://cmap.ihma.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps>>. Acesso em: 05/02/2010

DEESE, J. *The structure of associations in language and thought*. Baltimore: The Johns Hopkins Press, 1965.

DORNELAS, Roberta Bianconi Fernandes. *Educação ambiental no ensino médio: integração de conhecimentos a partir das aulas de química*. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, São Paulo, 2009.

DUTRA, I.; FAGUNDES, L.; CAÑAS, A. J. Um enfoque construtivista para uso de mapas conceptuales em educación a distancia de professores. In: CAÑAS, A. J.; NOVAK, J. D.; GONZÁLEZ, F. M. (Org.). *Concept maps: theory, methodology, technology*. Espanha: Ed. Pamplona, 2004. p. 109. Disponível em: <<http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-247>>. Acesso em: 10/03/2010

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Britto; SILVA JÚNIOR, José Alexandre. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, v. 18, n. 1, 2009.

FRANCISCO JUNIOR, Wilmo Ernesto; FERREIRA, Luiz Henrique; HARTWIG, Dácio Rodney. A Dinâmica de resolução de problemas: analisando episódios em sala de aula. *Ciências e Cognição*, v. 13, n. 3, p. 82-99, dez. 2008.

FREIRE, Melquesedeque da Silva. *A estratégia didática da resolução de problemas na formação de professores de química*. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2010.

GARDNER, H.; KORNHABER, M. L.; WAKE, J. *Inteligências: múltiplas perspectivas*. Porto Alegre: Artmed, 2003.

KARAM, Ricardo Avelar Sotomaior; PIETROCOLA, Maurício. Habilidades técnicas *versus* habilidades estruturantes: resolução de problemas e o papel da matemática como estruturante do pensamento físico. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 2, n. 2, p. 181-205, jul. 2009.

KEMPA, R. F. Problem-solving ability and cognitive structure: an exploratory investigation. *European Journal of Science Education*, n. 5, p. 171-184, 1983.

KEMPA, R. F. Student's learning difficulties in science: causes and possible remedies. *Enseñanza de las Ciencias*, n. 9, p.119-128, 1991.

LOURENÇO, Ariane Baffa. *Análise de mapas conceituais elaborados por alunos da oitava série do ensino fundamental a partir de aulas pautadas na teoria da aprendizagem significativa: a argila como tema de estudo*. São Carlos: UFSCar, 2008.

MAYER, R. E. *Cognição e aprendizagem humana*. São Paulo: Cultrix, 1981.

MARTINS, Renata Lacerda Caldas. *A utilização de mapas conceituais no estudo de física no ensino médio: uma proposta de implementação/UNB*, Brasília, 2006. 188p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de Brasília. Instituto de Física/Química, 2006.

MEDINA, Roberta A. et al. A influência da linguagem química empregada nos livros didáticos na compreensão e resoluções dos exercícios sobre “Interações

Intermoleculares”. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA – ENEQ. 15. 2010. Brasília, DF, Brasil. *Anais...*Brasília: ENEQ, 2010.

MIRANDA, Angélica C. D. et al. A importância da memória de trabalho na gestão do conhecimento. *Ciências & Cognição*, v. 9, p. 111-119, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. (*Vergnaud's conceptual fieldtheory, scienceeducation, andresearch in thisarea*). *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 1, 2002.

MOREIRA, Marco Antonio; COSTA, Sayonara Salvador Cabral da. *Resolução de problemas*. IV: estratégias para resolução de problemas (Problem solving IV: strategies for problemsolving). Instituto de Física: UFRGS, 2001.

MOREIRA, Marco Antonio. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio; COSTA, Sayonara Salvador Cabral da. Resolução de problemas IV a resolução de problemas como um tipo especial de aprendizagem significativa. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v. 18, n. 3, p. 278-297, dez. 2001.

MORENO, Lidia Ruiz et al. Mapa conceitual: ensaiando critérios de análise. *Ciência & Educação*, v. 13, n. 3, p. 453-463, 2007.

NOVAK, J. D.; GOWIN, B. *Aprender a aprender*. Lisboa: Paralelo Editora, 1999.

NOVAK, J. D. *Aprender criar e utilizar o conhecimento: mapas conceituais*™ como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. Lisboa: Paralelo Editora, 2000.

NOVAK, Joseph D.; CAÑAS, Alberto J. A Teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. *Práxis Educativa*, Ponta Grossa, v. 5, n. 1, p. 9-29, jan./jun. 2010. Disponível em disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/Publications/>>. Acesso em: 08/10/2010.

PAIVIO, A. Dual coding theory: retrospect and current status. *Can. J. Psychol.*, n. 45, p. 255, 1991.

PONTONE JUNIOR, Renato. *O uso de mapas conceituais na avaliação: um estudo da viabilidade de utilização em um curso de física de ensino médio*.

Dissertação (Mestrado em Ciências e Matemática) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2003.

PASSOS, Camila Greff; SANTOS, Flávia Maria Teixeira dos. *A resolução de problemas na formação de professores de química brasileiros: análise da produção*. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA – ENEQ. 15., 2010. Brasília, DF. *Anais...*Brasília: Instituto de Química da Universidade de Brasília; Divisão de Ensino de Química da Sociedade Brasileira de Química, 2010.

POZO, Juan Ignacio et al. *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Tradução de Beatriz Affonso Neves. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

POZO, Juan Ignacio. *Aquisição de conhecimento*. Porto Alegre: Artmed, 2005.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Angel Gómez. *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. 5. ed. Tradução de Naila Freitas. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RODRIGUES, Cassio. Contribuições da memória de trabalho para processamento da linguagem: evidências experimentais e clínicas. *Working Papers em Linguística*, UFSC, n. 5, p. 1840-1845, 2001.

RODRIGUES, Salomão Bento de Vasconcelos; SILVA, Dayse Carvalho; QUADROS, Ana Luiza de. O ensino superior de química: reflexões a partir de conceitos básicos para a química orgânica. *Química Nova*, v. 34, n. 10, p. 1840-1845, 2011.

STERNBERG, R. J. *Psicologia cognitiva*. Porto Alegre: Artmed, 2000.

TAVARES, Romero. Construindo mapas conceituais – Constructing concept maps. *Ciências & Cognição*, v. 12, p. 72-85. Disponível em: <<http://www.cienciasecognicao.org>>. Acesso em: 03 dez. 2007.

TAKEUCHI, Margareth Yuri. *Estudo do uso de mapa conceitual na promoção de aprendizagem significativa de conteúdo de neurociência na graduação*. São Paulo: Instituto de Psicologia da Universidade de São Paulo. 2009.

TOIGO, Adriana Marques; MOREIRA, Marco Antonio; COSTA, Sayonara Salvador Cabral da. Revisión de la Literatura sobre el uso de mapas conceptuales como estrategia didáctica y de evaluación. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.17, n. 2, p. 305-339, 2012.

VEKIRI, I. What is the value of graphical displays in learning? *Ed. Psychol.Rev.*, n. 14, p. 261, 2002.

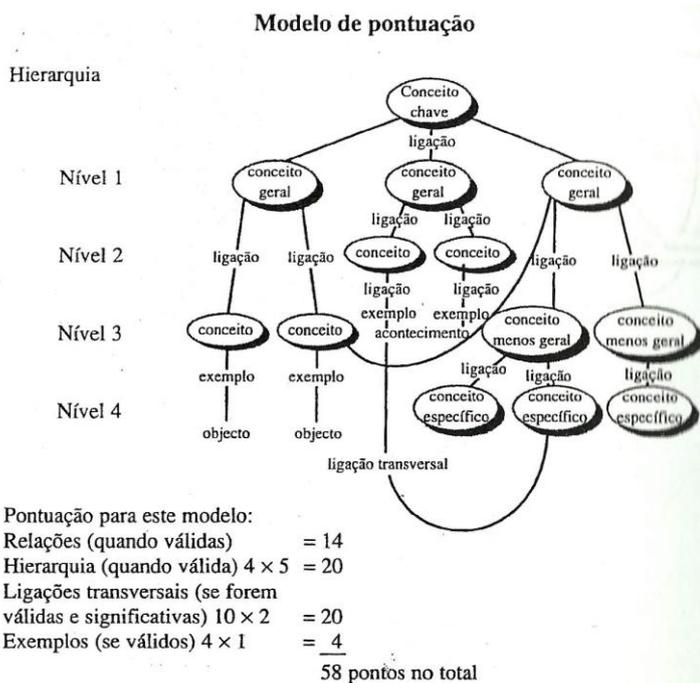
10- Anexos e Apêndices

Anexo 1- Critérios de classificação dos mapas conceituais e modelo de pontuação. (NOVAK, 1999, p. 52,53)

Aprender a aprender

Tabela 2.4. Critérios de classificação dos mapas conceituais

1. *Proposições.* A relação de significado entre dois conceitos é indicada pela linha que os une e pela(s) palavra(s) de ligação correspondentes? A relação é válida? Atribua um ponto por cada proposição válida e significativa que apareça. (Veja-se mais à frente o modelo de pontuação.)
2. *Hierarquia.* O mapa revela uma hierarquia? Cada um dos conceitos subordinados é mais específico e menos geral que o conceito escrito por cima dele (do ponto de vista do contexto no qual se constrói o mapa conceitual)? Atribua 5 pontos por cada nível hierárquico válido.
3. *Ligações cruzadas.* O mapa revela ligações significativas entre um segmento da hierarquia conceitual e outro segmento? Será que a relação que se mostra é significativa e válida? Atribua 10 pontos por cada relação cruzada que seja simultaneamente válida e significativa e 2 pontos por cada relação cruzada que seja válida mas que não traduza qualquer síntese entre grupos de proposições ou conceitos relacionados. As ligações cruzadas podem indicar capacidade criativa e há que prestar uma atenção especial para as identificar e reconhecer. As ligações cruzadas criativas ou peculiares podem ser alvo de um reconhecimento especial ou receber uma pontuação adicional.
4. *Exemplos:* Os acontecimentos ou objectos concretos que sejam exemplos válidos do que designam os termos conceituais podem valer cada um 1 ponto. (Estes exemplos não se rodeiam com um círculo, uma vez que não são conceitos.)
5. Pode-se construir e pontuar um mapa de referência para o material que se vai representar nos mapas conceituais. Depois, dividem-se os pontos dos alunos pela pontuação obtida para esse mapa de referência, obtendo-se deste modo uma percentagem que serve de comparação. (Alguns alunos podem ter melhor classificação que o mapa de referência, recebendo assim uma pontuação superior a 100%.)



Apêndice: Categorias de análise dos mapas conceituais para aferir conceito

Mapa: **1** TOTAL DE MAPAS: **45** G = conceito mais geral: C-Substância Simples; C¹- Fórmula Molecular; C² – Força de London; C³- Interação; C⁴ – aumento da massa ou número de elétrons; C⁵ – TF e TE; C⁶ - Polar

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização / níveis			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 A	100	1	5	3	2	3	1	C			1	
2 A	100	1	5	3	2	1	4	C				x
3 A	100		8	2	6	2	1	C		1	1	
4 A	100		6	2	4	3	1	C		1	1	
5 A	100		4	3	1	3	1	C				x
6 A	100		4	3	1	2	2	C				x
7 A	100		4	1	3	4		C				x
8 A	100		4	3	1	3	1	C				x
9 A	100		5	3	2	1	1	C	1		1	
10 A	100	5	12	12	0	7		C ¹			1	
11 A	100		4	3	1	3	1	C				x
12 A	100	1	5	4	1	2	1	C ¹			1	
13 A	100		4	4	0	2	1	C ²			1	
14 A	100		6	3	3	2	2	C			1	
15 A	100	1	8	4	4	4	3	C				X
16 A	100		4	4	2	2	2	C				X
17 A	100		4	4	0	4		C				x
18 A	100	2	10	6	4	3	2	C ³	1		2	
19 A	100		4	2	2		2	C				x
20 A	100	1	10	10	0	2	4	C			2	
21 A	100		4	2	2	2	4	C				X
22 A	100		5	3	2	3	2	C			1	
23 A	100		4	2	2	4		C				x
24 A	100		4	3	1	3	1	C				x

Mapa : **1**
TOTAL DE MAPAS: 45 G = conceito mais geral: C-Substância Simples; C¹- Fórmula Molecular

Molecular; C² – Força de London; C³ - Interação; C⁴ – aumento da massa ou número de elétrons; C⁵ – TF e TE; C⁶ - Polar

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 B	100		4	1	3	2	2	C				x
2 B	100		6	1	5	1	1	C			2	
3 B	100		4	3	1	3	3	C				X
4 B	100		3	0	3	0	0	C ³				X
5 B	100		4	2	2	0	0	C ⁴			1	
6 B	100		5	2	3	0	0	C ²		1	1	
7 B	100		4	3	1	3	3	C			1	
8 B	100	3	9	7	2	1	1	C ²	2	1	1	
9 B	100		4	0	4	3	3	C			1	
10 B	100		5	1	4	0	0	C ⁵		1	1	
11 B	100		4	2	2	3	3	C			1	
12 B	100		5	1	4	3	3	C ²			2	
13 B	100		4	0	4	0	0	C ⁶				X
14 B	100		4	0	4	0	0	C ¹			1	
15 B	100		4	1	3	3	3	C				X
16 B	100		4	1	3	3	3	C				X
17 B	100		5	2	3	3	3	C			1	
18 B	100	1	4	1	3	2	2	C ⁴	1		1	
19 B	100		3	3	0	2	2	C ²			1	
20 B	100		4	2	2	4	4	C ²				x
21 B	100		5	4	1	4	4	C ⁴				x

Mapa: 2 TOTAL: 44 G = Conceito mais geral: C = F. Estrutural; C¹ = F. Eletrônica; C² = Geometria Molecular; C³ = Elemento; C⁴ = Ligação de Hidrogênio

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização / níveis			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 A	100		6	5	1	2	2	C	1		2	
2 A	100		7	3	4	2	4	C ¹				X
3 A	100		9	9	0	3	1	C	1		2	
4 A	100		9	8	1	3	1	C	2		1	
5 A	100	1	10	10	0	4	2	C			1	
6 A	100		9	7	2	3	1	C	1		1	
7 A	100		8	5	3	2	2	C	1		1	
8 A	100		7	5	2	2	2	C	1		1	
9 A	100		7	2	5	1	3	C			1	
10 A	100	1	11	9	2	3	1	C			3	
11 A	100		9	7	2	3	1	C	1		2	
12 A	100	1	9	6	3	3	3	C ¹	1		2	
13 A	100		9	8	1	3	1	C	1		1	
14 A	100		10	8	2	3	1	C	1		2	
15 A	100		8	6	2	2	2	C ²			2	
16 A	100	4	17	17	0	3	1	C			2	
17 A	100		9	9	0	3	1	C	1		2	
18 A	100		9	9	0	3	1	C	1		2	
19 A												
20 A	100		9	9	0	3	1	C	1		2	
21 A	100		9	3	6	2	2	C	1		1	
22 A	100		9	9	0	3	1	C			1	
23 A	100		8	6	2	3	1	C ³			1	
24 A	100		7	3	4	3	1	C			1	

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 B	87,5		6	2	4	2	2	C			1	
2 B	62,5		4	4	0	3	0	C			1	
3 B	100		9	9	0	3	1	C	1		1	
4 B	100		6	3	3	3	3	C ²			1	
5 B	100		8	6	2	3	1	C			1	
6 B	100		7	3	4	1	5	C ⁴			1	
7 B	100		8	8	0	3	1	C			2	
8 B	100		8	7	1	3	1	C	1		1	
9 B	100		10	1	9	2	2	C			1	
10 B	100		7	0	7	0	4	C		1	1	
11 B	100		7	4	3	2	2	C ⁴			1	
12 B	100		7	3	4	2	2	C			2	
13 B	100		8	4	3	2	2	C			1	
14 B	100		7	1	6	0	4	C			1	
15 B	100		9	6	3	2	2	C	1		1	
16 B	100		7	7	0	3	1	C			2	
17 B	100		7	6	1	3	1	C			1	
18 B	100		6	4	2	3	1	C	1		1	
19 B	100		9	9	0	4	0	C	1		2	
20 B	100		7	1	6	2	4	C			1	
21 B	100		9	9	0	3	1	C			2	

Mapa: 3a TOTAL DE MAPAS: G = Conceito mais geral: C = S. Simples; C¹ = D. Eletrônica;

C² = Geometria Molecular;

Nome	Conceito s básicos	Conceito s novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização / níveis			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 A	100		4	1	3	4		C				X
2 A	100	2	7	6	1	4		C	1		1	
3 A	100		4	4	0	4		C				X
4 A	100		4	4	0	4		C				X
5 A	100	1	5	5	0	5		C				X
6 A	100		4	2	2	3		C			1	
7 A	100		4	2	2	4		C			1	
8 A	100		3	2	1	2	1	C				X
9 A	100	1	4	3	1	2	1	C			1	
10 A	100	2	6	6	0	2	3	C			1	
11 A	100		4	2	2	4		C				X
12 A	100	3	9	1	8	3	2	C ¹		1	3	
13 A	100	6	10	9	1	4	1	C	1		2	
14 A	100		4	4	0	4		C				X
15 A	100		5	1	4	2	3	C			1	
16 A	100		4	4	0	4		C				X
17 A	100		4	3	1	4		C				X
18 A	100		4	3	1	3		C			1	
19 A												
20 A	100	1	6	6	0	4		C			1	
21 A	100		4	0	4	4		C				X
22 A	100		4	4	0	4		C				X
23 A	100	1	5	4	1	5		C				X
24 A	100		4	3	1	4		C				X

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 B	100		4	2	2	4		C				X
2 B												
3 B	100		4	2	2	4		C				X
4 B	100		4	2	2	4		C				X
5 B	100		4	2	2	4		C				X
6 B	100		8	2	6	2	3	C		1	2	
7 B	100		4	3	1	4		C				X
8 B	100		4	2	2	4		C				X
9 B	100		4	2	2	2	1	C		1	1	
10 B	100		4	1	3	1	2	C ²		1	1	
11 B	100											
12 B			5	1	4	2	1	C		1	1	
13 B	100		4	1	3	0	3	C			1	
14 B	100		4	1	3	4	0	C				X
15 B	100		4	1	3	2	1	C			1	
16 B												
17 B	100		4	2	2	4	0	C				X
18 B	100		7	4	3	4	0	C	1		1	
19 B	100		5	2	3	1	3	C ²		1	1	
20 B	100		4	1	3	2	2	C ²				X
21 B	100		4	3	1	3	1	C ²				X

Mapa: 3b/c **TOTAL DE MAPAS:** G = Conceito mais geral; C = S. Composta; C¹ = G. Molecular; C² = S. Polar; C³ = Dipolo Permanente; C⁴=L. de Hidrogênio; C⁵ = TE e TF

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização / níveis			LC		R	L
			total	C	I0	C	I	G	C	I		
1 A	100		6	3	3	4	0	C			1	
2 A	100	1	6	0	7	3	2	C			1	
3 A	100		6	4	2	4	0	C			1	
4 A	100		6	4	1	4	0	C	1		1	
5 A	100		6	5	1	4	0	C			1	
6 A	100		6	5	1	3	1	C	1		1	
7 A	100		6	2	4	2	1	C			1	
8 A	83,33		4	1	3	1	1	C			1	
9 A	100	1	6	2	4	3	1	C			1	
10 A	100		6	6	0	0	4	C			1	
11 A	100		5	2	3	4	1	C				X
12 A	100	3	9	1	8	1	5	C ¹			2	
13 A	66,66		3	2	1	1	0	C			1	
14 A	100		6	5	1	4	0	C			1	
15 A	100	1	7	2	5	0	1	C			2	
16 A	100		5	4	1	3	1	C				X
17 A	100		7	5	2	4	1	C			1	
18 A	100		6	3	3	3	0	C	1		1	
19 A												
20 A	100		6	4	2	5	0	C			1	
21 A	100		6	0	5	1	1	C			1	
22 A	100		6	4	2	4	0	C			1	
23 A	100		6	1	5	4	0	C				X
24 A	83,33		4	0	4	0	3	C			1	

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 B	83,33		4	0	4	4	0	C ²				X
2 B												
3 B	100		6	3	3	4	0	C			1	
4 B	100		5	1	4	3	1	C			1	
5 B	100		6	2	4	4	0	C	1		1	
6 B	100	1	7	2	5	4	1	C		1	1	
7 B	100		7	5	2	4	0	C			1	
8 B	100		6	5	1	4	0	C			1	
9 B	100		6	3	3	4	0	C			1	
10 B	100		7	0	6	0	4	C ³		1	1	
11 B												
12 B	100		5	4	1	2	1	C			1	
13 B	100		5	3	2	4	0	C			1	
14 B	100		6	1	5	0	4	C ⁴		1	1	
15 B	100		5	2	3	2	2	C			1	
16 B												
17 B	100		5	2	3	3	1	C			1	
18 B	100		5	2	1	5	1	C				X
19 B	100		6	5	1	4	0	C			1	
20 B	100		5	1	4	0	4	C ⁵			1	
21 B	100		6	3	3	2	2	C		1	1	

Mapa: 4 **TOTAL DE MAPAS: G =F. Estrutural; C¹ = Grupo OH**

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização / níveis			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 A												
2 A	100	2	6	0	6	2	2	C		1	1	
3 A	100		3	3	0	3	0	C				X
4 A												
5 A	100		3	3	0	4	0	C				X
6 A	100		3	3	0	1	1	C ¹			1	
7 A	100		4	1	3	1	1	C		1	1	
8 A	100		3	1	2	0	0	C				X
9 A	100		4	0	4	2	1	C		1	1	
10 A	100		4	1	3	2	1	C				X
11 A	100		4	4	0	3	0	C				X
12 A	75		6	3	3	3	1	C	1		1	
13 A	100		3	2	1	2	1	C				X
14 A	100		3	3	0	3	0	C				X
15 A	100		3	3	0	3	0	C				X
16 A	100		3	2	1	3	0	C				X
17 A	75		9	9	0	4	0	C	1		2	
18 A	100		3	2	1	4	0	C				X
19 A	100		6	0	6	3	1	C		1	1	
20 A	100		5	5	0	5	0	C				X
21 A	100		3	2	1	3	0	C				X
22 A	100		3	3	0	3	0	C				X
23 A	100		3	2	1	3	0	C				X
24 A	100		3	3	0	0	2	C			1	

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 B	100		3	1	2	3	0	C				X
2 B												
3 B	100		3	0	3	3	0	C				X
4 B	100		3	0	3	1	2	C ¹				X
5 B	100		3	1	2	1	2	C			1	
6 B	100		3	2	1	1	2	C				X
7 B	100		3	3	0	3	0	C				X
8 B	100		4	3	2	3	0	C		1		
9 B	100		3	2	1	3	0	C				X
10 B	100		3	0	3	1	2	C		1		
11 B												
12 B	100		3	3	0	3	0	C				X
13 B	100		3	0	3	1	2	C				X
14 B	100		3	1	2	3	0	C				X
15 B	100		3	3	0	3	0	C				X
16 B	100		3	2	1	1	2	C				X
17 B	100		3	2	1	3	0	C				X
18 B	100		3	3	0	3	0	C				X
19 B	100		3	1	2	1	2	C				X
20 B	100		3	1	2	3	0	C				X
21 B	100		3	1	2	1	2	C				X

Mapa:5 TOTAL DE MAPAS: G= conceito geral; C = F. Estrutural; C¹ = molécula; C² = solubilidade; C³ = substância; C⁴ =

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização / níveis			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 A			9	8	1	3	0	C ²		1	2	
2 A			7	5	2	1	3	C		1	1	
3 A			6	6	0	3	1	C ⁴			1	
4 A			3	3	0	3	2	C ¹				X
5 A			6	5	1	3	0	C ⁵			1	
6 A			7	4	3	3	1	C ³			1	
7 A			5	5	0	3	0	C ¹			1	
8 A			7	3	4	3	3	C ⁶		1	1	
9 A			6	0	6	3	1	C ³			1	
10 A												
11 A			7	5	2	4	1	C ²		1	1	
12 A			7	4	3	4	0	C			1	
13 A			10	10	0	5	0	C ³	1		2	
14 A			11	11	0	6	0	C ⁵	1		3	
15 A			5	2	3	3	0	C ²		1	1	
16 A			9	6	3	3	3	C ⁷			2	
17 A			6	6	0	4	0	C ³			1	
18 A			7	3	4	4	0	C ³		1	1	
19 A			6	0	6	2	0	C ⁸			1	
20 A			4	3	1	3	1	C				X
21 A			4	0	4	1	1	C ¹			1	
22 A			6	2	4	4	1	C		2	2	
23 A			11	7	4	4	1	C			2	
24 A			7	7	0	5	0	C ⁵			1	

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 B			3	0	3	2	1	C				X
2 B			6	4	2	2	2	C ¹		1	1	
3 B			3	5	0	5	0	C				x
4 B			4	0	4	0	3	C ²			1	
5 B			8	8	0	3	0	C	1		1	
6 B			5	1	4	3	2	C		1	1	
7 B			7	5	2	3	0	C			2	
8 B			13	13	0	6	0	C	2		2	
9 B			4	4	2	4	0	C ³			1	
10 B			6	0	6	0	3	C ³		1	1	
11 B												
12 B			6	6	0	3	0	C	1		1	
13 B			4	3	2	3	0	C			1	
14 B			5	0	5	0	3	C			1	
15 B			4	4	4	4	2	C ²			1	
16 B			7	7	0	3	1	C	1		1	
17 B			4	0	4	1	1	C ²			2	
18 B												
19 B			5	4	1	3	1	C ²			1	
20 B			4	4	0	3	1	C ²			1	
21 B			10	10	0	6	6	C	1		2	

Mapa: 6 TOTAL DE MAPAS: G = Conceito Geral; C = solubilidade; C¹ = mistura; C² = D. Eletrônica; C³ = Substância;
C⁴ = F. Eletrônica; C⁵ = M. Homogênea e Heterogênea; C⁶ = Densidade

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 B	100		5	0	5	3	0	C ⁶			1	
2 B	100		6	0	6	2	1	C ⁶		1	1	
3 B	100		5	5	0	3	0	C			2	
4 B	100		5	2	3	2	1	C			1	
5 B	100		7	2	5	2	1	C			1	
6 B	100		6	0	6	0	3	C		1	2	
7 B	100		9	6	3	3	0	C		1	3	
8 B	100		8	6	2	2	2	C	1	1	1	
9 B	100	1	9	7	2	2	2	C		1	1	
10 B	100		6	0	6	2	1	C ⁶		1	1	
11 B	100		5	7	5	2	1	C ⁶		1	1	
12 B	100		7	0	0	2	1	C	1		1	
13 B	100		3	0	3	2	1	C				X
14 B	100		3	0	3	0	3	C				X
15 B	100		8	8	0	3	0	C			2	
16 B	100		6	0	6	2	1	C		1	1	
17 B	100		5	0	5	2	1	C			1	
18 B	100		6	2	4	3	0	C			1	
19 B	100	1	8	2	6	2	1	C ³		2	1	
20 B	100		6	0	6	2	1	C		1	1	
21 B	100		10	10	0	4	0	C ³			2	

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização / níveis			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 A	100	1	6	1	5	0	2	C ¹			2	
2 A	100	1	8	0	8	0	4	C ²		1	1	
3 A	100		13	9	4	4	1	C	1		2	
4 A	100		6	4	2	3	0	C		1	1	
5 A	100		6	2	4	3	0	C		1	1	
6 A	100	1	7	2	5	1	3	C ³		1	1	
7 A	100		6	0	6	3	0	C		1	1	
8 A	100	1	6	0	6	3	0	C ³			1	
9 A	100		5	0	5	3	0	C		1	1	
10 A	100		8	4	4	4	0	C ¹			1	
11 A	100		4	1	3	2	1	C			1	
12 A	100	2	8	3	5	2	3	C ⁴		1	2	
13 A	100	1	7	7	0	2	2	C ³			1	
14 A	100		5	5	0	3	0	C	1		1	
15 A	100		5	0	5	0	2	C ⁵		1	2	
16 A	100		6	2	4	3	0	C			2	
17 A	100	1	7	0	7	2	1	C ³			1	
18 A	100		8	0	8	1	2	C			1	
19 A	100		8	2	6	0	4	C		2	2	
20 A	100	1	7	7	0	4	0	C ¹			1	
21 A	100		6	0	6	2	1	C		1	1	
22 A	100	1	7	1	6	4	0	C		1	1	
23 A	100		6	0	6	3	0	C		1	1	
24 A	100	2	8	1	7	3	2	C ⁵			1	

**Mapa: 7 TOTAL DE MAPAS: G = Conceito Geral; C = F. Estrutural; C¹ = substância; C² = D. Eletrônica; C³ = solubilidade;
C⁴ = L. de hidrogênio**

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização / níveis			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 A	100		5	4	1	2	1	C			1	
2 A	100	2	9	0	9	3	2	C		1	1	
3 A	100	1	6	4	2	3	2	C			1	
4 A	100	1	6	6	0	4	0	C			1	
5 A	100		5	4	1	5	0	C				X
6 A	100	1	6	6	0	5	0	C ¹			1	
7 A												
8 A	100	2	7	32	4	4	1	C			1	
9 A	100		5	2	3	3	0	C			1	
10 A	100		6	2	4	3	1	C			1	
11 A												
12 A	100		5	2	3	2	1	C			1	
13 A	100		11	6	5	2	1	C			2	
14 A	100		8	4	4	4	0	C		1	1	
15 A	100		5	4	1	5	0	C				X
16 A	100		4	4	0	2	1	C			1	
17 A	100	2	10	3	7	2	2	C			1	
18 A	100		7	4	3	2	1	C		1	1	
19 A	100	1	6	2	4	3	3	C ¹				X
20 A	100		5	3	2	2	2	C			1	
21 A	100		5	0	5	2	3	C				X
22 A	66,66	2	5	4	1	2	2	C			1	
23 A	100	1	5	2	3	3	2	C ²				X
24 A	100		5	0	5	4	1	C				X

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 B	83,33		4	0	4	1	3	C				X
2 B												
3 B	100		5	1	4	2	3	C				X
4 B	100		5	0	5	4	1	C				X
5 B	100		5	0	5	2	1	C			2	
6 B	100		5	3	2	3	1	C ³			1	
7 B	100		5	0	5	2	2	C			1	
8 B	100		5	4	1	2	3	C				X
9 B	100		5	0	5	1	2	C			1	
10 B	100		5	0	5	0	4	C				X
11 B	100		5	0	5	2	2	C ⁴			1	
12 B	100		5	3	2	4	0	C			1	
13 B	100		5	2	3	3	2	C				X
14 B	100		7	0	7	1	3	C		1	2	
15 B	100		5	3	2	3	1	C			1	
16 B	100		7	2	5	2	2	C		1	1	
17 B	100		5	2	5	2	1	C ⁴			2	
18 B	83,33		4	3	1	4	0	C			1	
19 B			4	4	0	3	0					
20 B	100		5	0	5	0	4	C			1	
21 B	100		5	1	4	2	2	C			1	

Mapa: 8 TOTAL DE MAPAS:

G = conceito geral: C = F. Estrutural

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização / níveis			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 A	100		9	5	4	2	1	C			1	
2 A	100		9	7	2	4	0	C			1	
3 A	100		10	10	0	3	0	C			1	
4 A	87,5		8	7	1	3	0	C	1		1	
5 A	100		9	7	2	4	0	C			1	
6 A	87,5		7	5,5	2	3	1	C			1	
7 A	100		6	2	4	3	2	C			1	
8 A												
9 A	100		8	0	8	3	0	C			1	
10 A	100	1	12	11	1	5	0	C			1	
11 A												
12 A	100		7	4	3	2	2	C			1	
13 A	100		8	8	0	3	0	C			1	
14 A	100		9	9	0	4	0	C	1		1	
15 A	87,5		7	4	3	0	3	C			1	
16 A	100		6	4	2	2	1	C			1	
17 A	100		9	7	3	4	0	C	1		1	
18 A	100		9	7	2	3	0	C			1	
19 A	100		8	4	4	4	3	C		1	1	
20 A	100		7	7	0	4	0	C			1	
21 A	100		9	8	1	3	1	C			1	
22 A	100		8	8	0	3	0	C			1	
23 A	100		8	6	2	4	1	C			1	
24 A	100		6	6	0		0	C			1	

Nome	Conceitos básicos	Conceitos novos	Palavras de ligação e a formação de proposição			Hierarquização			LC		R	L
			total	C	I	C	I	G	C	I		
1 B	100		8	0	8	3	1	C			1	
2 B												
3 B	100		9	9	0	4	0	C			1	
4 B	100		6	5	1	1	2	C			2	
5 B	87,5		8	8	0	4	0	C	1		1	
6 B	100		9	9	0	4	0	C			1	
7 B	100		7	5	2	3	2	C			1	
8 B	100		9	9	0	3	1	C	1		1	
9 B	87,5		7	0	7	2	2	C			1	
10 B	100		8	0	8	0	4	C		2	2	
11 B	100		10	4	6	4	0	C		1	2	
12 B	100		7	5	2	2	1	C			1	
13 B	87,5		7	3	4	2	4	C			1	
14 B	100		8	1	7	1	5	C		1	1	
15 B	100		8	6	2	3	1	C			1	
16 B	100		8	6	2	2	3	C			1	
17 B	100		7	5	2	2	3	C			2	
18 B	100		8	8	0	4	0	C			1	
19 B	100		9	6	3	3	1	C			1	
20 B	100		8	5	3	3	3	C			2	
21 B	100		8	8	0	3	1	C			2	