

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

**“ENSINO E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO
CONCEITO DE LIGAÇÃO QUÍMICA POR MEIO DE MAPAS
CONCEITUAIS”**

José Odair da Trindade

Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do título
de MESTRE PROFISSIONAL EM
QUÍMICA.

Área de concentração: ENSINO DE
QUÍMICA.

Orientador: Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig

São Carlos - SP
2011

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

T833ea

Trindade, José Odair da.

Ensino e aprendizagem significativa do conceito de ligação química por meio de mapas conceituais / José Odair da Trindade. -- São Carlos : UFSCar, 2011.

216 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Química - estudo e ensino. 2. Aprendizagem significativa. 3. Mapas conceituais. 4. Ligação química. 5. Multicontextos de ensino. 6. Realidade virtual na educação. I. Título.

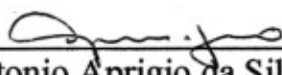
CDD: 540.7 (20^a)

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 banca examinadora que avaliaram e aprovaram a defesa de dissertação de mestrado profissional do candidato José Odair da Trindade, realizada em 04 de fevereiro de 2011:



Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig



Prof. Dr. Antonio Aprigio da Silva Curvelo



Profa. Dra. Clélia Mara de Paula Marques

“Ao nível humano, o impulso cognitivo (o desejo de conhecimentos como fim por si só) é [...] o tipo de motivação mais importante na aprendizagem da sala de aula.” (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 334; AUSUBEL, 2003, p. 204).

“O aluno deve ter disposição significativa para a aprendizagem, o que exige uma atitude *ativa*.” (ONTORIA, *et al.*, 2005, p. 24).

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig, pela competente orientação. Dirijo a ele a minha amizade e reconhecimento.
- À minha mãe Valda de Rezende da Trindade, que sempre me estimulou para os estudos.
- Ao Programa de Pós-Graduação em Química da Universidade Federal de São Carlos – PPGQ/UFSCar pela oportunidade.
- Às secretárias do PPGQ/UFSCar, Ariane, Cristina e Luciani.
- Aos Profs. Dr. Luiz Henrique Ferreira e Dra. Clelia Mara de Paula Marques pelas sugestões e correções durante a apresentação do Seminário.
- A todos os funcionários da E.E. Prof. Salatiel de Almeida de Muzambinho – EEPSAM.
- A todos os alunos da 1ª. série “D” do Ensino Médio da EEPSAM – ano 2010, por cederem seus materiais (Mapas Conceituais e Questionário) para este estudo.
- À Superintendência Regional de Ensino de Poços de Caldas.
- À Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, pela licença concedida para realização do Mestrado.
- A todos os funcionários da Biblioteca Monteiro Lobato do Instituto Federal de Educação do Sul de Minas Gerais, campus Muzambinho – IFSMG-Muz.
- Ao IFSMG-Muz pela licença concedida para cursar as disciplinas obrigatórias.
- Ao Serviço de Referência da Biblioteca Comunitária da UFSCar, pela correção das referências.
- Ao Gustavo Bizarria Gibin, pela revisão do Material Instrucional.
- À Ana Paula Kasseboehmer, pelo auxílio com os trâmites burocráticos da apresentação do Seminário.
- Ao Rogério Eduardo Del Valle Silva, pela ajuda com as fórmulas do Excel.
- À Profa. Regina Benassi, pela revisão de Português.

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 – Relação das atividades contempladas, número de mapas confeccionados e alunos participantes	54
TABELA 4.2 – Tabela de avaliação dos Mapas Conceituais sobre Ligação Iônica	55
TABELA 4.3 – Quantidade de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Iônica	56
TABELA 4.4 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos básicos – conteúdo Ligação Iônica	60
TABELA 4.5 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos novos – conteúdo Ligação Iônica	62
TABELA 4.6 – Tabela de avaliação dos Mapas Conceituais sobre Ligação Covalente	78
TABELA 4.7 – Quantidade de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Covalente	80
TABELA 4.8 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos básicos – conteúdo Ligação Covalente	83
TABELA 4.9 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos novos – conteúdo Ligação Covalente	86
TABELA 4.10 – Tabela de avaliação dos Mapas Conceituais sobre Ligação Metálica	107
TABELA 4.11 – Quantidade de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Metálica	108
TABELA 4.12 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos básicos – conteúdo Ligação Metálica	112
TABELA 4.13 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos novos – conteúdo Ligação Metálica	114
TABELA 4.14 – Tabela das pontuações mais significativas obtidas pelos estudantes nos mapas sobre Ligações Químicas	134

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – Exemplo de aprendizagem subordinativa derivativa	11
FIGURA 2.2 – Mapa conceitual sobre a Teoria de Mapas Conceituais	17
FIGURA 2.3 – Visões de cada olho da mesma cena	23
FIGURA 3.1 – Esquema de proposição	36
FIGURA 3.2 – Exemplo de proposição	36
FIGURA 3.3 – Exemplo de proposição	36
FIGURA 3.4 – Exemplo de mapa conceitual	37
FIGURA 3.5 – Mapa conceitual sobre água: estrutura 1	37
FIGURA 3.6 – Mapa conceitual sobre água: estrutura 2	38
FIGURA 3.7 – Exemplo de mapa construído com post-its sobre Estrutura Atômica	40
FIGURA 3.8 – Mapa Conceitual de Referência sobre Ligação Iônica	44
FIGURA 3.9 – Mapa Conceitual de Referência sobre Ligação Covalente	45
FIGURA 3.10 – Mapa Conceitual de Referência sobre Ligação Metálica	46
FIGURA 4.1 – Relação entre alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Iônica	56
FIGURA 4.2 – Porcentagem de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Iônica	57
FIGURA 4.3 – Frequência de identificação, em porcentagem, das categorias avaliadas nos mapas conceituais sobre Ligação Iônica	58
FIGURA 4.4 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos básicos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Iônica	61
FIGURA 4.5 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos novos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Iônica	63
FIGURA 4.6 – Mapa conceitual do aluno A31	66
FIGURA 4.7 – Mapa conceitual do aluno A11	68
FIGURA 4.8 – Mapa conceitual do aluno A3	71
FIGURA 4.9 – Mapa conceitual do aluno A4	73
FIGURA 4.10 – Mapa conceitual do aluno A21	75
FIGURA 4.11 – Relação entre alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Covalente	79

FIGURA 4.12 – Porcentagem de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Covalente	80
FIGURA 4.13 – Frequência de identificação, em porcentagem, das categorias avaliadas nos mapas conceituais sobre Ligação Covalente	81
FIGURA 4.14 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos básicos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Covalente	84
FIGURA 4.15 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos novos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Covalente	87
FIGURA 4.16 – Mapa conceitual do grupo G9	90
FIGURA 4.17 – Mapa conceitual do grupo G2	92
FIGURA 4.18 – Mapa conceitual do grupo G4	95
FIGURA 4.19 – Mapa conceitual do grupo G3	98
FIGURA 4.20 – Mapa conceitual do grupo G1	100
FIGURA 4.21 – Mapa conceitual do grupo G6	102
FIGURA 4.22 – Mapa conceitual do grupo G16	104
FIGURA 4.23 – Relação entre alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Metálica	108
FIGURA 4.24 – Porcentagem de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Metálica	109
FIGURA 4.25 – Frequência de identificação, em porcentagem, das categorias avaliadas nos mapas conceituais sobre Ligação Metálica	110
FIGURA 4.26 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos básicos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Metálica	113
FIGURA 4.27 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos novos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Metálica	115
FIGURA 4.28 – Mapa conceitual do grupo G1	119
FIGURA 4.29 – Mapa conceitual do aluno A31	122
FIGURA 4.30 – Mapa conceitual do grupo G6	125
FIGURA 4.31 – Mapa conceitual do grupo G14	127
FIGURA 4.32 – Mapa conceitual do grupo G13	130
FIGURA 4.33 – Comparação da frequência de abordagem das categorias de avaliação nos mapas sobre Ligações Químicas	135

FIGURA 4.34 – Comparação da frequência de abordagem dos três níveis do conhecimento químico nos mapas sobre Ligações Químicas	136
FIGURA 4.35 – Frequência, em porcentagem, das categorias da questão 1 ...	137
FIGURA 4.36 – Resposta do aluno A22 para a questão 1	138
FIGURA 4.37 – Frequência, em porcentagem, das categorias da questão 2 ...	138
FIGURA 4.38 – Frequência, em porcentagem, das categorias da questão 3 ...	140
FIGURA 4.39 – Resposta do aluno A31 para a questão 3	140
FIGURA 4.40 – Resposta do aluno A14 para a questão 3	141
FIGURA 4.41 – Resposta do aluno A26 para a questão 3	141
FIGURA 4.42 – Frequência, em número de estudantes, das categorias da questão 4	141
FIGURA 4.43 – Frequência, em porcentagem, das categorias da questão 5 ...	142
FIGURA 4.44 – Avaliação do curso pelos estudantes: notas x frequência, em números de alunos	143
FIGURA 4.45 – Frequência, em número de estudantes, das categorias da questão 7 – aspectos positivos do curso	144
FIGURA 4.46 – Resposta do aluno A6 para a questão 7 – aspectos positivos do curso	144
FIGURA 4.47 – Frequência, em número de estudantes, das categorias da questão 7 – aspectos negativos do curso	145

LISTA DE QUADROS

QUADRO 3.1 – Material de informática sobre Estrutura Atômica e conceitos ..	39
QUADRO 3.2 – Material de informática sobre Ligações Químicas e conceitos	41
QUADRO 3.3 – Categorias de análise dos Mapas Conceituais para aferir conceito	48
QUADRO 3.4 – Critérios gerais de pontuação das categorias para aferir conceito aos Mapas Conceituais	49

RESUMO

ENSINO E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DO CONCEITO DE LIGAÇÃO QUÍMICA POR MEIO DE MAPAS CONCEITUAIS. Como consequência das dificuldades dos alunos relacionadas aos conceitos de maior abstração de Química, utilizou-se no presente trabalho, a concepção de Aprendizagem Significativa conforme a teoria de Ausubel. Daí, derivam-se os Mapas Conceituais que são diagramas bidimensionais, cujo objetivo é representar as relações entre os conceitos, por meio de proposições, em um determinado tópico. Podem ser utilizados como estratégia de ensino, avaliação, estudo, entre outros. Com a finalidade de minimizar as mencionadas dificuldades, organizou-se um minicurso referente às Ligações Químicas, que foi aplicado em uma turma de primeira série do Ensino Médio, no interior do Estado de Minas Gerais. Nas aulas, os estudantes entraram em contato com estratégias diversificadas de ensino: atividades de informática (realidade virtual-3D, animações, vídeos), modelagem (modelos plásticos, bexigas) e material instrucional (apostila) organizado a partir da Teoria de Ausubel. Como forma de avaliação da aprendizagem, recorreu-se à elaboração de mapas conceituais. Ao término, os alunos responderam a um Questionário de avaliação da metodologia de ensino. As maiores dificuldades estiveram relacionadas à ausência de exemplos nos mapas e à correta construção de proposições, apoiadas em palavras de ligação apropriadas. Com este trabalho, foi possível constatar que a estratégia dos Mapas Conceituais é um recurso válido para sondar em profundidade as limitações e potencialidades de aprendizagem dos alunos, mesmo em terrenos muito áridos, onde predomina a falta de motivação para a aprendizagem significativa e a ausência de recursos materiais. Por outro lado, houve uma grande aceitação dos alunos por atividades de informática e modelos, mas menor pela elaboração dos mapas. É possível que esta resistência seja uma consequência dos bons resultados anteriores em abordagens de aprendizagem por memorização, porque tornam os estudantes inseguros na mudança para estratégias de Aprendizagem Significativa, visto que consideram um desafio tomarem a responsabilidade pela construção dos seus próprios significados, embora compensadora para alguns aprendizes.

ABSTRACT

TEACHING AND LEARNING OF MEANINGFUL CONCEPT OF CHEMICAL BOND THROUGH CONCEPTUAL MAPS. As a consequence of student difficulties related to concepts of greater abstraction of Chemistry, the concept of Meaningful Learning according to the theory of Ausubel was used in this work. From it, the two-dimensional diagrams Conceptual Maps intend to represent the relationships among concepts, through propositions, in a particular topic. They can be used as teaching, assessment, and study strategies among others. In order to minimize the mentioned difficulties, we organized a short course relating to Chemical Bonds that were applied in a class of high school first year in the State of Minas Gerais. In classes, students came into contact with diversified educational strategies: computer-related activities (virtual reality-3D, animation, video), modeling (plastic models, balloons) and instructional material (book) organized from the theory of Ausubel. As a way of learning assessment, we used the preparation of conceptual maps. Upon completion, students answered a Questionnaire evaluating the teaching methodology. The major difficulties were related to the absence of examples in the maps and the correct construction of propositions, supported by appropriated linking words. With this study, we found that the strategy of Conceptual Maps is a valuable resource to probe in depth the limitations and potential for students learning, even in very arid field, dominated by a lack of motivation for learning meaningful and the absence of material resources. On the other hand, there was a wide acceptance by students of information technology and models, but lower for the preparation of maps. It is possible that this resistance is a consequence of the good results in previous approaches to learning by memorization, because students become unsafe for the strategies for change in Meaningful Learning, when considering a challenge to take responsibility to build their own meanings, though rewarding for some apprentices.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
1.1 Dificuldades estudantis com Química	01
1.2 Questões de Pesquisa	04
2. REFERENCIAIS TEÓRICOS	05
2.1 Aprendizagem Significativa de Ausubel	05
2.2 Mapas Conceituais: estratégia pedagógica para a construção de conceitos químicos	13
2.3 As representações químicas e as novas tecnologias no ambiente educacional	18
2.3.1 Realidade Virtual – visualização de estruturas moleculares em 3D por meio de estereoscopia anaglífica digital	21
2.4 Identificação da fundamentação teórica em outros trabalhos de pesquisa	24
3. METODOLOGIA	33
3.1 Delimitação do campo de trabalho	33
3.1.1 Caracterização do município de Muzambinho	33
3.1.2 Caracterização dos estabelecimentos escolares	34
3.1.3 Definição da amostragem	35
3.2 Procedimentos para a coleta dos dados	35
3.3 Procedimentos para a análise dos dados	43
3.3.1 Método de análise dos Mapas Conceituais	43
3.3.2 Método de análise da avaliação da metodologia pelos estudantes	50
3.4 Considerações sobre a elaboração do Material Instrucional	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1 Quantidade de Mapas coletados	53
4.2 Análise dos Mapas Conceituais	54
4.2.1 Análise dos Mapas sobre Ligação Iônica	55
4.2.2 Análise dos Mapas sobre Ligação Covalente	78
4.2.3 Análise dos Mapas sobre Ligação Metálica	107
4.3 Comparação entre os resultados dos Mapas dos três conteúdos	133
4.4 Análise da avaliação da metodologia pelos estudantes	137

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	147
5.1 Conclusões	147
5.2 Considerações finais	148
5.3 Impacto educacional do trabalho de pesquisa na instituição de ensino	149
REFERÊNCIAS	151
APÊNDICES	155
ANEXOS	183

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O Capítulo 1 contextualiza esta pesquisa. Inicialmente, fala-se sobre a dificuldade que os estudantes sentem com os conteúdos das Ciências Exatas. Posteriormente, mostra-se que as atividades alicerçadas no uso de ferramentas diversificadas podem fornecer subsídios para uma Aprendizagem Significativa no referencial de Ausubel. E finalmente, apresentam-se as questões de pesquisa.

1.1 DIFICULDADES ESTUDANTIS COM QUÍMICA

Sabe-se que os alunos têm pouca motivação para o estudo das Ciências Exatas, como a Química, a Matemática e a Física, pois atribuem a essas disciplinas um caráter memorístico, tratando-as como algo desinteressante e sem sentido (MORTIMER *et al.*, 1994). Tal fato é em decorrência, provavelmente, da utilização excessiva de fórmulas no estudo dessas disciplinas. Ou seja, é o resultado de um ensino calcado na manipulação de expressões algébricas para a resolução de cálculos que envolvem noções imperfeitamente compreendidas, em detrimento da fundamentação conceitual correspondente e de uma metodologia que oriente o aluno na aprendizagem significativa. Assim, essa conjuntura leva à mecanização mental, dificultando o raciocínio e contribui para o enfado dos aprendizes (HARTWIG, 1981, 1984).

Ademais, os estudantes do Ensino Médio têm dificuldades para aprender Química e, geralmente, não conseguem estabelecer relações apropriadas entre os níveis macroscópico, simbólico e submicroscópico (GIBIN, 2009). Ao se observar esse contexto, verifica-se a importância da criação de recursos didáticos modernos, que estejam desvinculados dos métodos tradicionais de ensino: a velha lousa aliada a muita decoreba (FONSECA, 2001).

Uma possibilidade para amenizar os problemas mencionados é a realidade virtual (RV), um ambiente gráfico gerado por recursos computacionais, de aparência realística, no qual o usuário pode navegar e interagir em três dimensões (SFALCIN e ROGADO, 2006).

Outra ferramenta a ser utilizada é a modelagem. Sobre esse recurso, as atividades desenvolvidas durante o período instrucional, terão como suporte

modelos plásticos e bexigas, os quais permitem ao usuário criar, ver e interagir com as representações das estruturas moleculares.

No que tange à falta de motivação para o estudo da Química, estudos apontam para o fato de os alunos conceberem o tema desse trabalho - Ligações Químicas - sob a ótica de concepções equivocadas, devido ao fato de este ser um assunto abstrato, longe da percepção dos estudantes. Dentre os equívocos, o que salta aos olhos é a confusão que eles fazem entre átomos e células (FERNANDEZ e MARCONDES, 2006). Acredita-se que a compreensão dos conceitos e dos modelos de estrutura atômica, não apenas possa subsidiar a ancoragem de subsunçores adequados para a formação do conceito de Ligação Química (iônica, covalente e metálica), bem como colaborar para a diferenciação entre átomos e células.

Tal consideração leva-nos a propor uma metodologia de trabalho, em que as atividades de ensino têm o escopo de induzir os alunos a questionarem sobre as relações entre os átomos e as ligações que se estabelecem, para a sua estabilidade. Essa metodologia, por sua vez, tem o papel de proporcionar condições favoráveis à Aprendizagem Significativa, na moldura teórica de Ausubel. Entende-se como Aprendizagem Significativa aquela que propicia aquisição e retenção de conhecimentos, por meio de um subsunçor (facilitador, inseridor) (MOREIRA, 1985; MOREIRA e MASINI, 1982). Desse modo, a organização do material instrucional ocorrerá numa sequência que melhor possibilite a formação de subsunçores diretamente vinculados aos principais conceitos, visando favorecer a assimilação e a consolidação das novas informações, na estrutura cognitiva do aprendiz.

Segundo AUSUBEL (2003) e AUSUBEL *et al.* (1980), a ocorrência de Aprendizagem Significativa se evidencia quando a compreensão do assunto é avaliada a partir de um contexto diferente daquele apresentado anteriormente, isto é, durante o período de instrução.

Contudo, esta redundância é mais intencional do que acidental. Reflete vastamente a forte convicção intuitiva do autor, mas não confirmada em termos empíricos, de que a substância de uma determinada ideia fica fortalecida ao máximo na memória, caso seja discutida nos contextos em que for relevante, em vez de receber uma consideração apenas na primeira vez em que surge no texto. Por outras palavras, a repetição multicontextual de uma ideia consolida-a hipoteticamente mais na memória do que as repetições dentro do mesmo contexto (AUSUBEL, 2003, p. XVI).

Quando um mesmo conceito é exposto a uma grande variedade de “contextos específicos diferentes e formas ilustrativas é mais eficiente para a generalização do que uma experiência intensiva com algumas poucas ilustrações” (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 167). “É provável que os fatores que influenciam a clareza e a estabilidade das ideias de subsunção incluam a repetição, o uso de exemplares e a exposição multicontextual” (AUSUBEL, 2003, p. 65).

Seguem-se os seguintes aspectos a se considerar neste trabalho:

- contextos diferentes para o mesmo conceito;
- formas ilustrativas;
- generalização.

Pode-se citar como exemplo de generalização quando o sujeito aprende o conceito de camada de valência, transfere esse conhecimento e vê uma associação entre a localização dos elementos na Tabela Periódica e a camada de valência. Posteriormente, transfere a informação e amplia seu conhecimento percebendo a relação da camada de valência com as Ligações Químicas, ou seja, conclui que os elétrons que fazem ligação são os da camada de valência (camada mais externa). Compreende, ainda, que o número de elétrons que um elemento representativo possui na camada de valência é igual ao grupo a que o elemento pertence na Tabela Periódica. Vê que um elemento do grupo 15 (5A), possui 5 elétrons na camada de valência, os quais, especificamente, estão disponíveis para as Ligações Químicas.

De acordo com AUSUBEL *et al.* (1980, p. 68) um exemplo de generalização seria o fato de uma criança aprender a escolher os membros maiores de um par de blocos e poder *transferir* esta relação aprendida para pares semelhantes de qualquer tamanho.

Portanto, o aprendiz que possui disposição para aprender e vivencia um ensino potencialmente significativo, pode se apropriar do conhecimento de forma não literal e com isso, adquirir condições e autonomia para utilizá-lo em situações novas e contextos diferentes dos quais o mesmo foi compartilhado (BELMONT e LEMOS, 2008, p. 130).

Para analisar se, efetivamente, os alunos atingiram tal aprendizagem, recorrer-se-á à elaboração de três mapas conceituais, sobre: ligações iônicas, ligações covalentes e ligações metálicas.

1.2 QUESTÕES DE PESQUISA

Diante do exposto, as seguintes questões de pesquisa são formuladas:

- Que efeito uma instrução organizada a partir da Teoria de Ausubel causa na confecção de Mapas Conceituais por alunos do Ensino Médio?

- As atividades de Informática Educacional, as quais contemplam realidade virtual-3D, animações e vídeos, bem como as atividades de Modelagem, as quais contemplam modelos plásticos e bexigas, associadas ao Material Instrucional (apostila) são potencialmente facilitadoras para uma Aprendizagem Significativa?

- Como os alunos avaliam a mencionada instrução?

CAPÍTULO 2 - REFERENCIAIS TEÓRICOS

Neste capítulo, faz-se uma apresentação da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. A estratégia dos Mapas Conceituais é exposta. Os níveis de representação da matéria também são focados, bem como a teoria dos modelos mentais. Por fim, discute-se o uso da realidade virtual (3D) no ensino de Química. Apresenta-se, de forma sucinta, uma revisão de outros trabalhos de pesquisa que trataram desses temas.

2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

A teoria da Aprendizagem Significativa é desenvolvida em AUSUBEL (2003), bem como em AUSUBEL *et al.* (1980), e seu foco é a aprendizagem significativa, ou seja, o armazenamento organizado de informações na mente do indivíduo que aprende.

Para David Ausubel, psicólogo da aprendizagem, o principal no processo de ensino é que a aprendizagem seja significativa. Significativa no sentido de ser uma aprendizagem com compreensão e duradoura e, mais claramente dizendo, uma aprendizagem com entendimento, acompanhada por aquisição e retenção de estruturas estáveis e organizadas de conhecimento. Ou seja, uma aprendizagem com sentido, que tem um porquê, uma causa, uma explicação.

De acordo com Ausubel, há dois tipos de aprendizagem escolar, isto é, a aprendizagem que ocorre em sala de aula: aprendizagem significativa e aprendizagem automática.

A aprendizagem significativa, aquela em que há compreensão e é duradoura, pode ocorrer por recepção verbal (baseada no ensino expositivo) ou por descoberta; nesses dois casos, a matéria é compreendida durante o processo de internalização e retenção. Segundo MINTZES *et al.* (2000, p. 53):

Na aprendizagem por recepção, os conceitos e as proposições são apresentados ao aluno por um agente independente (e.g., um professor, um computador, um filme), por outro lado, na aprendizagem por descoberta, o objectivo é o aluno inferir os conceitos mais importantes e construir, por si só, proposições significativas.

Nas palavras de AUSUBEL *et al.* (1980, p. 10), a Aprendizagem Significativa “consiste na aquisição duradoura e memorização de uma rede complexa de ideias entrelaçadas que caracterizam uma estrutura organizada de conhecimento que os alunos devem incorporar em suas estruturas cognitivas”.

Em contrapartida, na aprendizagem automática, aquela que ocorre por memorização automatizada, o aluno deve somente memorizar o material.

Entretanto, “Ausubel não estabelece a distinção entre aprendizagem significativa e mecânica como sendo uma dicotomia e sim como um ‘continuum’” (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1987, p. 18), essencialmente por ocasião da aprendizagem de conceitos totalmente novos, em uma determinada área do conhecimento.

Isto é, aprendizagem mecânica ocorre até que alguns elementos de conhecimento, relevantes a novas informações na mesma área, existam na estrutura cognitiva e possam servir de subsunçores, ainda que pouco elaborados. À medida que a aprendizagem começa a ser significativa esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações. (MOREIRA e BUCHWEITZ, 1987, p. 19).

A fim de que a aprendizagem seja significativa, o material a ser aprendido precisa fazer algum sentido para o aluno. Isso acontece quando a nova informação “ancora-se” nos conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Dessa forma, o conceito central da Teoria de David Ausubel é a Aprendizagem Significativa, um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Esse processo envolve a interação da nova informação com uma teia de conhecimento específica, existente na estrutura cognitiva do estudante, a qual Ausubel define como subsunçor.

Segundo MOREIRA (2008, p. 16), a interação entre os conhecimentos novos e os conhecimentos prévios é a palavra-chave.

Havendo interação, ambos os conhecimentos se modificam: o novo passa a ter significados para o indivíduo e o prévio adquire novos significados, fica mais diferenciado, mais elaborado.

Para AUSUBEL *et al.* (1980), o armazenamento de informações é organizado no cérebro humano e forma uma hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados e assimilados a conceitos mais gerais, mais inclusivos. Esse sistema de "ancoragem" da nova informação resulta em crescimento e modificação do subsunçor.

Define-se subsunçor como um conceito *facilitador* ou *inseridor* para um novo assunto, ou seja, o conhecimento prévio que será ativado para facilitar a inserção de uma nova informação. AUSUBEL *et al.* (1980) definem, ainda, subsunçor, como “*esteio*” ou “*pilar*” no sentido de ser um conceito de sustentação, apoio, base, auxílio, suporte ou sustento para a ancoragem (fixação) de um novo conhecimento que se deseja reter.

Para o desenvolvimento de conceitos subsunçores, AUSUBEL *et al.* (1980) recomendam o uso de organizadores prévios, que são materiais introdutórios apresentados antes do assunto a ser aprendido. Segundo os autores, a principal função do organizador prévio é a de servir de “*ponte cognitiva*”, isto é, de ligação entre os conhecimentos anteriores do aprendiz e o que ele deve saber, a fim de que o novo assunto possa ser aprendido de forma significativa. O uso desses organizadores, portanto, é uma estratégia para trabalhar a estrutura cognitiva e, assim, facilitar a aprendizagem significativa. De acordo com AUSUBEL *et al.* (1980, p. 138) “quando deliberadamente tentamos influenciar a estrutura cognitiva, de modo a maximizar a aprendizagem significativa e a retenção, chegamos ao âmago do processo educativo”. Nas palavras de ONTORIA *et al.* (2005, p. 31):

A aprendizagem significativa é facilitada com a utilização dos organizadores prévios, definidos como conceitos ou ideias iniciais, apresentados como marcos de referência dos novos conceitos e novas relações. Dessa maneira, os organizadores prévios convertem-se em *pontes cognitivas* entre os novos conteúdos e a estrutura cognitiva do aluno que permitem uma aprendizagem mais eficaz.

Uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja potencialmente significativo, isto é, relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz. Essa condição implica que o aprendiz tenha disponíveis, em sua estrutura cognitiva, os subsunçores adequados.

O material da aprendizagem tem significação potencial (conteúdo cultural) quando pode ser posto em conexão, de modo não arbitrário, superficial e objetivo, com a estrutura cognitiva de determinado

indivíduo. [...] o novo material dever ser 'susceptível de dar ocasião à construção de significados' [...] deve permitir uma relação intencional não arbitrária e substancial (não ao pé da letra) com os conhecimentos e ideias do aluno [...] essa 'relação substancial' estabelece-se com algum aspecto especificamente relevante da estrutura cognitiva do aluno, como uma imagem, um símbolo já significativo, um conceito ou uma proposição. [...] Essa significatividade potencial do material depende da *significatividade lógica*, isto é, que o conteúdo ou material possua uma estrutura interna, organizada, de tal forma que suas partes fundamentais tenham um significado em si e relacionem-se entre si de modo não arbitrário. (ONTORIA *et al.*, 2005, p. 22).

A outra condição é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar, de maneira substantiva e não-arbitrária, o novo material à estrutura cognitiva. O que é reforçado nas palavras de AUSUBEL *et al.* (1980, p. 12) “e mesmo se o ensino for eficaz, não implica necessariamente aprendizagem, se os alunos em questão estiverem desatentos, desmotivados ou despreparados cognitivamente”. Ou ainda: “o aluno desmotivado que reúne e interpreta dados não manifesta maior atividade intelectual do que o aluno desmotivado que assiste a uma aula expositiva” (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 102). MOREIRA (2008, p. 16) afirma que “é preciso querer relacionar os novos conhecimentos aos prévios para que a aprendizagem possa ser significativa. Ninguém aprenderá significativamente se não quiser aprender. É preciso uma predisposição para aprender, uma intencionalidade”.

Em oposição, a essas observações AUSUBEL *et al.* (1980, p. 102) afirmam que: “os alunos motivados, por outro lado, fazem considerações refletidamente, reestruturam e integram o novo material em sua estrutura cognitiva independente da quantidade de informações”.

Conforme menciona MOREIRA (2008) o aprendiz tem que querer, tem que se esforçar cognitivamente para relacionar, de maneira não-arbitrária e não-litera (substantivamente), o novo conhecimento à estrutura cognitiva por meio de um processo interativo e progressivo. Relacionar de maneira *não-arbitrária* (não-aleatoriamente) implica a capacidade de relacionar logicamente o novo conhecimento aos subsunçores. Por exemplo, os dados sobre a temperatura média mensal das zonas urbanas relacionam-se significativamente com o conceito de clima, e esses dados, por sua vez, relacionam-se com as ideias de irradiação solar e posição orbital da Terra, em um encadeamento coerente (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 37).

Por outro lado, uma relação *substantiva*, ou seja, *não-litera*, significa um mesmo conceito ou proposição poder ser expresso por meio de uma linguagem

sinônima, que vai remeter exatamente ao mesmo significado. Desse modo, por exemplo, para uma pessoa com conhecimento elementar de aritmética, os símbolos $\frac{1}{2}$ e 0,5 são equivalentes (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 38).

NOVAK (1981, p. 11) ilustra muito bem os aspectos “não-arbitrário” e “não-literal” da Aprendizagem Significativa, da seguinte forma:

Muitas das coisas que consideramos importantes para transmitir aos alunos, entretanto, não requerem lembrança subsequente na forma exata em que foram apresentadas, mesmo que muitos aspectos de ensino e avaliação escolar pareçam contradizer esta opinião. Se ensinarmos aos alunos que fotossíntese é o processo pelo qual as plantas convertem a energia da luz em alimento, será perfeitamente aceitável se definirem fotossíntese como ‘um processo de fabricação de alimento em plantas utilizando a energia da luz’. Porém, se o conceito de fotossíntese tivesse que ser aprendido significativamente, o aluno deveria ter conceitos disponíveis sobre planta, alimentação, luz, energia, produção e conversão. Se não quisermos que uma definição de fotossíntese seja aprendida mecanicamente, devemos determinar até que ponto os conceitos subsunçores necessários estão presentes e desenvolvidos ou diferenciados.

De acordo com AUSUBEL (2003) e AUSUBEL *et al.* (1980), há aspectos essenciais de facilitação da aprendizagem significativa, dentre os quais se destacam a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. O processo de assimilação sequencial de novos significados, a partir de sucessivas exposições a novos materiais, potencialmente significativos, resulta na *diferenciação progressiva* de conceitos, no conseqüente aperfeiçoamento dos significados e em uma potencialidade melhorada para se fornecer ancoragem a aprendizagens significativas posteriores. Nas palavras de AUSUBEL *et al.* (1980, p. 107):

As ideias mais inclusivas e amplamente explicativas ocupam uma posição no ápice da pirâmide e englobam progressivamente as ideias menos inclusivas, ou mais altamente diferenciadas, cada uma associada a um nível mais alto e complexo da hierarquia, através dos elos assimilativos.

MINTZES *et al.* (2000, p. 53) definem esse princípio da seguinte forma:

Por *diferenciação significativa*, Ausubel refere-se à elaboração gradual e à clarificação dos significados dos conceitos, [...], a diferenciação progressiva resulta geralmente em níveis cada vez maiores de hierarquia e bifurcação ou ramificação de conceitos centrais. Os indivíduos que passaram por situações bem sucedidas de aprendizagem significativa mostram, em geral, uma estrutura de conhecimento muito dendrítica, composta por diversos níveis de hierarquia.

FARIA (1989, p. 29) tece a seguinte observação:

Esse princípio serve de guia tanto para o planejamento da sequência do material de ensino quanto para a ordem de apresentação em aula dos vários itens de conteúdo curricular. Poderá, ainda, orientar a organização de textos escritos pelo professor destinados aos alunos e mesmo para a organização dos livros de textos didáticos.

Quando se aprendem conceitos por meio de novos processos de aprendizagem de subsunção, desenvolvem-se significados novos e diferenciados, e é possível resolver os significados conflituosos com um processo de *reconciliação integrativa*.

AUSUBEL (2003, p. 168) salienta que a *reconciliação integrativa* nada mais é do que um

esforço, *de forma explícita*, para se explorarem as relações entre ideias relacionadas, para se indicarem semelhanças e diferenças significativas, para se reconciliarem as inconsistências reais ou aparentes e para se combinar ou integrar ideias semelhantes que sejam logicamente relacionais umas com as outras.

Em síntese, a reconciliação integrativa consiste no ato de recombina, reagrupar ou reorganizar as semelhanças e diferenças entre conceitos ou proposições.

Um exemplo ilustrativo é a distinção desejável que o estudante deve fazer entre classificação nutricional dos alimentos e classificação botânica. Assim, cenoura, beterraba e inhame são vegetais e raízes, ou tubérculos. Ervilhas, pepinos e tomates são vegetais e frutos (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 104).

Segundo FARIA (1989, p. 32):

O resultado da atividade de reconciliação integradora, em geral, é a reorganização da estrutura cognitiva do aluno, pela adição de novos elementos e modificação de conceitos e proposições anteriormente aprendidos.

Ainda, sob a perspectiva ausubeliana, há três modalidades de aprendizagem significativa: *subordinada*, *superordenada* e *combinatória*. A subordinada ou de subsunção consiste no ancoramento das novas informações potencialmente significativas a ideias mais relevantes, gerais e inclusivas, pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Uma vez que a própria estrutura

cognitiva tem tendência a ser organizada, em termos hierárquicos, no que toca ao nível de abstração, generalidade e inclusão de ideias, a emergência de novos significados proposicionais reflete uma relação subordinada do novo material a ideias mais subordinantes, existentes na estrutura cognitiva. De acordo com BRUNER¹ (1976), citado por HARTWIG (1981, p. 10), um conjunto de informações desconexas tem vida curta em nossa memória. Organizar as informações em princípios e ideias é o único meio de reduzir a alta proporção de perda da memória humana.

A subordinação pode ser derivativa ou correlativa. Para ilustrar a subordinação derivativa, pode-se levar em conta o fato de o aprendiz compreender que escarlate e alfazema são também nomes de cores, assim como azul, vermelho e verde.

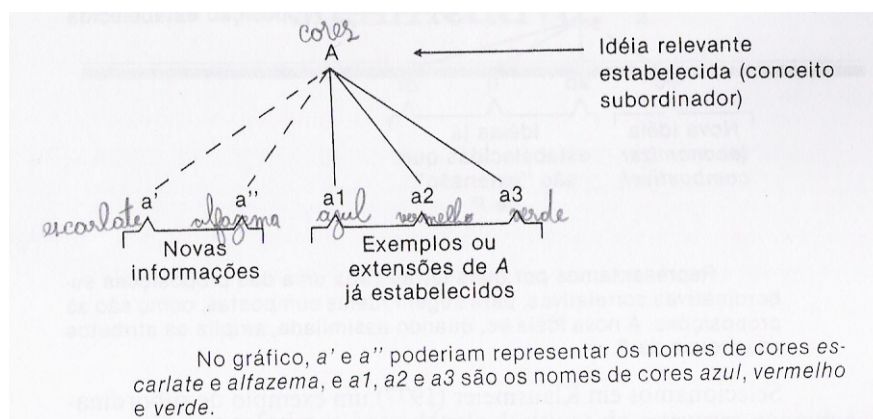


FIGURA 2.1 – Exemplo de aprendizagem subordinativa derivativa.
Fonte: FARIA (1989, p. 21).

Um exemplo de subordinação correlativa seria o fato de o aluno saber que hastear bandeira, respeitar as leis e defender a pátria são atos de patriotismo. A essas ideias pode-se acrescentar que economizar combustível também é ato de patriotismo.

Quando um indivíduo aprende uma nova proposição inclusiva, à qual se podem subordinar várias ideias pré-existentes estabelecidas, mas menos inclusivas, tem-se a aprendizagem superordenada. Como exemplo, pode-se citar o fato de as crianças entenderem que conceitos familiares – como os de cenoura, ervilha, feijão, beterraba e espinafre – podem ser todos agrupados ao novo conceito superordenado “vegetal” (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 49).

¹ BRUNER, Jerome Seymour. **O Processo da Educação**. 6. ed. São Paulo: Nacional, 1976. 87p.

A aprendizagem significativa de proposições novas que não apresentam uma relação subordinada e superordenada com ideias particularmente relevantes na estrutura cognitiva, dá origem à aprendizagem combinatória. A maioria das generalizações novas que os estudantes aprendem em Ciências, Matemática, Estudos Sociais e Ciências Humanas, são exemplos de aprendizagens combinatórias, por exemplo: relações entre massa e energia, temperatura e volume, procura e preço (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 50). “Para um aluno que já tem o conceito de ‘mamífero’, aprender o de ‘ave’ ou de ‘réptil’ seriam aprendizagens combinatórias, pois estes conceitos estão no mesmo patamar dos seres vivos” (LOURENÇO, 2008, p. 8).

Ademais, há outra tipologia de aprendizagem significativa: representacional, conceitual e proposicional. A *representacional* ou de vocabulário refere-se ao significado de palavras ou símbolos unitários (imagens). Ocorre quando se estabelece uma correspondência entre um determinado significado e certa representação. Gato e cachorro, por exemplo, são palavras, representações, signos linguísticos, que significam alguma coisa (MOREIRA, 2008, p. 27).

Quando a criança aprende pela primeira vez o significado da palavra ‘cachorro’, o objetivo é que o som da palavra represente, ou seja, equivalente a um objeto-cachorro particular que está sendo percebido naquele momento e, portanto, significa a mesma coisa (uma imagem desse objeto-cachorro) que o objeto propriamente dito. [...] Consequentemente, quando realizado por completo o processo de aprendizagem significativa, a palavra ‘cachorro’ é realmente capaz de provocar o aparecimento de uma imagem composta de vários cachorros em sua experiência, o que equivale aproximadamente àquela produzida pelos objetos-cachorro. Quando se adquire o significado mais genérico para a palavra ‘cachorro’, este símbolo serve também como significante para o conceito cultural ‘cachorro’ (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 39).

“Define-se *conceitos* como objectos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos de critérios comuns e se designam pelo mesmo signo ou símbolo.” (AUSUBEL, 2003, p. 92). Nesse contexto, a aprendizagem *conceitual* trata da formação e assimilação de conceitos. “A *formação de conceitos* é própria da criança até 5/6 anos e consiste na aquisição espontânea e indutiva de ideias genéricas como, por exemplo, ‘carro’, ‘cavalo’, baseado na experiência concreta da criança” (RONCA, 1980, p. 77).

Por outro lado, a *assimilação de conceitos* é própria de crianças a partir de 6/7 anos, dos adolescentes e dos adultos que ampliam gradualmente seu

vocabulário, e aprendem novos significados conceituais à medida que relacionam (combinam), os atributos criteriosos dos novos conceitos com as ideias já estabelecidas em suas estruturas cognitivas. A utilização de auxiliares empíricos concretos pode facilitar esse processo de assimilação (AUSUBEL, 2003, p. 92; AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 47; RONCA, 1980, p.78).

Já a *proposicional*, por sua vez, diz respeito à aprendizagem do significado de ideias representadas por grupos de palavras combinadas, expressas verbalmente em forma de sentenças ou proposições (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 39; FARIA, 1989, p. 77).

Segundo AUSUBEL (2003), para planejar a instrução, a tarefa mais difícil é a de identificação dos conceitos básicos da matéria de ensino e de como eles estão estruturados. Uma vez que a identificação dos conceitos organizadores básicos está resolvida, a atenção é para a organização da apresentação das unidades que integram o programa de ensino.

Sob a luz da aprendizagem significativa, novos conceitos são aprendidos e retidos, à medida que conceitos relevantes e inclusivos estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do estudante, atuando, dessa forma, como ancoradouro a novas ideias e conceitos.

2.2 MAPAS CONCEITUAIS: ESTRATÉGIA PEDAGÓGICA PARA A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS QUÍMICOS

Conforme FREITAS FILHO (2007), todo embasamento relacionado ao uso de Mapas Conceituais tem por base o quadro teórico da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel. Segundo Ausubel, o indivíduo constrói significado a partir de um acerto entre o conceito apresentado e o conhecimento prévio, além é claro, de sua predisposição para realizar essa construção. Sua teoria da Aprendizagem Significativa tem como base o princípio de que o armazenamento de informações ocorre a partir da organização dos conceitos e suas relações, hierarquicamente dos mais gerais para os mais específicos.

Pautado nessa concepção, “Novak criou os mapas conceituais como uma fórmula para pôr em prática as ideias de Ausubel sobre a aprendizagem significativa” (ONTORIA *et al.*, 2005, p. 49). Nas palavras de NOVAK e GOWIN (1999, p. 31) “um mapa conceptual é um recurso esquemático para representar um

conjunto de significados conceptuais incluídos numa estrutura de proposições.” Adicionalmente, “os mapas conceptuais servem para exteriorizar os conceitos e melhorar o pensamento.” (NOVAK e GOWIN, 1999, p. 18).

Paralelamente, os mapas conceituais, são uma técnica simples, contudo potencialmente poderosa para ajudar os estudantes a aprender e para ajudar os educadores a organizar o material da aprendizagem (NOVAK e GOWIN, 1999, p. 17; ONTORIA *et al.*, 2005, p. 39). Para NOVAK e GOWIN (1999, p. 33) “[...] a elaboração de mapas de conceitos pode ser uma actividade criativa e pode ajudar a fomentar a criatividade”.

Os mapas conceptuais servem para tornar claro, tanto aos professores como aos alunos, o pequeno número de ideias chave em que eles se devem focar para uma tarefa de aprendizagem específica. Um mapa conceptual também pode funcionar como um mapa rodoviário visual, mostrando alguns dos trajectos que se podem seguir para ligar os significados de conceitos de forma a que resultem proposições. Depois de terminada uma tarefa de aprendizagem, os mapas conceptuais mostram um resumo esquemático do que foi aprendido. (NOVAK e GOWIN, 1999, p. 31).

Nessa direção MOREIRA e BUCHWEITZ (1987, p. 74), assinalam que:

Mapas conceituais são dispositivos muito úteis para representar a estrutura conceitual de uma fonte de conhecimentos, porque servem para ilustrar os conceitos e as relações entre eles. Além disso, o mapeamento conceitual incorpora as qualidades de concisão e flexibilidade.

Por meio dos mapas conceituais é possível representar como o conhecimento se armazena na estrutura cognitiva de um estudante. A estrutura cognitiva pode ser descrita como um conjunto de conceitos, organizados de forma hierárquica, que representam o conhecimento e as experiências adquiridas por um aprendiz.

NOVAK e GOWIN (1999, p. 20) definem conceito “como uma regularidade nos acontecimentos ou nos objectos que se designa por um certo termo”. Cadeira é um termo utilizado para designar um objeto, o qual traduz algo que existe e pode ser observado. Os cães, as estrelas, os seres humanos, objetos de cerâmica e casas, também ilustram objetos. Já vento é um termo utilizado para o acontecimento que envolve ar em movimento. Portanto, acontecimento é qualquer

coisa que acontece ou pode ser forçada a acontecer: o relâmpago, as guerras, a educação, a cisão do átomo.

Com o uso de mapas conceituais, o conhecimento pode ser externado por meio da utilização de conceitos e palavras de ligação que formam proposições; essas mostram as relações existentes entre conceitos percebidos por um indivíduo, e são representadas pelo tripé: conceito – palavra (frase) de ligação – conceito.

Os mapas conceptuais têm por objectivo representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições. Uma proposição consiste em dois ou mais termos conceptuais ligados por palavras de modo a formar uma unidade semântica. Na sua forma mais simples, um mapa de conceitos consta apenas de dois conceitos unidos por uma palavra de ligação de modo a formar uma proposição. Por exemplo, 'o céu é azul' representa um mapa conceptual simples formado por uma proposição válida referente aos conceitos 'céu' e 'azul' (NOVAK e GOWIN, 1999, p. 31).

Dessa forma, os mapas conceituais são utilizados nas mais distintas áreas do conhecimento. Têm diferentes finalidades, como no ensino, na aprendizagem, na avaliação, na organização e na representação de conhecimento. Ultimamente, utilizam-se os mapas conceituais para aprimorar a desempenho dos funcionários nas empresas (NOVAK, 2000).

Entre os seus muitos usos, os mapas de conceitos permitem a avaliação do conhecimento prévio e o diagnóstico das concepções alternativas. Para além disso, servem como um mecanismo para ilustrar a natureza hierárquica, conceptual e proposicional do conhecimento. Servem também como mecanismo metacognitivo, para ajudar os alunos a reorganizar as suas estruturas cognitivas, em padrões mais fortemente integrados. (MINTZES *et al.*, 2000, p. 116).

Segundo FARIA (1995, p. 9-30), MOREIRA e BUCHWEITZ (1987, p. 35-76) e NOVAK e GOWIN (1999, p. 56-70), os mapas conceituais abarcam as seguintes aplicações em educação:

- ✓ exploração do que os alunos já sabem;
- ✓ análise e seleção de itens do conteúdo curricular;
- ✓ planeamento do ensino (plano de aula);
- ✓ extração de significados dos livros de texto;
- ✓ extração de significado de trabalhos de laboratório ou de campo;
- ✓ leitura de artigos em jornais e revistas;
- ✓ preparação de trabalhos escritos ou de exposições orais.

Para promover a aprendizagem significativa recomenda-se ao professor, como recurso didático, o uso de mapas conceituais com a finalidade de reconhecer significados pré-existentes (subsunçores) na estrutura cognitiva do estudante que são necessários à aprendizagem. Assim, os mapas conceituais podem auxiliar tanto professores quanto alunos a identificarem que conteúdos são essenciais para a aprendizagem de outros.

NOVAK e GOWIN (1999) sustentam o uso de mapas conceituais como uma nova estratégia para alargar as práticas de avaliação, motivados pelo fato de os testes de verdadeiro-falso, de múltipla escolha ou de resposta curta não serem suficientemente melhores para encorajar os estudantes a utilizar o seu potencial humano. “A avaliação, como outros acontecimentos educativos, deve ajudá-los a reconhecer a grande capacidade que possuem para dar sentido aos acontecimentos ou objectos que constituem a sua experiência de mundo” (NOVAK e GOWIN, 1999, p. 109).

Nesse caminho MOREIRA e BUCHWEITZ (1987, p. 45), balizam que:

Portanto, o uso de mapas conceituais como instrumento de avaliação implica uma postura que para muitos difere da usual. Na avaliação através de mapas conceituais a ideia principal é a de avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura, hierarquiza, diferencia, relaciona, discrimina e integra conceitos de uma determinada unidade de estudo, tópico, disciplina, etc.

ONTORIA *et al.* (2005, p. 68) defendem a elaboração de mapas como trabalho de grupo, pois veem, nessa atividade, não só uma forma de compartilhar e negociar significados, mas também de colocar em prática o processo de reflexão, o qual exige o debate permanente, construído por meio da atividade e do diálogo conjunto.

Em geral, na elaboração de mapas conceituais, registra-se o tema principal no topo do papel, por meio de um conceito claro, dentro de um retângulo principal ou de outras figuras geométricas. Em seguida, logo abaixo, vêm aqueles conceitos que têm alguma relação com o assunto inserido no retângulo principal. São, portanto, escritos dentro de outras figuras e unidos à principal por meio de linhas ou setas descritivas que estabelecem conexões entre os elementos conceituais.

Uma vez que a aprendizagem significativa se produz mais facilmente quando os novos conceitos ou significados conceptuais são englobados sob outros conceitos mais amplos, mais inclusivos, os mapas conceituais devem ser hierárquicos; isto é, os conceitos mais gerais e mais inclusivos devem situar-se no topo do mapa, com os conceitos cada vez mais específicos, menos inclusivos, colocados sucessivamente debaixo deles. (NOVAK e GOWIN, 1999, p. 32).

Em outras palavras, o mapa conceitual pode ser entendido como uma teia, um emaranhado de conceitos interconectados por palavras de ligação que têm, como objetivo, dar sentido lógico às proposições, que são pequenas sentenças ou frases, cuja função é transportar o significado compreendido pelo estudante a cerca de um determinado conteúdo.

Entretanto, a construção de mapas conceituais é bastante flexível, ou seja, podem ser traçados de várias maneiras. Assim, à medida que novos conceitos são acrescentados, pode-se mudar a formatação (MARTINS, 2006, p. 38).

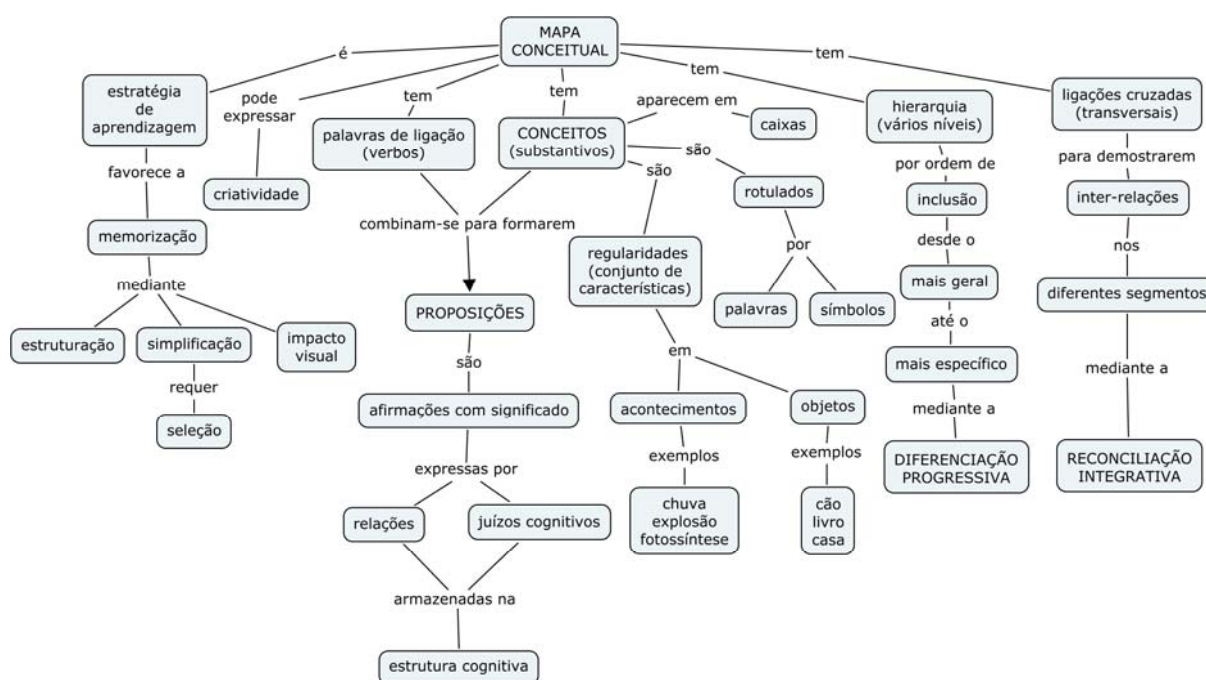


FIGURA 2.2 – Mapa conceitual sobre a Teoria de Mapas Conceituais.
Fonte: Elaborado pelo autor a partir da literatura.

Para que a aprendizagem em Química seja realmente efetiva é necessário que o aluno tenha vontade de aprender, proponha a si mesmo situações-problema desafiadoras, busque a compreensão e possíveis soluções e, assim, participe ativamente da construção do próprio conhecimento.

Portanto, a estratégia de mapas conceituais é *metacognitiva*, pois habilita o indivíduo a encarregar-se de sua própria aprendizagem de maneira altamente significativa, ou seja, o conhecimento aprendido influencia a aquisição de novo conhecimento (MARTINS, 2006, p. 40).

A utilização dos mapas conceituais apresenta-se como uma ferramenta de ação pedagógica bastante útil para o ensino de diversos temas, possibilita que um conjunto de conceitos seja apresentado aos alunos, a partir do estabelecimento de relações entre eles.

Sendo assim, neste trabalho sugere-se uma sequência didática do conceito de Ligação Química, que facilite na estrutura cognitiva do aluno – de Ensino Médio - a ocorrência de uma Aprendizagem Significativa.

2.3 AS REPRESENTAÇÕES QUÍMICAS E AS NOVAS TECNOLOGIAS NO AMBIENTE EDUCACIONAL

De acordo com o trabalho de MACHADO e MORTIMER (2007), o conhecimento químico é construído pela combinação de três níveis representacionais: *fenomenológico, teórico e representacional*, isto é, dimensões macroscópica, submicroscópica e simbólica.

O aspecto fenomenológico trata dos fenômenos de interesse da Química, sejam eles concretos e visíveis, como a mudança de estado físico de uma substância, ou aqueles a que temos acesso apenas indiretamente, como as interações radiação-matéria que não provocam um efeito visível, mas que podem ser detectadas na espectroscopia. Os fenômenos também se materializam nas atividades sociais que o aluno estabelece por meio da Química, uma vez que essa ciência está na sociedade e no ambiente. Para SILVA, J. (2007), a dimensão macroscópica trata dos fenômenos e processos perceptíveis e observáveis por meio de informações sensoriais e medições, como variação térmica, cores e cheiros em um laboratório.

O enfoque teórico relaciona-se a informações de natureza atômico-molecular e envolve, portanto, explicações baseadas no arranjo ou movimento de entidades não diretamente observáveis, como átomos, moléculas, íons, elétrons ou outras espécies subatômicas, veiculadas por meio de modelos abstratos, cujo intuito é explicar as observações do nível macroscópico.

Os conteúdos químicos de natureza simbólica estão agrupados no aspecto representacional, que compreende informações inerentes à linguagem química, como símbolos, fórmulas e equações químicas, representações dos modelos, gráficos e equações matemáticas.

Sobre as representações em Química, GIBIN (2009, p. 13) ressalta que:

O conceito de representação é muito importante para a psicologia cognitiva e para a investigação em ensino de Ciências. De acordo com Moreira² et al. (2002, p. 38), 'uma representação é qualquer notação, signo ou conjunto de símbolos que representa alguma coisa que é tipicamente algum aspecto do mundo exterior ou de nosso mundo interior (ou seja, de nossa imaginação) em sua ausência.' A palavra bola ou o desenho de uma bola são representações externas que permitem evocar o objeto em sua ausência. Na Química, existe toda uma linguagem para representar os elementos e as reações químicas entre outros fenômenos. É importante utilizar esta linguagem, pois muitas vezes o objeto de estudo da Química se encontra em um nível submicroscópico, ou seja, não é visível a olho nu.

No entanto, estudos revelam que muitos estudantes têm dificuldades em compreender as representações em Química. As compreensões microscópicas e simbólicas são especialmente difíceis para os estudantes porque são invisíveis e abstratas, e o pensamento dos alunos é construído sobre a informação sensorial. Ademais, os aprendizes não estabelecem relações apropriadas entre o nível macro e o microscópico e, mesmo que tenham conhecimento conceitual e habilidade de visualizar, são incapazes de transladar de uma dada representação química a outra (DAMASCENO et al., 2008; GIBIN, 2009; SILVA, J., 2007).

As fórmulas e as equações químicas são mediadoras do saber químico, uma vez que são veículos com a capacidade de levar um novo conhecimento até o pensamento. Portanto, as representações são *modelos mentais* que se constroem para explicar ou fazer previsões sobre fenômenos observados ou objetos. Como exemplo de modelo mental, no âmbito do conhecimento químico, pode-se citar a utilização de bolinhas e bastões para a representação de átomos e moléculas, ou a elaboração de um desenho para o mesmo fim (SOUZA e CARDOSO, 2009).

² MOREIRA, Marco Antônio; GRECA, Ileana María; PALMERO, Maria Luz Rodríguez. Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. **Revista Brasileira de Investigación em Educação em Ciências**, v. 2, n. 3, p. 36-56, 2002.

Um modelo mental é veiculado pelo agrupamento de *signos*. De acordo com PELEGRINI (1995), os signos são elementos que expressam uma ideia, ou representam objetos, imagens ou acontecimentos. A linguagem, a escrita, as imagens, os gráficos, os numerais, os monumentos, as fórmulas químicas, constituem sistemas de signos. Os signos são marcas construídas pelo homem com a finalidade de lembrá-lo de algo, podendo também criar-lhe a memória. Por isso, pode-se dizer que os signos são objetos exteriores aos homens, construídos por eles e voltados para o seu interior. O fato de o signo criar a memória no homem tem mudado seu comportamento no decorrer da história, permitindo-lhe um maior controle das próprias atividades e aprimorando sua relação com o mundo.

Logo, disciplinas como a Química, a qual encerra um campo teórico muito abstrato, têm que recorrer aos signos para poder penetrar mentalmente no mundo dos íons e moléculas. Para compreender as manifestações dos fenômenos químicos, o aprendiz dessa disciplina deve criar modelos mentais a fim de compreender essas transformações, bem como para transitar entre as três dimensões do conhecimento químico (PELEGRINI, 1995). Em outras palavras, durante o processo de aprendizagem, é imprescindível que os estudantes apresentem uma mobilidade mental entre os níveis macroscópico, submicroscópico e simbólico.

GIBIN (2009, p.11) diz que “os modelos mentais apresentam uma relação íntima com as imagens, por isso o uso de imagens no ensino de Química apresenta uma elevada importância”. Consequentemente, as imagens são formas de visualização dos modelos mentais.

Quanto à definição para modelos mentais GIBIN (2009) cita:

Os modelos mentais são representações dinâmicas e produtivas que podem ser manipuladas mentalmente para proporcionar explicações causais de fenômenos físicos e para realizar previsões sobre o estado de coisas no mundo físico. Assume-se que muitos modelos mentais são criados no momento da resolução de um problema específico, devido às demandas dessa situação. No entanto, é possível que alguns modelos mentais, ou parte deles, que provaram sua utilidade no passado, sejam armazenados como estruturas separadas e recuperadas da memória de longo termo quando necessário (VOSNIADOU³, 2009; citado por GIBIN, 2009, p. 23).

³ VOSNIADOU, Stella. **Capturando e Modelando os Processos de Mudança Conceitual.**

Disponível em: <http://www.geocities.com/modelos_mentais/svosniado.htm?20085>. Acesso em: 14 set. 2009.

Quanto à definição para modelo:

De acordo com Ferreira e Justi⁴ (2008) um modelo pode ser definido como uma representação de um objeto, evento, processo ou ideia, que possui objetivos específicos como, facilitar a visualização; fundamentar a elaboração e o teste de novas ideias; possibilitar a elaboração de explicações e previsões sobre o comportamento e as propriedades de um sistema em estudo. Portanto, um modelo é uma forma de representação da realidade produzida por meio das interpretações pessoais entre o cientista e o sistema estudado.

O uso de modelos é extremamente importante na construção da Ciência e, além disso, é parte integral do processo de aquisição de conhecimento pelo ser humano. O processo de elaboração de uma explicação para um fenômeno é semelhante, dos cientistas em relação aos leigos, mesmo que com graus de complexidade e rigor diferentes. Modelos são criados e utilizados tanto por cientistas quanto por leigos com a finalidade de explicar fenômenos e sistemas de interesse (GIBIN, 2009, p. 13).

Segundo SILVA, J. (2007), modelo molecular é uma representação imagética da entidade molecular e pode ser concebido como uma metáfora do que supomos ocorrer na dimensão submicroscópica ou nanoscópica da matéria, e não um retrato da realidade. Chamam-se de modelos moleculares as representações das partículas submicroscópicas, cujo meio de veiculação pode variar desde o papel, passando pelos conjuntos plásticos, isopor e madeira, até chegar à tela do computador ou à projeção holográfica. Quando o modelo molecular é veiculado pelo computador, ele pode melhorar a visualização e promover a motivação nos estudantes.

2.3.1 Realidade Virtual – Visualização de estruturas moleculares em 3D por meio de estereoscopia anaglífica digital

De acordo com RAPOSO *et al.* (2004) não há consenso sobre a definição de realidade virtual (RV). Alguns autores tentam listar palavras-chave de RV, tais como imersão (sensação de estar em um ambiente), interatividade e feedback sensorial (visual, auditivo e tátil). Outros autores descrevem RV, de maneira geral, como uma técnica avançada de interface, em que o usuário pode navegar e interagir em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, estando completa ou parcialmente presente ou imerso pela sensação gerada por canais multi-sensoriais, sendo o principal a visão.

⁴ FERREIRA, Poliana Flávia Maria; JUSTI, Rosária da Silva. Modelagem e o “fazer Ciência”. **Química Nova na Escola**, n. 28, p. 32-36, 2008.

Conforme CORREIA (2010), a evolução natural dos animais levou a que muitos deles, inclusive o homem, perdessem o campo de visão de 360° (proporcionado por olhos laterais e opostos, como acontece, por exemplo, com o camaleão) e adquirissem a visão binocular, ou estereoscópica (em grego, "visão sólida"), propiciada por olhos posicionados na frente da cabeça, e a uma certa distância um do outro, aproximadamente 65 milímetros (SISCOUTTO *et al.*, 2004).

Para entender na prática o que vem a ser visão binocular e a sua importância para a sobrevivência, basta que se feche um dos olhos e tente-se fazer as atividades cotidianas dessa forma. O simples gesto de alcançar um objeto sobre a mesa passará a ser um desafio sob a visão monocular. A dificuldade mais evidente nesse estado será a de perceber a profundidade e avaliar a distância que separa o objeto do observador. Ainda que a visão monocular não deixe de ter elementos para uma percepção rudimentar da profundidade, é possível observar que o tamanho aparente dos objetos diminui à medida que estes se afastam do observador, e os mais próximos escondem atrás de si os mais distantes, que se encontrem no mesmo eixo (CORREIA, 2010; SISCOUTTO *et al.*, 2004).

Assim, a noção de profundidade e a visão a três dimensões (3D), devem-se ao fato de cada um dos olhos visualizar uma cena de um ângulo ligeiramente diferente. O fenômeno que permite a avaliação das distâncias denomina-se paralaxe e é o resultado da comparação das duas imagens obtidas por dois pontos de vista distintos. É graças à interpretação do cérebro das duas imagens bidimensionais (2D) de cada um dos olhos, que é possível a visão tridimensional (altura, largura, profundidade) do mundo.

Por outras palavras, cada olho visualiza uma cena de um ângulo diferente, ou seja, tem-se uma perspectiva distinta de uma imagem para cada olho. A sobreposição, isto é, o resultado da interpretação pelo cérebro, das duas imagens bidimensionais que cada olho capta a partir de seu ponto de vista, retornará uma imagem tridimensional de uma determinada cena. Além de imagens, o cérebro recebe, também, da musculatura responsável pelos movimentos dos globos oculares, informação sobre o grau de convergência ou divergência dos eixos visuais, o que lhe permite aferir a distância em que ambos se cruzam naquele determinado momento.

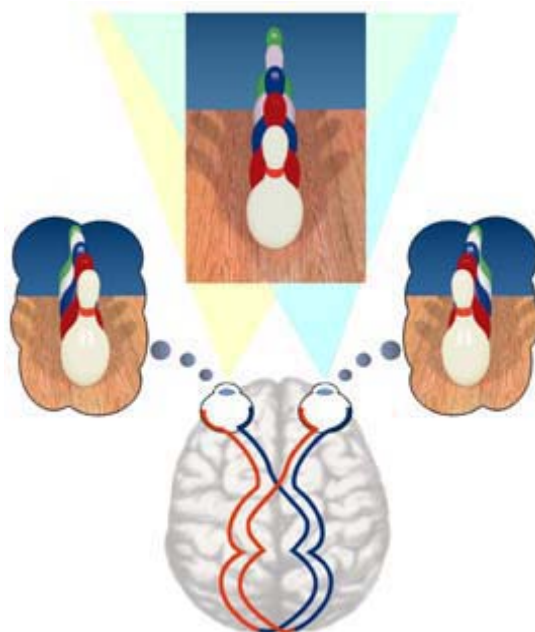


FIGURA 2.3 – Visões de cada olho da mesma cena.
Fonte: RAPOSO *et al.*, 2004.

O princípio da estereoscopia, ou seja, a reprodução de imagens bidimensionais, em três dimensões, é simples e imutável: tomam-se duas imagens do mesmo assunto, a partir de pontos de vista ligeiramente distintos. A parte mais difícil é a observação dessas imagens, de modo que cada olho veja apenas aquela que lhe é destinada e não veja a outra. Para isso, desenvolveram-se inúmeros métodos diferentes.

Existem diversas técnicas e dispositivos que possibilitam a visualização de imagens estereoscópicas. Para o ensino da Química e, em particular neste trabalho, utilizou-se o sistema *anaglífico*. O método baseia-se em projetar ou imprimir as vistas direita e esquerda de uma cena, e sobrepô-las (fundi-las) como duas imagens azul e vermelha. Ao usar óculos com lentes de celofane, também azul e vermelha, o observador obtém a sensação de profundidade. Portanto, quando essas duas imagens são combinadas no cérebro, obtêm-se informações quanto à profundidade, distância, posição e tamanho dos objetos e cria-se uma ilusão de tridimensionalidade (sensação de visão 3D). A desvantagem principal é a perda de qualidade da imagem inicial que a coloração impõe (CORREIA, 2010; RAPOSO *et al.*, 2004).

Assim, os modelos moleculares, que até então eram vistos somente por meio de modelos plásticos ou de pau-e-bola, podem ser observados também

com o suporte da informática, o que contribui efetivamente para facilitar o processo ensino-aprendizagem das representações químicas.

De acordo com DAMASCENO *et al.* (2008), devido à complexidade dos fenômenos abordados em um curso de Química, a utilização e a transferência dos vários níveis de representação e dos conceitos intrínsecos a cada um deles, é um grande desafio tanto para os alunos quanto para os professores no processo de ensino e aprendizagem.

Como exemplo, no campo das Ligações Covalentes, espera-se que o contato com a dimensão submicroscópica do conhecimento químico, por meio das moléculas virtuais em 3D, dos modelos concretos de plástico e dos modelos de nuvens eletrônicas com bexigas, contribua para os estudantes acessarem e transferirem, com destreza, esse conhecimento para o nível simbólico, quando da construção das fórmulas estruturais e moleculares dos compostos da dimensão macroscópica, como a água, o metano, o oxigênio, a amônia e o gás carbônico.

Logo, ao final deste trabalho, espera-se que os aprendizes desenvolvam habilidade em compreender e trabalhar mentalmente as representações, bem como o livre trânsito pelos três níveis do conhecimento químico, competência fundamental para a compreensão de conceitos hierarquicamente organizados.

2.4 IDENTIFICAÇÃO DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA EM OUTROS TRABALHOS DE PESQUISA

A revisão bibliográfica permitiu a identificação do referencial teórico adotado neste estudo, Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por David Ausubel, em outros trabalhos científicos. Dentre eles, pode-se citar a dissertação, cujo estudo objetivou a elaboração de um material instrucional, baseado em um conjunto de atividades didáticas experimentais e não-experimentais, que permitiu discutir alguns conceitos químicos e propiciar uma aprendizagem significativa. A coleta de dados efetivada pelos registros escritos dos estudantes revelou hierarquia conceitual, generalizações articuladas com exemplos, ênfase dos níveis macroscópicos e submicroscópicos do conhecimento químico, e princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa (BOSSOLANI, 2004).

A dissertação de LOURENÇO (2008) analisa a elaboração de mapas conceituais por alunos de oitava série do ensino fundamental, tendo argila como tema de estudo. Os resultados indicam que as aulas baseadas na teoria da Aprendizagem Significativa e o uso de mapas conceituais auxiliaram o processo de ensino-aprendizagem dos alunos. Constatou-se, também, que os mapas conceituais permitem aos alunos identificarem e relacionarem os conceitos e exemplos entre si; ao professor, possibilitam identificar concepções equivocadas dos estudantes; podem ser usados como instrumentos de avaliação e têm boa aceitação pelos alunos.

Para EBENEZER (1992) a estratégia de mapas conceituais é uma perspectiva construtivista, por meio da qual se pode fazer uma avaliação do progresso do aluno, o que contribui para um ensino eficaz e significativo. Ele deixa claro que tanto a aprendizagem não-arbitrária (aquela em que o aprendiz deve escolher relacionar os novos conhecimentos na sua estrutura cognitiva) como a aprendizagem substantiva (a que ocorre quando o estudante faz um esforço consciente para identificar os conceitos-chave no novo conhecimento e os relaciona com os subsunçores) “ambas exigem um esforço consciente por parte do aprendiz” (EBENEZER, 1992). Segundo ele, ao ditar a definição de um conceito, o professor está convidando o aprendiz para uma aprendizagem literal, mecânica ou memorística, a qual provavelmente será esquecida em poucos dias. Em contrapartida, quando o aluno define um conceito com suas próprias palavras, há a possibilidade de ele desenvolver uma aprendizagem significativa, haja vista que, com a progressão de suas ideias e o refinamento da linguagem Química, o aluno pode dar uma definição semelhante àquelas aceitas pela comunidade científica.

Quando um aluno criativo se ocupa da investigação adicional de um conceito, pode-se dar lugar, na sua estrutura cognitiva, à diferenciação progressiva e à reconciliação integrativa. A aprendizagem mecânica, porém, tende a inibir a busca da reconciliação integrativa uma vez que, com a aprendizagem memorística, o estudante não vê dois ou mais conceitos relacionados entre si e nem é capaz de descrever uma nova regularidade percebida.

Oportunidade extra para os alunos reverem seus mapas conceituais com a ajuda do professor, ou até mesmo em conversação com seus pares, deve ser estimulada como forma de os aprendizes refinarem e corrigirem seus mapas. A

apresentação dos mapas conceituais para a turma, ou individualmente, para o professor, constitui uma possibilidade de avaliação.

As principais preocupações em relação ao uso de mapas conceituais consistem em como ensinar aos alunos as técnicas de construção, em minimizar as dificuldades em convencê-los a aceitarem as estratégias, assim como obter estudantes envolvidos, tudo isso somado à demora do processo de construção dos mapas para professores com pouco tempo e um currículo vasto a cobrir.

CORREIA *et al.* (2009) destacam a avaliação como atividade fundamental no processo educacional. Eles argumentam que, devido à riqueza e à diversidade das estruturas proposicionais elaboradas pelos alunos, o desafio de corrigir mapas conceituais (MCs) é mais complexo do que a correção de testes de múltipla escolha. Assim, eles propõem um procedimento comparativo que envolve o professor, três especialistas em mapeamento conceitual e os alunos. A inclusão dos estudantes no processo avaliativo será possível, desde que eles estejam familiarizados com a técnica. Os resultados obtidos confirmam a complexidade do processo de avaliação dos MCs, impondo uma revisão nas relações que o professor e os alunos estabelecem na sala de aula. Se, por um lado, há o desafio de lidar com a incerteza e a subjetividade frente à impossibilidade de elaborar um gabarito para nortear a correção desse tipo de produção intelectual sofisticada, por outro lado, surgem mais oportunidades para o diálogo e para as interações entre pares aluno/aluno e professor/aluno.

NUNES e PINO (2008) aplicaram a estratégia de MCs para avaliar a capacidade dos estudantes em entender e explicitar as relações existentes entre conceitos trabalhados em uma proposta integradora das disciplinas Química e Biologia. A metodologia consistiu em analisar as proposições por meio de dois aspectos. Inicialmente, dividindo-as em três categorias: incorretas, incompletas e úteis. Em seguida, as conexões caracterizadas como úteis foram classificadas em: exemplo, fato fundamental e conexão que explica outra conexão. Os resultados indicam que, mesmo em face às dificuldades dos estudantes na construção dos MCs, essa ferramenta pode esclarecer algumas lacunas no conhecimento dos aprendizes, indicando quais conceitos apresentam maior dificuldade de compreensão e quais precisam ser aprofundados. A análise dos dados também revela um número maior de conexões incompletas do que propriamente de incorretas, evidenciando a dificuldade dos alunos para externalizarem suas ideias,

ou seja, a insegurança deles em relação à avaliação. Esse fato decorre de uma educação memorística, em que o aprendiz é avaliado pela quantidade de respostas “prontas e corretas” que é capaz de dar a perguntas fechadas. Dessa forma, sentem-se inseguros para apresentarem as relações que observam entre os conceitos de maneira aberta. Na maioria das vezes, como forma de evitar cometer erros, priorizam conceitos sobre os quais têm maior segurança em trabalhar. Observou-se ainda, MCs com poucas conexões. Uma explicação possível seria o fato de o aluno optar por não colocar conceitos que ele não dominasse. Em outros, as conexões são aleatórias, sem palavras de ligação entre os conceitos. Em situação distinta, há mapas que indicam buscas do estudante por diferentes formas de consulta para a realização da atividade e não apenas seu material de aula. Esse aspecto é muito positivo, uma vez que desperta nele a intenção de ser autônomo na construção do próprio conhecimento. Quanto à associação entre os conceitos de Química e Biologia, poucos alunos (9%), fizeram esta inter-relação, acentuando a necessidade de o professor explicitar aos estudantes as relações existentes entre esses componentes curriculares, uma vez que sozinhos eles não foram capazes de fazê-lo. A análise permite identificar que vários conceitos devem ser retomados com a turma de modo a evidenciar as relações existentes entre os mesmos. Os pesquisadores NUNES e PINO (2008) ressaltam que a atividade de construção e reconstrução de MCs, é um exercício que leva o estudante a uma melhor organização e hierarquização de conceitos, consolida a retenção da aprendizagem e aumenta a capacidade de recuperação da informação de maneira associativa, o que favorece uma aprendizagem significativa.

O trabalho de MARTINS (2006) utiliza a estratégia de MCs no estudo da Física, como atividade complementar às aulas expositivas e demonstrativas. A análise qualitativa dos mapas elaborados pelos alunos permitiu identificar as deficiências conceituais dos aprendizes. Percebeu-se que os mapas construídos no final da pesquisa, foram qualitativamente superiores aos primeiros, o que comprova a maior facilidade dos estudantes em expor organizadamente suas ideias, elaborar proposições e conclusões. A aprovação pelos aprendizes em utilizar a estratégia foi confirmada pelo questionário aplicado ao final do estudo. Pode-se observar que a utilização de MCs é uma estratégia que reflete o conhecimento do aluno e é eficaz na facilitação da aprendizagem de conceitos, uma vez que auxilia o aprendiz na ordenação do conhecimento, ajuda-o a resumir e estruturar as ideias e, o mais

importante, o auxilia a perceber onde se engana ao relacionar conceitos. Os MCs são uma poderosa ferramenta para os estudantes, uma vez que os motiva a compreender os assuntos tratados em sala e a relacionar outros percebidos ou estudados fora de aula.

Durante a elaboração dos mapas, os alunos demonstraram curiosidade, insegurança e vontade de entender o porquê de cada relação conceitual estabelecida, pois solicitavam frequentemente a presença da pesquisadora. No decorrer das apresentações dos mapas pelos alunos, eles participavam com perguntas e sugestões e relacionavam significativamente os conceitos discutidos. Por meio das dúvidas apresentadas, cada um pôde refazer seu mapa, conectando corretamente os conceitos, sendo esta uma sugestão para futuras pesquisas.

A análise comparativa, feita entre as turmas pesquisadas, mostrou que houve melhoria no desempenho dos aprendizes que utilizaram a estratégia, embora não tenha sido muito significativa em função das variáveis características das classes estudadas. As principais limitações ou dificuldades surgidas durante a pesquisa foram as seguintes: desinteresse dos alunos, excessivo interesse na pontuação a ser conquistada, indisciplina da turma, interrupções durante as aulas, brincadeiras descontextualizadas, conversas fora do conteúdo da aula e greve dos professores. Sugere-se que, para se alcançar um resultado mais expressivo, a estratégia deva ser desenvolvida por um período superior a um semestre, quando ambos, professor e alunos, terão oportunidade de se familiarizarem com a metodologia, incorporando-a ao cotidiano das aulas.

Como conclusão, a pesquisadora relata que a experiência didática foi difícil e desafiadora. Menciona que, na rede pública, há maior liberdade e incentivo para o acolhimento de estratégias inovadoras, como a de mapas conceituais. Destaca que os padrões formais (tradicionais) praticados na educação brasileira são duramente questionados e que cabe aos professores buscarem as constantes evoluções no processo de ensino-aprendizagem, em busca de melhores resultados, tendo-se em vista uma aprendizagem significativa.

SILVA, G. (2007) desenvolveu uma investigação que teve por objetivo verificar se a utilização de MCs no ensino de conceitos de calorimetria é uma estratégia eficiente na promoção e na avaliação da aprendizagem significativa no Ensino Médio. A metodologia consistiu na elaboração de um mapa conceitual sobre

o tópico calorimetria pelo pesquisador; construção de três MCs pelos estudantes antes, durante e no final do tratamento. A terceira etapa tratou da elaboração de uma tabela com critérios para a avaliação dos MCs, os quais foram categorizados sob os seguintes títulos: estrutura do mapa conceitual, hierarquia conceitual, relações entre conceitos, formação de proposições, integração conceitual e diferenciação progressiva. Os conceitos atribuídos a cada categoria foram: R=ruim, B=bom, MB=muito bom.

SILVA, G. (2007) esclarece que não se justifica avaliar a aprendizagem significativa apenas à luz de medidas numéricas, pois embora seja legítimo do ponto de vista prático, não o é, do ponto de vista teórico. Na avaliação da aprendizagem significativa, devem-se considerar os novos significados de um dado conceito, os quais ocorrem de forma progressiva e evolutiva na estrutura cognitiva do estudante.

A análise dos resultados mostrou que os níveis de aprendizagem significativa apresentados pelos alunos ficaram aquém do esperado. De qualquer forma, a estratégia progressiva de construção de MCs (tendo o ensino, como pano de fundo, a aprendizagem ausubeliana) promove o desenvolvimento de níveis de aprendizagem cada vez maiores, uma vez que o estudante demonstra ser capaz de construir novas relações e proposições entre conceitos da matéria em estudo. A estratégia desenvolve, ainda, nos alunos, a percepção de que os mapas os ajudam a organizar as ideias sobre o tema e ampliam o processo de meta-aprendizagem, ou seja, os auxiliam em seus próprios processos de aprendizagem. Ao fim, sugerem-se estudos semelhantes em outras escolas, em disciplinas variadas, e também em conteúdos diferentes, como forma de aprimorar a investigação.

COSTAMAGNA (2001) utilizou MCs com a finalidade de avaliar as relações que os estudantes universitários de Bioquímica, encontram entre as diferentes unidades da disciplina Morfologia normal, cujo objeto de estudo é o organismo humano. A disciplina iniciou-se com um grupo de 30 alunos, porém, apenas 10 chegaram até o final.

A técnica de MCs foi desenvolvida e incorporada desde as primeiras aulas e continuou de forma sucessiva e progressiva durante todo o ano letivo. Os alunos foram orientados a confeccionarem MCs, como forma de exercício, após o estudo de temas determinados, em grupos e sob a consulta da bibliografia disponível. No final de cada atividade, os mapas foram discutidos e modificados, levando-se em conta as propostas de todo o conjunto (professor e alunos). No último

encontro com os estudantes, no encerramento do ano letivo, eles foram orientados a desenvolverem uma atividade integradora, em que deveriam construir um MC, o qual contemplasse as várias relações entre os conteúdos tratados nos diferentes módulos, agrupando-os ao redor de um eixo temático ordenador.

Uma escala de pontuação foi elaborada como meio de realizar a avaliação somativa dos alunos e estabeleceram-se cinco critérios de avaliação: hierarquização, inter-relação, explicação de ligações, correção do conteúdo, grau de profundidade do conteúdo. Os resultados mostraram uma evolução positiva da aprendizagem.

A pesquisadora discute, ainda, sobre a dificuldade em se quantificar os MCs, por se tratar de uma proposta aberta e pessoal. Assim, não há modelos a serem aplicados como padrão comparativo. Ela lembra que a avaliação quantitativa deve ser sempre complementada por uma análise qualitativa global. Destaca-se, também, a necessidade de se levar em conta o peso de cada item no conjunto.

COSTAMAGNA (2001) lembra que a estratégia de MCs envolve aspectos do conhecimento não avaliados tradicionalmente, como a capacidade de seleção e organização, revelada no momento de hierarquizar os conceitos e de criar palavras de ligação entre eles.

Por fim, ela questiona se a evolução positiva detectada é fruto de estudo intensivo e em que medida é produto de um processo de amadurecimento que só se alcança com o tempo.

SILVA, J. (2007) chama a atenção para as dificuldades que os estudantes têm diante de simbologias da Química, tanto para entendê-las como para utilizá-las apropriadamente. Ressalta, também, o forte apelo e apreço que as atividades de tecnologias de informação e comunicação (TICs) têm entre os adolescentes.

A partir dessas constatações, criou-se um ambiente virtual para o estudo do efeito que objetos moleculares virtuais e tridimensionais causam no aprendizado de conceitos de Química. O aplicativo computacional recebeu o nome de Construtor e foi desenvolvido para que estudantes do Ensino Médio tivessem acesso a ferramentas de simulação por mecânica e dinâmica molecular de forma simplificada. Por meio dele, alunos puderam construir estruturas químicas tridimensionais a partir, unicamente, da fórmula estrutural condensada.

Com essa ferramenta os aprendizes tiveram oportunidade de visualizar as características da dimensão submicroscópica da matéria, por meio do objeto molecular virtual tridimensional resultante, a partir de uma representação da dimensão simbólica, veiculada pela fórmula estrutural condensada, a qual é expressa apenas por letras e números. Por conseguinte, espera-se que os alunos, ao se depararem com representações da dimensão simbólica do conhecimento químico, sejam capazes de relacioná-las facilmente com o significado da dimensão submicroscópica.

Para SILVA, J. (2007), a verdadeira função do aparato tecnológico não deve ser o ensino propriamente dito, mas sim criar condições de aprendizagem.

As ferramentas para visualização de objetos moleculares constituem ótimos recursos para o ensino de Química, uma vez que boa parte do conhecimento dessa disciplina, refere-se a uma dimensão submicroscópica ou nanoscópica (átomos, moléculas), portanto não-visível a olho nu ou com a ajuda de aparelhos comuns, ou seja, trata-se de uma dimensão invisível e abstrata.

Nesse contexto, os químicos desenvolveram uma variedade de representações, tais como: modelos moleculares, estruturas químicas, fórmulas, equações e símbolos. Os modelos moleculares representam, espacialmente, as imagens de partículas e suas formas geométricas em duas ou três dimensões, de forma a compor uma linguagem espacial. Permitem aos químicos pensarem visualmente e expressarem informação eficientemente em formato visual, retratando assim, conceitos abstratos.

Representações da dimensão macroscópica podem ser obtidas por meio de fotos, desenhos e animações enquanto o nível simbólico pode ser representado por fórmulas e equações. Já a dimensão submicroscópica pode ser eficientemente representada pelo uso integrado de modelos concretos juntamente com tecnologias. A visualização de objetos moleculares concretos é apontada como um dos recursos mais utilizados na atualidade, pois simplifica, ilustra e permite a exploração da estrutura e do processo químico associado; contribui para resolver o problema que os estudantes têm em visualizar, tridimensionalmente, as moléculas representadas bidimensionalmente em livros e oferece a possibilidade de abstração de informações relevantes.

No seu trabalho, SILVA, J. (2007), diferencia os termos visualização, animação e simulação, comumente utilizados como sinônimos.

Segundo esse pesquisador, a técnica de visualização de objetos moleculares computacionais, que simulem tridimensionalidade, por meio de métodos de coloração e sombreamento, denominada realidade virtual, revela-se promissora no processo de ensino e aprendizagem da Química.

A animação consiste na utilização de imagens animadas ou que simulem movimentação, ou seja, é um grupo de imagens mostradas consecutivamente de forma a dar uma aparente sensação de movimento. São geradas a partir de aplicativos de edição gráfica.

As simulações levam em consideração equações e grandezas importantes para um fenômeno. Assim, simulações moleculares de transformações químicas, como por exemplo, a formação de “smog” ou a depleção da camada de ozônio, podem oferecer formas mais rápidas e menos custosas de se identificarem as prováveis correlações entre estrutura molecular e reatividade desejada.

As simulações encorajam o estudante a pensar hipoteticamente e a testar suas hipóteses por meio da identificação e controle de variáveis. Modelos moleculares dinâmicos são produzidos por simulação e são utilizados para estudar os conceitos de Termodinâmica, como temperatura, pressão e entropia. Uma simulação permite que se explorem as mudanças do sistema diante das mudanças de variável.

Figuras animadas e animações não se encaixam na definição de simulação, uma vez que não fazem uso de um algoritmo, bem como não oferecem a oportunidade de mudança de variável.

Como forma de avaliação da usabilidade do ambiente virtual de ensino, e suas ferramentas, utilizou-se um sistema de captura sincronizada de vídeo em conjunto com questionários e entrevistas. Por meio desses instrumentos de análise, constatou-se que tanto o ambiente virtual, quanto a ferramenta Construtor são de fácil operação. Destaque-se o fato de o software Construtor colaborar para a compreensão aprofundada do significado das representações químicas.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

O capítulo 3 apresenta os procedimentos para a realização da coleta e análise dos dados. Considerações sobre a elaboração do material instrucional, que apoiou a confecção dos mapas conceituais, são delineadas.

3.1 DELIMITAÇÃO DO CAMPO DE TRABALHO

3.1.1 Caracterização do município de Muzambinho⁵

A cidade ocupa uma área de 414 Km², localizada na microrregião da Baixa Mogyana. Confronta-se com os municípios de Cabo Verde, Monte Belo, Juruaia, Guaxupé e, no Estado de São Paulo, com a cidade de Caconde. A sua população em 2010 era de 20.432 habitantes, formada por descendentes de índios, africanos, portugueses, italianos, sírios, libaneses, espanhóis e alguns suecos. Há, principalmente na zona rural, pessoas com fortes traços indígenas: os caboclos.

A economia do município baseia-se na agricultura, pecuária, artesanato, tecelagem e turismo. O principal produto, assim como em todo o sul de Minas, é o café. Muzambinho é sede de algumas indústrias de pequeno porte e casas comerciais que atendem a outras cidades da região. Também é famosa pela produção de doce de leite.

No campo da Educação, conta com escolas que abarcam tanto o ensino básico quanto o superior:

- Escola Estadual Coronel José Martins;
- Escola Estadual Cesário Coimbra;
- Colégio Estadual Professor Salatiel de Almeida;
- Colégio Lyceu – Anglo – incorporado em 2010 ao IFSMGMuz
- Escola de Educação Infantil Positivo;
- Colégio Delta – Sistema COC de Ensino;
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – Campus Muzambinho – IFSMGMuz;

⁵ As informações constantes nesse item foram obtidas nos sites: <http://www.muzambinho.com> e <http://pt.wikipedia.org/wiki/Muzambinho>.

- Escola Superior de Educação Física de Muzambinho – incorporada em 2010 ao IFSMGMuz.

3.1.2 Caracterização dos estabelecimentos escolares

Inicialmente, quando na fase de elaboração do projeto, este foi acolhido por duas instituições de ensino: E.E. Professor Salatiel de Almeida e Instituto Federal Sul de Minas Gerais – campus Muzambinho. Porém, no momento efetivo da execução do trabalho, somente a E.E. Professor Salatiel de Almeida permitiu tal estudo. O Instituto Federal Sul de Minas Gerais – campus Muzambinho declarou que não podia abrir precedentes para uma atividade de pesquisa, uma vez que outros pesquisadores solicitariam à Instituição licença para desenvolver projetos de mesma natureza. Portanto, o estudo foi realizado com 40 alunos da 1ª. série do Ensino Médio da E.E. Professor Salatiel de Almeida.

A E.E. Prof. Salatiel de Almeida foi fundada em 1901 e atualmente oferece os seguintes cursos:

- ✓ No período matutino – Ensino Fundamental, Médio e PROETI (Projeto Escola Tempo Integral). No PROETI alunos do Ensino Fundamental têm oficinas no período da manhã e à tarde, aulas teóricas.

- ✓ No período vespertino – Ensino Fundamental.

- ✓ No período noturno – Ensino Médio, EJA (Educação de Jovens e Adultos – modalidades Ensino Fundamental e Médio) e aprofundamento de estudos. O aprofundamento de estudos constitui-se de reforço para as disciplinas do Ensino Médio, ora denominado “cursinho”.

Quando da realização desta pesquisa (1º. semestre de 2010), a Instituição atendia aproximadamente 1379 alunos, os quais são de classe média baixa, oriundos de bairros periféricos. Aproximadamente, metade dos alunos reside na zona urbana e a outra metade, na zona rural.

A Escola conta com 06 turmas de 1ª. série do Ensino Médio, sendo 05 no período da manhã (A, B, C, D, E) e 01 no período noturno (F). A turma objeto de investigação é a “D”.

Na ocasião do estudo, os laboratórios de Química e Informática estavam interditados e desativados por motivo de reforma das salas. Somado a isso, não há verbas específicas para reposição de materiais (tabelas, livros, papel,

reagentes). Quando ocorrem, são esporádicas e dependem de aprovação do colegiado.

3.1.3 Definição da amostragem

Um dos pontos fundamentais da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel é a predisposição dos alunos para a aprendizagem. Considerando-se esse aspecto, o pesquisador pediu ao corpo de professores que indicassem uma turma da 1ª. série do Ensino Médio, a qual tivesse maior probabilidade de se envolver, ou seja, de se comprometer com a pesquisa e que fosse entusiasmada (motivada) para aprender. A turma indicada foi a “D”, que é composta por 40 alunos, 19 deles do sexo masculino e 21 do feminino. Para este trabalho, cada aluno foi identificado por um código, a fim de preservar o anonimato dos estudantes, conforme APÊNDICE A.

3.2 PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DOS DADOS

Com o objetivo de encontrar elementos para responder às questões de pesquisa, preparou-se um minicurso, o qual foi ministrado em situação real de sala de aula, com duração de 37 horas-aula, denominado “Ensino e Aprendizagem Significativa do Conceito de Ligação Química”.

Na sequência, há uma descrição sucinta das atividades contempladas.

1º. Encontro até o 6º.

Perfaz um total de 11 aulas ministradas entre 09/04/2010 e 14/05/2010. Durante esse período, desenvolveram-se duas atividades principais: a primeira consistiu em familiarizar os alunos na elaboração de mapas conceituais, e a segunda, em revisar os conceitos relacionados aos tópicos de estrutura atômica e tabela periódica, pré-requisitos para as Ligações Químicas.

✓ Familiarização com os mapas conceituais:

Inicialmente, explicou-se a metodologia de construção de mapas conceituais. Para isso, elencaram-se, no quadro, alguns exemplos de conceitos, tais como: cão, cadeira, árvore, carro, nuvem, livro, os quais exemplificam objetos; chover, correr, cozinhar, brincadeira, explosão vulcânica, escrever, que representam acontecimentos. Definiu-se conceito: termo que se usa para designar um objeto ou acontecimento (NOVAK e GOWIN, 1999, p. 20). Esclareceu-se que a maioria das palavras do dicionário são conceitos.

Posteriormente, enfatizaram-se aos estudantes, as palavras de ligação, cuja função é ligar os conceitos em uma frase: é, são, quando, que, então, como, as quais.

Em seguida, definiu-se o conceito de proposição, por meio da seguinte figura:

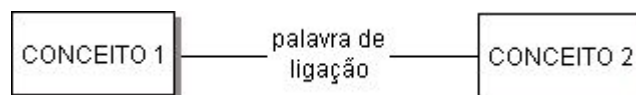


FIGURA 3.1 – Esquema de proposição.

Pelo esquema, proposição é a ligação entre dois conceitos (palavras-chave), por meio de uma palavra de ligação, ou ainda, por meio de uma frase de ligação. É importante ressaltar que toda proposição deve formar uma sentença completa e ter sentido lógico.

Prosseguindo, exemplificou-se à classe a construção de algumas proposições.

a) O céu é azul. (NOVAK e GOWIN, 1999; OLIVER NETTO, 2003).

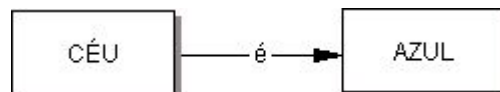


FIGURA 3.2 – Exemplo de proposição.

b) A célula tem metabolismo. (OLIVER NETTO, 2003).

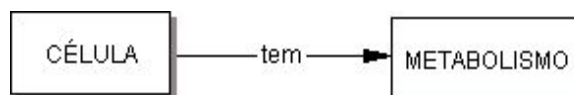


FIGURA 3.3 – Exemplo de proposição.

O terceiro exemplo constitui um pequeno mapa conceitual, elaborado a partir da seguinte frase: A fotossíntese é um processo químico realizado por plantas, algas e algumas bactérias para produzir substâncias orgânicas. (OLIVER NETTO, 2003).

Neste exemplo, os alunos destacaram os conceitos da sentença anterior, bem como as palavras de ligação, juntamente com o pesquisador. A construção do mapa resultou da negociação entre ambos.

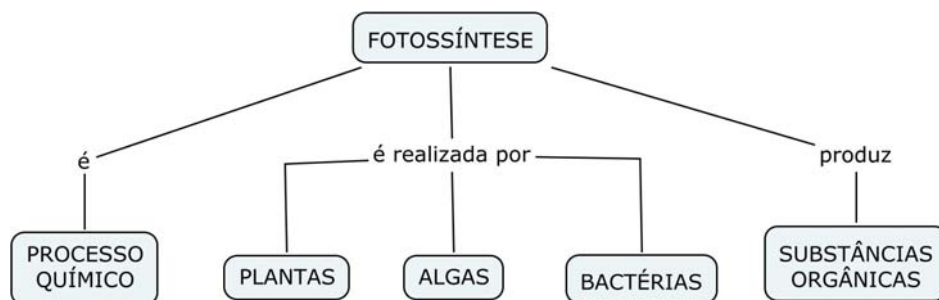


FIGURA 3.4 – Exemplo de mapa conceitual.

Após a discussão sobre o mapa acima, iniciou-se a elaboração de outro mais amplo e com maior demanda cognitiva. Para isso, solicitaram-se aos alunos as palavras de ligação e respectivo mapa, envolvendo os seguintes conceitos: água, estado, sólido, líquido, gasoso, seres vivos, animais e plantas (NOVAK e GOWIN, 1999). A discussão gerou de modo consensual o mapa a seguir:

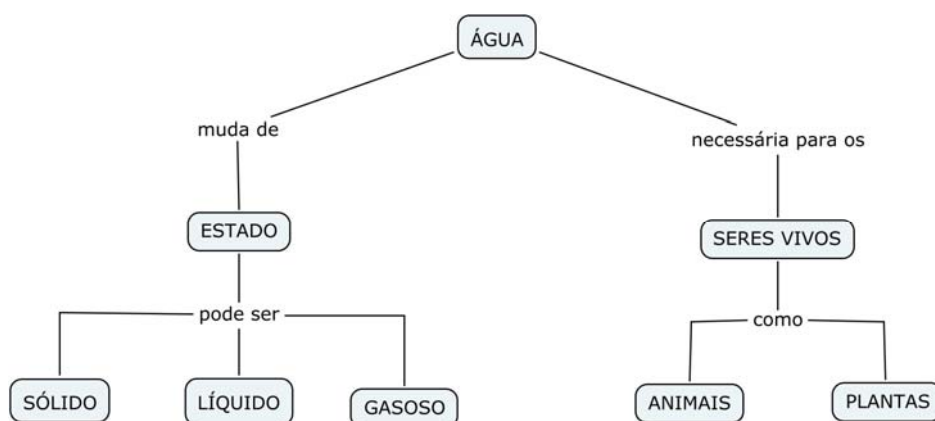


FIGURA 3.5 – Mapa conceitual sobre água: estrutura 1.

Enfatizou-se que existe a possibilidade de outra estrutura, sendo ambas válidas:

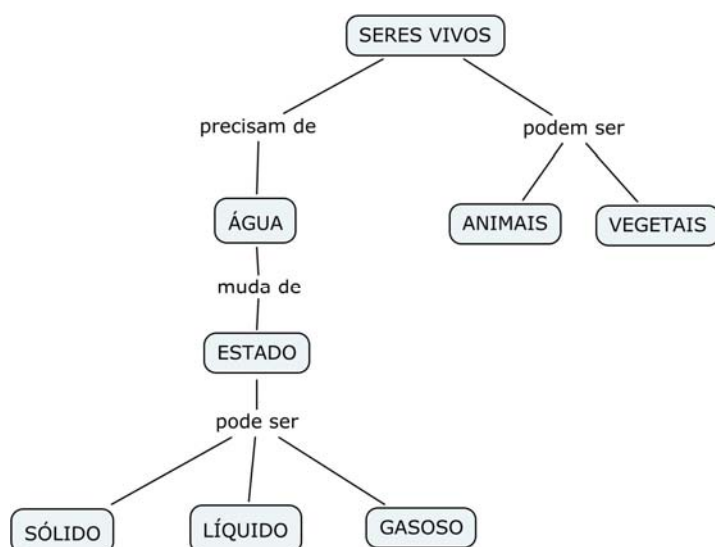


FIGURA 3.6 – Mapa conceitual sobre água: estrutura 2.

Para consolidar a familiarização com os mapas, distribuiu-se um texto (APÊNDICE B), no qual há um resumo sobre a construção de MCs, bem como um exemplo geral (FIGURA 1, APÊNDICE B) além de um específico (FIGURA 2, APÊNDICE B), cujo conteúdo foi discutido, paralelamente, à hierarquização conceitual e palavras de ligação.

Seguiu-se a leitura do texto sobre “Transportes” (APÊNDICE B), acompanhada pela seleção dos conceitos e posterior construção do mapa conceitual pelos alunos. Alguns estudantes pediram a ajuda tanto do professor quanto do pesquisador, em relação à construção do mapa. As principais dúvidas estavam vinculadas às palavras de ligação, à organização hierárquica dos conceitos bem como dos exemplos e à possibilidade de repetição dos conceitos. Exemplos de mapas construídos por ocasião desta atividade estão no ANEXO A.

✓ Revisão de conceitos sobre estrutura atômica e tabela periódica:

Na revisão do conteúdo de estrutura atômica, recorreu-se a estudo de textos, exercícios, modelos e atividades de informática conforme o APÊNDICE C. O Quadro 3.1 mostra a relação do material e os conceitos correspondentes.

QUADRO 3.1 – Material de informática sobre Estrutura Atômica e conceitos.

Material de Informática (Vídeo, Simulação)	Conceitos
Vídeo Mundos Invisíveis ^{*1}	- Panorama histórico do desenvolvimento da Química; - Matéria; - Átomo; - Elétron; - Núcleo; - Fóton; - Modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford; - Tabela Periódica.
Vídeo e-Química ^{*2} : experimento de Thomson	- Modelo atômico de Thomson; - Elétron.
Simulação LabVirtQuímicaUSP ^{*3} : O problema	- Partículas constituintes do átomo: próton, nêutron, elétron e suas cargas.
Vídeo e-Química ^{*2} : experimento de Rutherford	- Modelo atômico de Rutherford ou modelo planetário.
Simulação LabVirtQuímicaUSP ^{*3} : Um passeio diferente	- Constituição da matéria; - Átomo; - Núcleo; - Prótons; - Nêutrons; - Eletrosfera; - Elétrons; - Número atômico.
Vídeo e-Química ^{*2} : linhas espectrais	- Orbital; - Nível de energia; - Fóton; - Linhas espectrais.
Simulação LabVirtQuímicaUSP ^{*3} : Raio-X	- Ondas eletromagnéticas; - Fóton; - Elétron.
Simulação LabVirtQuímicaUSP ^{*3} : A química das cores dos fogos de artifício	- Fóton; - Linhas espectrais; - Elétron.
Simulação LabVirtQuímicaUSP ^{*3} : Show atômico	- Modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr; - Símbolo e nome dos elementos químicos.

^{*1} MEDEIROS, Miguel de Araújo. **Simulações, Vídeos e Animações**: contribuições da web para o ensino de Química. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA - ENEQ, 14., 2008, Curitiba. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0749-1.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2009.

^{*2} Disponível em: <<http://e-quimica.iq.unesp.br/>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2010.

^{*3} Disponível em: <<http://www.labvirtq.fe.usp.br/appletslistalabvirt2.asp?time=14:33:53>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2010.

O mapa inicial, dessa etapa, foi obtido colocando-se, no quadro, alguns post-its e organizando-os hierarquicamente, com o fim de representá-los como caixas, em que os conceitos são posicionados. Salientou-se a importância das linhas e das palavras de ligação.

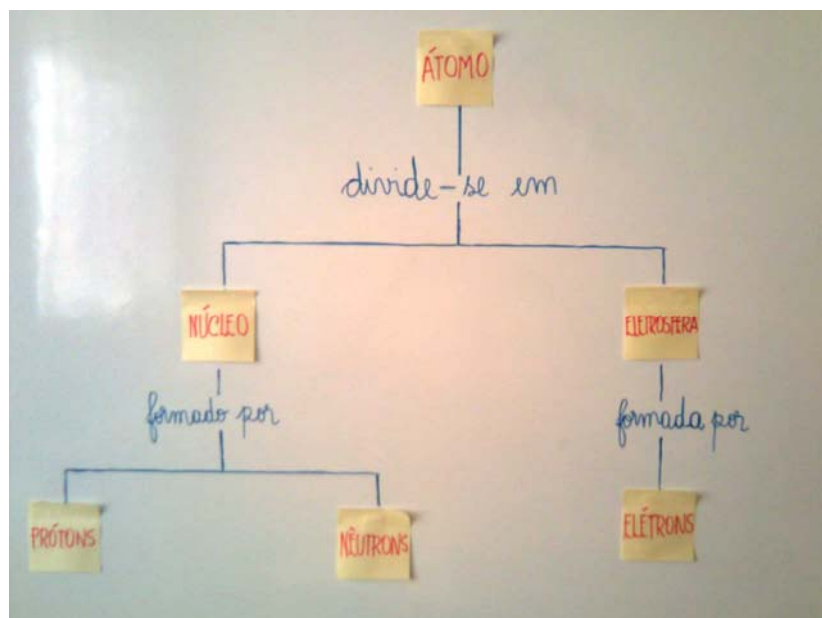


FIGURA 3.7 – Exemplo de mapa construído com post-its sobre Estrutura Atômica.

*A palavra de ligação “divide-se em” pode ser mais bem expressa pelo termo “constituído por”, “composto por” ou “formado por”.

No tópico sobre tabela periódica, destacaram-se, principalmente, os grupos dos elementos químicos (metais, ametais, semimetais e hidrogênio), contemplados nos Mapas Conceituais de Referência sobre as Ligações Químicas, os quais serão exibidos adiante.

7º. Encontro até o 22º.

Este período corresponde a um total de 24 aulas, desenvolvidas entre 14/05/2010 e 30/06/2010. Trabalharam-se atividades relacionadas às Ligações Químicas, conforme descritas a seguir.

Na abertura para o tema, utilizou-se como organizador prévio um vídeo sobre Ligações Químicas, seguido de realidade virtual (apresentação de moléculas em 3D). Os conceitos envolvidos estão expostos no Quadro 3.2.

QUADRO 3.2 – Material de informática sobre Ligações Químicas e conceitos.

Material de Informática (Vídeo, Realidade Virtual)	Conceitos
Vídeo e-Química ^{*1} : Ligações Químicas	- Próton; - Elétron; - Orbital; - Compartilhamento de elétrons; - Ligação covalente; - Molécula; - Fórmula estrutural; - Eletronegatividade; - Ligação covalente polar; - Íons; - Transferência de elétrons; - Ligação iônica; - Temperatura de fusão de compostos covalentes e iônicos;
Realidade Virtual ^{*2}	- Geometria molecular; - Fórmula estrutural espacial.

^{*1} Disponível em: <<http://e-quimica.iq.unesp.br/>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2010.

Os conceitos estão elencados segundo a ordem de apresentação no vídeo.

^{*2} CORREIA, Joana de Araújo. **Estereoscopia Digital no Ensino da Química**. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Disponível em:

<<http://nautilus.fis.uc.pt/cec/teses/joana/prototipo/index.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2010.

No ensino do conteúdo de Ligação Iônica, utilizou-se o vídeo e-Química do Quadro 3.2, bem como textos, modelos e exercícios, conforme APÊNDICE D.

Com vistas a garantir reforço extra aos estudantes quanto à metodologia de construção de MCs, no decorrer do 11º. encontro, fez-se uma pausa na apresentação do conteúdo. O objetivo foi discutir com os aprendizes os principais empecilhos detectados na confecção dos mapas sobre Ligação Iônica, com o intuito de evitá-los nos seguintes.

Essencialmente, as restrições foram:

- Conceitos ligados sem sentido lógico;
- Ausência de palavras de ligação entre os conceitos;
- Correção ortográfica;
- Clareza do mapa ao leitor.

Construiu-se, em conjunto com os alunos, um mapa sobre átomo (estrutura atômica), a fim de ilustrar as maneiras de se evitar as dificuldades mencionadas. O mapa encontra-se no APÊNDICE E.

Quanto ao tema Ligação Covalente, propiciou-se ao mesmo tempo do vídeo do Quadro 3.2, a visualização de uma série de modelos moleculares em 3D (realidade virtual). Para a correta visualização do efeito 3D, os alunos deveriam usar óculos com lentes coloridas, uma azul e a outra vermelha. As moléculas foram selecionadas do trabalho de CORREIA (2010). A galeria de moléculas 3D e a indicação de como confeccionar os óculos para a visualização do efeito tridimensional estão disponíveis, respectivamente, nos menus “galeria” e “actividades” do link: <<http://nautilus.fis.uc.pt/cec/teses/joana/prototipo/index.htm>>. A autora permite a utilização do material desde que para fins educacionais.

Essa tarefa estendeu-se por várias aulas, sempre em colaboração com outros professores e o apoio da equipe pedagógica. No total, 08 aulas foram necessárias, distribuídas entre os dias 17 e 18 de maio e 09 de junho de 2010.

A atenção de toda a comunidade escolar foi despertada. Professores e funcionários sentiram-se curiosos e pediram para assistir à apresentação, o que foi prontamente atendido.

Além desses recursos, foram utilizados modelos plásticos de moléculas, como: O_2 , N_2 , H_2O e CO_2 . O mesmo ocorreu para representar as moléculas de H_2S , NH_3 e CH_4 , as quais apresentam geometria angular, piramidal e tetraédrica, respectivamente. O propósito foi criar subsunçores para a abordagem de geometria molecular. Nesse tópico, utilizaram-se além de modelos plásticos, bexigas e tetraedro confeccionado em papelão.

Por meio de bexigas, ilustrou-se a distorção que um par de elétrons não-compartilhados causa no arranjo espacial de moléculas como H_2O e NH_3 .

Os tipos de ligações: simples, dupla e tripla, as quais ocorrem entre os átomos das moléculas mencionadas anteriormente, tornam-se de fácil compreensão quando se utilizam tais recursos. A instrução também foi subsidiada pelo estudo de textos do APÊNDICE D.

Já a Ligação Metálica foi desenvolvida por meio de modelos plásticos – do tipo pau-e-bola, em que se usaram somente as bolas – cuja finalidade era explicar a teoria do mar de elétrons. Com bolas de tamanho maior representaram-se os cátions, que foram envolvidos por bolas menores, as quais, por sua vez, simbolizaram os elétrons temporariamente deslocalizados. Uma aproximação analógica para esse modelo seriam os elétrons representados por boias flutuantes no mar. Assim, as boias podem se movimentar fácil e livremente pelo mar, esse

representado pelos cátions, que podem receber elétrons e voltar à forma de átomo neutro (ATKINS e JONES, 2006; BROWN *et al.*, 2007; MASTERTON *et al.*, 1990).

Utilizou-se, também, o texto de apoio (APÊNDICE D) para estudo, discussão, explicações teóricas adicionais e exercícios.

Último Encontro (23º.)

Etapla final, com aplicação de Questionário de avaliação do curso. No total, 38 alunos responderam ao Questionário, 23 deles em 05/07 e 15 em 07/07/2010.

3.3 PROCEDIMENTOS PARA A ANÁLISE DOS DADOS

3.3.1 Método de análise dos Mapas Conceituais

Em relação à construção dos mapas conceituais, devem-se ressaltar quatro momentos:

1º. momento: confeccionaram-se três modelos de mapas conceituais, ora denominados MAPAS DE REFERÊNCIA – um para cada tipo de Ligação Química: Iônica, Covalente e Metálica – com o intuito de serem comparados com os mapas construídos pelos estudantes. Os mapas são os que se seguem:

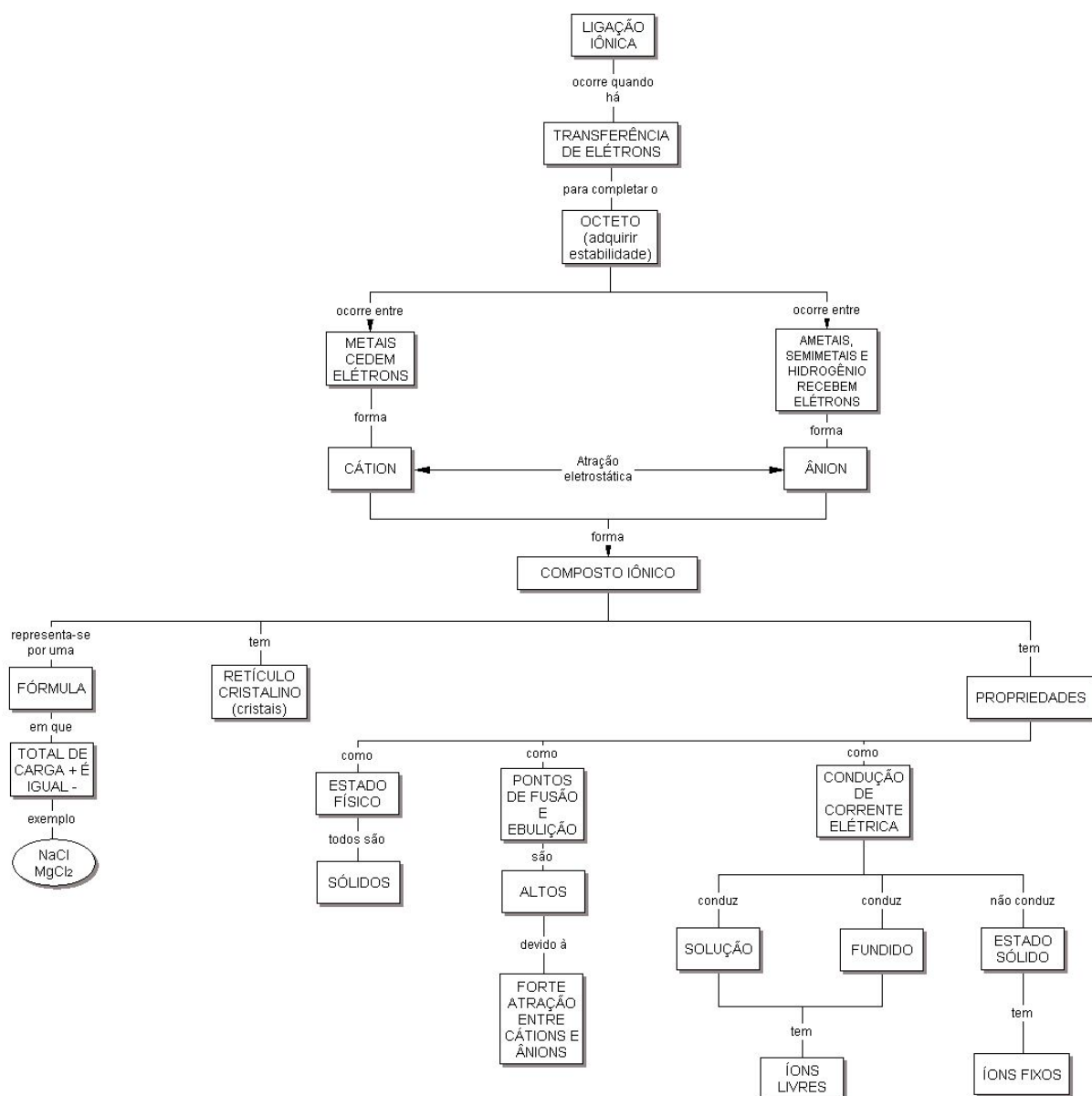


FIGURA 3.8 – Mapa Conceitual de Referência sobre Ligação Iônica.

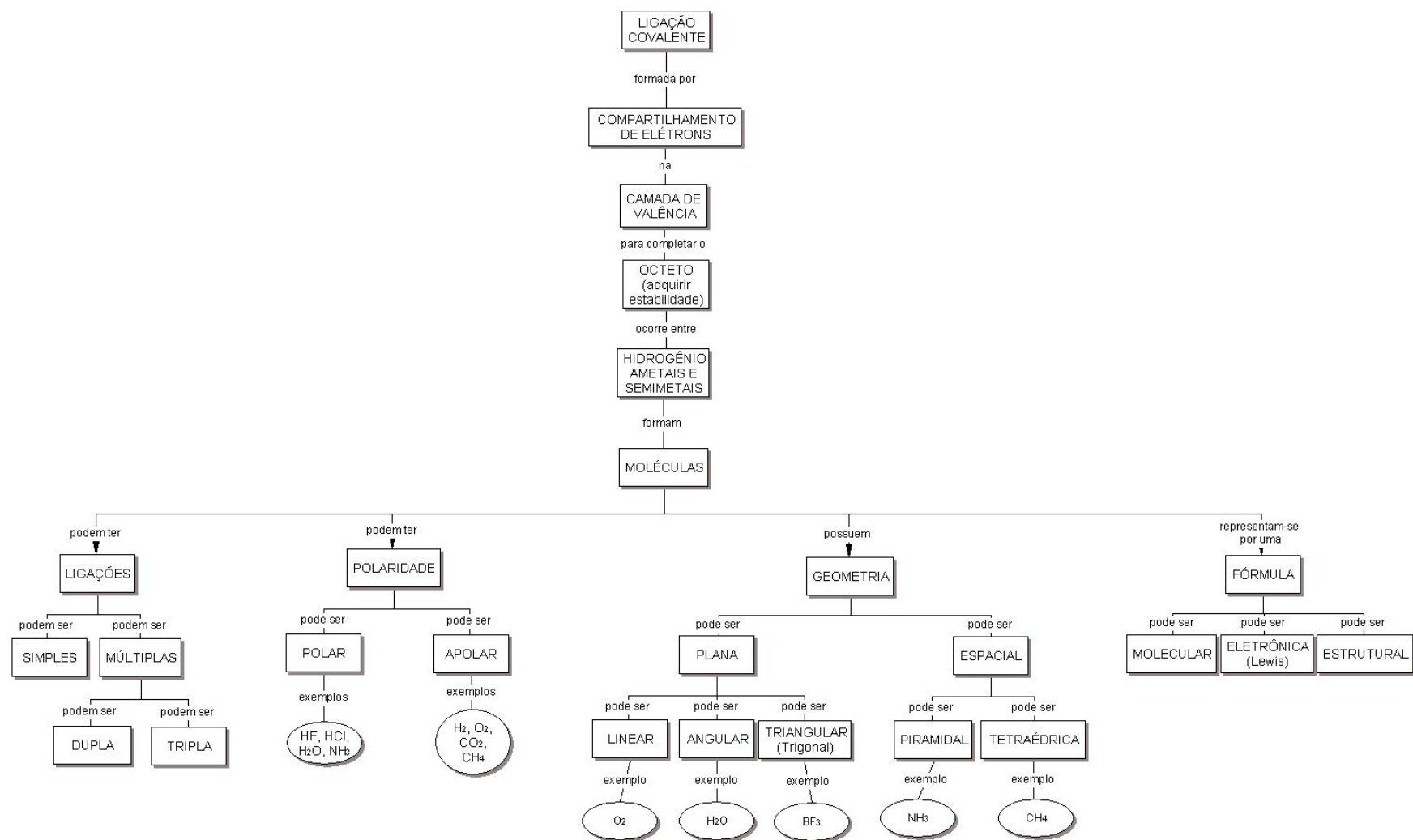


FIGURA 3.9 – Mapa Conceitual de Referência sobre Ligação Covalente.

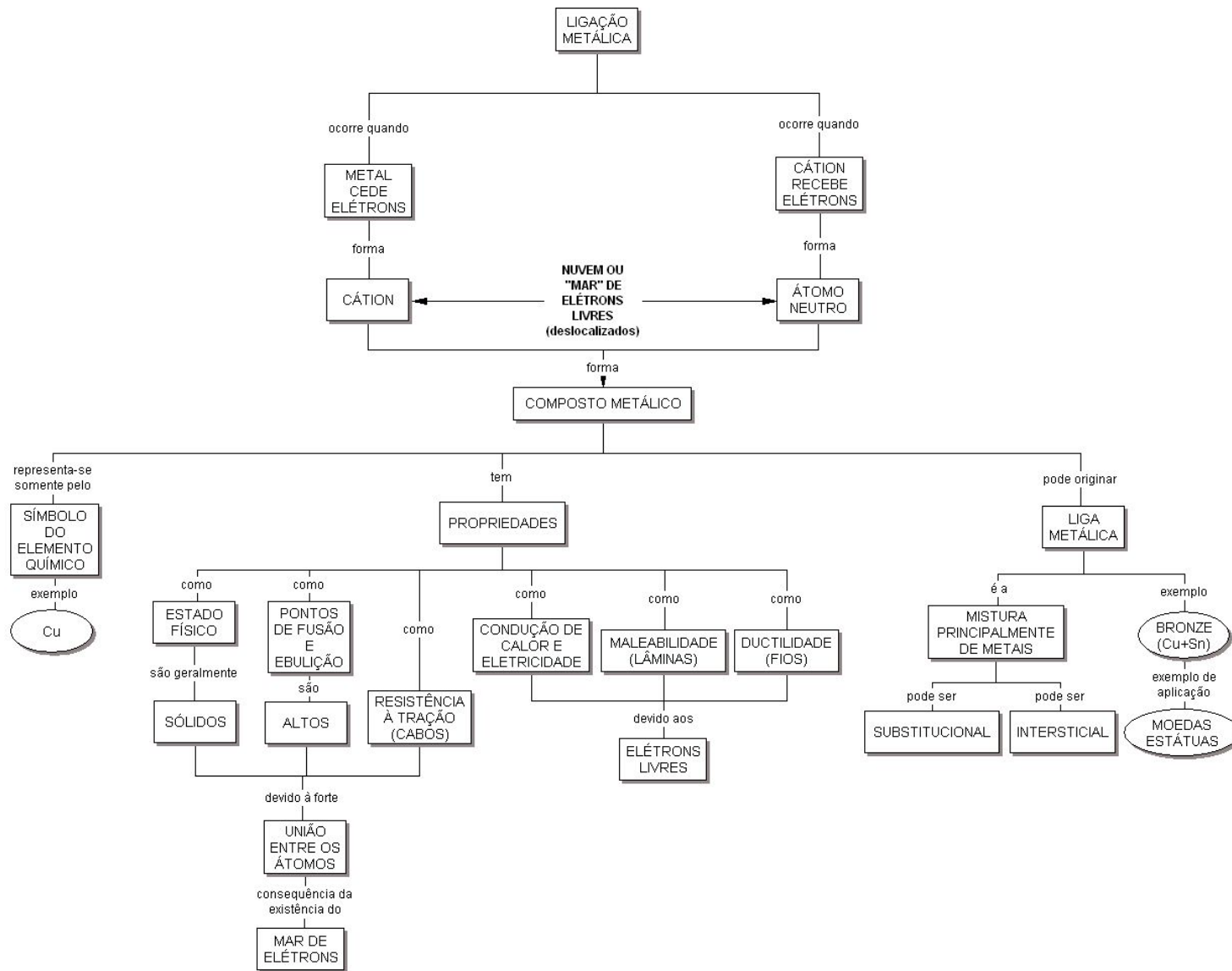


FIGURA 3.10 – Mapa Conceitual de Referência sobre Ligação Metálica.

2º. momento: imediatamente após o término do assunto Ligações Iônicas, forneceu-se uma lista dos conceitos principais e pediu-se aos alunos que, individualmente, elaborassem o mapa conceitual.

3º. momento: imediatamente após o término do assunto Ligações Covalentes, forneceu-se uma lista dos conceitos principais e pediu-se aos alunos que, em grupos, elaborassem o mapa conceitual.

4º. momento: imediatamente após o término do assunto Ligações Metálicas, pediu-se aos alunos que, em grupos, elaborassem o mapa conceitual, sem fornecer-se uma lista dos conceitos principais.

Quanto à elaboração dos critérios de avaliação e análise dos mapas conceituais que nortearam esta pesquisa, buscou-se integrar denominadores comuns de outros trabalhos da literatura: CORREIA *et al.* (2009); COSTAMAGNA (2001); EBENEZER (1992); LOURENÇO (2008); MARTINS (2006); MINTZES *et al.* (2000); NOVAK e GOWIN (1999); NUNES e PINO (2008); SILVA, G. (2007). Trata-se de uma diretriz de avaliação que contempla aspectos qualitativos e quantitativos, ao estabelecer categorias de pontuação, em algumas das quais se buscam alterações significativas na estrutura dos mapas. O Quadro 3.3 expressa as categorias de avaliação dos MCs.

QUADRO 3.3 – Categorias de análise dos Mapas Conceituais para aferir conceito.

Categorias	Descrição dos critérios sob a forma de questão(ões)-foco
1- Conceitos básicos	O mapa tem pelo menos 50% dos conceitos básicos da lista fornecida / ou do mapa de referência?
2- Conceitos novos (criatividade)	Há algum conceito novo relevante para o assunto em questão?
3- Ligações entre conceitos	Todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas?
4- Palavras de ligação (conectivos)	A maioria das palavras de ligação/frases de ligação forma sentido lógico com o conceito ao qual se ligam?
5- Exemplos	O mapa apresenta exemplos apropriados para o assunto em questão?
6- Clareza do mapa Estética do mapa Capricho Símbolos geométricos (caixas, círculos)	O mapa é legível e de fácil leitura? Existe clareza de leitura do mapa ao leitor? O mapa é legível, sem riscos ou borrões? A caligrafia é legível? Todos os conceitos aparecem em caixas (retângulos)? Há correção ortográfica?
7- Proposições (conceito-palavra de ligação-conceito)	O mapa tem pelo menos 50% da quantidade de proposições válidas do mapa de referência? As proposições têm significado lógico do ponto de vista semântico e científico? As conexões estão de acordo com o que é cientificamente aceito? (“O núcleo do átomo é constituído por prótons, nêutrons e <u>elétrons</u> .”)
8- Hierarquização	Há uma ordenação sucessiva dos conceitos? Demonstrou-se boa hierarquização dos conceitos, representada por pelo menos 03 níveis hierárquicos? O mapa é em forma de árvore (dendrítico), em vez de alinhado (linear)?
9- Diferenciação progressiva	É possível distinguir os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados? É possível identificar, com clareza, os conceitos mais gerais e os mais específicos? Há uma diferenciação conceitual progressiva que mostra o grau de subordinação entre os conceitos? O conceito superordenado é o mais vasto, amplo e abrangente?
10- Reconciliação integrativa (criatividade)	Há uma recombinação, ou seja, um rearranjo dos conceitos? Há relações cruzadas ou transversais entre conceitos pertencentes a diferentes partes do mapa?

Quanto ao intervalo de pontuação para cada categoria, este variou de 0 a 1 ponto. O somatório de todas as categorias perfaz o total de 10 pontos. Os códigos de pontuação são apresentados no Quadro 3.4.

QUADRO 3.4 – Critérios gerais de pontuação das categorias para aferir conceito aos Mapas Conceituais.

Código	Significado
1	Acerto
0,5	Acerto parcial
0	Erro

Duas obras, em especial, foram fundamentais para se elaborarem os critérios de avaliação dos mapas que abarcaram esta pesquisa: MINTZES *et al.* (2000) às páginas 121 e 122, quando Wandersee propõe uma lista padrão de verificação de mapas conceituais. NOVAK e GOWIN (1999) às páginas 52 a 53 e 113 a 124 apresentam um modelo, bem como critérios de pontuação dos mapas conceituais.

Cabe esclarecer que esta metodologia busca minimizar a dificuldade apontada nos trabalhos de CORREIA *et al.* (2009) e EBENEZER (1992), e também observada ao longo desta pesquisa: “construir e avaliar os mapas conceituais é um processo bastante demorado para os professores que têm tempo de ensino limitado e um currículo vasto a cobrir” (EBENEZER, 1992, p. 467, tradução nossa). Portanto, atentos a outros trabalhos de pesquisa, elaboraram-se critérios de avaliação e/ou análise dos mapas que fossem práticos e, por consequência, oferecessem rapidez de correção, o que promove a inserção desta técnica no ambiente escolar. Em resumo, evita-se a utilização ingênua dos MCs, restringindo sua inserção a experiências fugazes e divertidas (CORREIA *et al.*, 2009).

No entanto, é importante frisar, conforme NOVAK e GOWIN (1999, p. 124) muito bem destacaram que “os leitores devem utilizar as suas próprias chaves de pontuação e aperfeiçoamentos que achem necessários nos critérios de pontuação”, o que inclui a atribuição de pesos diferentes para cada categoria.

3.3.2 Método de análise da avaliação da metodologia pelos estudantes

Ao final do curso, os alunos responderam a um Questionário (APÊNDICE F), cuja elaboração e análise foram fundamentadas em BELL (2008), assim como em MINAYO (2006). O objetivo foi verificar a percepção dos aprendizes diante das atividades desenvolvidas, assim como sondar indícios de Aprendizagem Significativa.

3.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A ELABORAÇÃO DO MATERIAL INSTRUCIONAL

O material instrucional escrito, referente às Ligações Químicas (APÊNDICE D), foi elaborado por meio do referencial de Ausubel, de modo a propiciar a organização hierárquica dos conceitos. Procurou-se com essa organização fornecer suporte aos estudantes para a construção dos mapas conceituais. É válido ressaltar que a descrição dos textos didáticos sobre as Ligações Químicas, está em harmonia com o respectivo mapa conceitual de referência, o que propiciou aos alunos contemplarem, em seus alusivos mapas, os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa.

AUSUBEL *et al.* (1980, p. 159) defendem que a organização do material de aprendizagem deve proceder-se hierarquicamente, indo-se das ideias mais gerais e inclusivas para as ideias sucessivamente mais detalhadas e específicas, quando se tem a diferenciação progressiva. Esse princípio, porém, raramente é seguido nos procedimentos de ensino ou na organização da maioria dos livros-texto:

A prática mais comum é segregar materiais topicamente homogêneos em capítulos e subcapítulos separados e ordenar a organização dos tópicos e subtópicos (e o material em cada um deles) somente com base na relação tópica, sem considerar o seu nível relativo de abstração, generalidade e inclusividade. Esta prática tanto é incompatível com a estrutura real da maioria das disciplinas como é incongruente com o processo postulado mediante o qual a aprendizagem ocorre com a organização hierárquica da estrutura cognitiva, em termos de gradações progressivas de inclusividade, e com o mecanismo de acréscimo por meio de um processo de diferenciação progressiva.

Compartilha dessa visão, FARIA (1981), que sustenta a necessidade de se elaborar um material instrucional para determinado assunto a ser tratado:

O conteúdo programático de estudo, para Paulo Freire, não se acha pronto nos livros, deve ser pesquisado. Esse trabalho recebe o nome de investigação dos 'temas geradores'. (FARIA, 1981, p. 65).

Como o objetivo da instrução é manter o aluno, em princípio, sob o controle dos estímulos da matéria de ensino, a organização adequada desses estímulos é particularmente importante. O controle do ambiente significa proporcionar uma situação de ensino adequada para que certas respostas, que estão orientadas para os objetivos instrucionais, ocorram. (FARIA, 1981, p. 114).

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente capítulo expõe e discute os resultados desta pesquisa. É importante salientar que a análise dos Mapas Conceituais baseou-se nos parâmetros de NOVAK e GOWIN (1999). Quanto ao Questionário, a análise foi realizada conforme diretrizes de BELL (2008) e MINAYO (2006).

4.1 QUANTIDADE DE MAPAS COLETADOS

A Tabela 4.1 resume a quantidade de mapas coletados em cada etapa. Confeccionaram-se 26 mapas individualmente para o tema Ligação Iônica. Para a Ligação Covalente construíram-se 03 mapas individualmente e 16 mapas em grupos de 02 componentes, perfazendo o total de 19 mapas, os quais contaram com a participação de 35 alunos. Já para a Ligação Metálica, produziu-se 01 mapa individualmente, 13 mapas em grupos de 02 componentes e 01 mapa por um grupo de 03 integrantes; no total 30 alunos participaram da atividade.

A elaboração dos mapas pelos estudantes ocorreu, ora individualmente, ora em grupos de 02 ou 03 componentes. O objetivo foi proporcionar aos alunos um ambiente no qual pudessem se sentir à vontade para explicitarem suas ideias, por meio do mapa conceitual. Essa estratégia revelou-se eficaz, pois foi possível constatar que houve uma maior adesão dos alunos quando se permitiu que eles trabalhassem em grupos.

TABELA 4.1 – Relação das atividades contempladas, número de mapas confeccionados e alunos participantes.

<i>Atividades</i>	<i>Nº. de MCs elaborados individualmente</i>	<i>Nº. de MCs elaborados em grupos de 02 componentes</i>	<i>Nº. de MCs elaborados em grupos de 03 componentes</i>	<i>Total de Mapas</i>	<i>Total de alunos participantes</i>	<i>Total de alunos participantes (em %)</i>
Ligação Iônica	26	0	0	26	26	65
Ligação Covalente	03	16	0	19	35	88
Ligação Metálica	01	13	01	15	30	75
Total	30	29	01	60	91	

4.2 ANÁLISE DOS MAPAS CONCEITUAIS

A metodologia de análise dos mapas está dividida da seguinte maneira:

- 1) Apresentação da tabela de avaliação com os respectivos conceitos. Cada categoria foi avaliada em 1,0 ponto. Há dez categorias totalizando 10,0 pontos. Tomou-se como média satisfatória o padrão 50%, ou seja, a metade do total permitido, 5,0 pontos; conforme trabalho de LOURENÇO (2008).
- 2) Exposição de gráficos circulares e barras.
- 3) Discussão de critérios e subcritérios de pontuação dos MCs.
- 4) Exemplos de análise de MCs mais bem pontuados.
- 5) Discussão de aspectos relativos aos níveis de representação do conhecimento químico, os quais são contemplados nos MCs.
- 6) Considerações sobre a estrutura dos mapas.

Os mapas objetos de estudo são os dos seguintes tópicos: Ligação Iônica, Ligação Covalente e Ligação Metálica. A exposição ocorrerá nessa ordem.

4.2.1 Análise dos Mapas sobre Ligação Iônica

A seguir, apresenta-se a tabela de avaliação dos MCs sobre Ligação Iônica. Gráficos mostram a relação de alunos com média e alunos sem média, bem como as categorias por meio das quais os mapas foram pontuados. Dispensa-se, também, atenção tanto para os conceitos básicos quanto para os novos. Logo após, há exemplos de como se procedeu à análise de alguns mapas. Para concluir, faz-se uma apreciação global dos MCs em relação aos níveis de representação do conhecimento químico, assim como um exame da estrutura dos mapas.

TABELA 4.2 – Tabela de avaliação dos Mapas Conceituais sobre Ligação Iônica.

Alunos	Categorias										Pontuação
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A1	1	0	1	0,5	0	0,5	0	1	0,5	1	5,5
A3	1	1	1	0,5	0	1	0,5	1	0,5	1	7,5
A4	0,5	1	1	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	1	7,5
A5	1	0	0,5	0	0	0,5	0	0,5	0	0	2,5
A6	1	0	1	0,5	0	0,5	0,5	1	0,5	1	6
A7	1	1	1	0	0	0,5	0	0,5	0,5	0	4,5
A8	1	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	1,5
A11	0,5	1	1	1	0	1	0,5	1	1	1	8
A12	1	0	1	0	0	0,5	0	1	0,5	0	4
A13	1	0	1	0	0	0,5	0	1	0	0	3,5
A18	1	1	1	0,5	0	0,5	0,5	1	0,5	1	7
A19	1	0	1	0	0	0,5	0	1	0	0	3,5
A20	1	1	1	0	0	0	0	1	0,5	0	4,5
A21	0,5	1	1	1	0	1	0,5	1	0,5	1	7,5
A22	0,5	0	0,5	0,5	0	0	0	1	1	0	3,5
A23	1	1	0,5	0	0	0,5	0	1	0,5	0	4,5
A26	1	0	1	0	0	0,5	0	1	0	0	3,5
A28	1	1	1	0	0	0,5	0	1	1	0	5,5
A29	0,5	1	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	2,5
A30	0,5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2,5
A31	0,5	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8,5
A32	1	0	1	0	0	0,5	0	1	0,5	0	4
A33	1	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0	1	1	1	6
A34	1	0	0,5	0	0	0	0	1	0	0	2,5
A37	1	0	1	0	0	0,5	0	1	0	0	3,5
A39	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Frequência por categoria	22,5	12	21	6,5	1	12,5	4	21,5	10,5	9	

A Tabela 4.2 é constituída por três colunas fundamentais: na primeira, identificam-se os alunos por seus respectivos códigos; na segunda (corpo central), têm-se as categorias de avaliação e, na terceira, estão as pontuações obtidas pelos estudantes. Na parte inferior, encontra-se o somatório, ou seja, a frequência com que cada categoria foi trabalhada nos MCs.

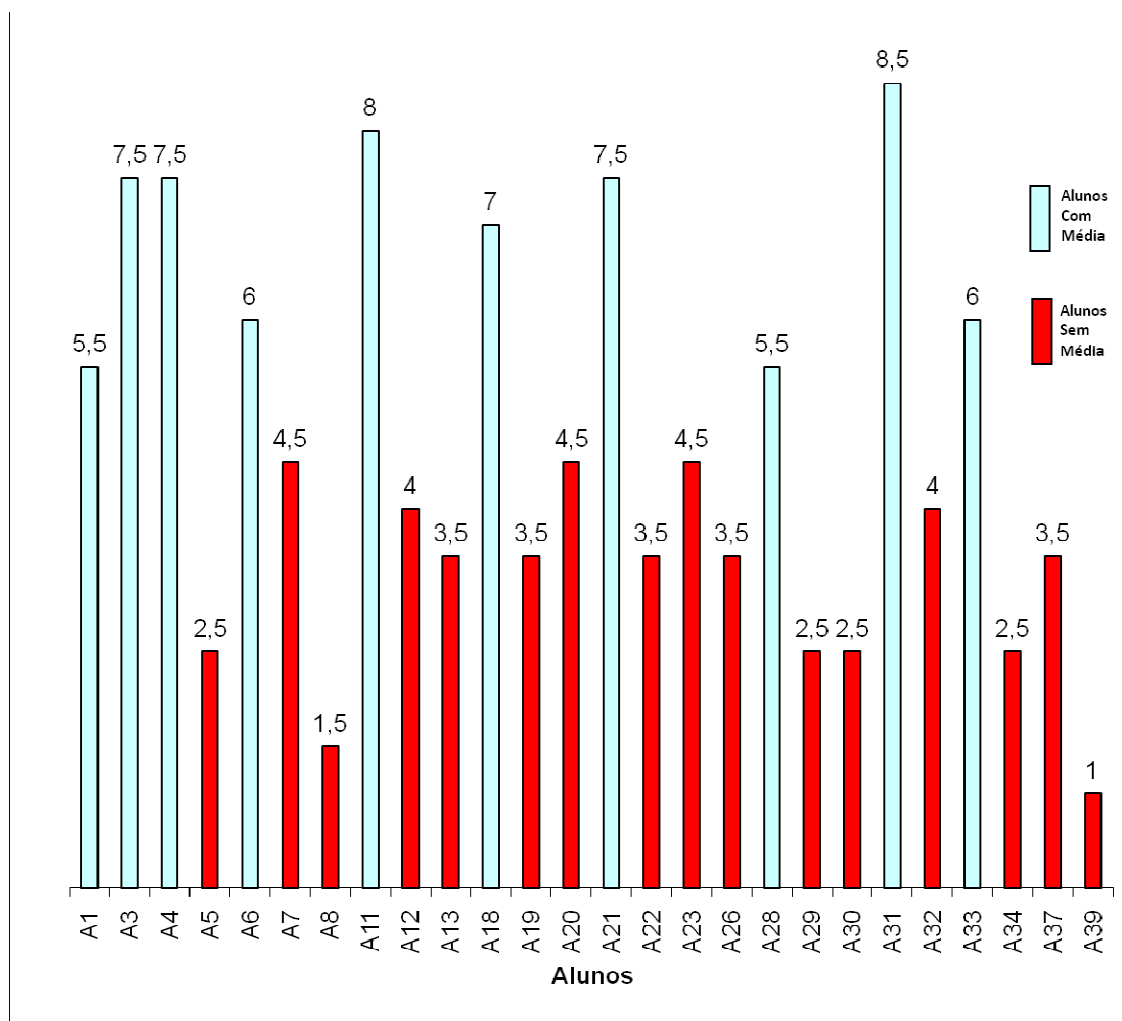


FIGURA 4.1 – Relação entre alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Lônica.

TABELA 4.3 – Quantidade de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Lônica.

<i>Categorias</i>	<i>Quantidade</i>
Alunos com média	10
Alunos sem média	16
Total	26

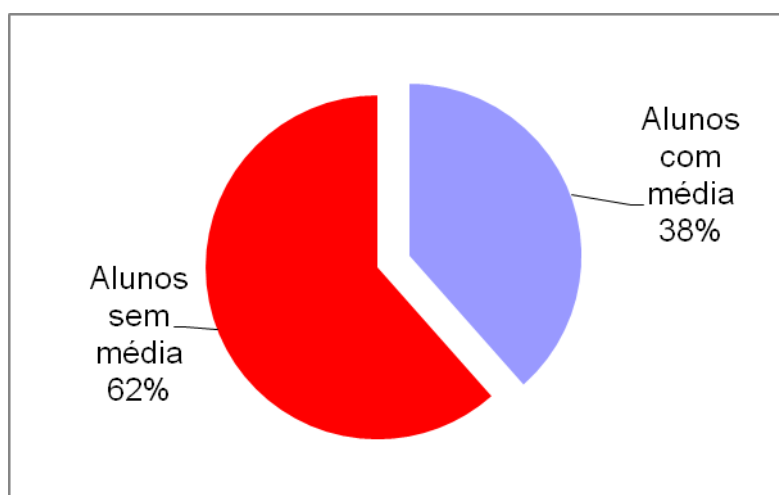


FIGURA 4.2 – Porcentagem de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação lônica.

A Figura 4.1 mostra um panorama dos alunos que participaram da construção dos mapas conceituais sobre Ligação lônica, bem como os pontos obtidos. Considerou-se o padrão 10,0 pontos, o qual refere-se ao somatório das categorias. Como média satisfatória adotou-se o padrão 5,0 pontos, ou seja, metade do total de pontos permitidos.

Pela análise da Tabela 4.2, em conjunto com a Figura 4.1, elaborou-se a Tabela 4.3 e a Figura 4.2, as quais permitem observar que, do total de 26 alunos (100%) que confeccionaram os mapas, apenas 10 (38%) obtiveram média satisfatória, em oposição a 16 (62%) que tiveram um rendimento insatisfatório. É possível que esse resultado encontre respaldo na teoria de Ausubel, quando afirma ser necessário “que o aluno manifeste uma disposição para a aprendizagem significativa – ou seja, uma disposição para relacionar, de forma não arbitrária e substantiva, o novo material à sua estrutura cognitiva” (AUSUBEL *et al.*, 1980, p. 34).

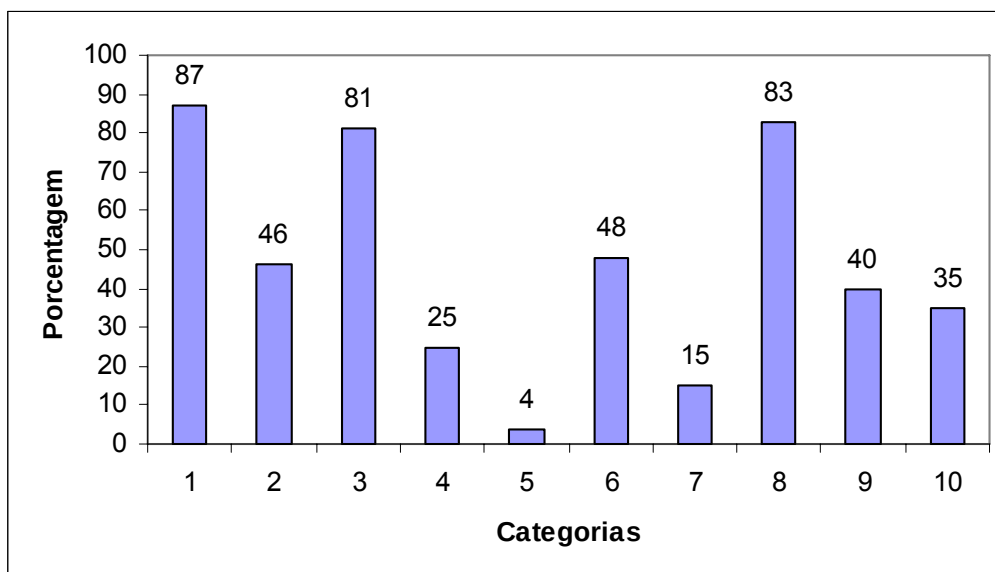


FIGURA 4.3 – Frequência de identificação, em porcentagem, das categorias (APÊNDICE G) avaliadas nos mapas conceituais sobre Ligação Iônica. Categorias:

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1- conceitos básicos | 6- clareza do mapa |
| 2- conceitos novos | 7- proposições |
| 3- ligação entre conceitos | 8- hierarquização |
| 4- palavras de ligação | 9- diferenciação progressiva |
| 5- exemplos | 10- reconciliação integrativa |

A análise da Figura 4.3 revela que as categorias nas quais os alunos mais demonstraram facilidade em trabalhar, referem-se as dos conceitos básicos (87%), seguida pela hierarquização (83%) e pelas ligações entre conceitos (81%). Essas categorias contemplam os pontos mais fáceis de construção dos mapas. É importante salientar que os conceitos básicos foram destacados e fornecidos pelo pesquisador, quando da construção dos mapas.

Em contrapartida, as categorias relacionadas aos exemplos (4%), às proposições (15%) e às palavras de ligação (25%), foram as que os alunos tiveram maior dificuldade em trabalhar. A dificuldade com os exemplos revela-se pelo fato de os aprendizes pouco consultarem o material instrucional, a fim de extraírem dele os significados, expostos tanto no texto quanto nos exercícios. A categoria exemplos restringiu-se à menção do cloreto de sódio, pelos alunos A4 e A33, e a tentativa de construção da fórmula do $MgCl_2$, pelo aluno A21, revelou-se infrutífera. Em relação às proposições e às palavras de ligação, a estrutura conceito-palavra de ligação-conceito, na maioria das vezes, não apresentou sentido lógico. Essa limitação está provavelmente ligada à falta de zelo, pelo trabalho, que requeria uma revisão após a sua elaboração, o que foi destacado pelo pesquisador aos alunos. Nas palavras de NOVAK e GOWIN (1999, p. 35):

É muito difícil para nós pensar em ideias que são novas, poderosas e profundas; precisamos de tempo e de alguma actividade mediadora que nos ajude. O pensamento reflectivo é o fazer algo de forma controlada, que implica levar e trazer conceitos, bem como juntá-los e separá-los de novo. Os estudantes necessitam de praticar o pensamento reflectivo tal como as equipas precisam de tempo para praticar um desporto. O fazer e o refazer de mapas conceptuais, e compartilhá-los com os outros pode ser considerado um esforço de equipa no desporto de pensar.

Na sequência, há uma planilha de avaliação e frequência dos conceitos básicos, evidenciados nos mapas de Ligação lônica.

TABELA 4.4 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos básicos – conteúdo Ligação Iônica.

CONCEITOS BÁSICOS	A1	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A11	A12	A13	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A26	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A37	A39	Frequência	%
ligação iônica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	25	96
transferência de elétrons	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	22	85
octeto	X	X			X		X		X	X	X	X					X			X	X	X			X		13	50
metais	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	25	96
não-metais	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	25	96
cátion	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	26	100
ânion	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	24	92
atração eletrostática	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X			X	X	X	X						X	X		16	62
retículo cristalino (cristais)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X				22	85
fórmula	X	X			X	X	X		X	X		X	X	X	X		X						X		X	X	15	58
propriedades				X			X		X	X							X							X	X	X	8	31
sólidos							X		X	X		X					X	X	X						X	X	9	35
ponto de fusão	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X			X	X		X		X	X	X	X	X	X	21	81
ponto de ebulição	X	X	X		X	X	X		X	X	X	X	X			X	X		X		X	X	X				17	65
corrente elétrica (eletricidade)	X	X			X	X	X				X		X			X	X						X				10	38
solução	X	X			X		X			X	X						X								X	X	9	35
fundido	X	X			X						X						X								X		6	23
íons livres	X					X	X		X	X		X	X				X					X			X	X	11	42
estado sólido				X		X	X										X							X	X	X	7	27
íons fixos	X	X			X	X			X	X	X	X	X				X	X				X		X	X		14	54
TOTAL	17	16	9	10	16	15	18	7	16	17	15	14	13	7	9	11	20	10	7	6	9	10	11	12	17	13		
PONTUAÇÃO	1	1	0,5	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1		

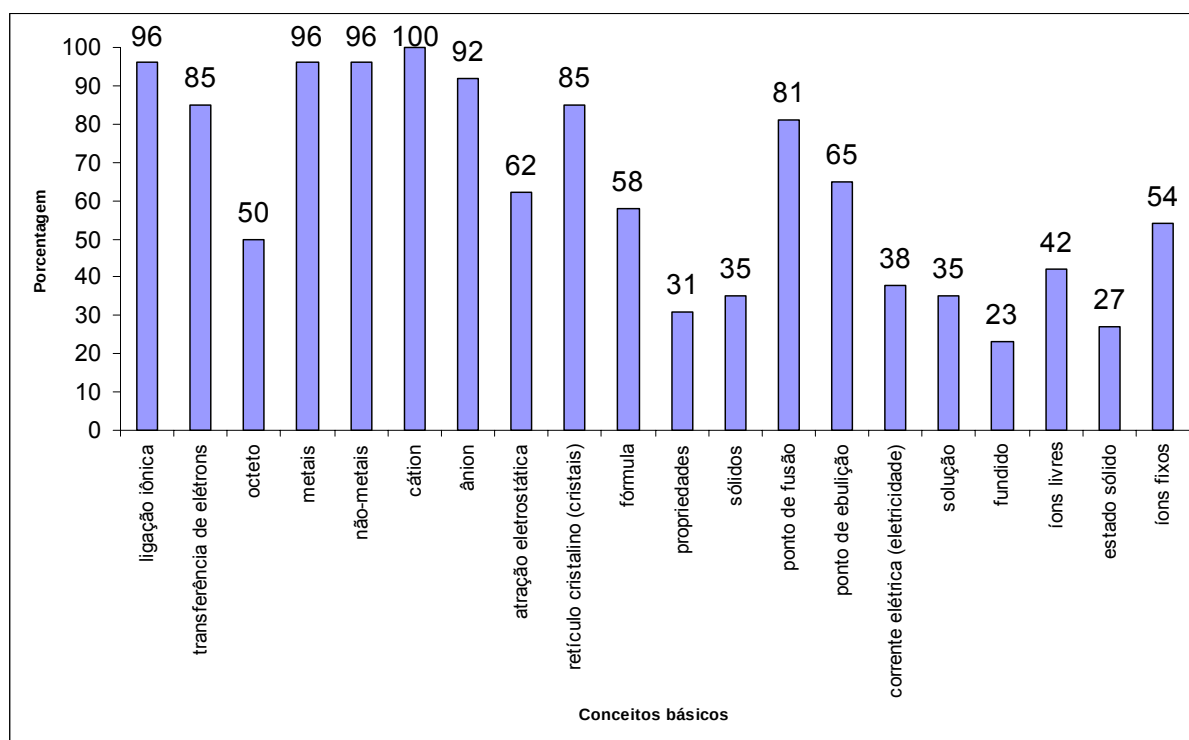


FIGURA 4.4 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos básicos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Iônica.

Com os resultados expressos na Tabela 4.4, construiu-se a Figura 4.4 a qual revela a frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos básicos nos mapas conceituais. Assim, é possível verificar que os conceitos evidenciados referem-se àqueles, inicialmente, dispostos pelo pesquisador quando do fornecimento da lista de conceitos básicos. Dentre eles pode-se destacar: ligação iônica (96%), metais (96%), não-metais (96%), cátion (100%), ânion (92%). Aqui fica evidente a importância dos Organizadores Prévios trabalhados no conteúdo de Estrutura Atômica e Tabela Periódica, ou seja, os conceitos que mais mereceram atenção dos estudantes foram aqueles estudados anteriormente, os quais, agora, passam a funcionar como subsunçores. Ênfase para os conceitos com os quais os alunos já tinham entrado em contato em outros momentos de suas vidas escolares, ou no seu cotidiano, dentre eles: retículo cristalino ou cristais (85%), ponto de fusão (81%) e ponto de ebulição (65%). O conceito octeto apresentou baixa frequência (50%), o que evidencia a dificuldade dos aprendizes em integrá-lo ao processo de entendimento acerca da formação das Ligações Iônicas.

Na página seguinte, há uma planilha, por meio da qual a categoria conceitos novos foi pontuada.

TABELA 4.5 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos novos – conteúdo Ligação Iônica.

CONCEITOS NOVOS	A1	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A11	A12	A13	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A26	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A37	A39	Frequência	%
composto iônico		X	X					X			X			X		X				X	X						8	31
total de carga + é igual -																				X							1	4
ligação química interatômica			X																								1	4
cátions e ânions agrupados			X																	X							2	8
forças atrativas e repulsivas			X																								1	4
elétrons								X						X													2	8
forma geométrica								X												X							2	8
átomos						X							X	X													3	12
estável														X													1	4
sistema eletricamente neutro																X			X	X							3	12
poucos elétrons (1,2,3) na última camada																		X		X	X						3	12
5,6,7 elétrons na última camada																		X		X	X						3	12
líquido																				X							1	4
transferência definitiva de elétrons																				X							1	4
ligações químicas																					X						1	4
TOTAL	0	1	4	0	0	1	0	3	0	0	1	0	1	4	0	2	0	2	1	6	7	0	0	0	0	0		
PONTUAÇÃO	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0		

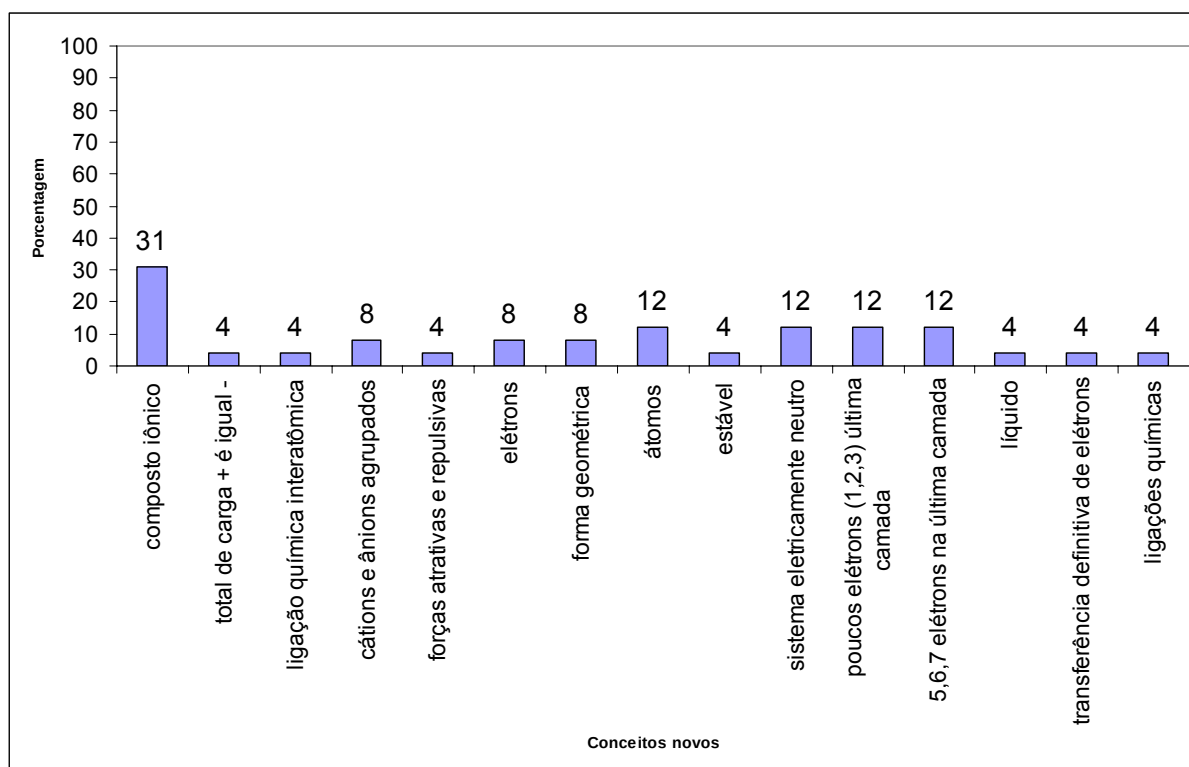


FIGURA 4.5 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos novos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Iônica.

A partir da análise da Tabela 4.5, apoiada na Figura 4.3, é possível inferir que a maioria dos alunos (54%) não incluiu em seus mapas conceituais novos, restringindo-se àqueles fornecidos na lista pelo pesquisador, em oposição a 46% que incluíram em seus mapas conceituais novos. Pela análise da Figura 4.5 é possível observar a frequência, em porcentagem, dos conceitos novos mais citados: composto iônico (31%), átomos (12%), sistema eletricamente neutro (12%), poucos elétrons (1, 2, 3) na última camada (12%) e 5, 6, 7 elétrons na última camada (12%). Entretanto, ao todo, 15 conceitos novos foram observados nos mapas conceituais, o que revela que, embora seja uma minoria (46%), os alunos se preocuparam em ler o material instrucional e em identificar termos que os ajudassem na elaboração dos mapas conceituais.

Nas palavras de LOURENÇO, 2008, p. 68:

O fato dos alunos terem apresentado conceitos além dos básicos é um forte indício que as aulas, os materiais instrucionais, e a utilização dos mapas conceituais possibilitaram um ambiente favorável para que os alunos relacionassem os novos conceitos com os já existentes em sua estrutura cognitiva. Tal aspecto encontra-se em estreita harmonia com a teoria de aprendizagem significativa, a qual apresenta que um material de aprendizagem bem escrito e organizado pode auxiliar na aquisição e retenção significativa das

ideias e informações através da modificação da estrutura cognitiva existente (AUSUBEL⁶, 1980).

A partir desse ponto, faz-se uma explicação dos critérios que nortearam a pontuação dos mapas conceituais sobre Ligação Iônica. É importante ressaltar que a avaliação de todos os mapas elaborados pelos aprendizes, para esse assunto, teve como baliza o respectivo Mapa de Referência.

Além dos critérios gerais de pontuação das categorias: acerto – 1 ponto; acerto parcial – 0,5 ponto; erro – 0 ponto, algumas exigiram a inclusão de critérios mais específicos, dentre elas: conceitos básicos, conceitos novos, exemplos, proposições e reconciliação integrativa.

Quanto à categoria conceitos básicos, 20 conceitos foram fornecidos em uma lista pelo pesquisador. Adotou-se o seguinte parâmetro de pontuação:

- ✓ 0 a 4 conceitos – 0,0 ponto (menos que 25% dos conceitos da lista);
- ✓ 5 a 9 conceitos – 0,5 ponto (25% dos conceitos da lista);
- ✓ 10 a 20 conceitos – 1,0 ponto (50% dos conceitos da lista).

Na lista fornecida aos estudantes, constavam os seguintes conceitos: ligação iônica – transferência de elétrons – octeto – metais – ametais – cátion – ânion – atração eletrostática – retículo cristalino – fórmula – propriedades – sólidos – ponto de fusão – ponto de ebulição – corrente elétrica – solução – fundido – íons livres – estado sólido – íons fixos. Trata-se da lista de conceitos da Tabela 4.4.

O mesmo sistema foi adotado para as proposições. O Mapa de Referência (MR) evidenciou 26 proposições, e os critérios de pontuação foram organizados da seguinte maneira:

- ✓ 0 a 6 proposições – 0,0 ponto (menos que 25% da quantidade de proposições do MR);
- ✓ 7 a 12 proposições – 0,5 ponto (25% da quantidade de proposições do MR);
- ✓ 13 a 26 proposições – 1,0 ponto (50% da quantidade de proposições do MR).

A análise do mapa de referência evidenciou as seguintes proposições válidas:

- 1- ligação iônica – ocorre quando há – transferência de elétrons
- 2- transferência de elétrons – para completar o – octeto
- 3- octeto – ocorre entre – metais cedem elétrons

⁶ AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625p.

- 4- metais cedem elétrons – forma – cátion
- 5- cátion – forma – composto iônico
- 6- octeto – ocorre entre – ametais recebem elétrons
- 7- ametais recebem elétrons – forma – ânion
- 8- ânion – forma – composto iônico
- 9- cátion – atração eletrostática – ânion
- 10- composto iônico – representa-se por uma – fórmula
- 11- fórmula – em que – total de carga + é igual -
- 12- total de carga + é igual - – exemplo – NaCl, MgCl₂
- 13- composto iônico – tem – retículo cristalino
- 14- composto iônico – tem – propriedades
- 15- propriedades – como – estado físico
- 16- estado físico – todos são – sólidos
- 17- propriedades – como – ponto de fusão e ebulição
- 18- ponto de fusão e ebulição – são – altos
- 19- altos – devido à – forte atração entre cátions e ânions
- 20- propriedades – como – condução de corrente elétrica
- 21- condução de corrente elétrica – conduz – solução
- 22- solução – tem – íons livres
- 23- condução de corrente elétrica – conduz – fundido
- 24- fundido – tem – íons livres
- 25- condução de corrente elétrica – não conduz – estado sólido
- 26- estado sólido – tem – íons fixos

A correção da categoria exemplos obedeceu aos seguintes parâmetros:

- 1,0 ponto – quando se mencionou exemplo(s) de forma intencional;
- 0,5 ponto – quando se mencionou exemplo(s) de forma não intencional;
- 0,0 ponto – quando não se mencionou exemplo(s).

Já para as categorias conceitos novos e reconciliação integrativa atribuiu-se 1,0 ponto independentemente da quantidade de conceitos novos ou recombinações válidas, ou seja, a simples menção garantiria a pontuação máxima permitida.

Na sequência, apresentam-se exemplos da análise de alguns mapas conceituais mais bem pontuados: A31 (8,5), A11 (8,0), A3, A4 e A21 (7,5

respectivamente). Os demais mapas encontram-se no ANEXO B e a respectiva pontuação, na Tabela 4.2.

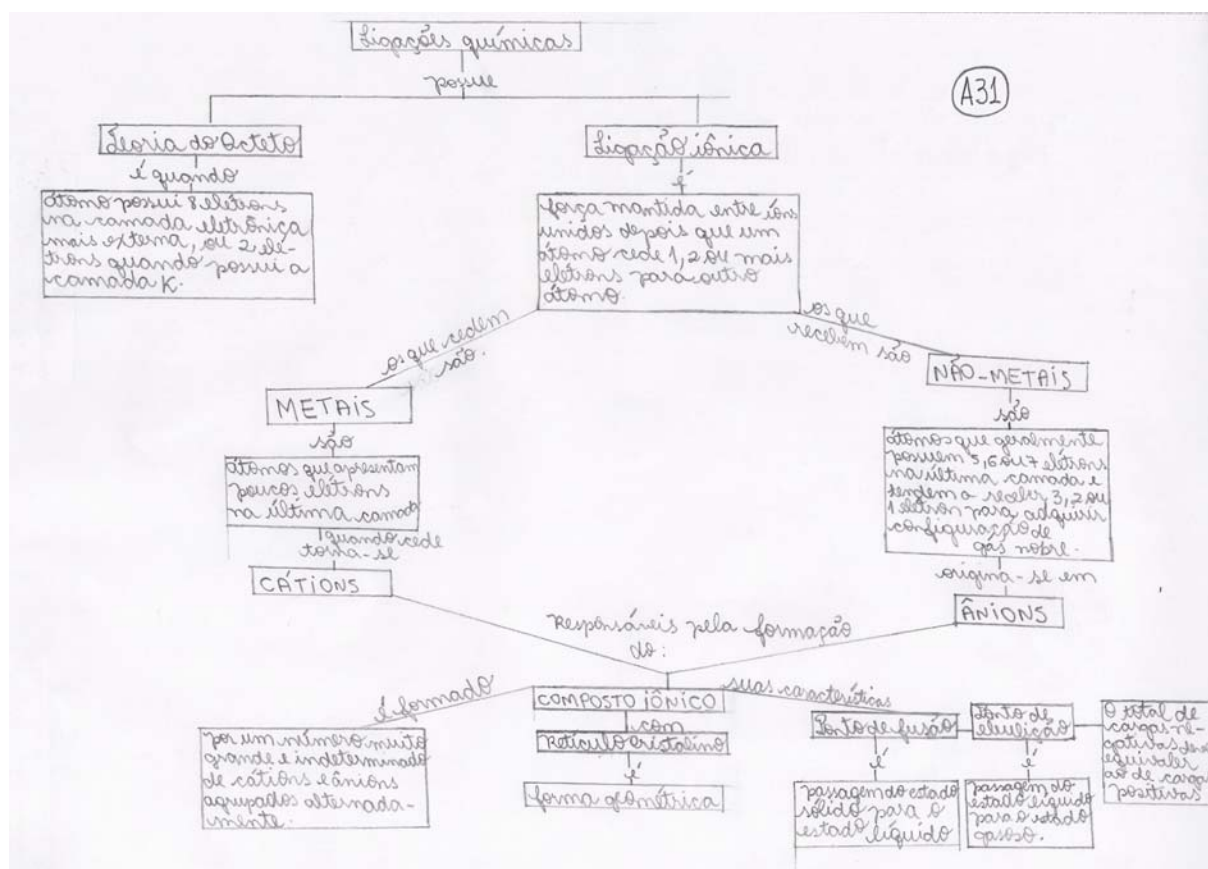


FIGURA 4.6 – Mapa conceitual do aluno A31.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: teoria do octeto, ligação iônica, metais, cátions, não-metais, ânions, retículo cristalino, ponto de fusão, ponto de ebulição.

Total: 09

Pontuação: 0,5

2- Conceitos novos: átomos que apresentam poucos elétrons na última camada, possuem 5, 6, 7 elétrons na última camada, composto iônico, forma geométrica, cátions e ânions agrupados, total de cargas + equivale ao total de cargas -, ligações químicas.

Total: 07

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: a maioria das palavras de ligação forma sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 1,0

5- Exemplos: não há.

Pontuação: 0,0

6- Clareza do mapa: o mapa é legível, porém os conceitos são muito extensos. No entanto, não há comprometimento da leitura do mapa ao leitor.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

- 1- teoria do octeto – é quando – átomo possui 8 elétrons...
- 2- ligação iônica – é – força mantida entre íons unidos...
- 3- força mantida entre íons... – os que cedem são – metais
- 4- metais – são – átomos que apresentam poucos elétrons...
- 5- átomos que apresentam poucos elétrons – quando cedem tornam-se – cátions
- 6- cátions – responsáveis pela formação do – composto iônico
- 7- força mantida entre íons... – os que recebem são – não-metais
- 8- não-metais – são – átomos que possuem 5, 6, 7 elétrons...
- 9- átomos que possuem 5, 6, 7 elétrons – originam – ânions
- 10- ânions – responsáveis pela formação do – composto iônico
- 11- composto iônico – é formado – por um número muito grande e indeterminado de cátions e ânions...
- 12- composto iônico – com – retículo cristalino
- 13- ponto de fusão – é – passagem do estado sólido...
- 14 – ponto de ebulição – é – passagem do estado líquido...

Total: 14

Pontuação: 1,0

Observação: Embora o mapa apresente conceitos extensos semelhantes a definições, estes foram considerados, por formarem significado lógico com o termo ao qual se ligam. E também por acreditar-se que à medida que o conteúdo avançou, alguns alunos, mais motivados, procuraram exibir uma explicação mais abrangente e aprimorada do seu entendimento acerca do tema.

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir a maioria dos conceitos inclusivos daqueles subordinados.

Pontuação: 1,0

10- Reconciliação integrativa: há recombinação válida.

1- cátions – ânions – responsáveis pela formação do – composto iônico

Total: 01

Pontuação: 1,0

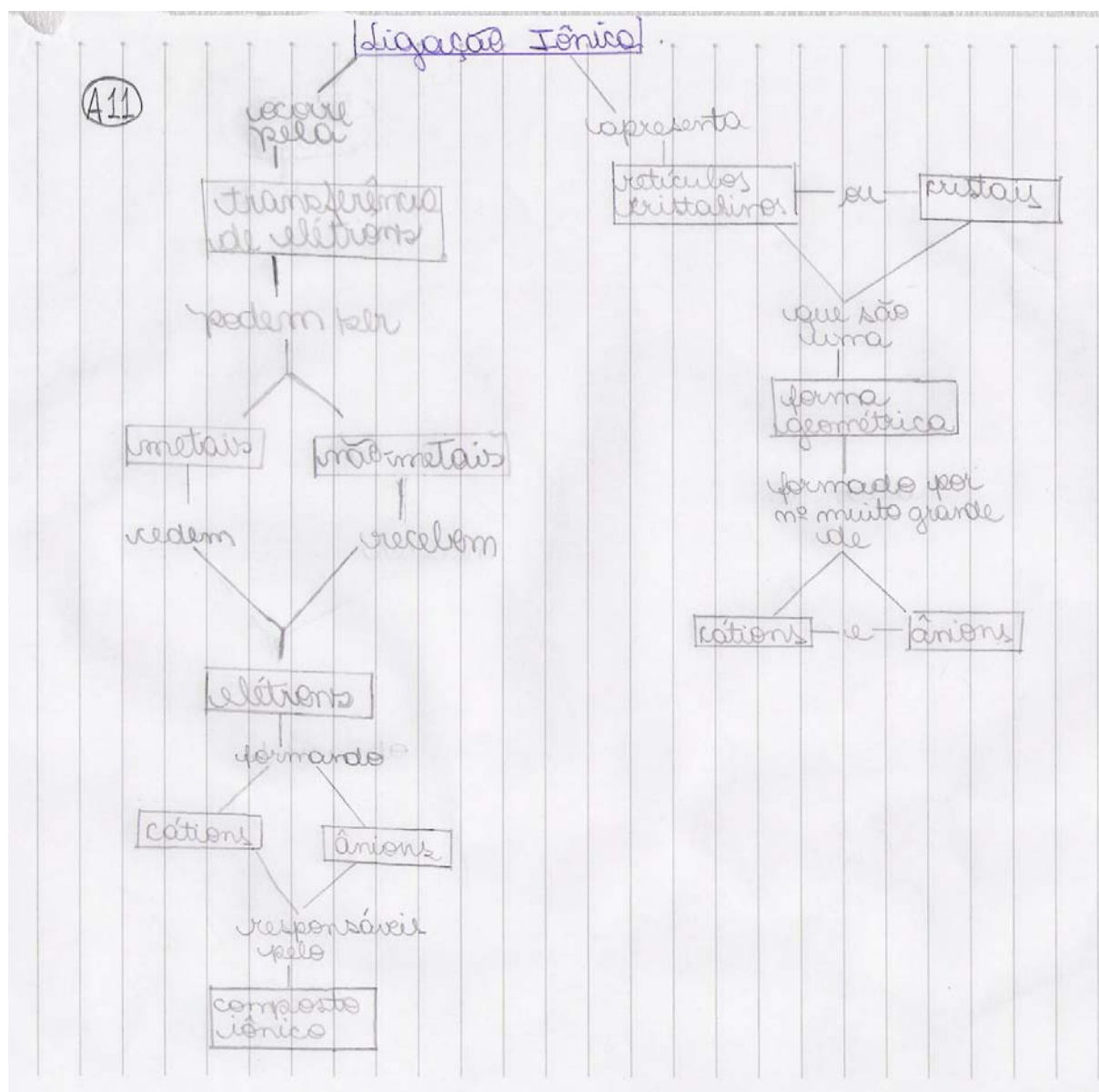


FIGURA 4.7 – Mapa conceitual do aluno A11.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação iônica, transferência de elétrons, metais, não-metais, cátions, ânions, retículo cristalino (sinônimo: cristais).

Total: 07

Pontuação: 0,5

2- Conceitos novos: elétrons, forma geométrica, composto iônico.

Total: 03

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: a maioria das palavras de ligação forma sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 1,0

5- Exemplos: não há.

Pontuação: 0,0

6- Clareza do mapa: o mapa é legível e de fácil leitura.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

1- ligação iônica – ocorre pela – transferência de elétrons

2- metais – cedem – elétrons

3- elétrons – formando – cátions

4- cátions – responsáveis pelo – composto iônico

5- não-metais – recebem – elétrons

6- elétrons – formando – ânions

7- ânions – responsáveis pelo – composto iônico

8- retículos cristalinos – ou – cristais

9- retículos cristalinos – que são uma – forma geométrica

10- cristais – que são uma – forma geométrica

11- forma geométrica – formada por nº. muito grande de – cátions e ânions

Total: 11

Pontuação: 0,5

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados.

Pontuação: 1,0

10- Reconciliação integrativa: há recombinações válidas.

1- metais – cedem – não-metais – recebem – elétrons

2- cátions – ânions – responsáveis pelo – composto iônico

3- retículos cristalinos – ou – cristais – que são uma – forma geométrica

Total: 03

Pontuação: 1,0

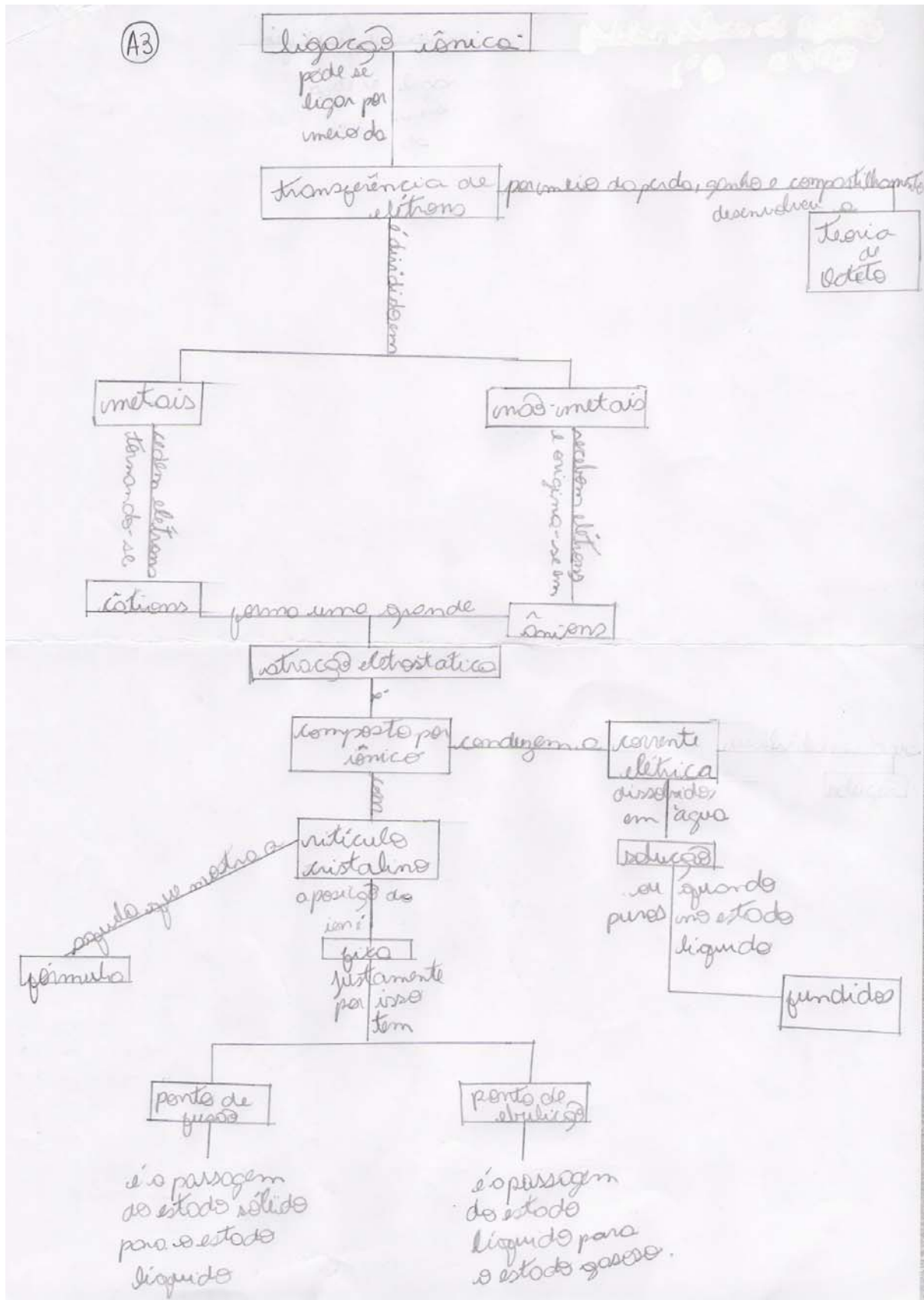


FIGURA 4.8 – Mapa conceitual do aluno A3.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação iônica, transferência de elétrons, teoria do octeto, metais, cátions, não-metais, ânions, atração eletrostática, retículo cristalino (embora esteja escrito “ritículo”, considerou-se o conceito, uma vez que a palavra retículo não é familiar aos alunos), íon fixo (uniu-se a palavra de ligação “íon” ao conceito no retângulo “fixa”), ponto de fusão, ponto de ebulição, fórmula, corrente elétrica, solução, fundido.

Total: 16

Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: composto iônico (deduziu-se).

Total: 01

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: poucas palavras de ligação formam sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 0,5

5- Exemplos: não há.

Pontuação: 0,0

6- Clareza do mapa: o mapa é legível, porém há palavras escritas erroneamente: “ritículo”. No entanto, não há comprometimento da leitura do mapa ao leitor.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

- 1- metais – cedem elétrons tornando-se – cátions
- 2- não-metais – recebem elétrons e origina-se – ânions
- 3- cátion – forma uma grande – atração eletrostática
- 4- ânion – forma uma grande – atração eletrostática
- 5- composto iônico – conduz a – corrente elétrica
- 6- corrente elétrica – dissolvidos em água – solução
- 7- composto iônico – com – retículo cristalino
- 8- retículo cristalino – a posição do íon é – fixa
- 9- fixa – justamente por isso tem – ponto de fusão
- 10- fixa – justamente por isso tem – ponto de ebulição

Total: 10

Pontuação: 0,5

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir parcialmente os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados. Por exemplo:

1- fundido não é subordinado à solução;

2- fórmula é subordinada a composto iônico, e não a retículo cristalino.

Pontuação: 0,5

10- Reconciliação integrativa: há recombinação válida.

1- cátions – ânions – forma uma grande – atração eletrostática

Total: 01

Pontuação: 1,0

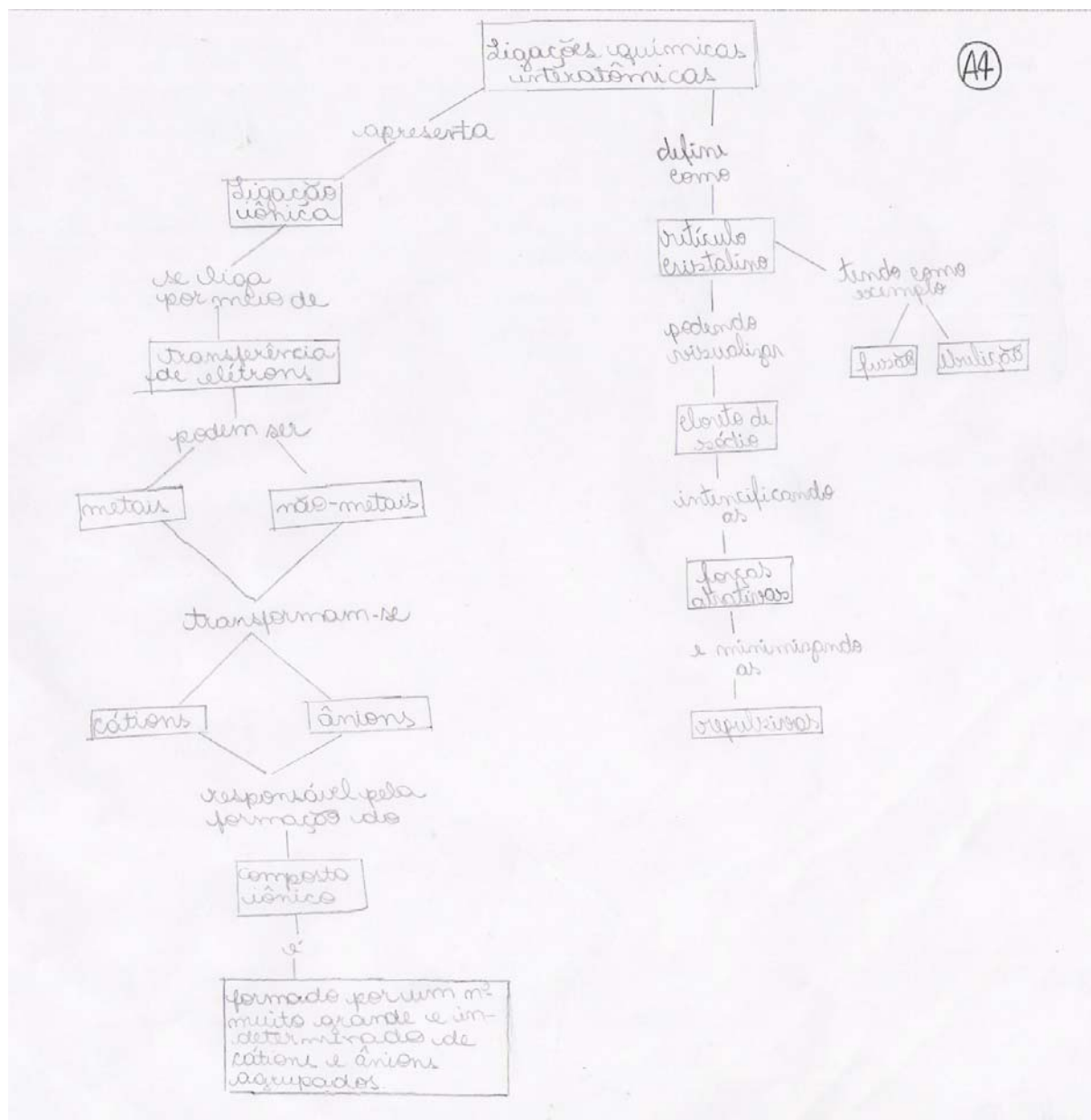


FIGURA 4.9 – Mapa conceitual do aluno A4.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação iônica, transferência de elétrons, metais, não-metais, cátions, ânions, retículo cristalino, fusão, ebulição.

Total: 09 Pontuação: 0,5

2- Conceitos novos: ligação química interatômica, composto iônico, cátions e ânions agrupados, forças atrativas e repulsivas.

Total: 04 Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: poucas palavras de ligação formam sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 0,5

5- Exemplos: contou-se o “cloreto de sódio” como exemplo, embora ele não tenha sido mencionado de forma intencional pelo aluno.

Pontuação: 0,5

6- Clareza do mapa: o mapa é legível, porém há palavras escritas erroneamente: “intencificando”. No entanto, não há comprometimento da leitura do mapa ao leitor.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

- 1- ligações químicas interatômicas – apresenta – ligação iônica
- 2- transferência de elétrons – pode ser – metais
- 3- transferência de elétrons – pode ser – não-metais
- 4- metais – transformam-se – cátions
- 5- não-metais – transformam-se – ânions
- 6- cátions – responsável pela formação do – composto iônico
- 7- ânions – responsável pela formação do – composto iônico
- 8- composto iônico – é – formado por cátions e ânions agrupados
- 9- retículo cristalino – podendo visualizar – cloreto de sódio
- 10- cloreto de sódio – intensificando as – forças atrativas

Total: 10 Pontuação: 0,5

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir parcialmente os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados. Por exemplo:

- 1- retículo cristalino não é subordinado a ligações químicas interatômicas, mas sim a composto iônico;
- 2- fusão e ebulição não são subordinados a retículo cristalino;
- 3- repulsivas não é subordinada a forças atrativas.

Pontuação: 0,5

10- Reconciliação integrativa: há recombinações válidas.

- 1- metais – não-metais – transformam-se – cátions – ânions
- 2- cátions – ânions – responsável pela formação do – composto iônico

Total: 02

Pontuação: 1,0

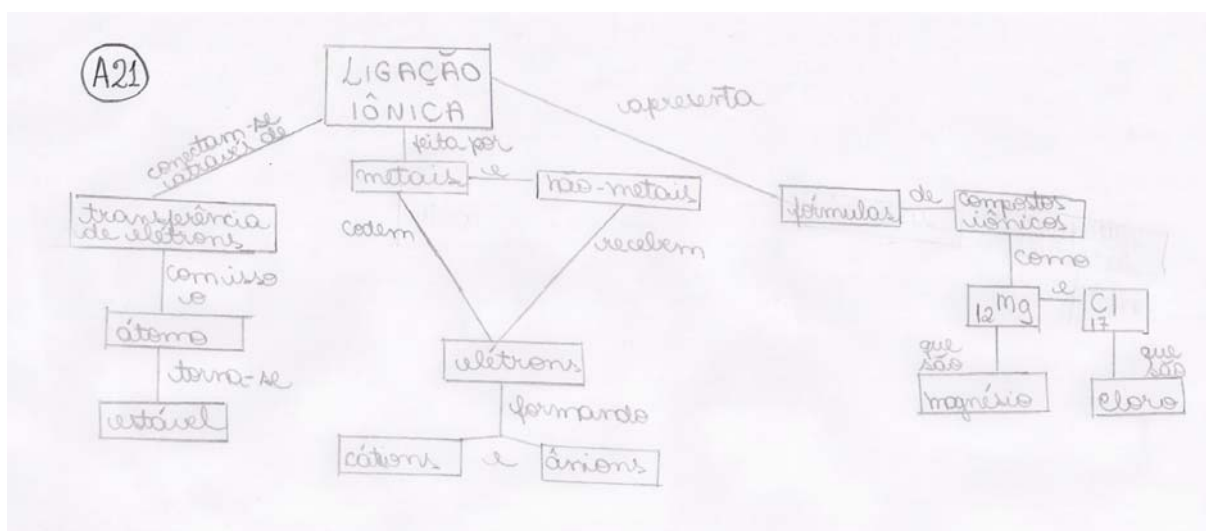


FIGURA 4.10 – Mapa conceitual do aluno A21.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação iônica, transferência de elétrons, metais, não-metais, cátion, ânion, fórmulas.

Total: 07

Pontuação: 0,5

2- Conceitos novos: átomo, estável, elétrons, composto iônico.

Total: 04

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: a maioria das palavras de ligação forma sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 1,0

5- Exemplos: iniciou-se a construção da fórmula do MgCl_2 , porém não se concluiu, portanto não há exemplo.

Pontuação: 0,0

6- Clareza do mapa: o mapa é legível.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

- 1- átomo – torna-se – estável
- 2- ligação iônica – feita por – metais
- 3- metais – cedem – elétrons
- 4- elétrons – formando – cátions
- 5- não-metais – recebem – elétrons
- 6- elétrons – formando – ânions
- 7- ligação iônica – apresenta – fórmulas

Total: 07

Pontuação: 0,5

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir parcialmente os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados. Por exemplo:

- 1- átomo é mais inclusivo que transferência de elétrons;
- 2- composto iônico é mais inclusivo que fórmulas.

Pontuação: 0,5

10- Reconciliação integrativa: há recombinação válida.

- 1- metais – cedem – não-metais – recebem – elétrons

Total: 01

Pontuação: 1,0

Por fim, a análise global dos mapas sobre Ligação Iônica, revelou que 100% dos alunos acessaram o nível submicroscópico do conhecimento químico; 88%, o nível macroscópico e 54% expressaram o nível simbólico, em seus mapas. Tal fato mostra o tímido apreço dos estudantes pelas fórmulas (aspecto simbólico), que muitas vezes evoca a lembrança de algo difícil, com tendência à memorização.

Além disso, uma análise complementar da estrutura dos mapas mostrou que, do total de 26 mapas confeccionados, 20 deles apresentam bifurcações, com conceitos divididos em ramos, aspecto que vai ao encontro da diferenciação progressiva. Cinco mapas são lineares ou apresentam-se em blocos, e, por conseguinte, são pouco elaborados, evidenciando a dificuldade dos aprendizes em estabelecer relações entre os conceitos (FIGURA 2, 5 e 15, ANEXO B). Há, também, mapas com repetição de conceitos conectados aleatoriamente (FIGURA 21, ANEXO B). Um mapa apresentou-se em forma de fluxograma (FIGURA 16, ANEXO B).

No entanto, 09 mapas contemplam a reconciliação integrativa, quando alunos percebem semelhanças entre conceitos bifurcados inicialmente, e os recombina, como por exemplo, ao longo desse texto, nas Figuras 4.6 e 4.7. Ainda é possível verificar que, em alguns momentos, a reconciliação integrativa ocorre de forma equivocada (FIGURA 1, ANEXO B), ao se reconciliar os conceitos ponto de fusão e ponto de ebulição sob o conceito fórmula.

4.2.2 Análise dos Mapas sobre Ligação Covalente

Na sequência, apresenta-se a tabela de avaliação dos MCs a respeito de Ligação Covalente. Gráficos mostram a relação de alunos com média e alunos sem média, bem como as categorias por meio das quais os mapas foram pontuados. Atenção é conferida tanto para os conceitos básicos quanto para os novos. Em seguida, há exemplos de como se procedeu à análise de alguns mapas. No término, é feita uma apreciação global dos MCs em relação aos níveis de representação do conhecimento químico, assim como um exame da estrutura desses mapas.

TABELA 4.6 – Tabela de avaliação dos Mapas Conceituais sobre Ligação Covalente.

Grupos e alunos		Categorias										Pontuação
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
G1	A1-A36	1	1	1	0,5	0	1	0	1	0,5	0	6
G2	A4-A33	1	1	1	1	0	1	0,5	1	1	0	7,5
G3	A8-A23	1	1	0,5	0,5	0	0,5	0,5	1	0,5	1	6,5
G4	A9-A17	1	1	1	1	0	0,5	1	1	0,5	0	7
G5	A12-A26	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	5
G6	A5-A16	1	1	0,5	0,5	0	0,5	0,5	1	1	0	6
G7	A10-A27	1	1	0,5	0,5	0	0,5	0	1	0,5	0	5
G8	A15-A29	1	1	0,5	0,5	0	0,5	0,5	1	0,5	0	5,5
G9	A3-A31	1	1	1	0,5	1,0	1	0,5	1	0,5	1	8,5
G10	A30-A34	0,5	1	1	0	0	1	0	1	0	0	4,5
G11	A32-A37	1	1	0,5	0	0	0,5	0	1	0,5	0	4,5
G12	A19-A38	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
G13	A13-A39	0,5	0	1	0	0	1	0	1	0	0	3,5
G14	A24-A28	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
G15	A18-A20	0,5	0	1	0,5	0	0,5	0	1	0,5	0	4
G16	A11-A21	0,5	1	1	0,5	0,5	1	0	1	0,5	0	6
A6		1	1	0,5	0,5	0	0	0	1	0,5	1	5,5
A22		1	0	1	0,5	0	1	0,5	1	0,5	0	5,5
A25		0,5	1	0,5	0	0	0	0	0,5	0,5	1	4
Frequência por categoria		15,5	16	14,5	7,0	1,5	11,5	4	16,5	8,0	4	

A Tabela 4.6 é constituída por três colunas principais. Na primeira, identificam-se por seus respectivos códigos os grupos de alunos, bem como os estudantes que elaboraram mapas individualmente; na segunda (parte central), têm-se as categorias de avaliação e, na terceira, estão as pontuações obtidas pelos

aprendizes. Na parte inferior, encontra-se o somatório, ou seja, a frequência com que cada categoria foi trabalhada nos MCs.

Cabe esclarecer que, dos 19 mapas confeccionados, 16 foram elaborados em grupos de 02 alunos e 03 foram concebidos por estudantes que optaram por construí-los individualmente. Essa limitação em construir os mapas em grupos por alguns alunos pode ser decorrente da dificuldade de interação social, bem como da falta de motivação de um dos integrantes, o que levou o outro a elaborar o mapa individualmente.

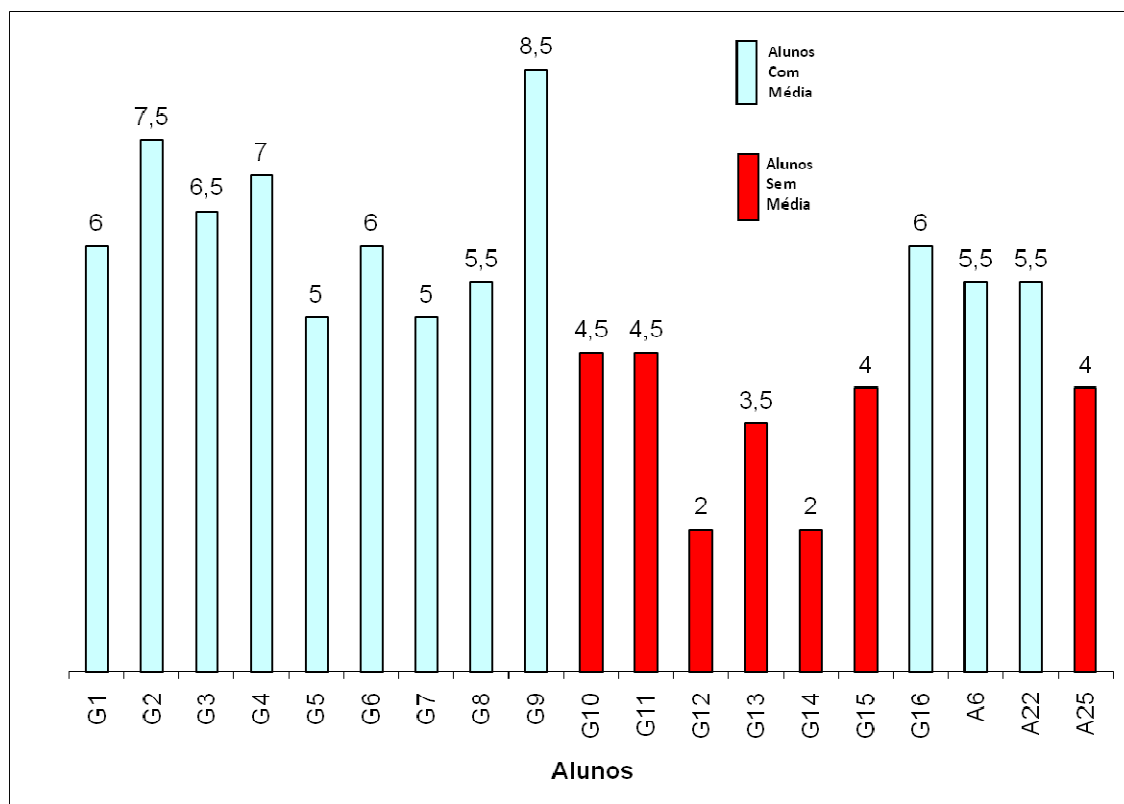


FIGURA 4.11 – Relação entre alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Covalente.

A Figura 4.11 traz uma visão geral dos grupos e alunos que elaboraram mapas conceituais sobre Ligação Covalente, assim como os pontos obtidos. Considerou-se o padrão 10,0 pontos, o qual se refere ao somatório das categorias. Levou-se em consideração que cada categoria vale 1,0 ponto. Como média satisfatória adotou-se o padrão 5,0 pontos.

TABELA 4.7 – Quantidade de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Covalente.

<i>Categorias</i>	<i>Quantidade</i>
Alunos com média	12
Alunos sem média	07
Total	19

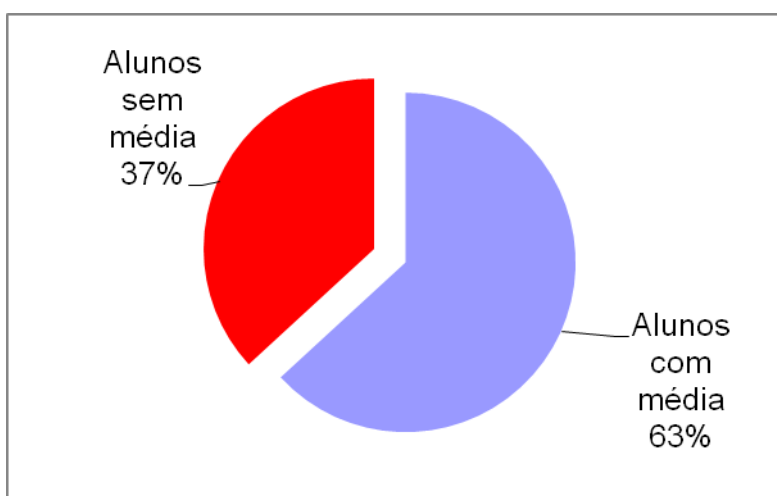


FIGURA 4.12 – Porcentagem de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Covalente.

Pela análise da Tabela 4.6, em conjunto com a Figura 4.11, elaborou-se a Tabela 4.7 e a Figura 4.12, as quais revelam que, dos 19 mapas construídos, 12 mapas (63%) obtiveram média satisfatória e 07 mapas (37%) tiveram média menor que 5,0 pontos; portanto, foram considerados com rendimento abaixo do esperado. Dessa forma, é possível afirmar que a estratégia de construir os mapas, em grupos, foi eficiente, uma vez que a maioria dos alunos que participaram da atividade ficaram com média satisfatória (63%). Cabe destacar, também, que o trabalho em grupo minimizou a apresentação de mapas semelhantes, o que ficou envidenciado quando esses eram elaborados individualmente, nas atividades anteriores.

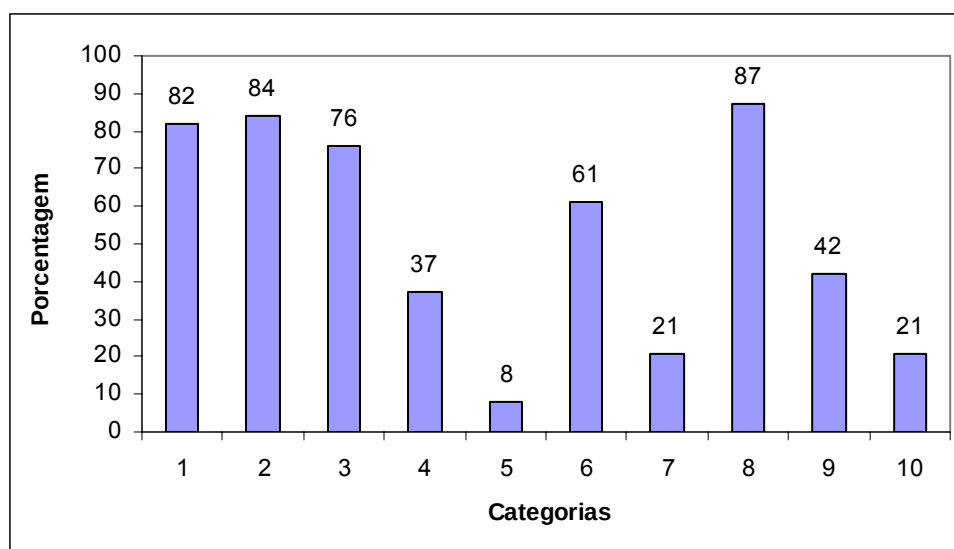


FIGURA 4.13 – Frequência de identificação, em porcentagem, das categorias (APÊNDICE G) avaliadas nos mapas conceituais sobre Ligação Covalente. Categorias:

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1- conceitos básicos | 6- clareza do mapa |
| 2- conceitos novos | 7- proposições |
| 3- ligação entre conceitos | 8- hierarquização |
| 4- palavras de ligação | 9- diferenciação progressiva |
| 5- exemplos | 10- reconciliação integrativa |

A análise da Figura 4.13 evidencia as categorias que os alunos trabalharam com maior eficiência. Dentre elas, pode-se destacar a hierarquização (87%), os conceitos novos (84%) e os conceitos básicos (82%). O fato de uma considerável porcentagem dos alunos trabalharem, satisfatoriamente a hierarquização, indica que eles entenderam que os conceitos estão organizados, na mente de quem aprende, hierarquicamente, ou seja, do mais abrangente para o mais específico. Apesar disso, há de se considerar que eles tiveram considerável dificuldade em diferenciar os conceitos mais abrangentes daqueles mais específicos, o que é constatado pelo fato de a categoria diferenciação progressiva ter sido trabalhada satisfatoriamente por apenas 42% dos estudantes. Ou seja, eles sabem que os conceitos devem ser organizados hierarquicamente, ou em outras palavras, que os conceitos devem ser ordenados sucessivamente, porém têm dificuldade em estabelecer as relações de subordinação entre os conceitos. Outro ponto de destaque é a alta quantidade de mapas que evidenciaram conceitos novos, um indício de que o material instrucional foi bem preparado e forneceu subsídios aos aprendizes para a compreensão do conteúdo. Esse fato revela, ainda, que os aprendizes estão tentando se apropriar do novo conhecimento, uma vez que

procuram novos conceitos ao elaborar os mapas, não se contentando apenas com aqueles fornecidos previamente em uma lista pelo pesquisador (conceitos básicos).

Já as categorias dos exemplos (8%), das proposições (21%) e da reconciliação integrativa (21%) revelaram ser as que os estudantes encontraram maior dificuldade em trabalhar. Essa situação mostra que os aprendizes têm limitações em entender e interpretar o novo conhecimento o que pode estar relacionado à indisciplina da turma (aspecto digno de nota), assim como pela dificuldade cognitiva em elaborar pequenas sentenças (proposições), apoiadas na insuficiência de conectá-las com as devidas palavras de ligação – categoria que foi trabalhada satisfatoriamente por apenas 37% dos estudantes. A baixa menção de exemplos fortalece essa evidência, ou seja, os alunos buscam se apropriar de novos conhecimentos, porém são incapazes de conectá-los aos exemplos, os quais têm por finalidade propiciar o entendimento dos conceitos, tanto básicos quanto novos.

Uma forma de atenuar essas limitações é a devida revisão dos temas levantados durante as aulas, cujo objetivo é a almejada assimilação das novas informações, conforme defende AUSUBEL (2003). Em outras palavras *formação de hábito de estudo* pelos estudantes. Outra possibilidade é dividir o tema Ligações Covalentes em tópicos menores, possivelmente da forma como aparecem no material instrucional, e pedir aos alunos que elaborem os mapas, após a instrução em sala de aula, de cada um desses tópicos.

No entanto, cabe ressaltar que, mesmo em face às dificuldades, a maioria dos alunos conseguiu se organizar e elaborar os mapas conceituais de forma satisfatória. Ou seja, do total de 40 alunos, 35 deles (88%) participaram da construção dos mapas, quer em grupos, quer individualmente. Alicerçado a esse fato, tem-se que 63% dos mapas confeccionados estão em conformidade com o conceito considerado satisfatório adotado neste trabalho, ou seja, média 5,0 pontos.

Desse modo, pode-se considerar que os aprendizes estão em direção à Aprendizagem Significativa, uma vez que a elaboração dos mapas sobre Ligação Covalente envolve um número considerável de novos conhecimentos, bem como de conceitos, e exige dos estudantes uma atividade cognitiva mais elaborada para interpretar esse vasto conteúdo.

No seguimento, apresenta-se a planilha de avaliação e frequência dos conceitos básicos sobre Ligação Covalente.

TABELA 4.8 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos básicos – conteúdo Ligação Covalente.

CONCEITOS BÁSICOS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	A6	A22	A25	Frequência	%
ligação covalente	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19	100
compartilhamento de elétrons	X	X		X	X	X	X		X			X			X	X	X	X		12	63
camada de valência	X	X		X	X	X	X		X			X			X	X	X	X		12	63
octeto			X	X		X	X		X	X				X	X		X	X		10	53
hidrogênio, ametais, semimetais	X		X	X		X		X	X	X					X	X	X			10	53
moléculas								X	X					X	X		X		X	6	32
ligações				X											X		X			3	16
simples	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X	X	16	84
múltiplas	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X			X	X	X	X	X		15	79
dupla	X	X	X	X		X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	15	79
tripla	X	X	X	X		X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	15	79
polaridade		X	X	X	X	X			X		X				X		X		X	10	53
polar	X		X	X	X	X			X	X	X						X		X	10	53
apolar	X		X	X	X	X			X	X	X		X				X		X	11	58
geometria	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X			X			X			12	63
plana	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X		X	X			X	X		14	74
linear	X	X	X	X	X	X		X	X					X			X	X		11	58
angular	X	X	X	X	X	X	X	X	X					X			X	X		12	63
triangular	X	X	X	X		X	X	X	X								X	X		10	53
espacial	X	X		X	X		X		X		X			X			X	X		10	53
piramidal	X	X		X				X	X					X			X	X		8	42
tetraédrica	X	X		X		X	X	X	X								X	X		9	47
fórmula			X		X			X	X	X	X		X			X			X	9	47
molecular			X	X				X	X	X	X		X			X			X	9	47
eletrônica			X	X				X	X	X	X		X			X			X	9	47
estrutural			X	X	X			X	X	X	X		X			X			X	10	53
TOTAL	18	16	19	24	15	18	13	18	25	10	13	3	9	13	12	12	22	15	12		
PONTUAÇÃO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	0	0,5	1	0,5	0,5	1	1	0,5		

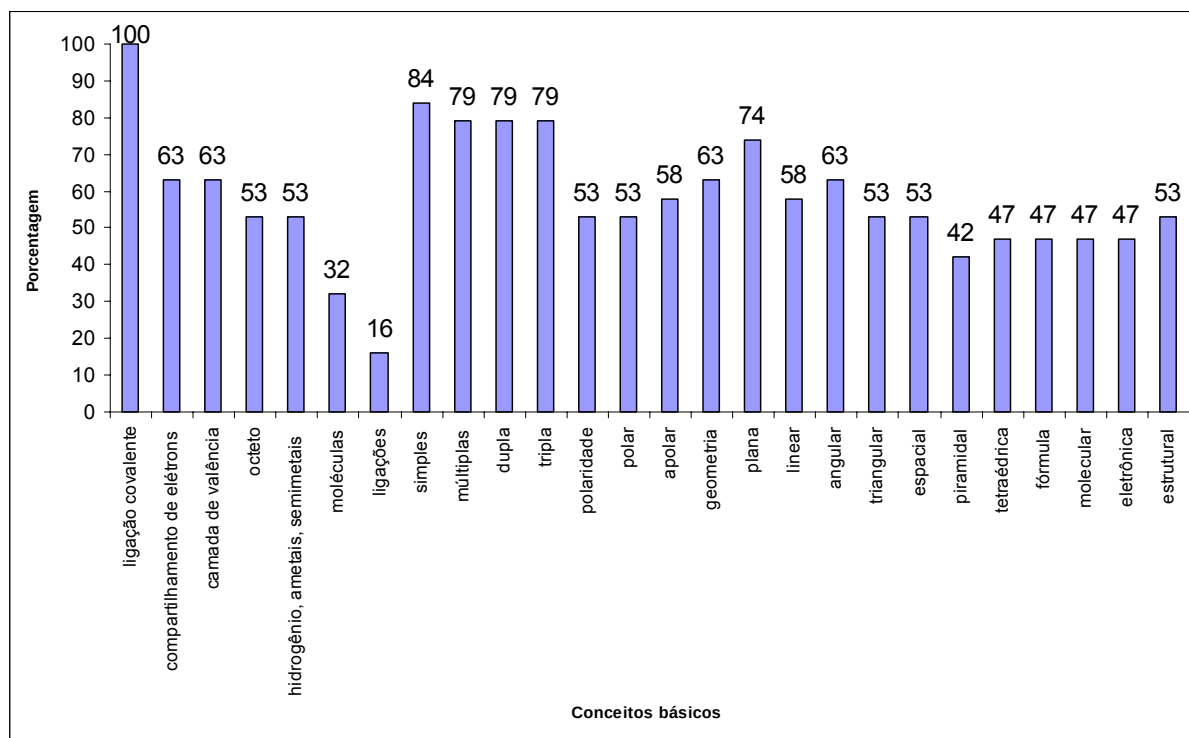


FIGURA 4.14 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos básicos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Covalente.

Com os resultados da Tabela 4.8, construiu-se a Figura 4.14 a qual revela a frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos básicos nos mapas conceituais sobre Ligação Covalente. Pela análise do gráfico, é possível verificar que todos os estudantes (100%) evidenciaram, em seus mapas, o conceito ligação covalente. Na sequência, têm-se como conceitos mais trabalhados aqueles relacionados aos tipos de ligações que os átomos estabelecem entre si, para a formação da ligação covalente: simples (84%), múltiplas (79%), dupla (79%) e tripla (79%). Aqui é possível comprovar que o material instrucional, quando bem preparado, pode favorecer a ocorrência da Aprendizagem Significativa, ou seja, como a organização hierárquica desses conceitos está muito bem explicitada (evidenciada) no material instrucional, esse aspecto facilitou a apropriação pelos alunos dos significados. Fato semelhante também foi levado em consideração quando se elaborou o texto sobre os tipos de geometria, porém o que se percebe é que, com o progresso do conteúdo, os alunos tendem a sentir maior dificuldade em avançar e integrar todas as novas informações. No que se refere à geometria, isso ocorre pela falta de subsunçores, já que é um assunto totalmente novo para os estudantes. Constata-se, porém, pela análise do gráfico, que o conceito plana teve

alta frequência de identificação (74%), seguramente pelo fato de ser um conceito já familiar aos aprendizes.

Na próxima página, tem-se uma planilha, por meio da qual a categoria dos conceitos novos foi pontuada.

TABELA 4.9 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos novos – conteúdo Ligação Covalente.

CONCEITOS NOVOS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	G15	G16	A6	A22	A25	Frequência	%
átomos		X	X			X		X												4	21
molécula diatômica			X		X				X								X		X	5	26
molécula poliatômica			X		X				X								X		X	5	26
átomos de mesma eletronegatividade				X																1	5
átomos de eletronegatividade diferente				X																1	5
polo positivo		X		X						X									X	4	21
polo negativo		X		X						X									X	4	21
dueto				X						X										2	11
formato, forma, estrutura				X																1	5
quantidade de átomos na molécula				X															X	2	11
1 par de elétrons (1 nuvem de elétrons)																			X	1	5
2 pares de elétrons compartilhados				X																1	5
3 pares de elétrons compartilhados				X																1	5
fórmula de Lewis				X												X				2	11
elétrons da camada de valência				X																1	5
formação dos pares eletrônicos				X																1	5
ligações entre os elementos				X															X	2	11
polaridade das ligações					X				X		X									3	16
ligação iônica					X				X		X						X			4	21
eletronegatividade																			X	1	5
teoria repulsão pares elétrons camada valência										X							X			2	11
pirâmide						X	X													2	11
fórmula de Couper																X				1	5
par de elétrons não-ligantes																			X	1	5
mais de um par de elétrons																			X	1	5
oito elétrons			X	X																2	11
dois elétrons				X																1	5
ligação molecular	X			X								X		X						4	21
TOTAL	1	3	4	16	4	2	1	1	4	4	2	1	0	1	0	2	4	0	10		
PONTUAÇÃO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1		

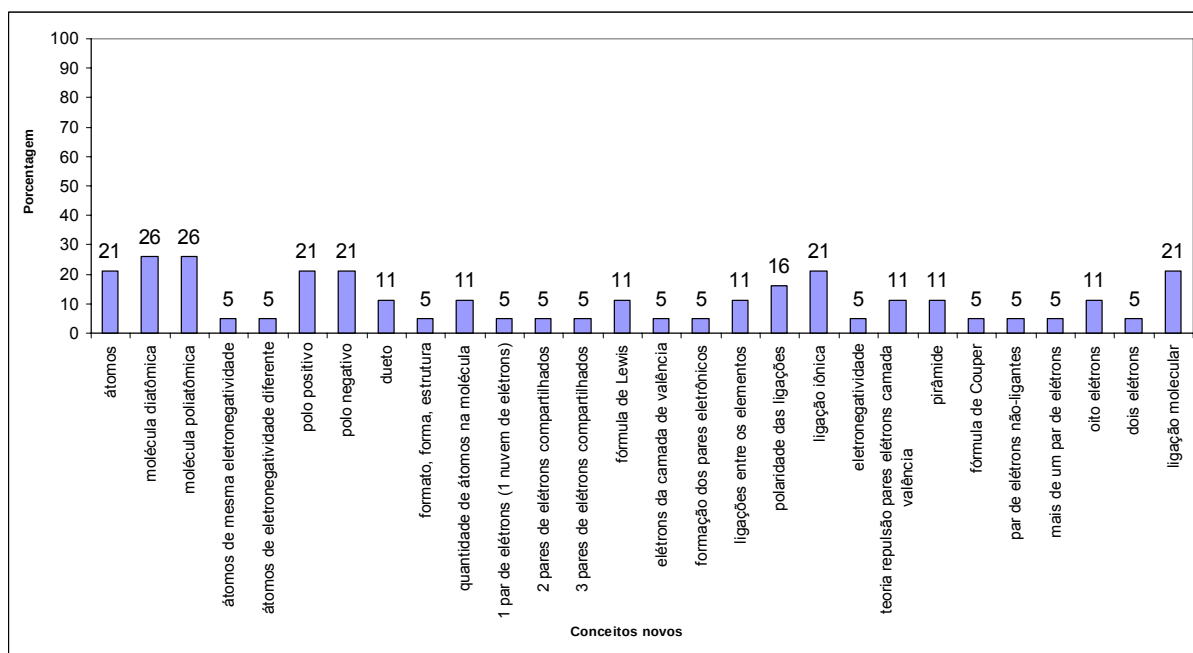


FIGURA 4.15 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos novos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Covalente.

Segundo a análise da Figura 4.15, elaborada a partir da Tabela 4.9, constata-se a alta quantidade de conceitos novos incluídos nos mapas conceituais. No entanto, a frequência desses conceitos nos mapas é baixa, devido à natureza idiossincrática da estrutura cognitiva de cada aluno, ou seja, há uma variedade de conceitos novos, porém, eles não são comuns na maioria dos mapas (LOURENÇO, 2008, p. 68). Destaque para os conceitos molécula diatômica e molécula poliatômica, cuja frequência de identificação foi de 26%, respectivamente.

Portanto, com esses dados é possível consolidar a hipótese de que os alunos buscaram se apropriar do novo conhecimento, porém a dificuldade maior revelou-se quando eles tentaram relacionar esses conceitos entre si, o que ficou comprovado no insucesso que tiveram ao trabalhar as categorias das proposições (21%), da reconciliação integrativa (21%) e da diferenciação progressiva (42%).

A seguir, faz-se um esclarecimento dos parâmetros que nortearam a pontuação dos MCs sobre Ligação Covalente. É importante lembrar que o Mapa de Referência serviu, de modelo comparativo, para a avaliação dos mapas confeccionados pelos estudantes.

Além dos critérios gerais de pontuação das categorias, algumas exigiram a inclusão de subcritérios, dentre elas: conceitos básicos, conceitos novos, exemplos, proposições e reconciliação integrativa.

Quanto à categoria conceitos básicos, forneceu-se uma lista com 26 conceitos. Adotou-se o seguinte parâmetro de pontuação:

- ✓ 0 a 6 conceitos – 0,0 ponto (menos que 25% dos conceitos da lista);
- ✓ 7 a 12 conceitos – 0,5 ponto (25% dos conceitos da lista);
- ✓ 13 a 26 conceitos – 1,0 ponto (50% dos conceitos da lista).

Na lista que se forneceu aos estudantes, constavam os seguintes conceitos: ligação covalente – compartilhamento de elétrons – camada de valência – octeto – hidrogênio, ametais e semimetais – moléculas – ligações – simples – múltiplas – dupla – tripla – polaridade – polar – apolar – geometria – plana – linear – angular – triangular – espacial – piramidal – tetraédrica – fórmula – molecular – eletrônica – estrutural. Trata-se da lista de conceitos da Tabela 4.8.

O mesmo sistema foi adotado para as proposições. O mapa de referência evidenciou 32 proposições, e os critérios de pontuação foram organizados da seguinte maneira:

- ✓ 0 a 7 proposições – 0,0 ponto (menos que 25% da quantidade de proposições do MR);
- ✓ 8 a 15 proposições – 0,5 ponto (25% da quantidade de proposições do MR);
- ✓ 16 a 32 proposições – 1,0 ponto (50% da quantidade de proposições do MR).

A análise do mapa de referência evidenciou as seguintes proposições válidas:

- 1- ligação covalente – formada por – compartilhamento de elétrons
- 2- compartilhamento de elétrons – na – camada de valência
- 3- camada de valência – para completar o – octeto
- 4- octeto – ocorre entre – hidrogênio, ametais e semimetais
- 5- hidrogênio, ametais e semimetais – formam – moléculas
- 6- moléculas – podem ter – ligações
- 7- ligações – podem ser – simples

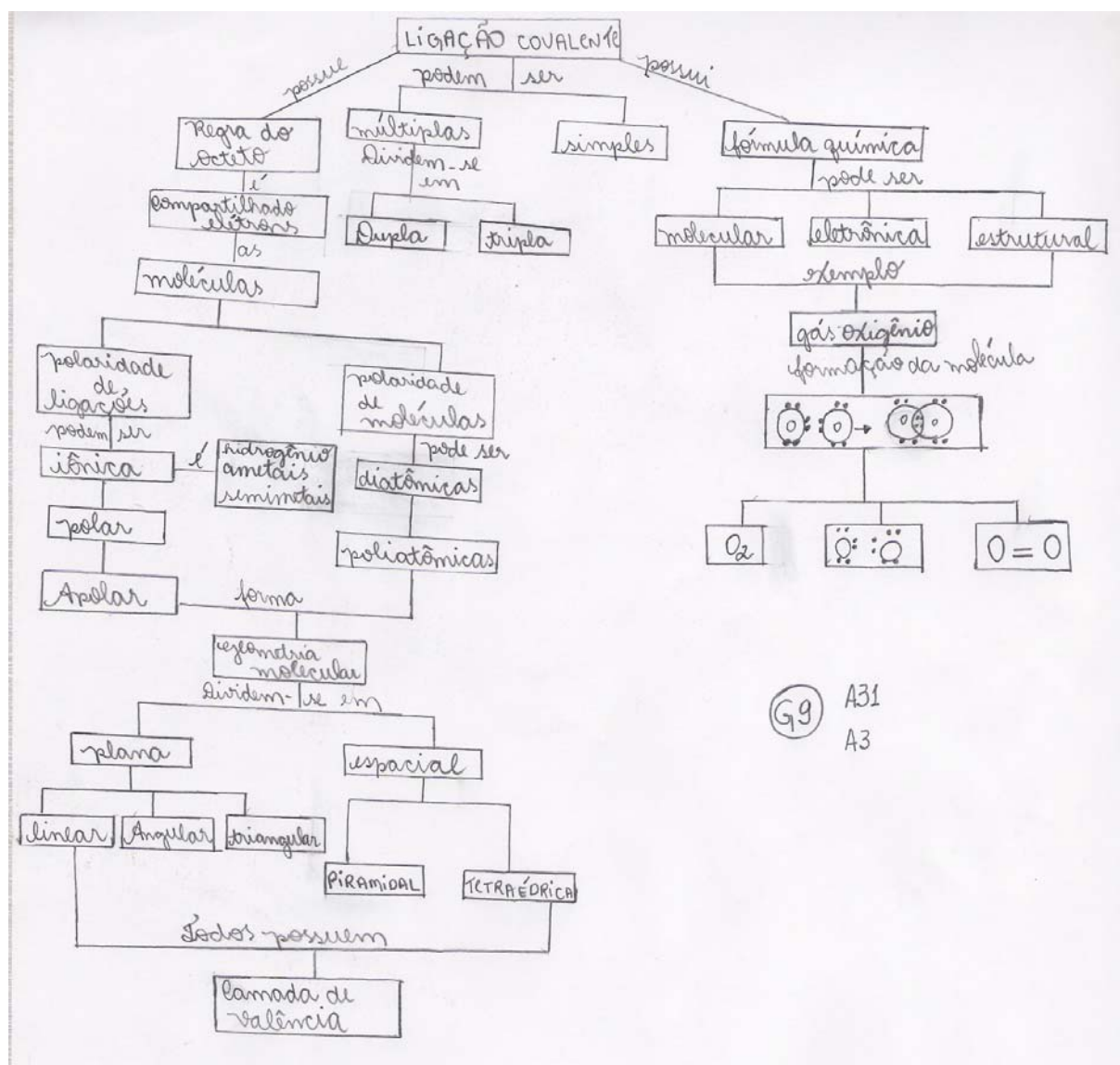
- 8- ligações – podem ser – múltiplas
- 9- múltiplas – podem ser – dupla
- 10- múltiplas – podem ser – tripla
- 11- moléculas – podem ter – polaridade
- 12- polaridade – pode ser – polar
- 13- polar – exemplos – HF, HCl, H₂O, NH₃
- 14- polaridade – pode ser – apolar
- 15- apolar – exemplos – H₂, O₂, CO₂, CH₄
- 16- moléculas – possuem – geometria
- 17- geometria – pode ser – plana
- 18- plana – pode ser – linear
- 19- linear – exemplo – O₂
- 20- plana – pode ser – angular
- 21- angular – exemplo – H₂O
- 22- plana – pode ser – triangular
- 23- triangular – exemplo – BF₃
- 24- geometria – pode ser – espacial
- 25- espacial – pode ser – piramidal
- 26- piramidal – exemplo – NH₃
- 27- espacial – pode ser – tetraédrica
- 28- tetraédrica – exemplo – CH₄
- 29- moléculas – representam-se por uma – fórmula
- 30- fórmula – pode ser – molecular
- 31- fórmula – pode ser – eletrônica
- 32- fórmula – pode ser – estrutural

A correção da categoria dos exemplos obedeceu aos seguintes parâmetros:

- 1,0 ponto – quando se mencionou exemplo(s) de forma intencional;
- 0,5 ponto – quando se mencionou exemplo(s) de forma não intencional;
- 0,0 ponto – quando não se mencionou exemplo(s).

Já para as categorias conceitos novos e reconciliação integrativa atribuiu-se 1,0 ponto independentemente da quantidade de conceitos novos ou recombinações válidas, ou seja, a simples menção garantiria a pontuação máxima permitida.

Na sequência, têm-se exemplos da análise de alguns mapas conceituais mais bem pontuados: G9 (8,5), G2 (7,5), G4 (7,0), G3 (6,5), G1, G6 e G16 (6,0 respectivamente). Os mapas restantes encontram-se no ANEXO C, e a respectiva pontuação na Tabela 4.6.



G9 A31
A3

FIGURA 4.16 – Mapa conceitual do grupo G9, construído pelos alunos A3 e A31.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação covalente, octeto, compartilhamento de elétrons, moléculas, polar, apolar, hidrogênio-ametais-semimetais, geometria, plana, linear, angular, triangular, espacial, piramidal, tetraédrica, camada de valência, múltiplas, dupla, tripla, simples, fórmula, molecular, eletrônica, estrutural, polaridade.

Total: 25

Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: polaridade de ligações, iônica, diatômica, poliatômica.

Total: 04

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: há palavras de ligação que formam sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 0,5

5- Exemplos: gás oxigênio – O₂.

Pontuação: 1,0

6- Clareza do mapa: o mapa é legível e de fácil leitura.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

1- geometria molecular – divide-se em – plana

2- geometria molecular – divide-se em – espacial

3- ligação covalente – pode ser – múltipla

4- múltipla – divide-se em – dupla

5- múltipla – divide-se em – tripla

6- ligação covalente – pode ser – simples

7- fórmula química – pode ser – molecular

8- fórmula química – pode ser – eletrônica

9- fórmula química – pode ser – estrutural

10- molecular – exemplo – gás oxigênio

11- estrutural – exemplo – gás oxigênio

Total: 11

Pontuação: 0,5

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir, parcialmente, os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados. Por exemplo:

- 1- hidrogênio-ametais-semimetais deveria estar relacionado a compartilhamento de elétrons;
- 2- apolar não é subordinado a polar, mas está no mesmo nível hierárquico;
- 3- camada de valência está fora de contexto; deveria ser relacionado a compartilhamento de elétrons;
- 4- moléculas deveria estar relacionado à fórmula química no 3º. setor do mapa.

Pontuação: 0,5

10- Reconciliação integrativa: há recombinação válida.

1- molecular – eletrônica – estrutural – exemplo – gás oxigênio

Total: 01

Pontuação: 1,0

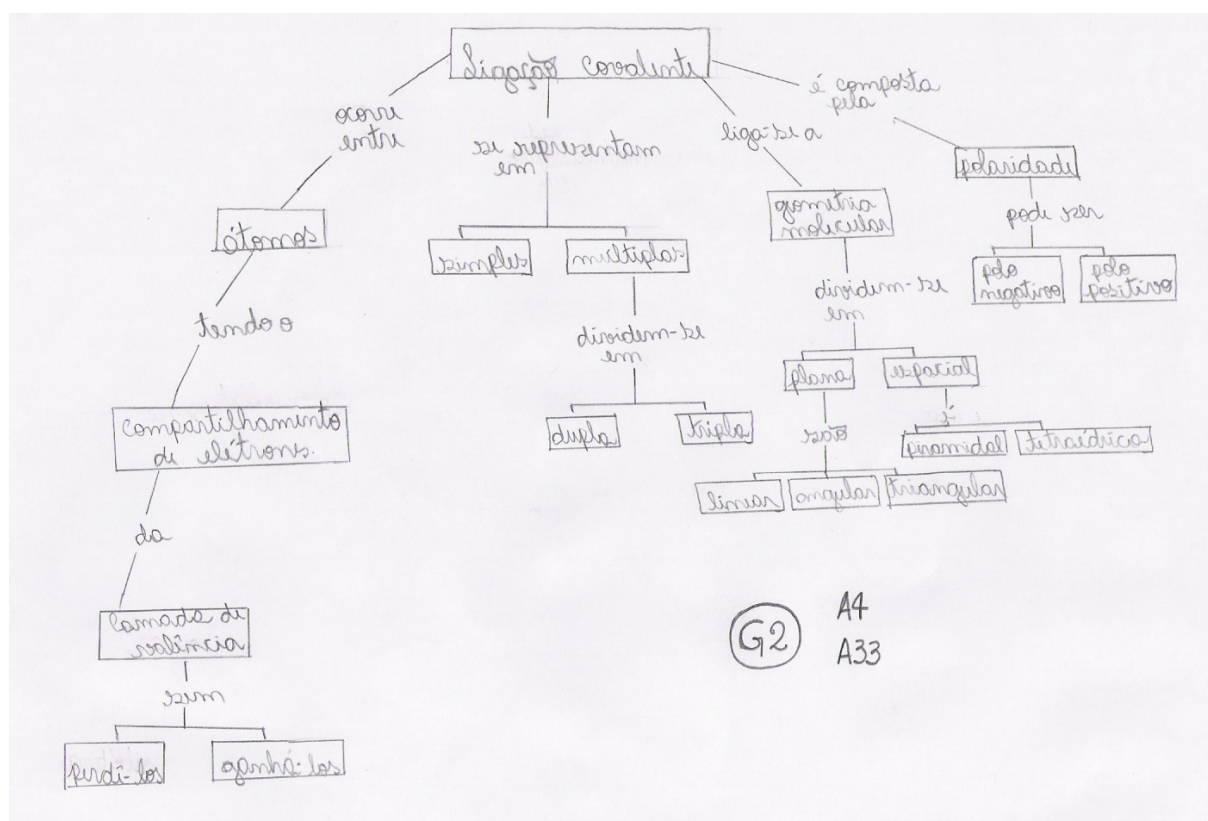


FIGURA 4.17 – Mapa conceitual do grupo G2, construído pelos alunos A4 e A33.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação covalente, compartilhamento de elétrons, camada de valência, simples, múltiplas, dupla, tripla, geometria molecular, plana, linear, angular, triangular, espacial, piramidal, tetraédrica, polaridade.

Total: 16

Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: átomos, polo positivo, polo negativo.

Total: 03

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: a maioria das palavras de ligação forma sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 1,0

5- Exemplos: não há.

Pontuação: 0,0

6- Clareza do mapa: o mapa é legível e de fácil leitura.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

1- ligação covalente – ocorre entre – átomos

2- átomos – tendo o – compartilhamento de elétrons

3- compartilhamento de elétrons – da – camada de valência

4- múltiplas – dividem-se em – dupla

5- múltiplas – dividem-se em – tripla

6- geometria molecular – divide-se em – plana

7- geometria molecular – divide-se em – espacial

8- espacial – é – piramidal

9- espacial – é – tetraédrica

10- plana – são – linear

11- plana – são – angular

12- plana – são – triangular

13- polaridade – pode ser – polo negativo

14- polaridade – pode ser – polo positivo

Total: 14

Pontuação: 0,5

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados.

Pontuação: 1,0

10- Reconciliação integrativa: não há recombinação válida.

Total: 00

Pontuação: 0,0

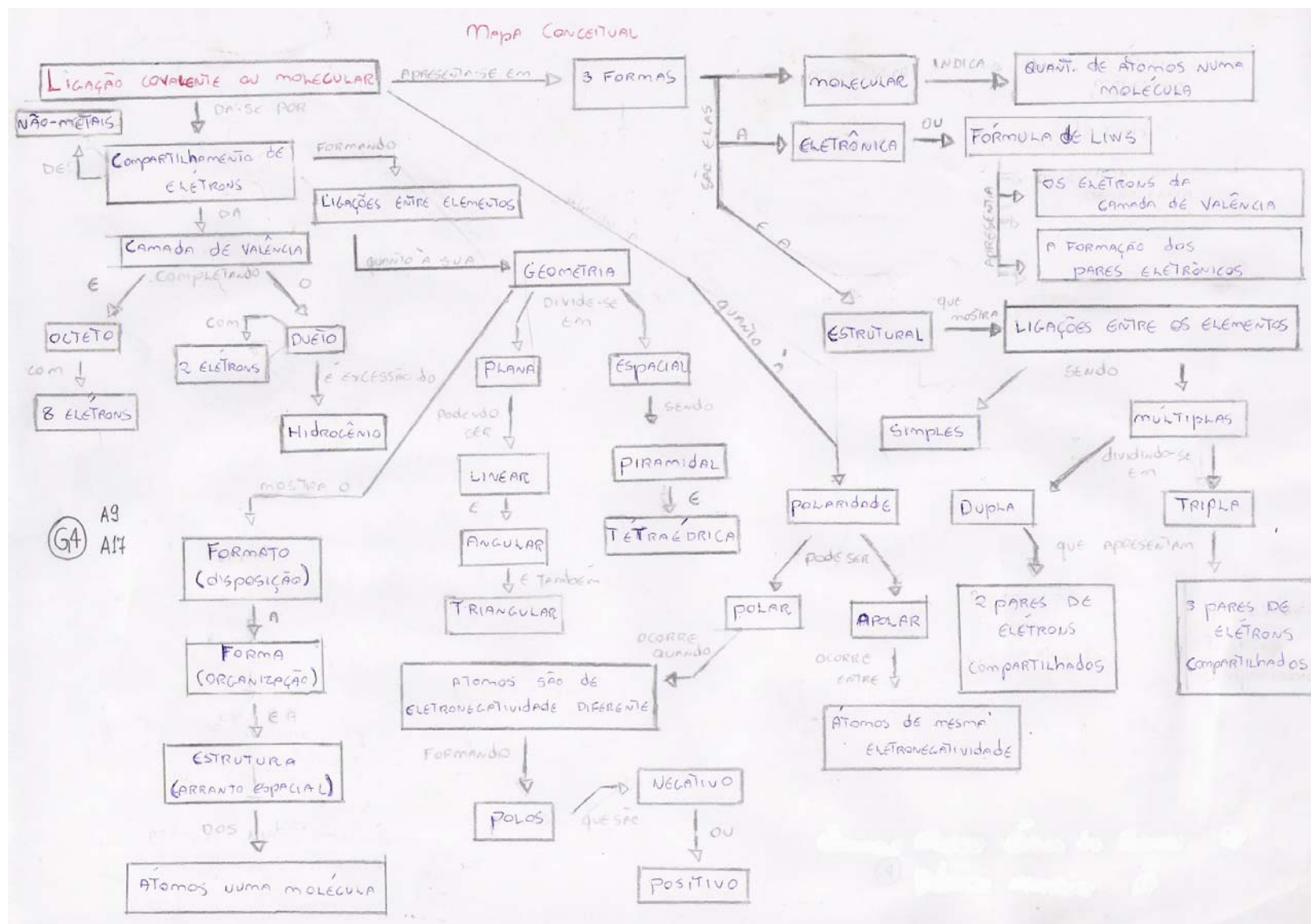


FIGURA 4.18 – Mapa conceitual do grupo G4, construído pelos alunos A9 e A17.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação covalente, compartilhamento de elétrons, camada de valência, octeto, não-metais/hidrogênio, geometria, plana, linear, angular, triangular, espacial, piramidal, tetraédrica, molecular, eletrônica, estrutural, simples, múltiplas, dupla, tripla, polaridade, polar, apolar, ligações.

Total: 24

Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: ligação molecular, oito elétrons, dueto, dois elétrons, formato-forma-estrutura, átomos de eletronegatividade diferente, átomos de mesma eletronegatividade, polo positivo, polo negativo, quantidade de átomos na molécula, fórmula de Lewis (deduziu-se), elétrons da camada de valência, formação dos pares eletrônicos, ligações entre os elementos, 2 pares de elétrons compartilhados, 3 pares de elétrons compartilhados.

Total: 16

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: a maioria das palavras de ligação forma sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 1,0

5- Exemplos: não há.

Pontuação: 0,0

6- Clareza do mapa: as palavras de ligação são parcialmente legíveis. Falta correção ortográfica (Liws, acentos).

Pontuação: 0,5

7- Proposições válidas:

- 1- ligação covalente – dá-se por – compartilhamento de elétrons
- 2- compartilhamento de elétrons – da – camada de valência
- 3- camada de valência – completando – octeto
- 4- octeto – com – 8 elétrons
- 5- camada de valência – completando o – dueto
- 6- dueto – com – 2 elétrons
- 7- compartilhamento de elétrons – de – não-metais
- 8- compartilhamento de elétrons – formando – ligações entre elementos
- 9- geometria – mostra o – formato, forma, estrutura

- 10- estrutura (arranjo espacial) – dos – átomos numa molécula
- 11- geometria – divide-se em – plana
- 12- plana – pode ser – linear
- 13- geometria – divide-se em – espacial
- 14- espacial – sendo – piramidal
- 15- ligação covalente – quanto à – polaridade
- 16- polaridade – pode ser – polar
- 17- polar – ocorre quando – átomos são de eletronegatividade diferente
- 18- átomos são de eletronegatividade diferente – formando – polos
- 19- polos – que são – negativo
- 20- polaridade – pode ser – apolar
- 21- apolar – ocorre entre – átomos de mesma eletronegatividade
- 22- molecular – indica – quantidade de átomos em uma molécula
- 23- estrutural – que mostra – ligações entre os elementos
- 24- ligações entre os elementos – sendo – simples
- 25- ligações entre os elementos – sendo – múltiplas
- 26- múltiplas – dividindo-se em – dupla
- 27- dupla – que apresenta – 2 pares de elétrons compartilhados
- 28- múltiplas – dividindo-se em – tripla
- 29- tripla – que apresenta – 3 pares de elétrons compartilhados

Total: 29

Pontuação: 1,0

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir parcialmente os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados. Por exemplo:

- 1- formato, forma, estrutura estão no mesmo nível hierárquico;
- 2- linear, angular, triangular estão no mesmo nível hierárquico e não são subordinadas entre si;
- 3- piramidal, tetraédrica estão no mesmo nível hierárquico;
- 4- positivo e negativo estão no mesmo nível hierárquico, ou seja, positivo não é subordinado a negativo.

Pontuação: 0,5

10- Reconciliação integrativa: não há recombinação válida.

Total: 00

Pontuação: 0,0

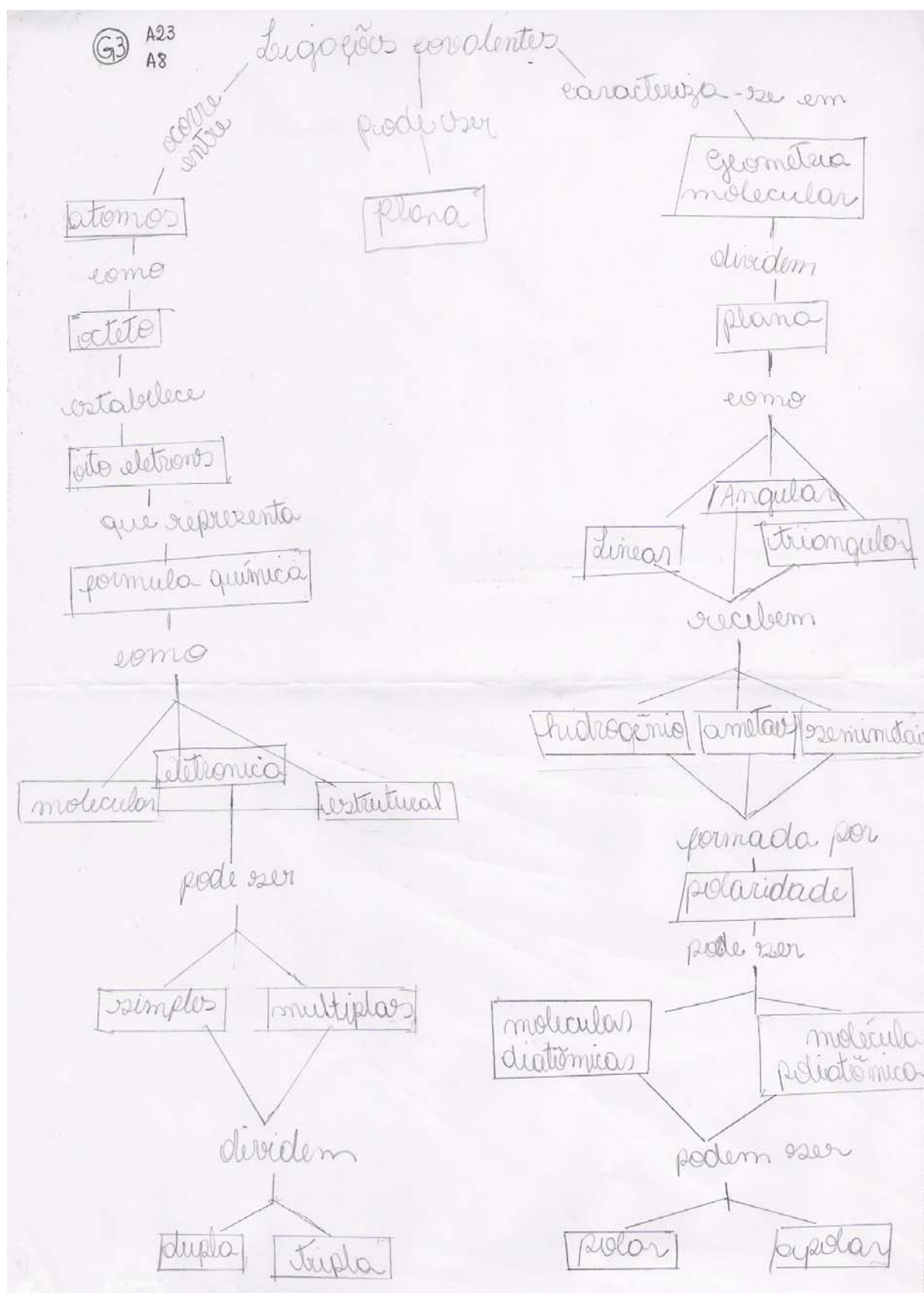


FIGURA 4.19 – Mapa conceitual do grupo G3, construído pelos alunos A8 e A23.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação covalente, octeto, fórmula, molecular, eletrônica, estrutural, simples, múltiplas, dupla, tripla, geometria, plana, linear, angular, triangular, hidrogênio-ametais-semimetais, polaridade, polar, apolar.

Total: 19

Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: átomos, oito elétrons, molécula diatômica, molécula poliatômica.

Total: 04

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas, porém algumas estão mal feitas.

Pontuação: 0,5

4- Palavras de ligação: poucas palavras de ligação formam sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 0,5

5- Exemplos: não há.

Pontuação: 0,0

6- Clareza do mapa: o mapa é parcialmente legível. Falta correção ortográfica (acentos).

Pontuação: 0,5

7- Proposições válidas:

1- ligações covalentes – ocorrem entre – átomos

2- octeto – estabelece – oito elétrons

3- fórmula química – como – molecular

4- fórmula química – como – eletrônica

5- fórmula química – como – estrutural

6- plana – como – linear

7- plana – como – angular

8- plana – como – triangular

9- moléculas diatômicas – podem ser – polar

10- moléculas diatômicas – podem ser – apolar

11- molécula poliatômica – pode ser – polar

12- molécula poliatômica – pode ser – apolar

Total: 12

Pontuação: 0,5

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir, parcialmente, os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados. Por exemplo:

- 1- fórmula química não é subordinada a oito elétrons;
- 2- simples e múltiplas não são subordinadas à molecular;
- 3- simples não se divide em dupla e tripla;
- 4- linear, angular, triangular não tem ligação lógica com hidrogênio-ametais-semimetais;
- 5- polaridade não é subordinada a hidrogênio-ametais-semimetais.

Pontuação: 0,5

10- Reconciliação integrativa: há recombinação válida.

- 1- moléculas diatômicas – moléculas poliatômicas – podem ser – polar – apolar

Total: 01

Pontuação: 1,0



FIGURA 4.20 – Mapa conceitual do grupo G1, construído pelos alunos A1 e A36.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação covalente, geometria, plana, linear, angular, triangular, espacial, piramidal, tetraédrica, compartilhamento de elétrons, camada de valência, hidrogênio-ametais-semimetais, apolar, polar, simples, múltiplas, dupla, tripla.

Total: 18

Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: ligação molecular.

Total: 01

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: poucas palavras de ligação formam sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 0,5

5- Exemplos: não há.

Pontuação: 0,0

6- Clareza do mapa: o mapa é legível e de fácil leitura.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

1- geometria – divide-se em – plana

2- geometria – divide-se em – espacial

3- compartilhamento de elétrons – da – camada de valência

4- ligação covalente – pode ser – simples

5- ligação covalente – pode ser – múltipla

6- múltipla – divide-se em – dupla

7- múltipla – divide-se em – tripla

Total: 07

Pontuação: 0,0

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir parcialmente os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados. Por exemplo:

1- o 3º. e o 4º. setor do mapa não são claros.

Pontuação: 0,5

10- Reconciliação integrativa: não há recombinação válida.

Total: 00

Pontuação: 0,0

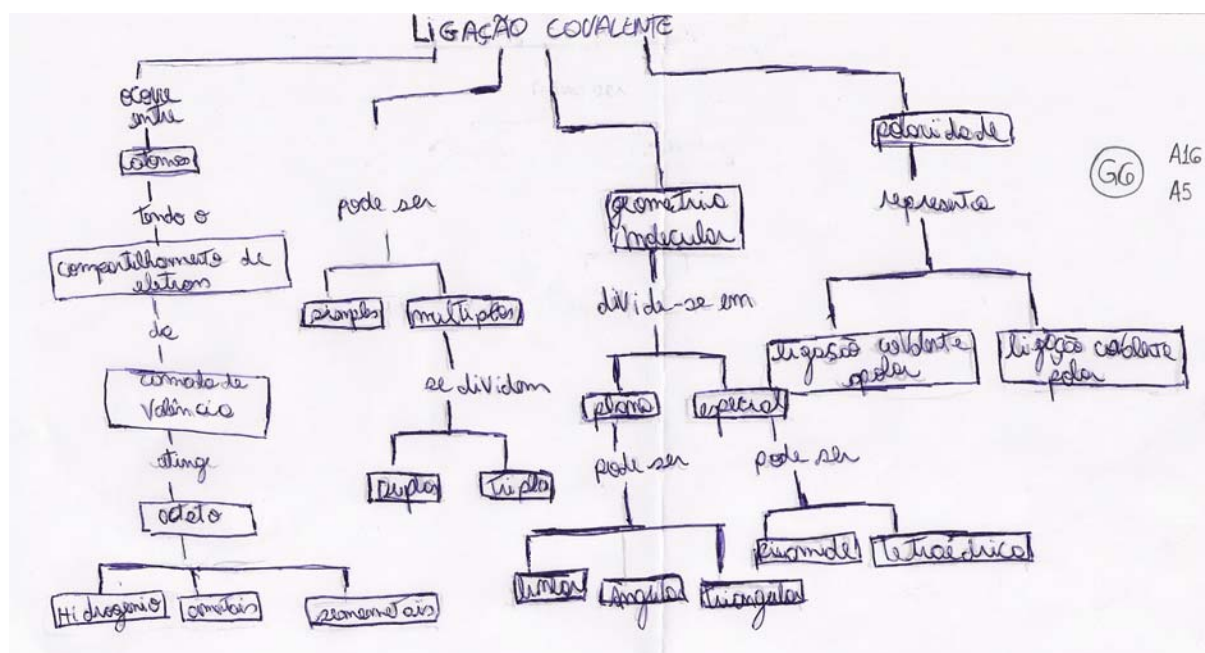


FIGURA 4.21 – Mapa conceitual do grupo G6, construído pelos alunos A5 e A16.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação covalente, compartilhamento de elétrons, camada de valência, octeto, hidrogênio-ametais-semimetais, simples, múltiplas, dupla, tripla, geometria, plana, linear, angular, triangular, tetraédrica, polaridade, polar, apolar.

Total: 18

Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: átomos, pirâmide.

Total: 02

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas, porém há algumas mal feitas.

Pontuação: 0,5

4- Palavras de ligação: há palavras de ligação que formam sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 0,5

5- Exemplos: não há.

Pontuação: 0,0

6- Clareza do mapa: falta correção ortográfica (especial, acentos). O mapa é parcialmente legível.

Pontuação: 0,5

7- Proposições válidas:

- 1- ligação covalente – ocorre entre – átomos
- 2- átomos – tendo o – compartilhamento de elétrons
- 3- compartilhamento de elétrons – da – camada de valência
- 4- camada de valência – atinge – octeto
- 5- ligação covalente – pode ser – simples
- 6- ligação covalente – pode ser – múltiplas
- 7- múltiplas – se dividem em – dupla
- 8- múltiplas – se dividem em – tripla
- 9- geometria molecular – divide-se em – plana
- 10- plana – pode ser – linear
- 11- plana – pode ser – angular
- 12- plana – pode ser – triangular

Total: 12 Pontuação: 0,5

Observação: pirâmide é um conceito alternativo, porém não foi considerado por não fazer parte do vocabulário científico da literatura Química consultada. No entanto, ele revela a tentativa do aprendiz em buscar, no seu cotidiano, um termo em que pudesse se apoiar para facilitar-lhe a apropriação da nova informação.

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados.

Pontuação: 1,0

10- Reconciliação integrativa: não há recombinação válida.

Total: 00 Pontuação: 0,0

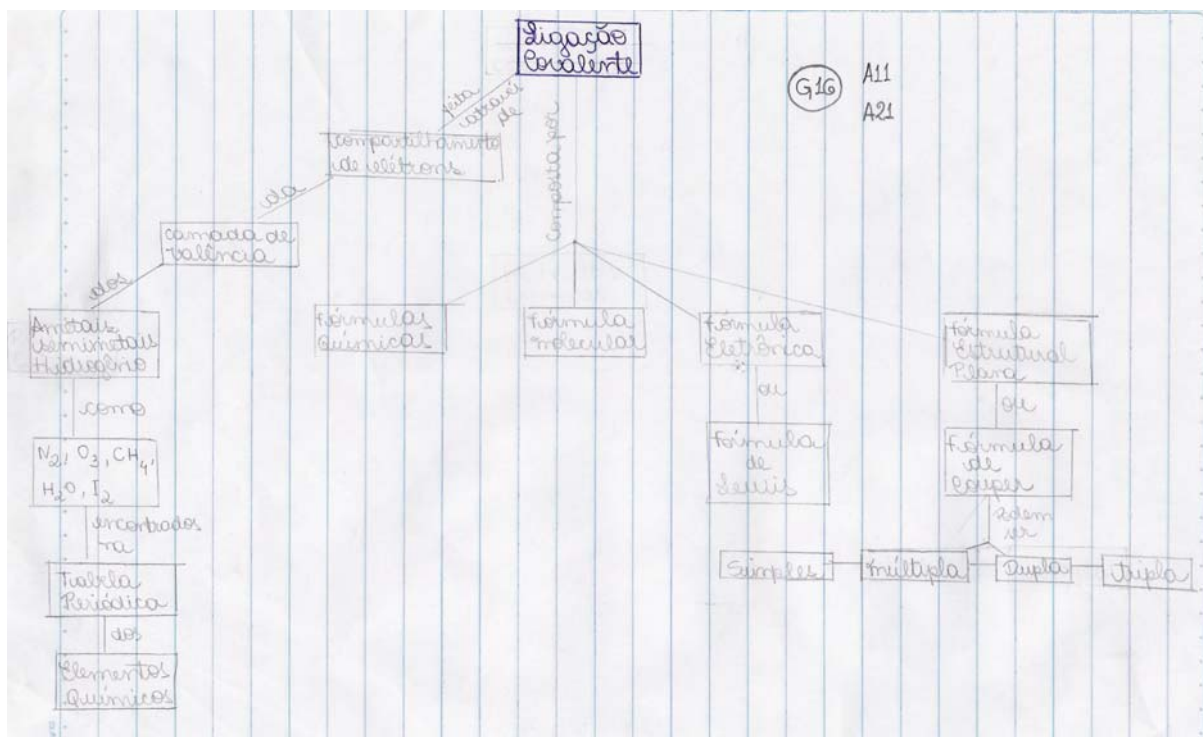


FIGURA 4.22 – Mapa conceitual do grupo G16, construído pelos alunos A11 e A21.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação covalente, compartilhamento de elétrons, camada de valência, ametais-semimetais-hidrogênio, fórmulas, molecular, eletrônica, estrutural, simples, múltipla, dupla, tripla.

Total: 12

Pontuação: 0,5

2- Conceitos novos: fórmula de Lewis, fórmula de Couper.

Total: 02

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: poucas palavras de ligação formam sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 0,5

5- Exemplos: N₂, O₃, CH₄, H₂O, I₂.

Pontuação: 0,5

6- Clareza do mapa: o mapa é de fácil leitura.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

- 1- ligação covalente – feita através de – compartilhamento de elétrons
- 2- compartilhamento de elétrons – da – camada de valência
- 3- camada de valência – dos – ametais, semimetais, hidrogênio
- 4- tabela periódica – dos – elementos químicos
- 5- fórmula eletrônica – ou – fórmula de Lewis
- 6- fórmula estrutural plana – ou – fórmula de Couper

Total: 06

Pontuação: 0,0

Observação: os conceitos, tabela periódica e elementos químicos, ficaram sem sentido lógico da forma com que foram inseridos. No entanto, foram considerados como uma proposição válida, pois de forma isolada, sem levar em conta o contexto, têm significado lógico.

A ligação covalente forma moléculas que são representadas por fórmulas, e não, de modo contrário, como expresso no mapa, em que a ligação covalente é composta por fórmulas.

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir, parcialmente, os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados. Por exemplo:

- 1- fórmula molecular, eletrônica e estrutural não deveriam estar no mesmo nível hierárquico do conceito mais amplo: fórmulas químicas, mas sim subordinadas a ele;
- 2- fórmula de Lewis deveria estar no mesmo nível hierárquico de fórmula eletrônica;
- 3- fórmula de Couper deveria estar no mesmo nível de fórmula estrutural plana;
- 4- dupla e tripla deveriam estar subordinadas a múltiplas.

Pontuação: 0,5

10- Reconciliação integrativa: não há recombinação válida.

Total: 00

Pontuação: 0,0

Finalmente, a análise total dos mapas sobre Ligação Covalente, revela que 100% dos alunos acessaram o nível submicroscópico do conhecimento químico, e 95%, o nível simbólico. A Figura 7, do ANEXO C, exemplifica o excesso na abordagem da dimensão simbólica, provavelmente para mascarar a inabilidade em se trabalhar com os vários conceitos listados. Quanto ao aspecto macroscópico, esse não foi tratado no conteúdo em discussão.

Um exame complementar da estrutura dos mapas revela três tendências de organização hierárquica dos conceitos, com exemplos bem representativos: bifurcada (FIGURA 4.18, vista anteriormente), linear (FIGURA 6, ANEXO C) e em forma de fluxograma (FIGURA 4, ANEXO C).

Tem-se, no segundo setor do mapa da Figura 1, ANEXO C, um exemplo de estrutura direcionada à reconciliação integrativa, embora os conceitos estejam erroneamente conectados. Já o mapa da Figura 8, ANEXO C, ilustra muito bem a dificuldade de se fazer a correta conexão de um conceito superordenado, geometria, o qual, provavelmente, ficaria mais bem organizado com a criação de um quarto setor no mapa.

4.2.3 Análise dos Mapas sobre Ligação Metálica

No seguimento, apresenta-se a tabela de avaliação dos MCs sobre Ligação Metálica. Gráficos mostram a relação de alunos com média e alunos sem média, bem como as categorias por meio das quais os mapas foram pontuados. Considerações são feitas tanto em relação aos conceitos básicos, quanto aos novos. Em seguida, há exemplos de como se procedeu à análise de alguns mapas. Posteriormente, expõe-se uma apreciação global dos MCs em relação aos níveis de representação do conhecimento químico, assim como um exame da estrutura desses mapas.

TABELA 4.10 – Tabela de avaliação dos Mapas Conceituais sobre Ligação Metálica.

Grupos e alunos		Categorias										Pontuação
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
G1	A3-A19	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	9,5
G2	A2-A34	0,5	1	0,5	0	0	0,5	0	1	0	0	3,5
G3	A5-A38	0	1	0,5	0	0	0,5	0	1	0,5	0	3,5
G4	A7-A35	0	1	1	0,5	0	0,5	0	1	0	0,5	4,5
G5	A8-A23	0,5	1	1	0,5	0	0,5	0	1	0	0	4,5
G6	A9-A24	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	0	8,5
G7	A11-A21	1	0	1	0,5	0	1	0,5	1	0,5	0	5,5
G8	A6-A16	1	1	1	0,5	0	0,5	0	1	0	0	5
G9	A25-A30	1	1	0,5	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	4
G10	A18-A29	0,5	1	1	0,5	0	1	0	0,5	0	0	4,5
G11	A13-A32	0	1	1	0	0,5	0,5	0	1	0	0	4
G12	A12-A37	1	0	1	0	0	0,5	0	1	1	0	4,5
G13	A26-A39	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0	1	0,5	0	6
G14	A1-A15-A33	1	1	1	0,5	0	1	0,5	1	1	1	8
	A31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	9
Frequência por categoria		10,5	13	13,5	6,5	4	10	4	14	6,5	2,5	

A Tabela 4.10 é constituída por três colunas essenciais. Na primeira, identificam-se por seus respectivos códigos os grupos de alunos, bem como os aprendizes que elaboraram mapas individualmente; na segunda (corpo central), têm-se as categorias de avaliação e, na terceira, está a pontuação obtida pelos estudantes. Na parte inferior, encontra-se o somatório, ou seja, a frequência com que cada categoria foi trabalhada nos MCs.

Dos 15 mapas construídos, 13 foram elaborados em grupos de 02 componentes, 01 mapa em grupo de 03 integrantes e 01 mapa individualmente. A intenção foi de que os alunos tivessem ampla liberdade de escolha para a confecção dos mapas.

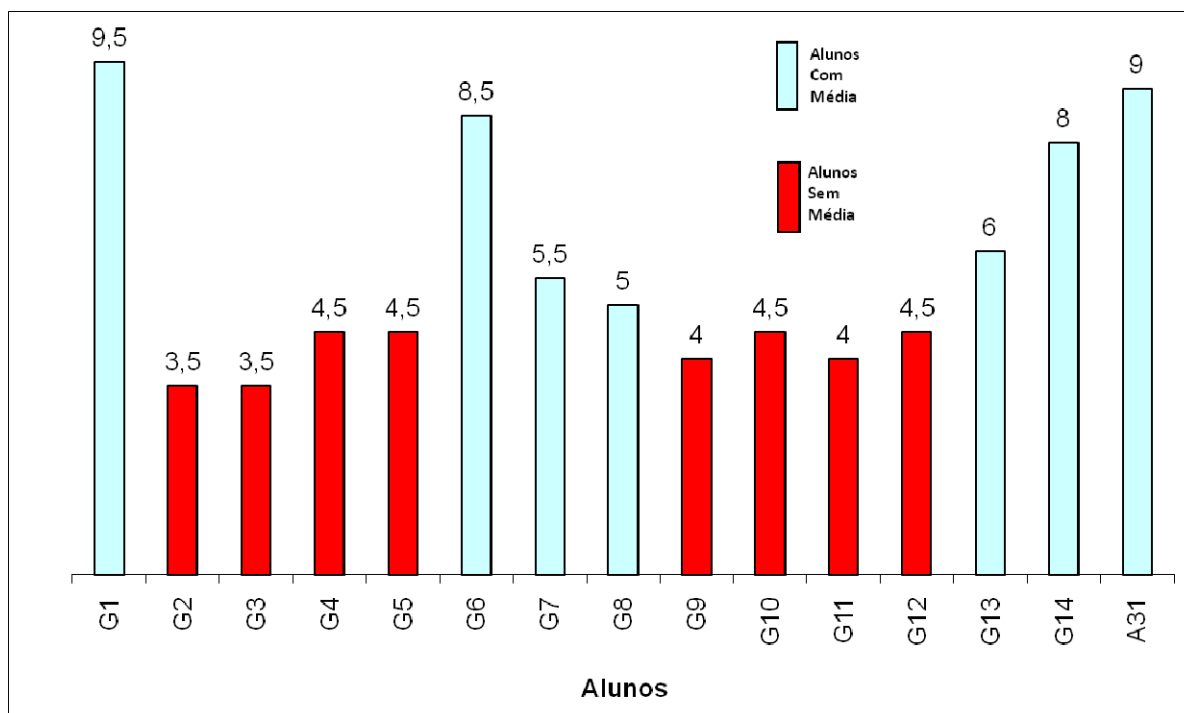


FIGURA 4.23 – Relação entre alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Metálica.

A Figura 4.23 proporciona uma visão ampla dos grupos e alunos que elaboraram mapas conceituais sobre Ligação Metálica, assim como os pontos obtidos. O máximo de pontos permitidos é 10,0, que nada mais é do que a soma dos pontos de todas as categorias. Como média satisfatória, adotou-se o padrão 5,0 pontos, ou seja, 50% do total permitido.

TABELA 4.11 – Quantidade de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Metálica.

<i>Categorias</i>	<i>Quantidade</i>
Alunos com média	07
Alunos sem média	08
Total	15

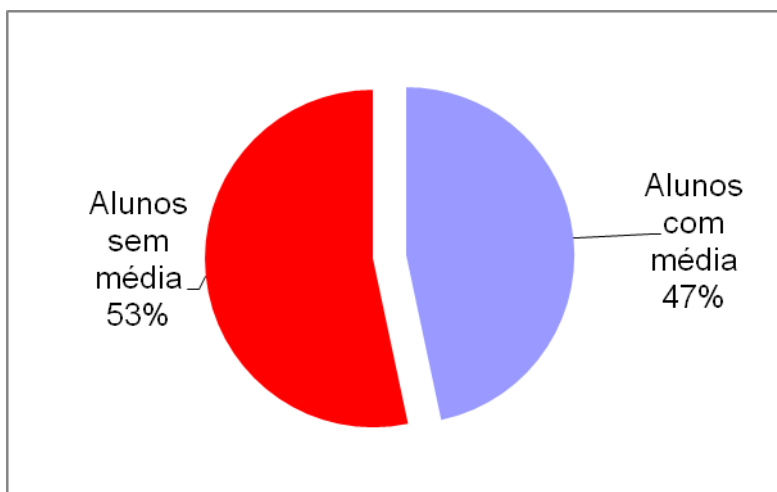


FIGURA 4.24 – Porcentagem de alunos com média e alunos sem média – conteúdo Ligação Metálica.

A análise da Tabela 4.11 bem como da Figura 4.24, mostra que, dos alunos que confeccionaram mapas sobre Ligação Metálica, 47% alcançaram média satisfatória, e 53% obtiveram rendimento insuficiente. Assim, é possível verificar um pequeno declínio em relação à pontuação, quando essa é comparada à dos mapas de Ligação Covalente. As razões podem ser verificadas por pesquisa adicional, bem como pela observação da questão 5 do Questionário, a qual evidencia que apenas uma pequena porcentagem dos aprendizes (5%) cultiva hábito de estudo periódico, como forma de consolidar o que se aprendeu em sala de aula.

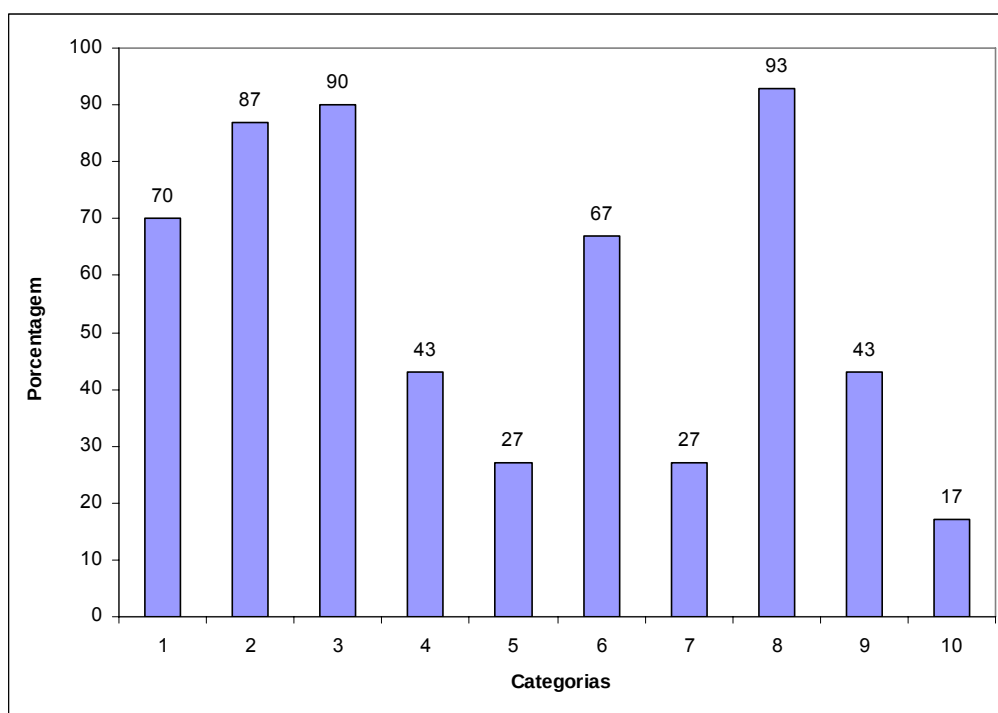


FIGURA 4.25 – Frequência de identificação, em porcentagem, das categorias (APÊNDICE G) avaliadas nos mapas conceituais sobre Ligação Metálica. Categorias:

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1- conceitos básicos | 6- clareza do mapa |
| 2- conceitos novos | 7- proposições |
| 3- ligação entre conceitos | 8- hierarquização |
| 4- palavras de ligação | 9- diferenciação progressiva |
| 5- exemplos | 10- reconciliação integrativa |

A análise da Figura 4.25 evidencia as categorias as quais os alunos trabalharam com maior eficiência. Dentre elas, pode-se destacar a hierarquização (93%), as ligações entre os conceitos (90%) e os conceitos novos (87%). Os conceitos básicos foram trabalhados suficientemente por 70% dos aprendizes, fato revelador de que os estudantes estão a caminho da Aprendizagem Significativa, uma vez que eles, assim como o pesquisador, evidenciaram, conjuntamente, esses conceitos em seus mapas. Esse aspecto é muito positivo, considerando-se que não houve o fornecimento prévio de uma lista de conceitos, e ambos os mapas guardam pontos em comum. A análise revela, ainda, que os alunos mantêm clara a ideia de que os conceitos estão organizados na estrutura cognitiva de forma hierárquica, o que é evidenciado na categoria hierarquização, esta trabalhada de maneira satisfatória por 93% dos aprendizes. Permanece, contudo, a dificuldade em estabelecer as devidas relações de subordinação, elucidadas pela diferenciação progressiva, trabalhada de forma eficiente por apenas 43% dos aprendizes. Ponto de destaque é a elevada quantidade de mapas que evidenciaram conceitos novos

(87%), aspecto que aponta para o fato de os estudantes buscarem no material instrucional, subsídios para um melhor entendimento do conteúdo em estudo.

Entretanto, a categoria da reconciliação integrativa (17%), dos exemplos (27%) e das proposições (27%) foram as que os aprendizes tiveram acentuada dificuldade em contemplar nos mapas. Essa restrição mostra que os estudantes têm limitações em compreender e interpretar o novo conhecimento, bem como relevante dificuldade com os padrões cultos da língua. Verificações que ficam evidentes pela dificuldade cognitiva em elaborar pequenas sentenças (proposições), apoiadas na insuficiência de conectá-las com as devidas palavras de ligação, categoria que foi trabalhada adequadamente por apenas 43% dos estudantes. A baixa menção de exemplos (27%) fortalece essa evidência, ou seja, os alunos buscam se apropriar de novos conhecimentos, porém são incapazes de conectá-los aos exemplos, os quais têm como objetivo fomentar a compreensão da nova informação.

Essas limitações, no entanto, podem ser curadas à medida que os alunos atentarem para a própria autonomia intelectual, desenvolvendo-se o hábito de estudo diário, e buscarem a motivação, ou seja, o interesse em aprender.

Observação que merece destaque é o fato de a maioria dos alunos, em todas as tarefas, não atentarem para o zelo com a correção ortográfica, contemplada na categoria 6 (clareza do mapa). Os erros referem-se a palavras grafadas (escritas) erroneamente, bem como à ausência de acentos. O que chama a atenção é que esses erros poderiam ser evitados com a simples consulta ao material de ensino. No entanto, a construção dos mapas amparados na consulta do material instrucional, não foi suficiente para evitar os erros de escrita.

Em seguida, apresenta-se a planilha de avaliação e frequência dos conceitos básicos sobre Ligação Metálica.

TABELA 4.12 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos básicos – conteúdo Ligação Metálica.

CONCEITOS BÁSICOS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	A31	Frequência	%
ligação metálica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	15	100
metal cede elétrons																0	0
cátion	X	X	X	X					X						X	6	40
cátion recebe elétrons				X												1	7
átomo neutro	X														X	2	13
nuvem ou "mar" de elétrons livres (deslocalizados)	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	14	93
composto metálico		X		X		X	X		X	X		X	X	X	X	10	67
símbolo do elemento químico	X					X										2	13
propriedades	X	X				X	X	X				X	X			7	47
estado físico																0	0
sólidos	X			X		X	X	X	X	X		X		X	X	10	67
pontos de fusão e ebulição	X	X			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	12	80
altos		X			X	X	X	X		X		X	X	X	X	10	67
resistência à tração (cabos)	X	X			X	X			X	X		X		X	X	9	60
união entre os átomos	X				X	X				X					X	5	33
condução de calor e eletricidade		X			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	11	73
maleabilidade (lâminas)	X					X		X	X				X		X	6	40
ductilidade (fios)	X					X		X	X						X	5	33
liga metálica	X				X	X	X	X	X			X	X	X	X	10	67
mistura principalmente de metais						X	X					X			X	4	27
substitucional	X				X	X	X	X			X	X	X	X	X	10	67
intersticial	X				X	X	X	X	X			X	X	X	X	10	67
TOTAL	15	9	3	5	10	17	12	12	12	9	3	13	11	11	17		
PONTUAÇÃO	1	0,5	0	0	0,5	1	1	1	1	0,5	0	1	1	1	1		

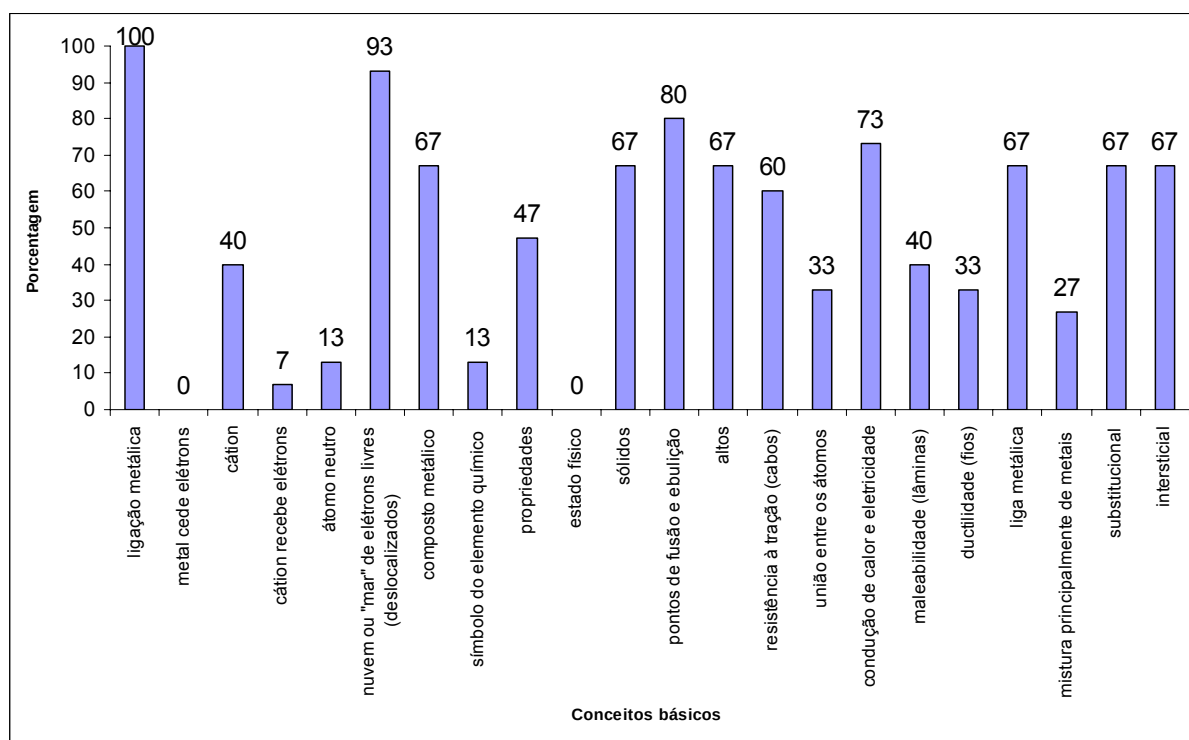


FIGURA 4.26 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos básicos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Metálica.

Pela análise da Tabela 4.12 e da Figura 4.26, é possível observar a frequência com que os conceitos básicos aparecem nos mapas. O conceito ligação metálica foi citado em todos os mapas (100%). Na sequência, aparece o conceito “nuvem ou mar de elétrons livres (deslocalizados)” com 93% de frequência. Essa alta constância é um indício de que o uso do modelo plástico para ilustrar o “mar” de elétrons, foi eficaz para a compreensão do conceito. Posteriormente, aparece o conceito pontos de fusão e ebulição (80%), seguido por condução de calor e eletricidade (73%). Esses conceitos, por serem familiares, apresentam alta taxa de identificação. O conceito, pontos de fusão e ebulição, foi trabalhado anteriormente em ligação iônica e, agora, funciona como subsunçor. 67% dos alunos destacaram que os pontos de fusão e ebulição são altos nos compostos metálicos.

Liga metálica, substitucional e intersticial aparecem em 67% dos mapas, uma evidência de que a disposição dos conceitos, em itens, ou seja, em classes, no material instrucional, pode favorecer a organização do novo conhecimento na estrutura cognitiva do aprendiz e promover a aprendizagem significativa.

No prosseguimento, delineia-se uma planilha em que a categoria dos conceitos novos é pontuada.

TABELA 4.13 – Planilha de avaliação e frequência da categoria conceitos novos – conteúdo Ligação Metálica.

CONCEITOS NOVOS	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12	G13	G14	A31	Frequência	%
metais	X			X	X	X			X	X	X		X	X		9	60
1, 2, 3 elétrons camada de valência				X		X								X		3	20
corrente elétrica	X	X			X				X	X				X		6	40
fluxo de elétrons			X							X					X	3	20
mercúrio líquido				X		X										2	13
não possui regra do octeto	X															1	7
capacidade que uma força tem de alongar barra ou fio	X					X									X	3	20
capacidade de reduzir-se a chapas e lâminas	X					X									X	3	20
usadas em trens, navios, aviões	X															1	7
capacidade de transformar-se em fios	X					X									X	3	20
usados em concreto armado, arames	X															1	7
construção de caldeiras, tachos, reatores									X							1	7
posições de átomos de metal são ocupadas por outros															X	1	7
átomos de metal ocupam espaços entre outros átomos															X	1	7
material com propriedades úteis para determinada aplicação															X	1	7
núcleo														X		1	7
fixo														X		1	7
condições ambientes						X									X	2	13
força								X					X			2	13
representação eletrônica	X	X									X					3	20
representação estrutural	X	X	X								X				X	5	33
retículos cristalinos		X	X	X												3	20
iônica			X	X							X					3	20
covalente			X	X							X					3	20
mistura de substâncias	X				X								X			3	20
átomos			X	X							X				X	4	27
elétrons			X								X				X	3	20
nêutrons		X	X													2	13
TOTAL	11	5	8	7	3	7	0	1	3	3	7	0	3	5	11		
PONTUAÇÃO	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1		

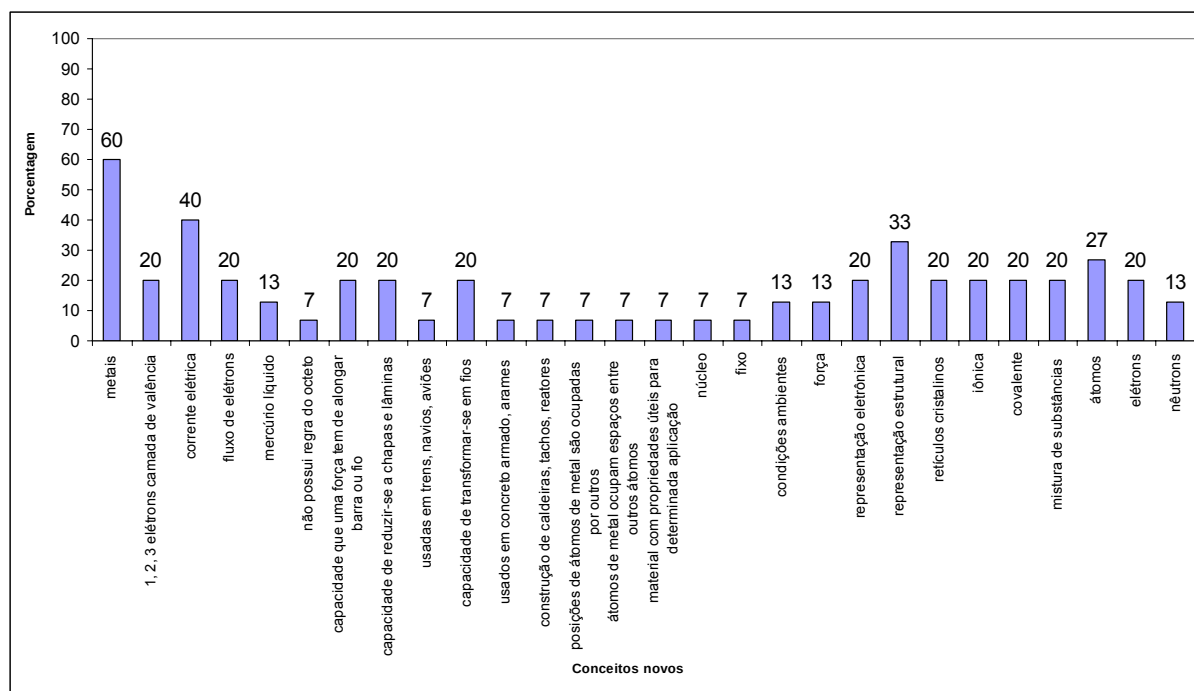


FIGURA 4.27 – Frequência de identificação, em porcentagem, dos conceitos novos presentes nos mapas conceituais sobre Ligação Metálica.

Na categoria dos conceitos novos, evidenciados na Tabela 4.13 bem como na Figura 4.27, metais foi identificado em 60% dos mapas, corrente elétrica aparece em 40% e representação estrutural é mencionado em 33%. Em 27% dos mapas, os estudantes procuraram estabelecer relação válida entre átomos e elétrons, na formação da ligação metálica, porém não obtiveram sucesso. Um número significativo de mapas (20%) evidenciou os conceitos representação eletrônica, retículos cristalinos, iônica e covalente, os quais têm pouca relevância para o contexto das ligações metálicas; são meras informações complementares. Em oposição, somente 13% dos mapas explicitaram que a representação da ligação metálica é feita por meio do símbolo do elemento químico, conforme Figura 4.26. Tal fato leva a crer que os alunos destacaram os conceitos do material de ensino, à medida que iam lendo e os dispuseram no mapa conceitual sem refletir sobre sua real importância. Ou seja, poucos alunos (13%) atentaram em extrair a informação relevante do trecho estudado. Essa constatação é um indício da falta de motivação dos estudantes em alcançar uma aprendizagem significativa, cujo objetivo é promover a competente interpretação de novas informações.

A seguir, faz-se uma explicação dos critérios que nortearam a pontuação dos MCs sobre Ligação Metálica. É importante lembrar que o Mapa de Referência serviu de modelo comparativo para a avaliação dos mapas produzidos pelos alunos.

Além dos critérios gerais de pontuação, algumas categorias pediram a inclusão de subcritérios, dentre elas: conceitos básicos, conceitos novos, proposições, exemplos e reconciliação integrativa.

Quanto à categoria conceitos básicos o pesquisador elaborou um mapa de referência o qual evidenciou 22 conceitos. Adotou-se o seguinte parâmetro de pontuação:

- ✓ 0 a 5 conceitos – 0,0 ponto (menos que 25% dos conceitos do MR);
- ✓ 6 a 10 conceitos – 0,5 ponto (25% dos conceitos do MR);
- ✓ 11 a 22 conceitos – 1,0 ponto (50% dos conceitos do MR).

No mapa de referência, constavam os seguintes conceitos: ligação metálica – metal cede elétrons – cátion – cátion recebe elétrons – átomo neutro – nuvem ou “mar” de elétrons livres (deslocalizados) – composto metálico – símbolo do elemento químico – propriedades – estado físico – sólidos – pontos de fusão e ebulição – altos – resistência à tração (cabos) – união entre os átomos – condução de calor e eletricidade – maleabilidade (lâminas) – ductilidade (fios) – liga metálica – mistura principalmente de metais – substitucional – intersticial. Trata-se da lista de conceitos da Tabela 4.12.

O mesmo princípio foi adotado para as proposições. O mapa de referência evidenciou 31 proposições, e os critérios de pontuação foram organizados da seguinte maneira:

- ✓ 0 a 7 proposições – 0,0 ponto (menos que 25% da quantidade de proposições do MR);
- ✓ 8 a 15 proposições – 0,5 ponto (25% da quantidade de proposições do MR);
- ✓ 16 a 31 proposições – 1,0 ponto (50% da quantidade de proposições do MR).

A análise do mapa de referência demonstrou as seguintes proposições válidas:

- 1- ligação metálica – ocorre quando – metal cede elétrons
- 2- metal cede elétrons – forma – cátion
- 3- cátion – forma – composto metálico
- 4- ligação metálica – ocorre quando – cátion recebe elétrons

- 5- cátion recebe elétrons – forma – átomo neutro
- 6- átomo neutro – forma – composto metálico
- 7- cátion – nuvem ou “mar” de elétrons livres (deslocalizados) – átomo neutro
- 8- composto metálico – representa-se somente pelo – símbolo do elemento químico
- 9- símbolo do elemento químico – exemplo – Cu
- 10- composto metálico – tem – propriedades
- 11- propriedades – como – estado físico
- 12- estado físico – são geralmente – sólidos
- 13- sólidos – devido à forte – união entre os átomos
- 14- propriedades – como – pontos de fusão e ebulição
- 15- pontos de fusão e ebulição – são – altos
- 16- altos – devido à forte – união entre os átomos
- 17- propriedades – como – resistência à tração (cabos)
- 18- resistência à tração (cabos) – devido à forte – união entre os átomos
- 19- união entre os átomos – consequência da existência do – mar de elétrons
- 20- propriedades – como – condução de calor e eletricidade
- 21- condução de calor e eletricidade – devido aos – elétrons livres
- 22- propriedades – como – maleabilidade (lâminas)
- 23- maleabilidade (lâminas) – devido aos – elétrons livres
- 24- propriedades – como – ductilidade (fios)
- 25- ductilidade (fios) – devido aos – elétrons livres
- 26- composto metálico – pode originar – liga metálica
- 27- liga metálica – é a – mistura principalmente de metais
- 28- mistura principalmente de metais – pode ser – substitucional
- 29- mistura principalmente de metais – pode ser – intersticial
- 30- liga metálica – exemplo – bronze (Cu+Sn)
- 31- bronze (Cu+Sn) – exemplo de aplicação – moedas, estátuas

A correção da categoria exemplos obedeceu aos seguintes parâmetros:

- 1,0 ponto – quando se mencionou exemplo(s) de forma intencional;
- 0,5 ponto – quando se mencionou exemplo(s) de forma não intencional;
- 0,0 ponto – quando não se mencionou exemplo(s).

Já para as categorias conceitos novos e reconciliação integrativa, atribuiu-se 1,0 ponto independentemente da quantidade de conceitos novos ou

recombinações válidas, ou seja, o simples registro garantiria a pontuação máxima admitida.

No seguimento, têm-se exemplos da análise de alguns mapas conceituais mais bem pontuados: G1 (9,5), A31 (9,0), G6 (8,5), G14 (8,0) e G13 (6,0). Os demais mapas encontram-se no ANEXO D, e a respectiva pontuação na Tabela 4.10.

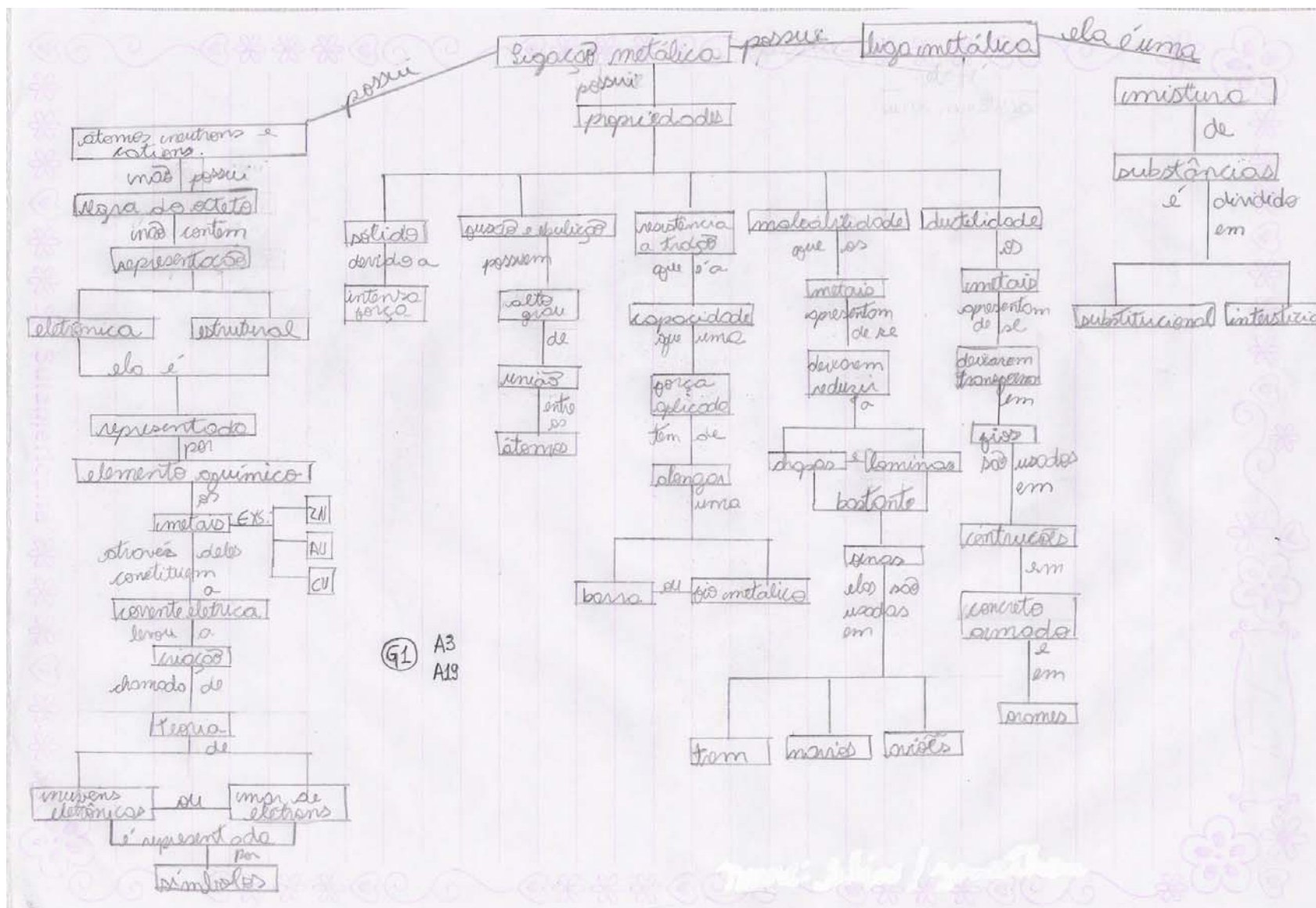


FIGURA 4.28 – Mapa conceitual do grupo G1, construído pelos alunos A3 e A19.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação metálica, átomo neutro (deduziu-se), cátion, símbolo do elemento químico (fusão do sétimo e último nível), sólido, fusão e ebulição, união entre os átomos (fusão de 2 conceitos), resistência à tração, maleabilidade, ductilidade, propriedades, liga metálica, substitucional, intersticial, nuvem eletrônica ou “mar” de elétrons.

Total: 15 Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: não possui regra do octeto, metais, corrente elétrica, capacidade que uma força tem de alongar barra ou fio, capacidade de reduzir-se a chapas e lâminas, usada em trens-navios-aviões, capacidade de transformar-se em fios, usados em concreto armado-arames, representação eletrônica, representação estrutural, mistura de substâncias.

Total: 11 Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: há palavras de ligação que formam sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 0,5

5- Exemplos: Zn, Au, Cu.

Pontuação: 1,0

6- Clareza do mapa: o mapa é legível e de fácil leitura.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

1- ligação metálica – possui – átomos neutros e cátions (deduziu-se neutro)

2- átomos neutros e cátions – não possui – regra do octeto

3- metais – exemplo – Zn Au, Cu

4- teoria – de – nuvens eletrônicas

5- teoria – de – mar de elétrons

6- ligação metálica – possui – propriedades

7- alto grau – de – união

8- união – entre os – átomos

9- força aplicada – tem de – alongar

10- alongar – uma – barra

- 11- alongar – um – fio metálico
- 12- reduzir – a – chapas
- 13- reduzir – a – lâminas
- 14- transformar – em – fios
- 15- fios – são usados em – construções
- 16- ligação metálica – possui – liga metálica
- 17- liga metálica – é uma – mistura
- 18- mistura – de – substâncias

Total: 18 Pontuação: 1,0

Observação: O conceito “finas” está fora de contexto, melhor seria suprimi-lo. O ideal é substituí-lo pela palavra de ligação “usadas em”.

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados.

Pontuação: 1,0

10- Reconciliação integrativa: há recombinação válida.

- 1- chapas – e – lâminas – bastante – finas

Total: 01 Pontuação: 1,0

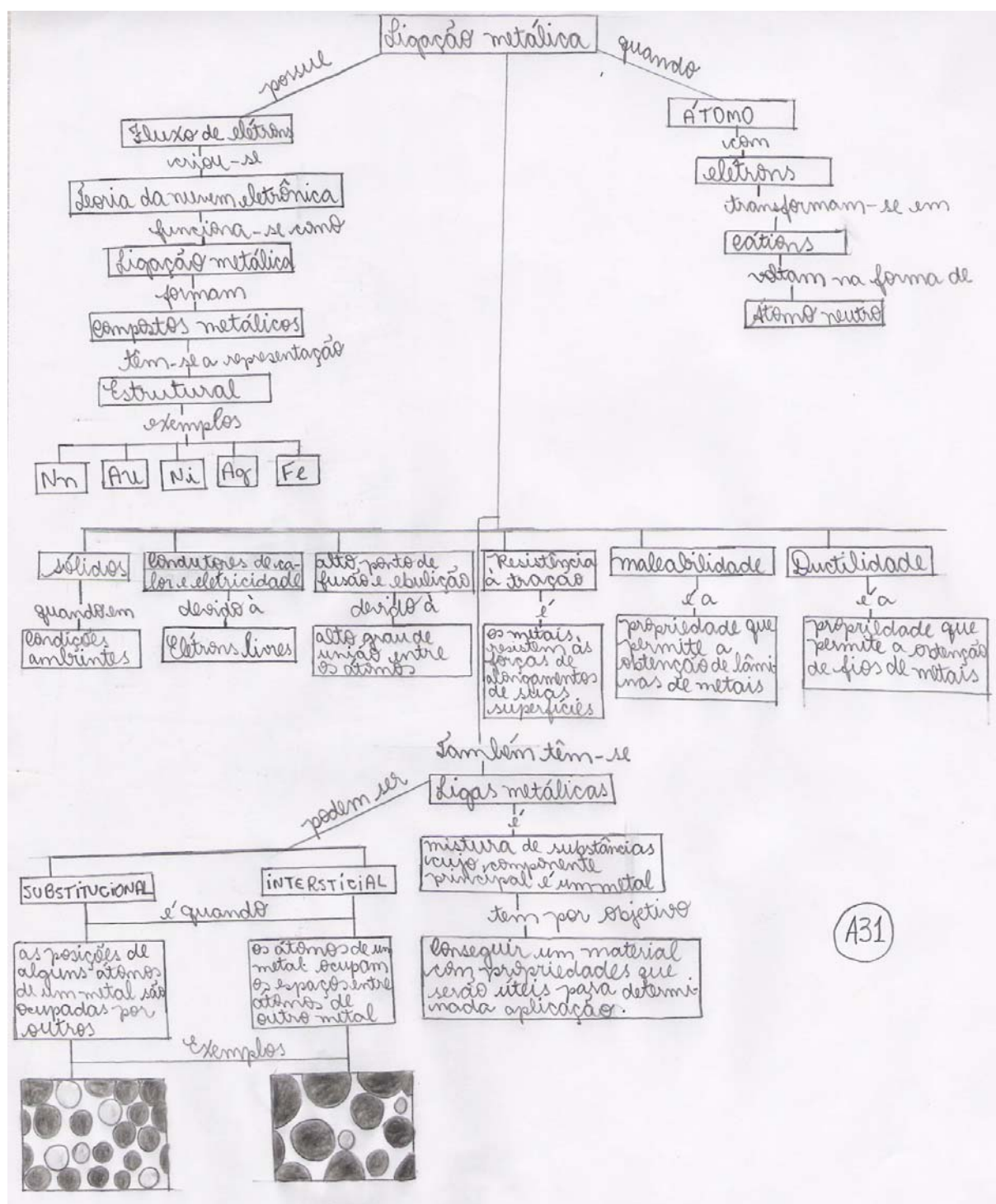


FIGURA 4.29 – Mapa conceitual do aluno A31.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação metálica, nuvem eletrônica/elétrons livres, composto metálico, sólidos, condutores de calor e eletricidade, ponto de fusão e ebulição alto, união entre os átomos, resistência à tração, maleabilidade, ductilidade, liga metálica, mistura principalmente de metais, substitucional, intersticial, cátions, átomo neutro.

Total: 17

Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: fluxo de elétrons, representação estrutural, condições ambientes, resistem às forças de alongamento de suas superfícies, obtenção de lâminas, obtenção de fios, material com propriedades úteis para determinada aplicação, posição de alguns átomos de metal são ocupadas por outros, átomos de metal ocupam espaços entre outros átomos, átomo, elétrons.

Total: 11

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: a maioria das palavras de ligação forma sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 1,0

5- Exemplos: Au, Ni, Ag, Fe (não há elemento químico com o símbolo Nn), ilustração da liga substitucional, ilustração da liga intersticial.

Pontuação: 1,0

6- Clareza do mapa: o mapa é legível e de fácil leitura.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

- 1- ligação metálica – possui – fluxo de elétrons
- 2- fluxo de elétrons – criou-se – teoria da nuvem eletrônica
- 3- teoria da nuvem eletrônica – funciona como – ligação metálica
- 4- ligação metálica – forma – compostos metálicos
- 5- compostos metálicos – têm representação – estrutural
- 6- sólidos – quando em – condições ambientes
- 7- condutores de calor e eletricidade – devido a – elétrons livres
- 8- alto ponto de fusão e ebulição – devido a – alto grau de união entre os átomos
- 9- resistência à tração – é – os metais resistem às forças de alongamento de suas superfícies
- 10- maleabilidade – é a – propriedade que permite a obtenção de lâminas de metais
- 11- ductilidade – é a – propriedade que permite a obtenção de fios de metais
- 12- ligas metálicas – é – mistura de substâncias cujo componente principal é um metal

13- mistura de substâncias cujo componente principal é um metal – tem por objetivo – conseguir um material com propriedades que serão úteis para determinada aplicação

14- ligas metálicas – podem ser – substitucional

15- ligas metálicas – podem ser – intersticial

16- substitucional – é quando – as posições de alguns átomos de um metal são ocupadas por outros

17- as posições de alguns átomos de um metal são ocupadas por outros – exemplo – ilustração

18- intersticial – é quando – os átomos de um metal ocupam os espaços entre átomos de outro metal

19- os átomos de um metal ocupam os espaços entre átomos de outro metal – exemplo – ilustração

20- cátions – voltam na forma de – átomo neutro

Total: 20 Pontuação: 1,0

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir a maioria dos conceitos mais inclusivos daqueles subordinados.

Pontuação: 1,0

10- Reconciliação integrativa: não há recombinação válida.

Total: 00 Pontuação: 0,0

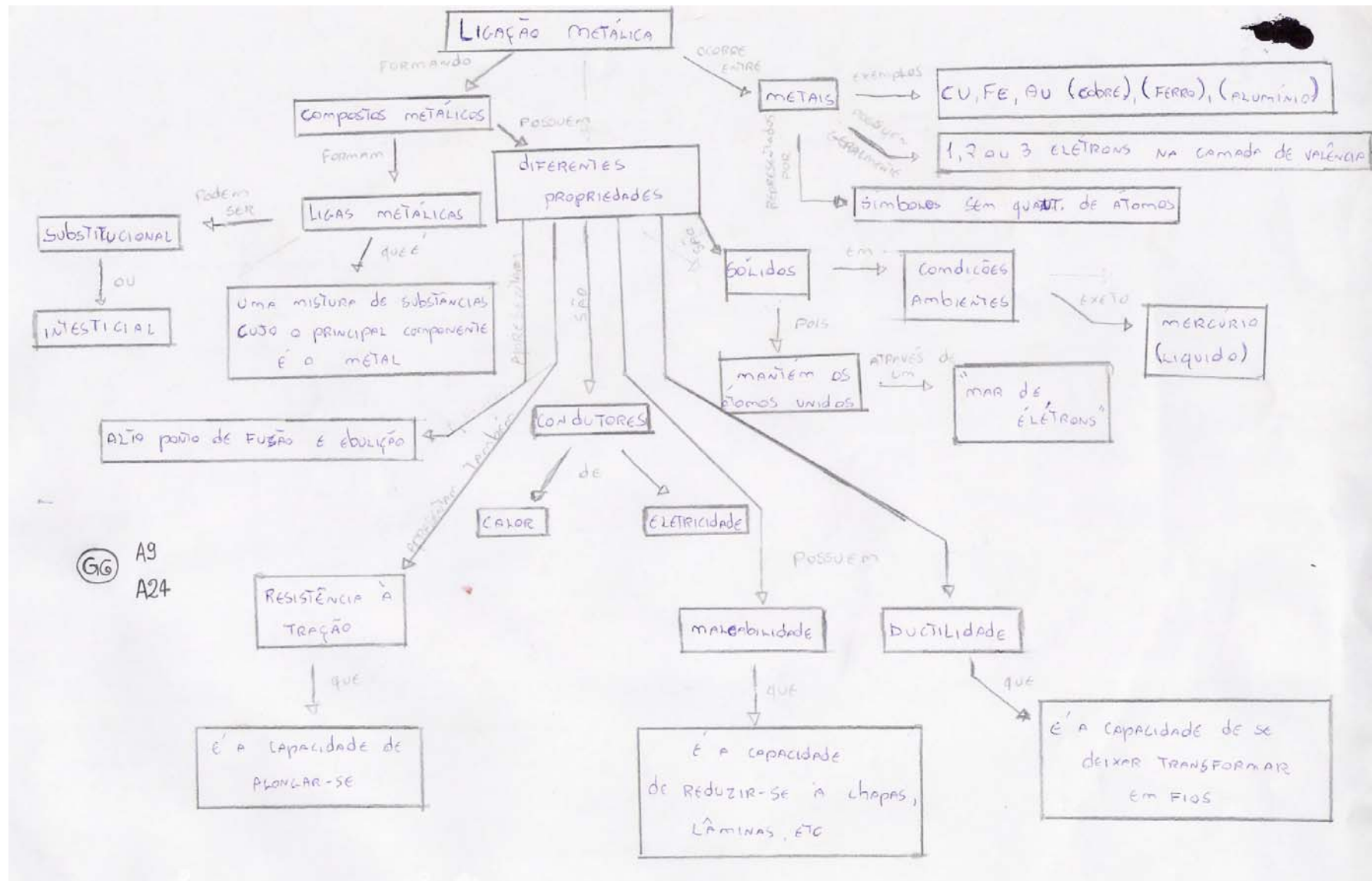


FIGURA 4.30 – Mapa conceitual do grupo G6, construído pelos alunos A9 e A24.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação metálica, composto metálico, liga metálica, mistura principalmente de metais, substitucional, intersticial (deduziu-se), propriedades, condutores de calor e eletricidade, resistência à tração, maleabilidade, ductilidade, sólidos, átomos unidos, mar de elétrons, símbolo sem quantidade de átomos, ponto de fusão e ebulição, altos.

Total: 17 Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: capacidade de alongar-se, capacidade de reduzir-se a chapas/lâminas, capacidade de transformar-se em fios, condições ambientes, mercúrio líquido, 1 - 2 ou 3 elétrons na camada de valência, metais.

Total: 07 Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: a maioria das palavras de ligação forma sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 1,0

5- Exemplos: Cu, Fe (citou-se o símbolo do elemento alumínio como Au, o que invalidou o exemplo).

Pontuação: 1,0

6- Clareza do mapa: as palavras de ligação são parcialmente legíveis. Há um borrão na parte superior direita. Falta correção ortográfica (intesticial, exeto).

Pontuação: 0,5

7- Proposições válidas:

- 1- ligação metálica – formando – compostos metálicos
- 2- compostos metálicos – formam – ligas metálicas
- 3- ligas metálicas – que é – mistura de substâncias cujo principal componente é metal
- 4- ligas metálicas – podem ser – substitucional
- 5- compostos metálicos – possuem – diferentes propriedades
- 6- diferentes propriedades – apresentam – alto ponto de fusão e ebulição
- 7- diferentes propriedades – apresentam – resistência à tração
- 8- resistência à tração – que – é a capacidade de alongar-se
- 9- diferentes propriedades – são – condutores
- 10- condutores – de – calor

- 11- condutores – de – eletricidade
 12- diferentes propriedades – possuem – maleabilidade
 13- maleabilidade – que – é a capacidade de reduzir-se a chapas, lâminas
 14- diferentes propriedades – possuem – ductilidade
 15- ductilidade – que – é a capacidade de se deixar transformar em fios
 16- diferentes propriedades – são – sólidos
 17- sólidos – em – condições ambientes
 18- ligação metálica – ocorre entre – metais
 19- metais – exemplos – Cu, Fe
 20- metais – possuem geralmente – 1, 2 ou 3 elétrons na camada de valência
 Total: 20 Pontuação: 1,0

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir a maioria dos conceitos mais inclusivos daqueles subordinados.

Pontuação: 1,0

10- Reconciliação integrativa: não há recombinação válida.

Total: 00 Pontuação: 0,0

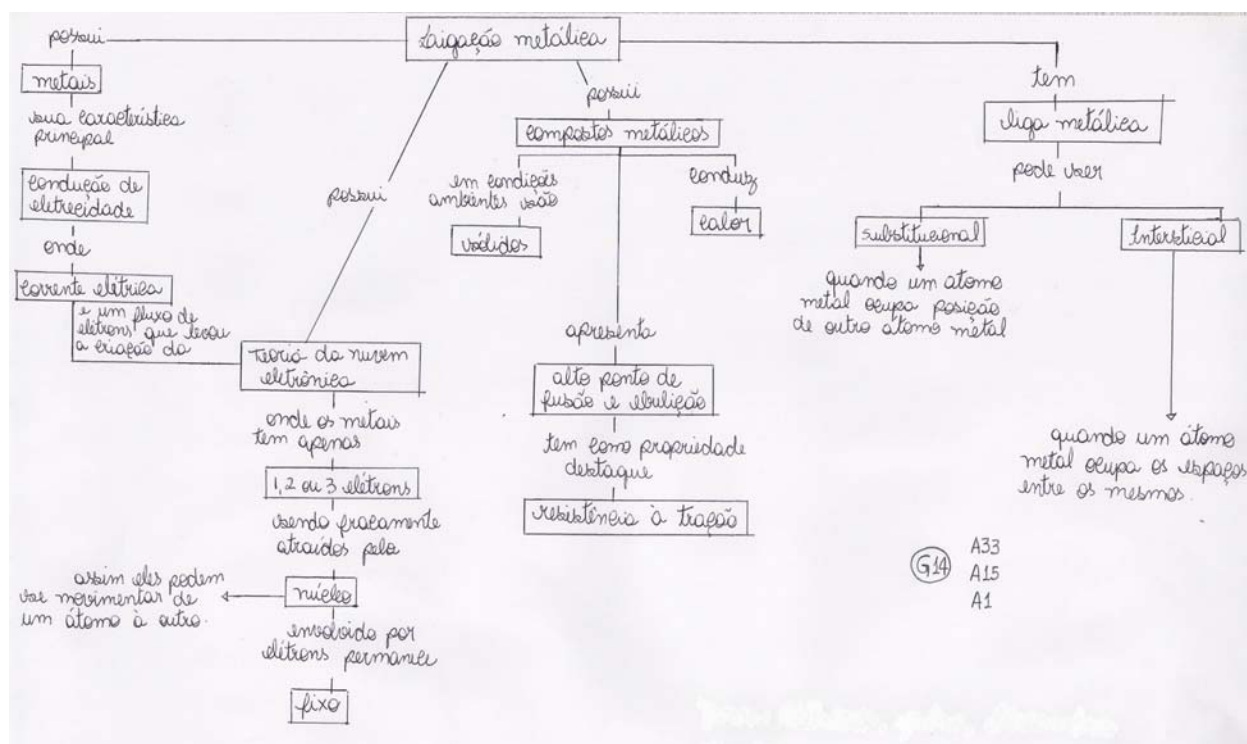


FIGURA 4.31 – Mapa conceitual do grupo G14, construído pelos alunos A1, A15 e A33.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação metálica, condução de eletricidade e calor, nuvem eletrônica, composto metálico, sólidos, ponto de fusão e ebulição, alto, resistência à tração, liga metálica, substitucional, intersticial.

Total: 11

Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: metais, corrente elétrica, 1 - 2 ou 3 elétrons, núcleo, fixo.

Total: 05

Pontuação: 1,0

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: há palavras de ligação que formam sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 0,5

5- Exemplos: não há.

Pontuação: 0,0

6- Clareza do mapa: o mapa é legível e de fácil leitura.

Pontuação: 1,0

7- Proposições válidas:

1- ligação metálica – possui – metais

2- metais – sua característica principal – condução de eletricidade

3- corrente elétrica – é um fluxo de elétrons que levou à criação da – teoria da nuvem eletrônica

4- ligação metálica – possui – teoria da nuvem eletrônica

5- teoria da nuvem eletrônica – onde os metais têm apenas – 1, 2 ou 3 elétrons

6- 1, 2 ou 3 elétrons – sendo fracamente atraídos pelo – núcleo

7- núcleo – envolvido por elétrons permanece – fixo

8- compostos metálicos – em condições ambientes são – sólidos

9- compostos metálicos – conduzem – calor

10- compostos metálicos – apresentam – alto ponto de fusão e ebulição

11- liga metálica – pode ser – substitucional

12- liga metálica – pode ser – intersticial

Total: 12

Pontuação: 0,5

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir a maioria dos conceitos mais inclusivos daqueles subordinados. Observação:

1- resistência à tração não é subordinado a alto ponto de fusão e ebulição, mas está no mesmo nível hierárquico.

Pontuação: 1,0

10- Reconciliação integrativa: há recombinação válida.

1- corrente elétrica – é um fluxo de elétrons que levou à criação da – ligação metálica – possui – teoria da nuvem eletrônica

Total: 01

Pontuação: 1,0

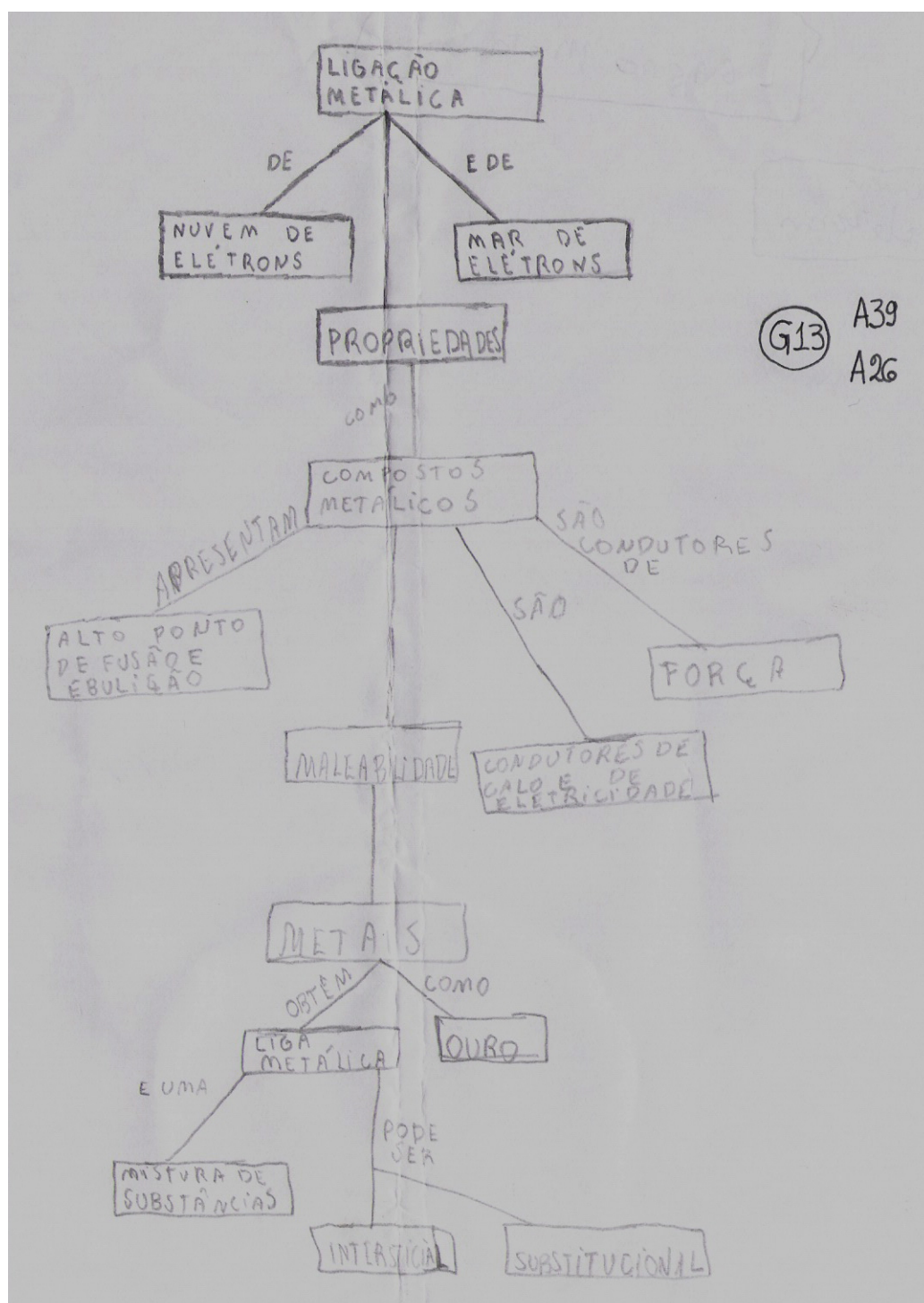


FIGURA 4.32 – Mapa conceitual do grupo G13, construído pelos alunos A26 e A39.

Categorias de análise:

1- Conceitos básicos: ligação metálica, nuvem de elétrons/“mar” de elétrons, propriedades, composto metálico, ponto de fusão e ebulição, altos, maleabilidade, condutores de calor e eletricidade (“calo”), liga metálica, intersticial, substitucional.

Total: 11

Pontuação: 1,0

2- Conceitos novos: metais, força (o conceito força como foi usado, revelou-se uma concepção alternativa do estudante. É provável que o sentido o qual o aprendiz quis conferir ao conceito “força” seja o de “corrente elétrica”), mistura de substâncias.

Total: 03

Pontuação: 1,0

Temos verificado frequentemente que os mapas conceptuais são instrumentos extraordinariamente eficazes para revelar a existência de concepções alternativas, dado que esses mapas exteriorizam proposições. As concepções alternativas são normalmente caracterizadas ou por uma ligação entre dois conceitos que formam uma proposição claramente falsa, ou por uma ligação onde falta a ideia chave que relaciona dois ou mais conceitos. (NOVAK e GOWIN, 1999, p. 36).

3- Ligações entre conceitos: todos os conceitos estão ligados por linhas bem feitas.

Pontuação: 1,0

4- Palavras de ligação: há palavras de ligação que formam sentido lógico com o conceito ao qual se ligam.

Pontuação: 0,5

5- Exemplos: ouro (ouro é exemplo de metal).

Pontuação: 0,5

6- Clareza do mapa: o mapa é parcialmente legível. Falta nitidez.

Pontuação: 0,5

7- Proposições válidas:

- 1- compostos metálicos – apresentam – alto ponto de fusão e ebulição
- 2- compostos metálicos – são – condutores de calor e eletricidade (deduziu-se calor)
- 3- metais – como – ouro
- 4- liga metálica – é uma – mistura de substâncias
- 5- liga metálica – pode ser – intersticial
- 6- liga metálica – pode ser – substitucional

Total: 06

Pontuação: 0,0

8- Hierarquização: há ordenação sucessiva dos conceitos.

Pontuação: 1,0

9- Diferenciação progressiva: é possível distinguir, parcialmente, os conceitos mais inclusivos daqueles subordinados. Por exemplo:

1- metais não é subordinado à maleabilidade;

2- composto metálico é mais abrangente que propriedades.

Pontuação: 0,5

10- Reconciliação integrativa: não há recombinação válida.

Total: 00

Pontuação: 0,0

Por último, a análise integral dos mapas sobre Ligação Metálica, revela que 100% dos alunos abordaram, em seus mapas, conceitos do nível submicroscópico do conhecimento químico, 47% dos aprendizes explicitaram conceitos do aspecto representacional e 87% deles, a dimensão macroscópica ou fenomenológica.

As Figuras 4.28, 4.29 e 4.30, expostas anteriormente, são bons exemplos de mapas que contemplam ambos os níveis de representação do conhecimento químico, bem como apresentam estruturas bifurcadas com várias ramificações. Já a Figura 9, ANEXO D, ilustra um mapa bifurcado, porém pobre em palavras de ligação. Enquanto a Figura 10, do mesmo anexo, exemplifica um mapa com ausência total de palavras de ligação entre os conceitos.

Todavia, observou-se um avanço, visto que nenhum dos mapas apresentou estrutura em forma de fluxograma. Isso significa que, ao término da instrução, todos os estudantes aprenderam que os conceitos estão organizados hierarquicamente, sob a forma de bifurcações e até mesmo linearmente, em compartimentos ou blocos.

4.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS DOS MAPAS DOS TRÊS CONTEÚDOS

O APÊNDICE G é resultado da análise, em conjunto, da pontuação de todos os mapas, os quais foram confeccionados ao longo do estudo dos três tipos de Ligações Químicas. A Tabela 4.14 é um recorte desse Apêndice e teve como objetivo, inicialmente, verificar pontos comuns, isto é, semelhanças nas pontuações dos alunos que tiveram média considerada satisfatória, igual a 5,0 pontos, na série de atividades.

Dos sete alunos com média em todos os mapas, quatro deles A3, A31, A33 e A1 têm pontuação em ascensão em qualquer contexto de avaliação. A3 e A31 são os alunos que se mostraram mais motivados durante a realização das atividades, bem como são os que afirmaram manter hábito de estudo periódico, conforme questão 5 do Questionário. Tais constatações evidenciam que a motivação, ou seja, o entusiasmo em aprender, é fator crucial para que haja o entendimento da matéria e está intrinsecamente ligado à produtividade dos estudantes. Já três aprendizes (A11, A21 e A6) apresentaram pontuação em declínio, provavelmente em decorrência da queda de motivação associada à dificuldade de trabalho em grupo, como se pode observar para os aprendizes A11 e A21, que não constituíram grupos com outros colegas, permanecendo os mesmos componentes em ambas as tarefas. Essa verificação requer estudos suplementares.

Posteriormente, procuraram-se componentes para validar e valorizar o trabalho em grupo, mesmo para alunos que não obtiveram sucesso na totalidade das produções. Assim, foi possível inferir que o trabalho em grupo foi eficaz para que três alunos (A26, A9 e A15), apresentassem pontuação crescente. Destaque para o aluno A39, para quem o trabalho em grupo foi muito positivo, auxiliando-o a superar a dificuldade cognitiva que possui.

TABELA 4.14 – Tabela das pontuações mais significativas obtidas pelos estudantes nos mapas sobre Ligações Químicas.

<i>Alunos</i>	<i>Pontuação nos Mapas Conceituais</i>		
	<i>Ligação Iônica</i>	<i>Ligação Covalente</i>	<i>Ligação Metálica</i>
A3	7,5	8,5	9,5
A31	8,5	8,5	9,0
A33	6,0	7,5	8,0
A1	5,5	6,0	8,0
A11	8,0	6,0	5,5
A21	7,5	6,0	5,5
A6	6,0	5,5	5,0
A26	3,5	5,0	6,0
A9	-	7,0	8,5
A15	-	5,5	8,0
A39	1,0	3,5	6,0

Por outro ângulo, quando se comparam, individualmente, as dez categorias de avaliação, expostas às Figuras 4.3, 4.13 e 4.25, é possível obter a Figura 4.33, abaixo. O exame dessa Figura permite afirmar que os estudantes, os quais efetivamente participaram das atividades de confecção dos mapas, avançam de modo gradativo em direção a um aproveitamento propício na maior parte das categorias: conceitos novos (2), ligação entre conceitos (3), palavras de ligação (4), exemplos (5), clareza do mapa (6), proposições (7), hierarquização (8) e diferenciação progressiva (9).

Outro fato interessante é o declínio da categoria conceitos básicos (1), em detrimento da ascensão da categoria conceitos novos (2). Tal constatação revela a procura dos alunos, nos conceitos novos, de subsídios para se apropriarem do conhecimento recente e, assim, alcançarem a aprendizagem significativa.

Já o declínio da categoria reconciliação integrativa (10) revela a dificuldade dos aprendizes em identificar semelhanças entre os conceitos, reagrupando-as sob um único conceito. Uma forma para atenuar esse embaraço é a exposição aos alunos de mapas que contemplam tal princípio, preferencialmente pelos próprios colegas, como forma de valorizar e incentivar a criatividade.

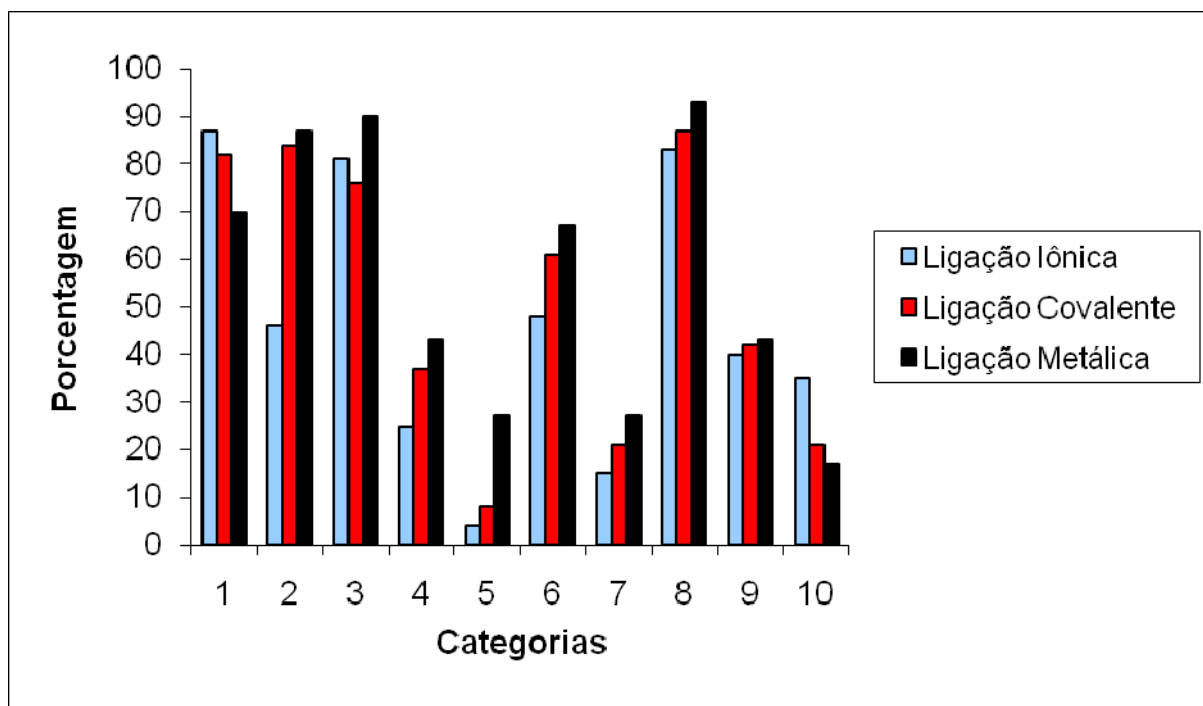


FIGURA 4.33 – Comparação da frequência de abordagem das categorias de avaliação nos mapas sobre Ligações Químicas. Categorias:

- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1- conceitos básicos | 6- clareza do mapa |
| 2- conceitos novos | 7- proposições |
| 3- ligação entre conceitos | 8- hierarquização |
| 4- palavras de ligação | 9- diferenciação progressiva |
| 5- exemplos | 10- reconciliação integrativa |

Caso semelhante ocorre ao se compararem, em conjunto, as três análises dos níveis de representação do conhecimento químico. Nota-se que as atividades diversificadas de modelagem (realidade virtual, modelos plásticos, balões, tetraedro de papelão e textos), enfatizadas durante o estudo do capítulo de Ligação Covalente, foram eficazes para que os aprendizes apontassem em 95% de seus MCs o aspecto simbólico do conhecimento químico, tal como se observa na Figura 4.34.

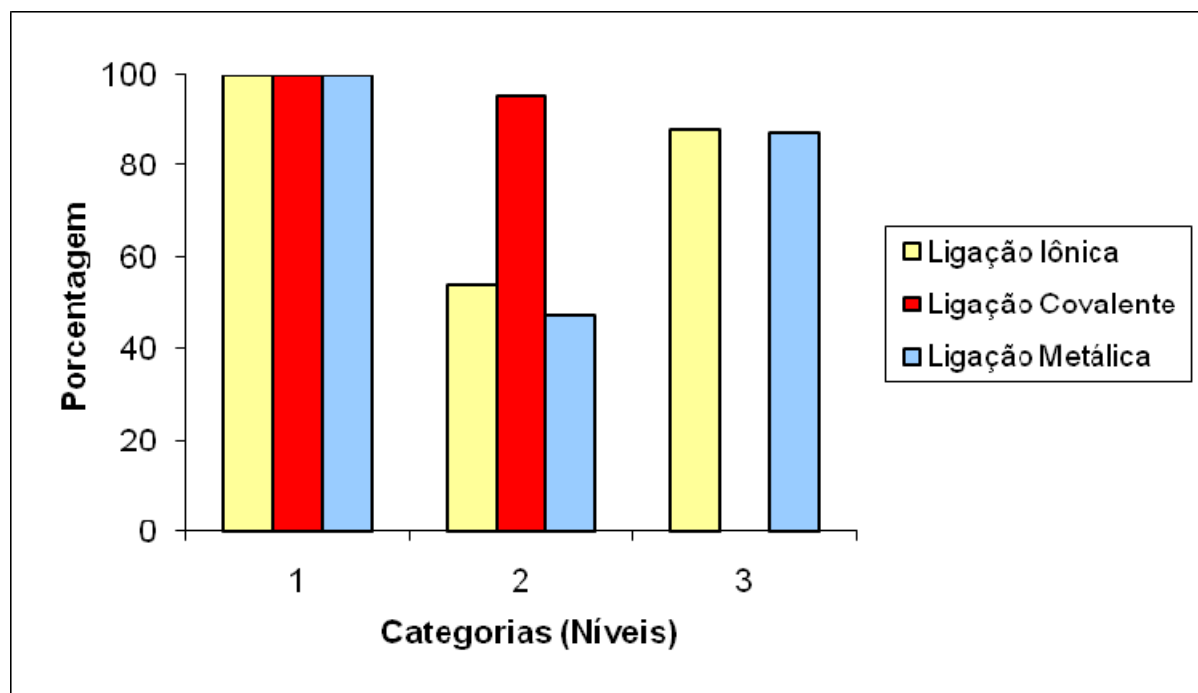


FIGURA 4.34 – Comparação da frequência de abordagem dos três níveis do conhecimento químico nos mapas sobre Ligações Químicas. Níveis: 1- Submicroscópico; 2- Simbólico; 3- Macroscópico.

4.4 ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PELOS ESTUDANTES

Ao fim do curso, os estudantes responderam a um Questionário. A análise foi fundamentada em BELL (2008), assim como em MINAYO (2006).

No universo de 40 alunos, 95% responderam ao Questionário, ou seja, 38 estudantes.

O Questionário que se encontra no APÊNDICE F, constou de 7 questões, sendo 6 subjetivas, nas quais os aprendizes podiam emitir livremente sua opinião, e 1 objetiva, restrita a 3 opções.

A seguir tem-se a análise das questões levantadas:

Questão 1:

Em sua opinião, as atividades de *Modelagem* (modelos plásticos e bexigas), o *Material de Informática* (realidade virtual-3D, simulações e vídeos) e o *Material Instrucional* (apostila) contribuíram para facilitar o seu entendimento do conteúdo estudado?

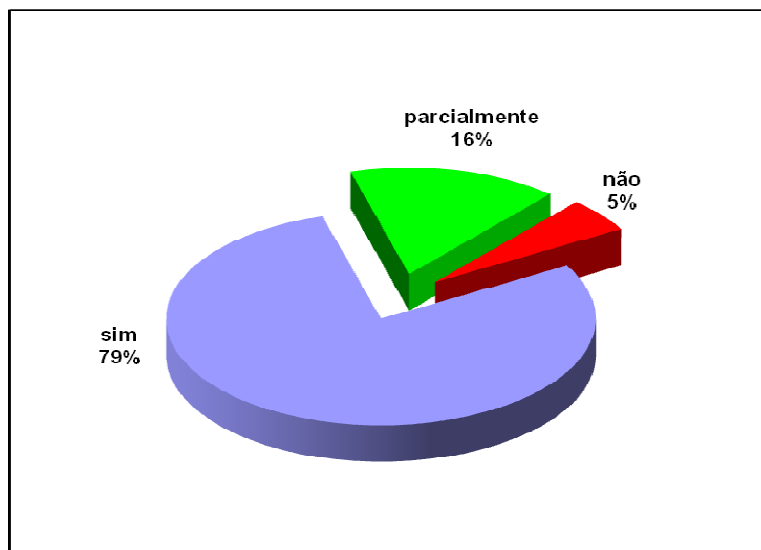


FIGURA 4.35 – Frequência, em porcentagem, das categorias da questão 1.

Para 79% dos estudantes as atividades diversificadas contribuíram decisivamente para a compreensão dos conceitos; 16% julgaram que as atividades colaboraram parcialmente e 5% acreditaram que as atividades não contribuíram em nada para a aprendizagem dos conceitos.

Os principais pontos positivos destacados pelos estudantes são os seguintes:

- “aula mais interessante e legal”;
- “aula teórica é monótona em oposição à aula prática que contribui para o entendimento do conteúdo”;
- “melhora/facilita o entendimento, aprende muito mais”;
- “na apostila estão todos os conceitos”;
- “sensação de poder pegar e sentir as moléculas, moléculas saem da tela, realismo”;
- “o ato de ver facilita o entendimento e melhora a interpretação de exercícios”;
- “apostila mostra desenhos / apostila bem feita”.

A resposta do aprendiz A22 resume bem a maioria das opiniões:

estudado?
sim, porque se ele não usa-se a modelagem
o material de informática etc, a aula
seria um tédio, esses materiais, diver-
sifica a aula de química tornando-a
legal e interessante.

FIGURA 4.36 – Resposta do aluno A22 para a questão 1.

Questão 2:

Comente sobre as atividades de confecção dos Mapas Conceituais. Em sua opinião, eles ajudaram a organizar melhor as suas ideias, facilitando a compreensão da matéria?

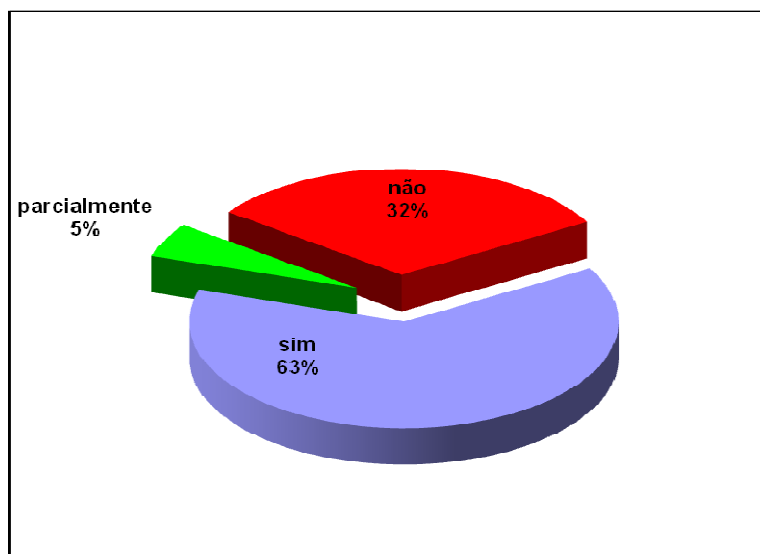


FIGURA 4.37 – Frequência, em porcentagem, das categorias da questão 2.

63% dos aprendizes afirmaram que os mapas contribuíram para a compreensão da matéria; 32% não aprovaram a estratégia e 5% aprovaram parcialmente.

Abaixo há relatos de alunos que aprovaram a estratégia de ensino:

- “você tem que examinar o conteúdo muito bem, tem que quebrar a cabeça várias vezes”;
- “serve como um lembrete”;
- “ajudam a fixar melhor a matéria na cabeça através de palavras chaves”;
- “os mapas nos ajudam a entender a apostila”;
- “pude separar a matéria em poucas palavras facilitando para eu compreender”;
- “me ajudou a expressar o que aprendi”;
- “quanto mais você fizer mais você vai aprender”.

No entanto, a análise da Figura 4.38, amparada na questão 6 e nos pontos negativos da questão 7, revela que a aprovação da metodologia dos MCs é apenas aparente. Um exame mais apurado mostra que o grau de resistência à estratégia foi de 63%. Tal constatação vincula-se à dificuldade dos aprendizes em lidar com tarefas que exijam atividade cognitiva, ou seja, que trabalhem com o pensamento.

Desse modo, eles preferem uma educação tradicional, conforme já observado por NOVAK (2000, p. 195): “Os anteriores êxitos nas abordagens de aprendizagem por memorização tornam-nos inseguros na mudança para as estratégias de aprendizagem significativa”, visto que consideram “um desafio tomarem a responsabilidade pela construção dos seus próprios significados”, embora compensadora, na opinião de alguns aprendizes.

Questão 3:

Você gostaria que, em outras disciplinas, também fossem usados Mapas Conceituais?

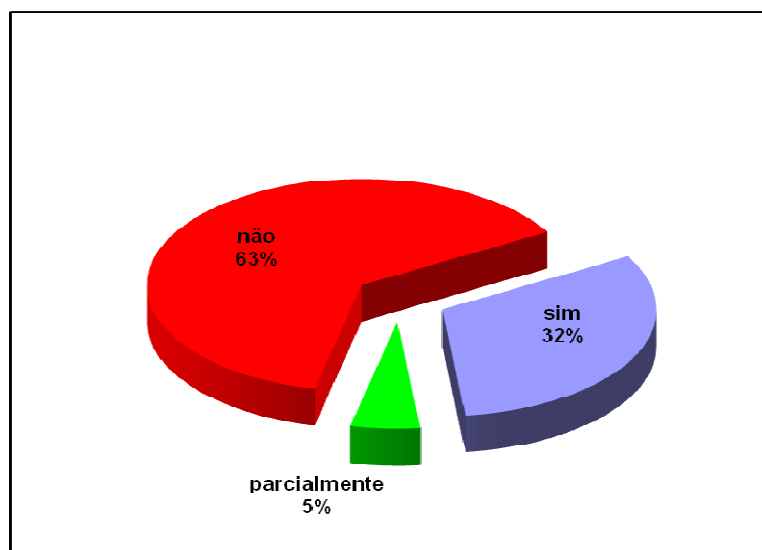


FIGURA 4.38 – Frequência, em porcentagem, das categorias da questão 3.

Da análise da questão 3 é possível verificar que a maioria dos alunos (63%) não aprovam a utilização dos mapas conceituais em outras disciplinas, 5% aceitam parcialmente e apenas 32% acolhem o uso da ferramenta em outros conteúdos. A rejeição pela metodologia está ligada à dificuldade de construção dos mapas, bem como à preferência por um ensino tradicional, centrado em avaliações objetivas, nas quais predomina a aprendizagem automática, calcada preferencialmente no reconhecimento de informações. As afirmações, a seguir, evidenciam tal constatação:

- “os mapas são muito difíceis e complicados”;
- “os mapas confundem a nossa cabeça”;
- “é difícil de fazer”;
- “o mapa é meio chato”;
- “eu preferia que fosse dada uma matéria com exercícios”;
- “eu prefiro matéria e provas normais”.

Sinceramente, não. Em outras matérias, para entendermos perfeitamente o conteúdo, é melhor na matéria mesmo. Os mapas conceituais é bom quando se quer resumir, mas em outras ideias a matéria mesmo, é mais clara.

FIGURA 4.39 – Resposta do aluno A31 para a questão 3.

Por outro lado, os aprendizes que aprovaram a estratégia argumentam o seguinte:

*Sim. Pois a bom para eles e uma
atividade boa que é pensativa e ajuda você entender melhor*

FIGURA 4.40 – Resposta do aluno A14 para a questão 3.

*Sim, eles ajudam a simplificar e também a aprofundar
as matérias*

FIGURA 4.41 – Resposta do aluno A26 para a questão 3.

Questão 4:

Você tem interesse (motivação) em estudar; ou faz isso por obrigação, somente para obter uma nota?

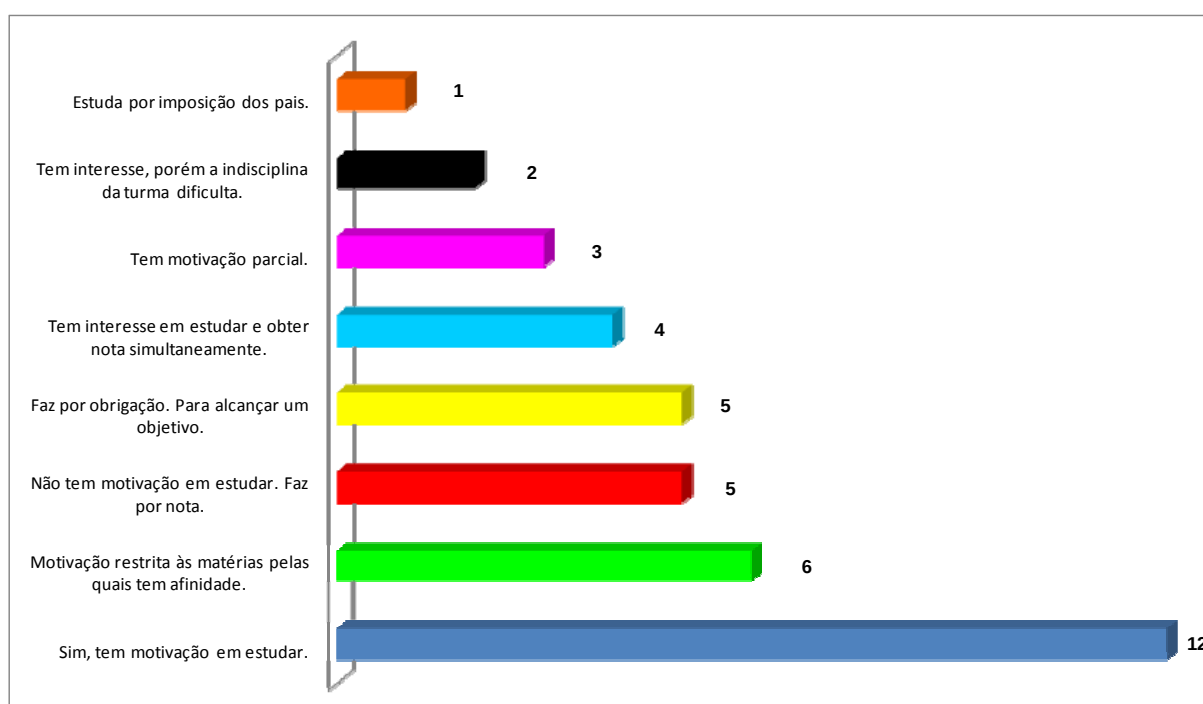


FIGURA 4.42 – Frequência, em número de estudantes, das categorias da questão 4.

Da amostra de 38 estudantes, 12 afirmam que têm motivação em estudar. Para 6 a motivação está restrita às disciplinas pelas quais têm afinidade. 7 têm motivação parcial, ou seja, tanto pelo conhecimento quanto pela nota. 2 relataram dificuldades em manter a motivação frente à indisciplina da turma. Já para 11 alunos a motivação está ligada a uma imposição, seja ela de caráter familiar, associada à vida escolar ou à vida profissional futura.

Questão 5:

Você estudou em casa, após cada aula do curso, como forma de reforçar e consolidar o que foi aprendido em sala de aula, bem como para as atividades avaliativas?

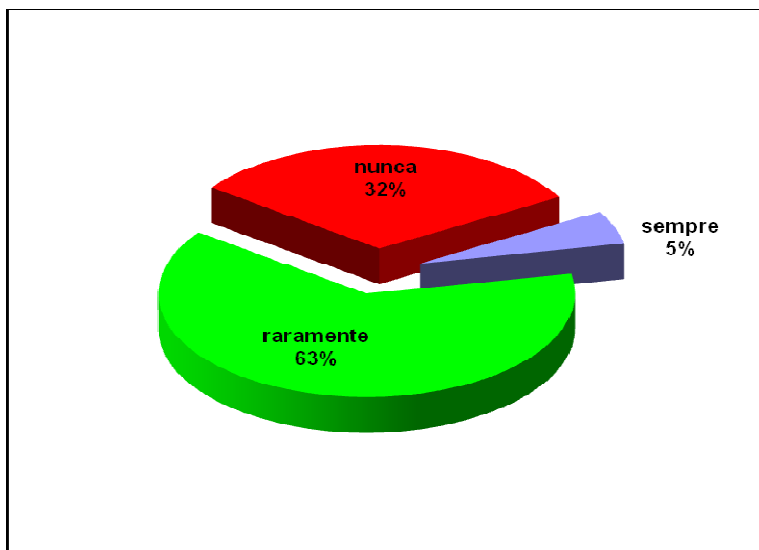


FIGURA 4.43 – Frequência, em porcentagem, das categorias da questão 5.

Pela análise do gráfico esboçado na Figura 4.43, é possível constatar que apenas 5% dos alunos mantêm hábito de estudo periódico. Uma análise minuciosa revela que esse hábito restringe-se, somente, aos alunos A3 e A31, os quais, por consequência, foram os que obtiveram as melhores pontuações nos mapas conceituais, conforme evidenciado no item 4.3 deste capítulo. Portanto, é possível afirmar que o cultivo de hábito de estudo periódico corrobora sobremaneira para uma aprendizagem considerada satisfatória, a qual pode conduzir a um bom rendimento em exames.

No entanto, esse costume não faz parte da rotina de 95% dos estudantes, os quais afirmaram estudar raramente ou nunca.

Questão 6:

Em uma escala de 0 a 10, qual nota você atribui ao curso?

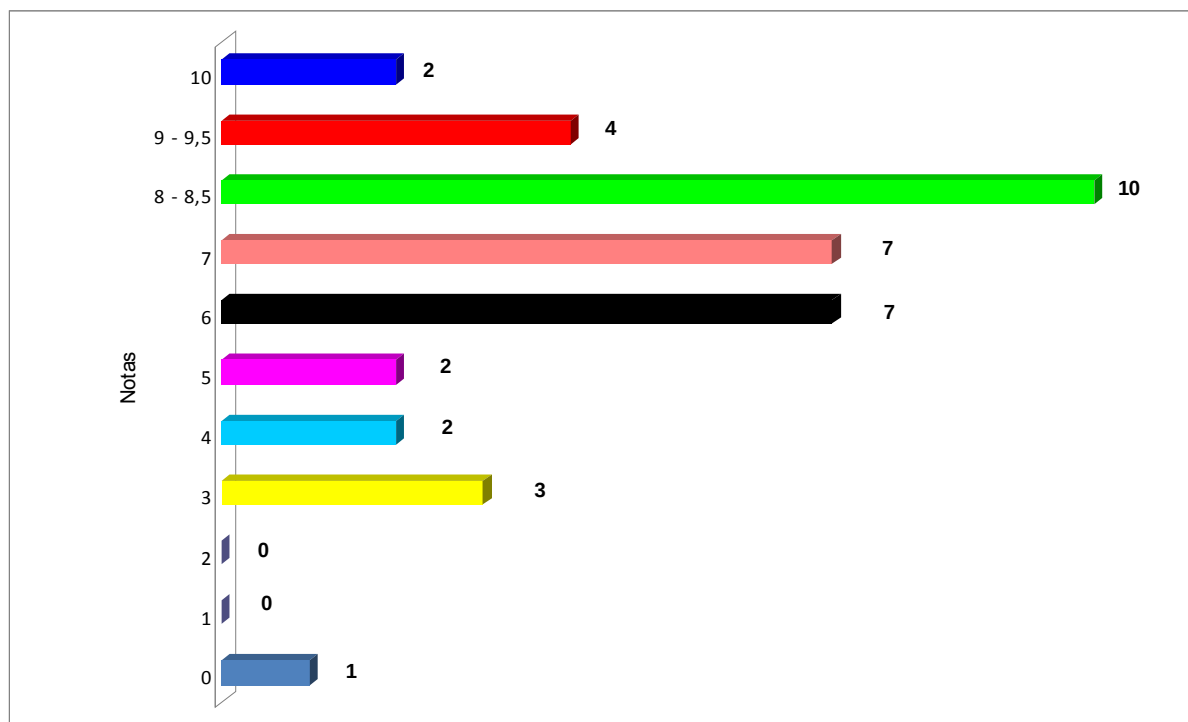


FIGURA 4.44 – Avaliação do curso pelos estudantes: notas x frequência, em número de alunos.

Por meio da análise da Figura 4.44 é possível constatar que o curso foi bem avaliado pelos estudantes. 79% avaliaram o curso com notas entre 6 e 10. Para 10 alunos o curso recebeu notas entre 8 e 8,5. 4 estudantes estabeleceram notas entre 9 e 9,5, e 2 emitiram nota 10 à instrução. Quatro alunos deixaram claro que estabeleceram notas menores devido à indisciplina e aos mapas conceituais, o que evidencia intolerância e rejeição por atividades avaliativas que exigem esforço cognitivo, em contraste com a preferência por uma avaliação com questões objetivas, a qual requer uma menor demanda de pensamento. Em outras palavras, observa-se a preferência dos aprendizes em resolver problemas de maneira automática, com ênfase na repetição e não na compreensão.

[...] as crianças jovens aprendem depressa a fazer bons mapas conceituais, enquanto os alunos do ensino secundário ou universitário têm, muitas vezes, dificuldades, em parte como resultado de muitos anos habituados à aprendizagem por memorização (NOVAK e WANDERSEE⁷, 1990; citado por NOVAK, 2000, p. 31).

⁷ NOVAK, J. D.; Wandersee, J. H. (Eds.). Special issue on concept mapping. **Journal of Research in Science Teaching**, Nova Iorque, v. 28, n. 1, 1990.

Questão 7:

Em sua opinião, quais foram os aspectos positivos e negativos do curso?

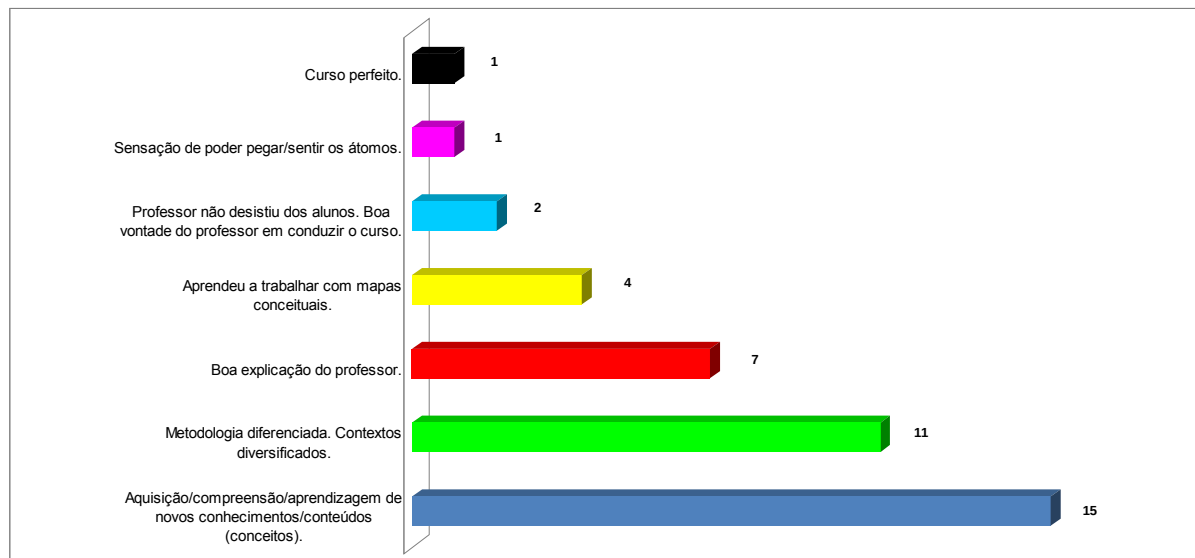
Principais aspectos positivos:

FIGURA 4.45 – Frequência, em número de estudantes, das categorias da questão 7 – aspectos positivos do curso.

Na opinião de 15 alunos, o principal aspecto positivo do curso foi a aquisição de novos conhecimentos. O ensino do conteúdo por meio de contextos diversificados, com destaque para as atividades de informática (realidade virtual), mereceu a atenção de 11 estudantes. 9 aprendizes realçaram a qualidade das explicações do pesquisador, bem como a determinação dele em conduzir o curso até o final. Já para 4 alunos o que mereceu evidência foi o fato de terem aprendido a fazer mapas conceituais. Ênfase também para a sensação de profundidade que as moléculas em 3D proporcionaram.

O registro do aluno A6 é expressivo:

positivo, porque foi bem ter uma aula diferente, com mais explicações com trabalhos, apostilas, com o vídeo virtual-3D, tipo a mesma matéria mais é diferente.

FIGURA 4.46 – Resposta do aluno A6 para a questão 7 – aspectos positivos do curso.

Principais aspectos negativos:

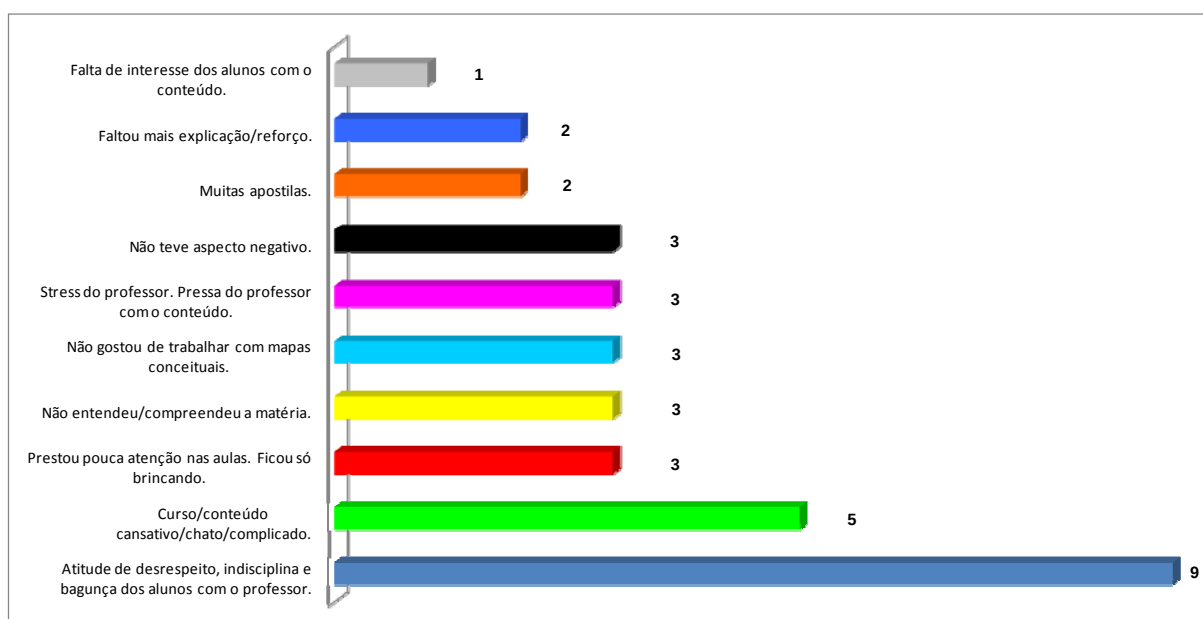


FIGURA 4.47 – Frequência, em número de estudantes, das categorias da questão 7 – aspectos negativos do curso.

A indisciplina da turma durante o curso foi o aspecto negativo mais enfatizado pela maioria dos alunos: 9 dos 38 que responderam ao Questionário. Alguns desses alunos sugeriram tomarem-se atitudes duras com relação às brincadeiras descontextualizadas dos colegas. Porém, quando efetivamente tal ação se efetuou, no decorrer das aulas, notou-se um sentimento de revolta por parte da turma, que se rebelava, ora com atitude de descaso, ora com reclamações na Direção. É importante frisar que a indisciplina da turma foi o aspecto mais delicado de se trabalhar, juntamente com a ausência de motivação por parte dos educandos.

Agora, se a intenção do aprendiz for apenas a de memorizar de maneira arbitrária e literal a nova informação, seja ela potencialmente significativa ou não, a aprendizagem só poderá ser mecânica. Logo, a estratégia facilitadora não influenciaria no aprendizado. Esse foi o ponto mais desafiador e a principal dificuldade encontrada durante esta pesquisa (MOREIRA, 1997⁸, 2000⁹; citado por MARTINS, 2006, p. 34).

⁸ MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. In: ENCUESTRO INTERNACIONAL SOBRE EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO. 1997, Burgos. **Actas...** Burgos: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Burgos, 1997. p. 17-43.

⁹ MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizaje Significativo**: teoría y práctica. Madrid: Visor Fotocomposicion, 2000.

Na sequência, eles destacaram que o conteúdo de ensino era muito complicado (5 estudantes). Embora – Ligações Químicas – seja um assunto de base (pilar) para a ciência Química. Outras categorias foram apontadas: não prestar atenção nas aulas, não entender a matéria, não gostar de mapas conceituais, excesso de apostilas, falta de interesse dos colegas, todas com baixa frequência.

Com tudo isso, é possível afirmar que, por mais fértil que seja a instrução, quer contemple contextos diversificados, quer busque novas formas de avaliação, ou ainda, se afaste do modelo de ensino tradicional, sem entusiasmo, motivação ou curiosidade intelectual por parte dos alunos, ela está fadada a produzir resultados tímidos. Assim, comprova-se que o estudante é o esteio ou pilar de todo o processo de ensino-aprendizagem, e que o seu papel é preponderante para a construção de uma aprendizagem significativa e duradoura.

CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

O capítulo 5 foi estruturado com o escopo de apresentar as conclusões referentes a esta pesquisa e, em seguida, expor as considerações finais. Abriga também, um panorama do impacto educacional que o estudo trouxe à instituição onde se realizou a pesquisa.

5.1 CONCLUSÕES

Pelos resultados, conclui-se que a técnica de Mapas Conceituais é válida para examinar a organização conceitual que os alunos assimilaram após um período instrucional, até mesmo em cenários muito áridos. Os resultados vão ao encontro da Teoria de Ausubel, a qual propõe que a aprendizagem somente será significativa se os estudantes estiverem predispostos a aprenderem com entendimento; em outras palavras, se forem ensinados e incentivados a aprenderem dessa forma, em detrimento a uma aprendizagem mecânica. É importante salientar que a aprendizagem só será significativa se houver um esforço consciente por parte do aprendiz.

O uso da informática no contexto das escolas públicas em que se deu a pesquisa, mostrou-se comprometida, com poucos avanços, quer pela falta de interação entre os estabelecimentos de ensino, quer pela ausência de estrutura física, ou até mesmo pela impossibilidade de abertura ou acolhimento das instituições à pesquisa. O uso que se fez do material de informática foi de forma improvisada, mas mostrou-se potencialmente motivador, uma vez que despertou a atenção de toda a comunidade escolar, tanto pelo aspecto de novidade, quanto pelo fato de ilustrar a teoria estudada em sala de aula.

Cabe ressaltar que os contextos diversificados de ensino contemplados neste estudo, em especial as atividades de informática, foram muito bem aceitos pelos estudantes, o que evidencia a preferência dos aprendizes por situações que fujam à rotina monótona do quadro e giz, realidade na maioria das escolas públicas.

No que toca à avaliação dos mapas conceituais, este trabalho apresenta uma metodologia possível, a qual contempla tanto o aspecto qualitativo quanto quantitativo, distribuída em dez categorias. Quando a perspectiva de avaliação dos mapas foi efetivamente implementada, ela pode ter contribuído para inibir os estudantes, já que, por meio de questionamento ao pesquisador eles

manifestaram claramente a preferência em retomar a aprendizagem mecânica, uma vez que esta esteve presente durante toda a sua vida escolar e, por conseguinte, eles a dominam.

Fica claro, portanto, que os alunos buscam ampliar seus horizontes, uma vez que aprovaram maciçamente as estratégias diversificadas de ensino, contudo, eles se sentem inseguros ao se depararem com atividades avaliativas, nas quais tenham que explicitar seu entendimento acerca de determinado conteúdo.

Finalmente, no contexto em que se deu a pesquisa, ficou nítido que o ensino, mesmo em face à tecnologia atual, continua no velho quadro e giz. As poucas melhorias ficam a cargo do professor, que cria ferramentas alternativas, quando possível.

5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de envolver o aluno em atividades de informática ainda é incipiente. Outros recursos diversificados, exceto quadro, giz e livro didático, são de responsabilidade do professor.

A metodologia de mapas conceituais só é possível de ser inserida em sala de aula, quando acompanhada por uma proposta de avaliação quantitativa, tendo em vista que o sistema educacional exige uma “nota” como critério de promoção à série seguinte. Visando-se melhores resultados, é necessário que a metodologia dos Mapas Conceituais bem como a Aprendizagem Significativa, ocupem lugar na escola desde os primeiros anos de formação dos estudantes, sendo incorporada gradualmente ao cotidiano escolar. Também, é necessário que uma parcela significativa de professores tenha acesso a essa técnica, para que possam disseminá-la. De tal modo, esse grupo poderá discutir potencialidades e limitações da ferramenta, assim como possíveis melhorias.

Ficou evidente com este trabalho que os maus resultados na Educação de forma geral, não podem ficar sob a responsabilidade do professor, que muitas vezes é visto como tendo uma formação acadêmica comprometida. Todo o contexto – infra-estrutura inadequada, recursos materiais insuficientes, política educacional que favorece alunos pouco comprometidos com a aprendizagem, somados a uma vida acadêmica fixada em aprendizagem mecânica, quer por parte dos estudantes, quer dos professores – contribui para que o conteúdo conceitual a ser adquirido esteja aquém do desejado. Os mapas conceituais, bem como as atividades de

informática, podem ser um início de superação, quando encontrarem condições adequadas de uso, como, por exemplo, maior motivação por parte dos alunos e infra-estrutura ajustada.

5.3 IMPACTO EDUCACIONAL DO TRABALHO DE PESQUISA NA INSTITUIÇÃO DE ENSINO

O impacto na Instituição, em que efetivamente ocorreu a pesquisa, relaciona-se ao fato de a comunidade tanto estudantil, quanto docente, ter oportunidade de vivência com um pesquisador em formação. Esse episódio contribui para que haja um melhor esclarecimento das atividades que um pesquisador em Ensino de Química desenvolve, despertando assim, possíveis talentos para esse campo de estudo.

Ao término dos trabalhos, o professor regente de turma, que acompanhou todo o curso, foi entrevistado e teceu elogios à abordagem do conteúdo pelo pesquisador. Relatou que as aulas diferenciadas melhoraram a sua Prática de Ensino, bem como fez apontamentos que confirmam as observações expostas ao longo desse estudo.

REFERÊNCIAS

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 968p.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003. 219p.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980. 625p.

BELL, Judith. **Projeto de Pesquisa**: guia para pesquisadores iniciantes em educação, saúde e ciências sociais. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 224p.

BELMONT, Rachel; LEMOS, Evelyse. A Aprendizagem Significativa nos trabalhos apresentados no 1º Encontro Nacional de Aprendizagem Significativa: reflexões iniciais. In: ENCONTRO NACIONAL DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA - ENAS, 2., 2008, Canela. **Atas...** Canela, 2008. p.127-138. Disponível em: <http://www.ioc.fiocruz.br/eiasenas2010/event_ant.html>. Acesso em: 27 jun. 2010.

BOSSOLANI, Keila. **Características da Aprendizagem Significativa em Proposições Expressas por Escrito pelos Alunos do Ensino Fundamental**: um estudo de conceitos químicos proposto a partir de atividades experimentais. São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Educação – UFSCar, 2004. Dissertação de mestrado, 214f.

BROWN, Theodore L. *et al.* **Química**: a ciência central. 9. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007. 972 p.

CORREIA, Joana de Araújo. **Estereoscopia Digital no Ensino da Química**. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. Disponível em: <<http://nautilus.fis.uc.pt/cec/teses/joana/prototipo/index.htm>>. Acesso em: 15 jan. 2010.

CORREIA, Paulo Rogério Miranda *et al.* **Mapas conceituais como ferramentas de avaliação**: desafios e possibilidades de mudanças na sala de aula. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - ENPEC, 7., 2009, Florianópolis. Disponível em: <<http://www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/1262.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2010.

COSTAMAGNA, Alicia M. Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 2, p. 309-318, 2001.

DAMASCENO, Herbert Costa; BRITO, Márcia Soares; WARTHA, Edson José. **As representações mentais e a simbologia química**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA - ENEQ, 14., 2008, Curitiba. Disponível em: <<http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0623-1.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2010.

EBENEZER, Jazlin V. Making Chemistry learning more Meaningful. **Journal of Chemical Education**, v. 69, n. 6, p. 464-467, 1992.

FARIA, Wilson de. **Teorias e Modelos de Ensino**. Marília, Faculdade de Educação, Filosofia, Ciências Sociais e Documentação – UNESP, 1981. Tese de livre-docência, 359f.

FARIA, Wilson de. **Aprendizagem e Planejamento de Ensino**. São Paulo: Ática, 1989. 86p. (Série Fundamentos 35).

FARIA, Wilson de. **Mapas Conceituais**: aplicações ao ensino, currículo e avaliação. São Paulo: EPU, 1995. 59p. (Temas básicos de educação e ensino).

FERNANDEZ, Carmen; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. Concepções dos estudantes sobre ligação química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 24, p. 20-24, 2006.

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Completamente Química**: manual do professor. São Paulo: FTD, 2001. 288p. (Coleção Completamente Química, ciências, tecnologia e sociedade).

FREITAS FILHO, João Rufino. Mapas conceituais: estratégia pedagógica para construção de conceitos na disciplina Química Orgânica. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v. 12, p. 86-95, nov. 2007. Disponível em: <www.cienciasecognição.org>. Acesso em: 15 out. 2008.

GIBIN, Gustavo Bizarria. **Investigação sobre a Construção de Modelos Mentais para o Conceito de Soluções por meio de Animações**. São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Química – UFSCar, 2009. Dissertação de mestrado, 124f.

HARTWIG, Dácio Rodney. **Componentes Metodológicos como Estratégia para a Aprendizagem Significativa no Ensino da Química**. Campinas, Programa de Pós-Graduação em Educação – UNICAMP, 1981. Dissertação de mestrado, 266f.

HARTWIG, Dácio Rodney. Um procedimento para a resolução de problemas de Química no ensino de 2º. grau. **Química Nova**, v. 7, n. 1, p. 36-46, 1984.

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, Programa de Pós-Graduação em Educação – UFSCar, 2008. Dissertação de mestrado, 115f.

MACHADO, Andréa Horta; MORTIMER, Eduardo Fleury. Química para o ensino médio: fundamentos, pressupostos e o fazer cotidiano. In: ZANON, Lenir Basso; MALDANER, Otávio Aloísio (Org.). **Fundamentos e Propostas de Ensino de Química para a Educação Básica no Brasil**. Ijuí: Unijuí, 2007. p. 21-41.

MARTINS, Renata Lacerda Caldas. **A Utilização de Mapas Conceituais no Estudo de Física no Ensino Médio**: uma proposta de implementação. Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – UnB, 2006. Dissertação de mestrado, 175f.

MASTERTON, William L.; SLOWINSKI, Emil J.; STANITSKI, Conrad L. **Princípios de Química**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos (LTC), 1990. 681 p.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O Desafio do Conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 9. ed. São Paulo: Hucitec, 2006. 406p.

MINTZES, Joel J.; WANDERSEE, James H.; NOVAK, Joseph D. **Ensinando Ciência para a Compreensão**: uma visão construtivista. Lisboa: Plátano, 2000. 304p.

MOREIRA, Marco Antônio. **Ensino e Aprendizagem**: enfoques teóricos. São Paulo: Moraes, 1985. 94p.

MOREIRA, Marco Antônio. A teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. In: MASINI, Elcie F. Salzano; MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem Significativa**: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos. São Paulo: Vetor, 2008. p. 15-44.

MOREIRA, Marco Antônio; BUCHWEITZ, Bernardo. **Mapas Conceituais**: instrumentos didáticos, de avaliação e de análise de currículo. São Paulo: Moraes, 1987. 83p.

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie F. Salzano. **Aprendizagem Significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982. 112p.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MOL, Gérson; DUARTE, Lucienir Pains. Regra do octeto e teoria da ligação química no ensino médio: dogma ou ciência? **Química Nova**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 243-252, 1994.

NOVAK, Joseph Donald. **Uma Teoria de Educação**. São Paulo: Pioneira, 1981. 252p.

NOVAK, Joseph Donald. **Aprender, Criar e Utilizar o Conhecimento**: mapas conceituais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas. Lisboa: Plátano, 2000. 252p.

NOVAK, Joseph D.; GOWIN, D. Bob. **Aprender a Aprender**. 2. ed. Lisboa: Plátano, 1999. 212p.

NUNES, Paula; PINO, José Cláudio del. Mapa conceitual como estratégia para a avaliação da rede conceitual estabelecida pelos estudantes sobre o tema átomo. **Experiências em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 53-63, 2008. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/eenci/artigos/Artigo_ID54/v3_n1_a2008.pdf >. Acesso em: 25 jun. 2010.

OLIVER NETTO, Marcos. **Mapas Conceituais como Estratégia de Ensino para a Compreensão de Textos em Biologia**. Bauru, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – UNESP, 2003. Dissertação de mestrado, 198f.

ONTORIA, Antônio *et al.* **Mapas Conceituais: uma técnica para aprender**. São Paulo: Loyola, 2005. 238p.

PELEGRI, Ronaldo Teixeira. **A Mediação Semiótica no Desenvolvimento do Conhecimento Químico**. Campinas, Programa de Pós-Graduação em Educação – UNICAMP, 1995. Dissertação de mestrado, 116f.

RAPOSO, Alberto B. *et al.* **Visão Estereoscópica, Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Colaboração**. Grupo de Tecnologias em Computação Gráfica – TECGRAF. 2004. Disponível em: < <http://www.tecgraf.puc-rio.br/>>. Acesso em: 22 out. 2010.

RONCA, Antônio Carlos Caruso. O modelo de ensino de David Ausubel. In: PENTEADO, Wilma Millan Alves (Org.). **Psicologia e Ensino**. São Paulo: Papervivos, 1980. p. 59-83.

SFALCIN, Sérgio Luís Silveira; ROGADO, James. **Aplicação da realidade virtual no ensino-aprendizagem de conceitos de química**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 46., 2006, Salvador. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2006/trabalhos2006/13/116-IC-334-502-13-T2.htm>>. Acesso em: 15 out. 2009.

SILVA, Gilmar da. **Mapas Conceituais como Instrumentos de Promoção e Avaliação da Aprendizagem Significativa de Conceitos de Calorimetria em Nível Médio**. Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – UnB, 2007. Dissertação de mestrado, 214f.

SILVA, Jackson Góis da. **Desenvolvimento de um Ambiente Virtual para Estudo sobre Representação Estrutural em Química**. São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – USP, 2007. Dissertação de mestrado, 172f.

SISCOOTTO, Robson Augusto *et al.* **Estereoscopia**. Grupo de Tecnologias em Computação Gráfica – TECGRAF. 2004. Disponível em: < <http://www.tecgraf.puc-rio.br/>>. Acesso em: 22 out. 2010.

SOUZA, Karina Aparecida de Freitas Dias de; CARDOSO, Arnaldo Alves. A formação em Química discutida com base nos modelos propostos por estudantes de pós-graduação para o fenômeno de dissolução. **Química Nova**, v. 32, n. 1, p. 237-243, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA CIENTÍFICA.



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

Via Washington Luiz, km 235 – Caixa Postal 676
Fone: (16) 3351-8206
13565-905 – São Carlos – SP – Brasil

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido sobre Participação em Pesquisa Científica

Caro(a) Aluno(a):

Uma das maneiras de contribuirmos para a melhoria da Educação, é participarmos da realização de pesquisas que investiguem potenciais inovações no ensino. Assim, temos a satisfação de convidá-lo para participar do minicurso: “Ensino e Aprendizagem Significativa do Conceito de Ligação Química”. Esclarecemos que o referido minicurso trata-se de assunto científico atual e de grande importância em exames vestibulares e outros de avaliação de aprendizagem, tais como ENEM, por exemplo. O minicurso foi planejado cuidadosamente de forma a proporcionar agradáveis momentos de aprendizagem, que certamente contribuirão para o aprendizado de Química.

Durante o minicurso, dados de pesquisa educacional serão coletados com o objetivo de compreender as metodologias de ensino que apresentam melhores resultados. O objetivo da proposta é o de aproximar alunos do ensino médio e alunos de pós-graduação das pesquisas que vêm sendo desenvolvidas na área da Educação em Química, por meio do minicurso descrito acima, que terá enfoque na aprendizagem de conceitos de Química.

As informações obtidas por meio deste estudo serão utilizadas para fins de pesquisa educacional e como é tradição da Universidade Federal de São Carlos, serão tratadas com profissionalismo e o mais profundo respeito aos valores éticos e acadêmicos. Deste modo, todos os dados coletados serão utilizados exclusivamente para subsidiar a realização da pesquisa e nenhum aluno será identificado em quaisquer das instâncias em que ela for apresentada.

Abaixo, constam os pesquisadores principais, que estarão à sua disposição para tirar quaisquer dúvidas sobre este trabalho.

José Odair da Trindade
Pós-Graduando – DQ/UFSCar
jodairt@hotmail.com
Fone: 35-91436470

Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig
DEME-UFSCar
Fone: 16-3351-8663

Ciente que minha identidade será mantida em sigilo, autorizo a utilização do material escrito, por mim produzido durante o minicurso para os fins da pesquisa.

Nº.	Nome do aluno(a)	Assinatura

*Adaptado de: CORRÊA, Roberta Guimarães. **Estudo do Perfil Motivacional para o Aprendizado de Química**. São Carlos, Programa de Pós-Graduação em Química – UFSCar, 2009. Dissertação de mestrado, 160f.

APÊNDICE B: MATERIAL INSTRUCIONAL SOBRE MAPAS CONCEITUAIS.



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

Professor Pesquisador: JOSÉ ODAIR DA TRINDADE - Mestrando UFSCar
Orientador: Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig

COMO CONSTRUIR MAPAS CONCEITUAIS

1. Destaque os conceitos-chave ou palavras-chave (substantivos).
2. Ordene os conceitos, colocando o(s) mais geral(is), mais inclusivo(s), no topo do mapa e, gradualmente, vá agregando os demais, isto é, os mais específicos, até completar o diagrama.
3. Escolha uma forma para representar graficamente o mapa. Geralmente, os conceitos são representados por meio de caixas e os exemplos, por círculos.
4. Conecte os conceitos com linhas e qualifique essas linhas com uma frase ou palavra de ligação que explicita a relação entre os conceitos. Os conceitos e as frases de ligação devem sugerir uma proposição (sentença) que expresse o significado da relação.
5. Setas podem ser usadas quando se quer dar um sentido de direção a determinadas relações conceituais. No entanto, não são obrigatórias. Use-as com moderação.
6. Exemplos podem ser agregados ao mapa, embaixo dos conceitos correspondentes. Em geral, os exemplos ficam na parte inferior do mapa.
7. Busque relações entre os conceitos. Por exemplo, X causa Y ou Z depende de N.
8. Geralmente, o primeiro intento de mapa tem simetria pobre e alguns conceitos, ou grupos de conceitos, acabam mal situados em relação a outros que estão mais relacionados. Nesse caso, é útil reconstruir o mapa.
9. No final, talvez você já comece a imaginar outras maneiras de fazer o mapa, outros modos de hierarquizar os conceitos. Lembre-se de que não há um único modo de traçar um mapa conceitual. À medida que muda sua compreensão sobre as relações entre os conceitos, ou à medida que você aprende, seu mapa também muda. Um mapa conceitual é um instrumento dinâmico, reflete a compreensão de quem o faz no momento em que o faz.

* Fontes: Moreira, Marco Antônio. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2010.
Pereira, Ana Maria *et al.* **Ciências**: 9º. ano, volume 4, manual do professor. São Paulo: do Brasil, 2009. 304 p. (Coleção Perspectiva).

Conceitos superordenados;
muito gerais e inclusivos.

Conceitos subordinados;
intermediários.

Conceitos específicos;
pouco inclusivos; exemplos.

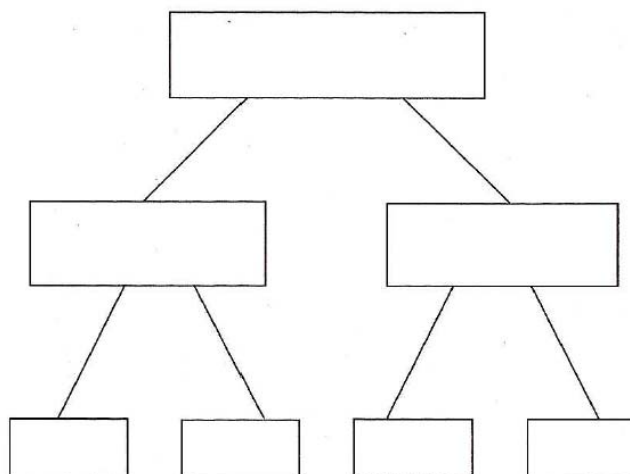


FIGURA 1 – Exemplo da estrutura de um mapa conceitual.

Fonte: MOREIRA, Marco Antônio. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua Implementação em Sala de Aula**. Brasília: UnB, 2006. 186p.

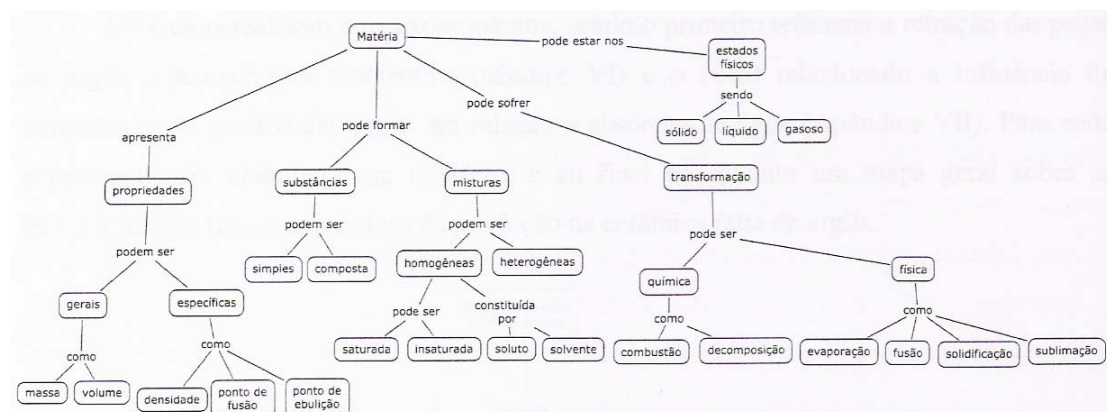


FIGURA 2 – Exemplo de Mapa Conceitual sobre Matéria.

Fonte: 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, Programa de Pós-Graduação em Educação – UFSCar, 2008. Dissertação de mestrado, 115f.

TRANSPORTES

“Os meios de transporte são utilizados para viajar e também para transportar mercadorias. Apesar da variedade dos transportes, podemos distinguir três classes: transporte terrestre, marítimo e aéreo. Entre os terrestres estão: a ferrovia, que tem muita capacidade, e os transportes rodoviários, realizados principalmente por carros, caminhões e ônibus. O transporte marítimo é aquele que se realiza por mar e pelos rios navegáveis; para esse tipo de transporte, utilizam-se os navios. Finalmente, o transporte aéreo é realizado por aviões, helicópteros e dirigíveis.”

* Fonte: GÓMEZ, Juan Pedro R.; RUBIO, Ana Molina; PENÃ, Antônio Ontoria. **Potencializar a capacidade de aprender a pensar**. São Paulo: Madras, 2004. 211p.

APÊNDICE C: RELAÇÃO DO MATERIAL DE INFORMÁTICA DISPONÍVEL NA WEB SOBRE ESTRUTURA ATÔMICA.



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

Mestrando: JOSÉ ODAIR DA TRINDADE
Orientador: Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig

Relação do Material de Informática disponível na Web sobre Estrutura Atômica

✓ Vídeo Mundos Invisíveis

A) Disponível no Youtube

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

No campo Pesquisar digite: Mundos Invisíveis.

É uma série de nove episódios, que traça um panorama histórico do desenvolvimento da Química, bem como dos modelos atômicos.

✓ Modelo Atômico de Thomson

A) Vídeo e-Química

<http://e-quimica.iq.unesp.br>

No menu esquerdo clicar em Química Geral → Vídeos → Experimento de Thomson.

B) Simulações LabVirt Química

<http://www.labvirtq.fe.usp.br/appletslistalabvirt2.asp>

Localizar e ver a simulação com o seguinte título:

- O Problema.

✓ Modelo Atômico de Rutherford

A) Vídeo e-Química

<http://e-quimica.iq.unesp.br>

No menu esquerdo clicar em Química Geral → Vídeos → Experimento de Rutherford.

B) Simulações LabVirt Química

<http://www.labvirtq.fe.usp.br/appletslistalabvirt2.asp>

Localizar e ver a simulação com o seguinte título:

- Um Passeio Diferente.

✓ Modelo Atômico de Rutherford-Böhr

A) Vídeo e-Química

<http://e-quimica.iq.unesp.br>

No menu esquerdo clicar em Química Geral → Vídeos → Linhas Espectrais.

B) Simulações LabVirt Química

<http://www.labvirtq.fe.usp.br/appletslistalabvirt2.asp>

Localizar e ver as simulações com os seguintes títulos:

- Raio-X;

- A Química das cores nos fogos de artifício;

- Show Atômico.

APÊNDICE D: MATERIAL INSTRUCIONAL ORGANIZADO PARA O MINICURSO SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS.

1 LIGAÇÕES QUÍMICAS

1.1 Teoria do Octeto

A grande diversidade de substâncias que existem na natureza se deve à capacidade dos átomos, de um mesmo elemento ou de elementos diferentes, de se combinarem entre si. Poucos elementos, como os da família dos gases nobres, aparecem na forma de átomos isolados.

O termo nobre, aplicado a esses gases, indica que eles têm uma tendência muito grande de serem quimicamente inertes.

Quando dois átomos se combinam (reagem) entre si, diz-se que entre eles se estabeleceu uma ligação química. Como a parte mais externa dos átomos é a sua eletrosfera, e para ocorrer uma ligação química é necessário que os átomos se aproximem, é fácil perceber que os elétrons mais externos do átomo são os responsáveis pela ocorrência das ligações químicas.

O contato mais íntimo entre átomos que se ligam é feito, então, pelos elétrons dos níveis mais externos dos átomos, o que irá caracterizar o comportamento de cada elemento químico.

As ligações químicas são decorrentes de dois fatores importantes:

- a) a força de atração eletrostática que existe entre cargas elétricas com sinais opostos;
- b) a tendência que os elétrons apresentam de formarem pares.

Assim, para que ocorra uma ligação química, os átomos podem perder ou ganhar elétrons ou, então, compartilhar seus elétrons. A ocorrência de uma dessas possibilidades depende das características dos átomos envolvidos.

A maioria dos átomos adquire estabilidade eletrônica quando apresenta oito elétrons na camada mais externa. Associando este fato ao conhecimento de que os gases nobres aparecem isolados na natureza, ou seja, são estáveis na forma atômica, pode-se concluir que os outros átomos atingem a estabilidade ao adquirirem uma distribuição eletrônica externa, semelhante a dos gases nobres, por meio da perda, ganho ou compartilhamento de elétrons. Esta ideia foi desenvolvida pelos cientistas Lewis e Kossel, em 1916, e é conhecida por Teoria do Octeto.

1.2 LIGAÇÃO IÔNICA

Uma das formas pelas quais os átomos podem se ligar é por meio da transferência de elétrons. Isto é, um átomo cede elétrons para outro átomo, de tal forma que ambos fiquem estáveis.

Quem cede? Quem recebe?

Os metais são átomos que apresentam poucos elétrons na última camada e, por isso, poderão ceder esses elétrons de valência com alguma facilidade, tornando-se cátions. Os não-metais geralmente possuem 5, 6 ou 7 elétrons na última camada e, por isso, tendem a receber 3, 2 ou 1 elétron para adquirirem configuração de gás nobre, originando-se ânions. A atração eletrostática entre cátions e ânions é responsável pela formação do composto iônico com retículo cristalino.

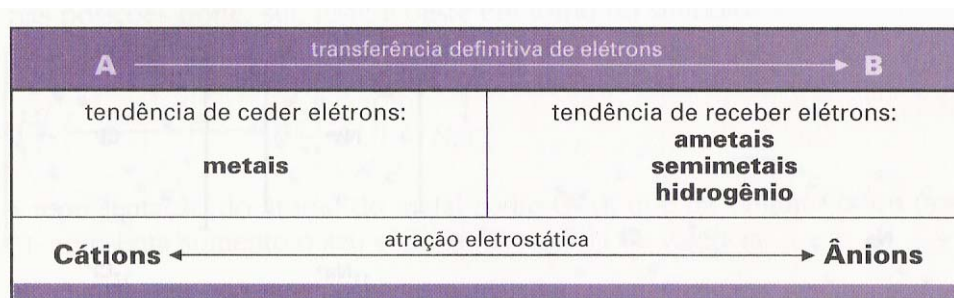


FIGURA 1 – Quadro sintético sobre ligação iônica.

Um dos exemplos mais representativos de ligação iônica é a formação do sal de cozinha (cloreto de sódio), a partir de átomos de sódio (Na) e de cloro (Cl).

 ${}_{11}\text{Na} -$
 ${}_{17}\text{Cl} -$

Eletronicamente, essa reação é explicada esquematicamente, com cores-fantasia, do seguinte modo:

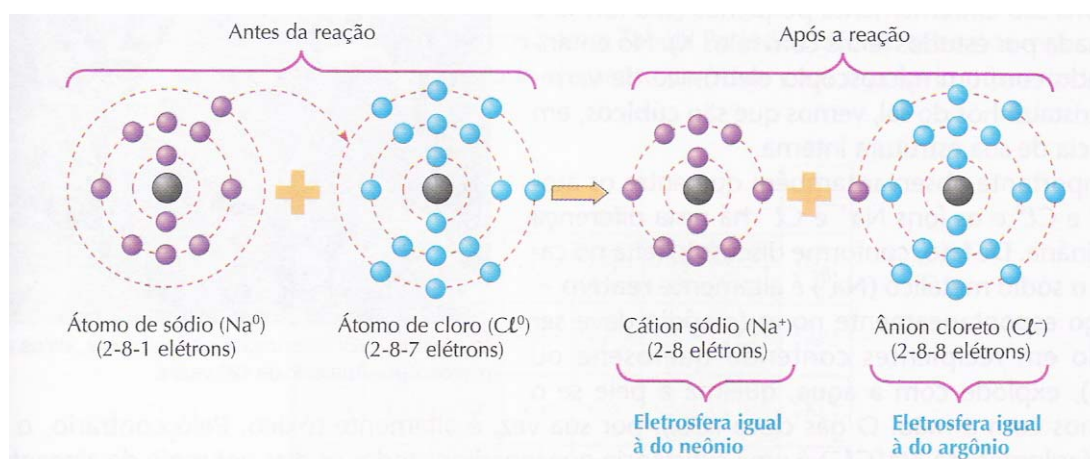


FIGURA 2 – Esquema de formação da ligação iônica do composto cloreto de sódio.

Dessa maneira, tanto o sódio como o cloro atingem a estabilidade, pois ambos ficam com oito elétrons na sua camada eletrônica mais externa, adquirindo a configuração de gases nobres.

Os íons positivos e negativos neutralizam-se mutuamente, formando conjuntos estáveis, em que a soma das cargas elétricas é igual a zero. Assim, outra característica importante da ligação iônica, além da transferência definitiva de elétrons, é a formação de estruturas eletricamente neutras.

Das substâncias abaixo, indique quais são exemplos de compostos iônicos:

N_2 , Zn , CaF_2 , O_3 , H_2S , CH_4 , Ni , MgCl_2 , Ag , H_2O , NaCl , CaCl_2 , I_2 .

1.2.1 Os retículos cristalinos ou cristais

Levando-se em consideração que as forças de atração e repulsão atuam em todas as direções, pode-se concluir que um íon deverá acomodar ao seu redor tantos íons de cargas opostas quantos forem possíveis.

Um composto iônico é formado por um número muito grande e indeterminado de cátions e ânions agrupados alternadamente, segundo uma forma geométrica definida que se chama *retículo cristalino*. Pode-se visualizar essa característica no exemplo do cloreto de sódio, em que os íons sódio (Na^+) e cloreto (Cl^-) se organizam no espaço, intensificando as forças atrativas e minimizando as repulsivas.

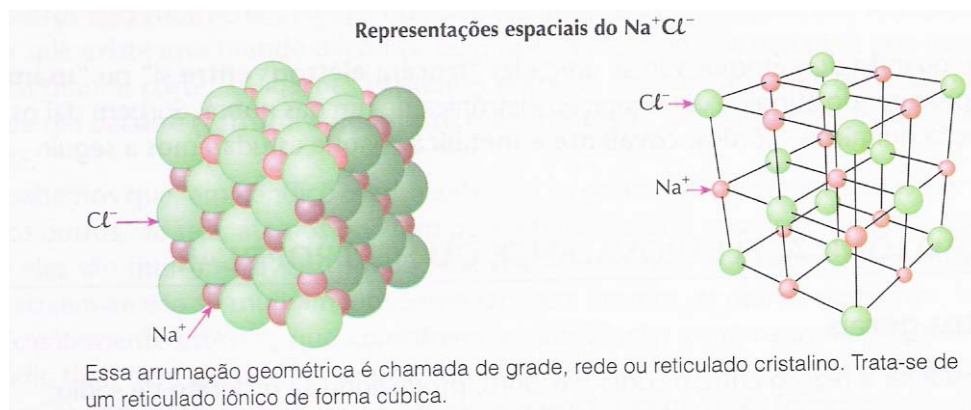


FIGURA 3 – Arranjo cristalino cúbico do cloreto de sódio.

Devido às forças atrativas, a posição que cada íon ocupa no cristal é fixa. Justamente por isso os cristais iônicos são duros e sólidos e, em geral, têm ponto de fusão (passagem do estado sólido para o estado líquido) e ponto de ebulição (passagem do estado líquido para o estado gasoso) elevados.

Outra característica apresentada pelos compostos iônicos é que o equilíbrio entre as cargas deve ser mantido, isto é, o total de cargas positivas deve equivaler ao de cargas negativas.

Veja o exemplo do composto resultante da combinação entre os átomos de magnésio e de cloro.

$_{12}\text{Mg} -$

$_{17}\text{Cl} -$

1.2.2 Fórmulas Químicas dos compostos iônicos

A fórmula correta de um composto iônico é aquela que mostra a mínima proporção entre os átomos que se ligam, de modo a formar um sistema eletricamente neutro. Para que isso ocorra, é necessário que o número de elétrons cedidos pelos átomos de um elemento, seja igual ao número de elétrons recebidos pelos átomos do outro elemento.

Existe uma maneira prática, portanto rápida, de determinar a quantidade necessária de cada íon para escrever a fórmula iônica correta:

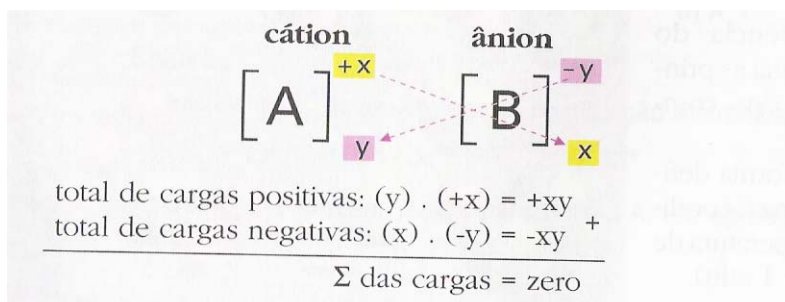


FIGURA 4 – Esquema de montagem da fórmula de um composto iônico.

EXERCÍCIOS:

- 1- Qual a fórmula do composto resultante da combinação entre o alumínio e o oxigênio? (A bauxita é o minério a partir do qual se extrai o alumínio.)
- 2- Qual a fórmula do composto resultante da combinação entre o sódio e o oxigênio?
- 3- Qual a fórmula do composto resultante da combinação entre o alumínio e o flúor?
- 4- Qual a fórmula do composto resultante da combinação entre o cálcio e o fósforo?

1.2.3 Propriedades dos compostos iônicos

Em condições ambientes, praticamente todos os compostos iônicos são sólidos, devido à intensa força de atração entre os íons que formam o retículo cristalino.

Apresentam alto ponto de fusão e ebulição, pois na ligação iônica a força de atração entre cátion e ânion é muito intensa, sendo necessária grande quantidade de energia (calor) para romper as fortes atrações existentes entre os íons.

Os compostos iônicos conduzem a corrente elétrica quando dissolvidos em água (solução), ou quando puros no estado líquido (fundidos), devido à existência de íons livres, que podem ser atraídos pelos eletrodos, fechando o circuito elétrico. No estado sólido não conduzem corrente elétrica, pois os íons estão fixos no retículo cristalino, não havendo mobilidade.

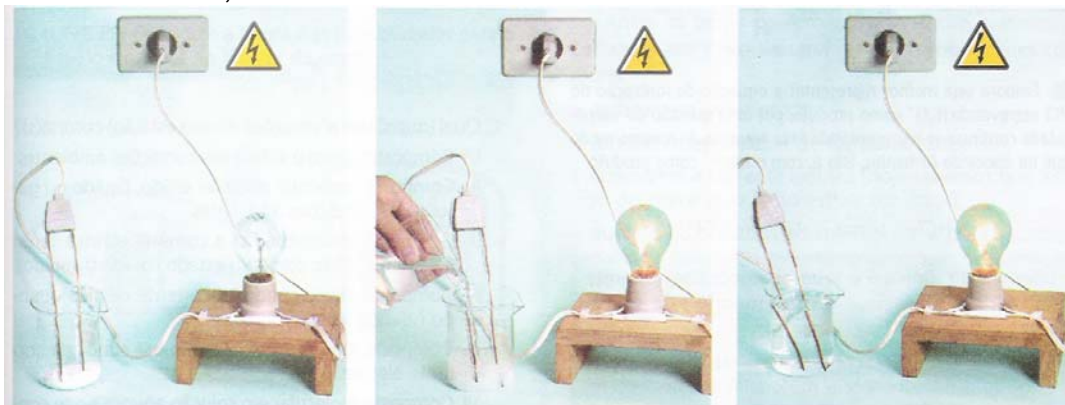


FIGURA 5 – O cloreto de sódio no estado sólido não conduz a eletricidade, uma vez que os íons estão fixos no retículo cristalino. Quando em solução aquosa, passa a conduzir a corrente elétrica devido aos íons livres.

1.3 LIGAÇÃO COVALENTE OU MOLECULAR

A ligação covalente ocorre entre átomos com tendência a receber elétrons, ou seja, entre não-metais. No entanto, como não é possível que todos recebam elétrons, os átomos envolvidos na ligação apenas compartilham um ou mais pares de elétrons da camada de valência, sem “perdê-los” ou “ganhá-los” definitivamente.

Átomos	A	B
Tendência	Receber elétrons	Receber elétrons
Classificação	Hidrogênio, ametais, semimetais.	Hidrogênio, ametais, semimetais.
Par de elétrons	X	

FIGURA 6 – Quadro sintético sobre ligação covalente.

Os pares eletrônicos que se formam são constituídos por um elétron de cada átomo, e pertencem simultaneamente a ambos os átomos ligados. Nesse caso, não ocorre nem ganho nem perda de elétrons, e as estruturas formadas são eletricamente neutras.

Os conjuntos formados por meio de ligações covalentes são chamados moléculas; por isso a ligação covalente é também denominada ligação molecular.

Das substâncias abaixo, indique quais são exemplos de compostos moleculares: N_2 , Zn, CaF_2 , O_3 , H_2S , CH_4 , Ni, $MgCl_2$, Ag, H_2O , NaCl, $CaCl_2$, I_2 .

Lembre-se:

* Regra do Octeto: a maioria dos átomos adquire estabilidade eletrônica quando apresenta oito elétrons na camada mais externa.

* Regra do Dueto: certos átomos estabilizam-se com dois elétrons adquirindo configuração eletrônica de gás nobre hélio. É o caso do hidrogênio, que se estabiliza com dois elétrons.

1.3.1 Fórmulas Químicas dos compostos covalentes

De modo geral, a ligação covalente costuma ser representada por meio de uma fórmula química, existindo diferentes tipos de fórmulas: a fórmula molecular, a eletrônica e a estrutural.

1.3.1.1 Fórmula Molecular

É a representação mais simples e indica apenas quantos átomos de cada elemento químico formam a molécula.

Exemplos: O_2 , H_2 , H_2O .

1.3.1.2 Fórmula Eletrônica

Também conhecida por fórmula de Lewis; a fórmula eletrônica mostra, além dos elementos e da atomicidade, os elétrons da camada de valência de cada átomo e a formação dos pares eletrônicos.

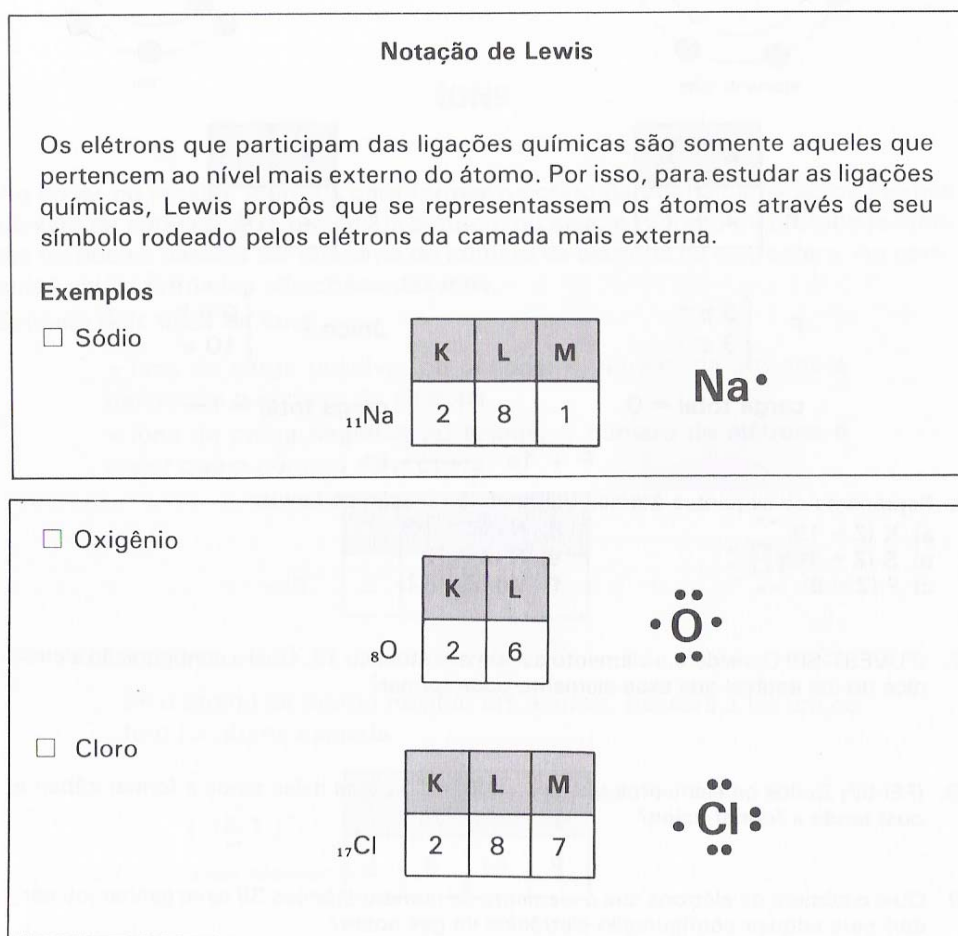


FIGURA 7 – Representação de Lewis para os átomos de sódio, oxigênio e cloro.

1.3.1.3 Fórmula Estrutural Plana

Também conhecida por fórmula estrutural de Couper; essa fórmula mostra as ligações entre os elementos, sendo que cada par de elétrons entre dois átomos é representado por um traço (—).

As ligações covalentes podem ser:

1. **Simplex**: quando há apenas um par de elétrons compartilhados entre dois átomos. É representada por um traço.
2. **Múltiplas**: quando há mais de um par de elétrons compartilhados entre dois átomos. Dividem-se em:
 - a) **Dupla**: quando há dois pares de elétrons compartilhados entre dois átomos. É representada por um traço duplo.
 - b) **Tripla**: quando há três pares de elétrons compartilhados entre dois átomos. É representada por um traço triplo.

Esquema	Fórmula estrutural de Couper	Pares de elétrons	Classificação
$\text{A} \begin{array}{ c } \hline \times \times \\ \hline \end{array} \text{A}$	$\text{A} - \text{A}$	1 par eletrônico	Ligação simples
$\text{A} \begin{array}{ c } \hline \times \times \\ \times \times \\ \hline \end{array} \text{A}$	$\text{A} = \text{A}$	2 pares eletrônicos	Ligação dupla
$\text{A} \begin{array}{ c } \hline \times \times \\ \times \times \\ \times \times \\ \hline \end{array} \text{A}$	$\text{A} \equiv \text{A}$	3 pares eletrônicos	Ligação tripla

FIGURA 8 – Quadro sintético sobre tipos de ligação covalente.

Veja as fórmulas de algumas moléculas:

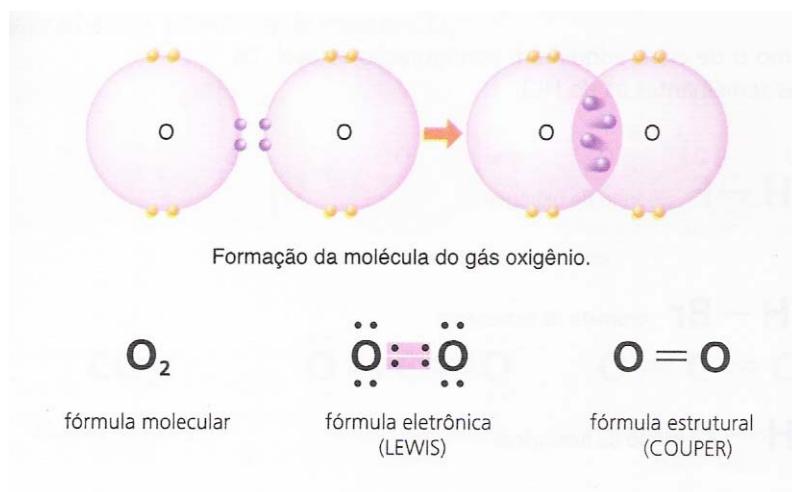


FIGURA 9 – Formação da molécula de gás oxigênio.

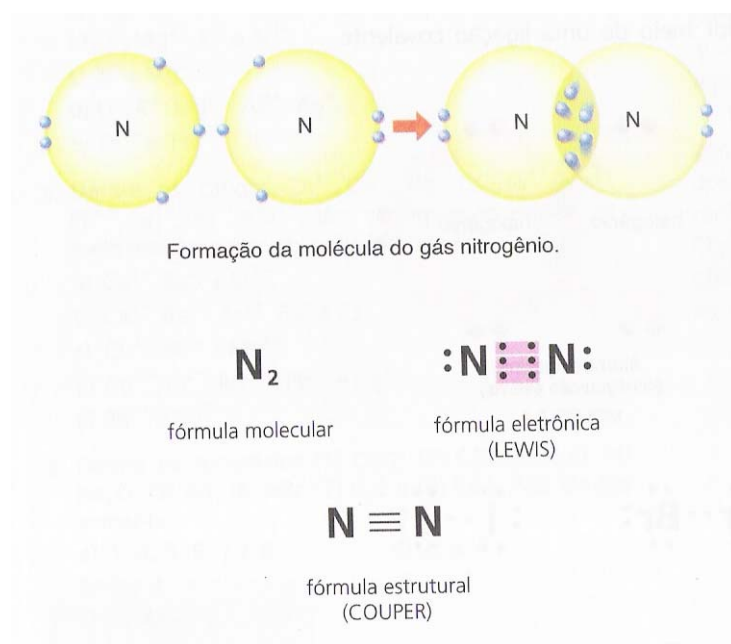


FIGURA 10 – Formação da molécula de gás nitrogênio.

O nitrogênio, principal componente do ar, é bastante usado na indústria alimentícia para evitar o contato do alimento com o oxigênio atmosférico (substância essencial na deterioração dos nutrientes). É matéria-prima para a obtenção de diversas substâncias, como a amônia, da qual se chega, por exemplo, aos fertilizantes.

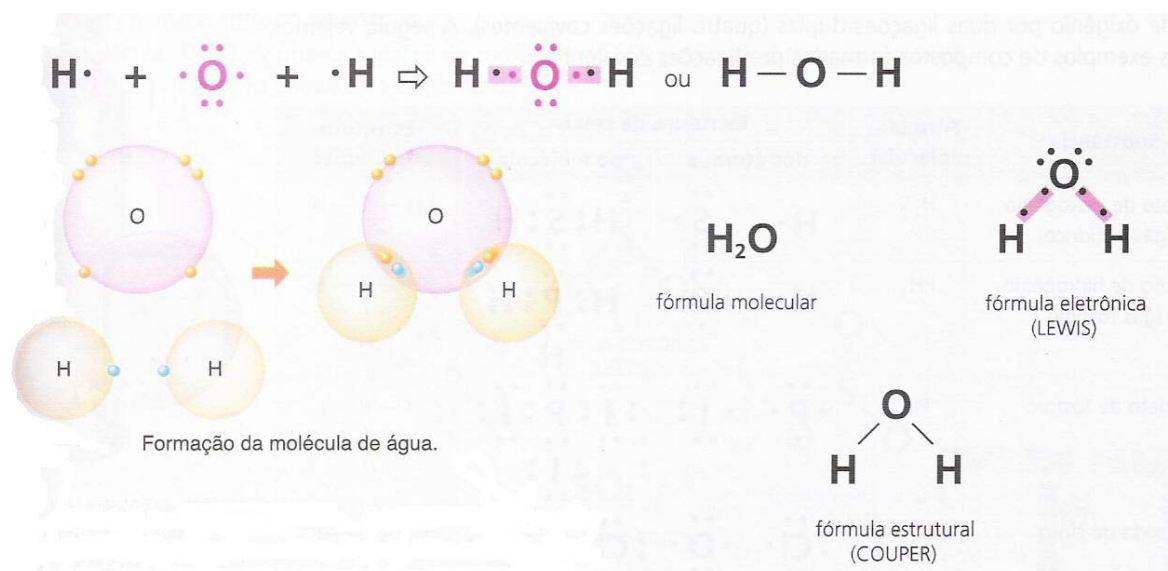


FIGURA 11 - Formação da molécula de água.

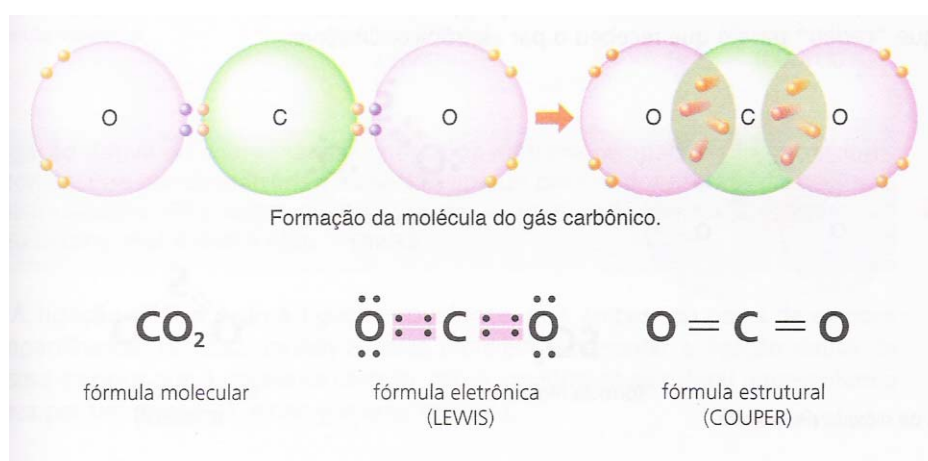


FIGURA 12 – Formação da molécula de gás carbônico.

O dióxido de carbono é um dos gases que expelimos na respiração. Ele se forma também na combustão de matérias orgânicas como gás natural, petróleo, madeira e álcool. O excesso desse gás é responsável por contribuir para o efeito estufa, um aumento da temperatura global.

EXERCÍCIOS

- 1- Qual o número de elétrons da camada de valência do $_{17}\text{Cl}$?
- 2- Escreva a notação de Lewis para os átomos dos elementos: $_{17}\text{Cl}$, $_{12}\text{C}$, $_{15}\text{P}$.
- 3- Considerando suas posições na Tabela Periódica, *hidrogênio* e *enxofre* devem formar o composto de fórmula:
- 4- Dê a fórmula eletrônica e estrutural das substâncias cuja fórmula molecular é:
 - a) F_2 .
 - b) HCl .
 - c) NH_3 .
 - d) CH_4 .

1.3.2 Geometria Molecular

Algumas características das moléculas, como formato e polaridade (aparecimento ou não de polos devido ao acúmulo de cargas), são decisivas no comportamento da substância. Exemplos dramáticos, da influência dessas características no comportamento das moléculas, são observados nos organismos vivos: pequenas alterações no formato e na polarização podem provocar doenças gravíssimas, como a anemia falciforme.

Outro exemplo da importância da geometria e da polaridade é o fato da percepção de se sentirem diferentes odores, quando determinadas moléculas se encaixam, “perfeitamente”, em receptores (sítios ativos) presentes nas células nervosas da mucosa nasal. Cada tipo de receptor apresenta forma, tamanho e afinidade química que lhe permite reconhecer cada odor primário, aceitando moléculas com formas geométricas e polaridades compatíveis.

A geometria molecular mostra o formato, a forma, a estrutura geométrica, ou seja, a disposição, a organização, o arranjo espacial dos átomos em uma molécula. Divide-se em:

1- **Plana:** apresenta duas dimensões. Pode ser:

- a) Linear.
- b) Angular.
- c) Triangular.

2- **Espacial:** apresenta três dimensões. Pode ser:

- a) Piramidal.
- b) Tetraédrica.

A seguir, expõe-se uma explicação detalhada sobre os tipos de geometria molecular elencados.

Toda molécula formada por dois átomos (diatômica) é linear, pois os núcleos estão obrigatoriamente alinhados. Observe:

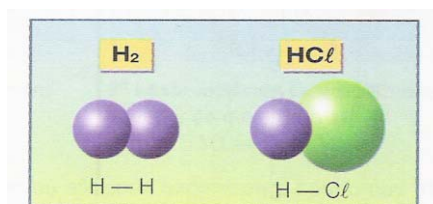


FIGURA 13 – Exemplos de moléculas diatômicas com geometria linear.

As moléculas com número maior de átomos podem ter sua geometria determinada pela **teoria da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência** ao redor do átomo central. Essa teoria é baseada na ideia de que os “**pares**” de elétrons da camada de valência ao redor de um átomo central, quer estejam ou não participando das ligações, comportam-se como **nuvens de elétrons** que, por apresentarem carga negativa, repelem-se entre si, e como consequência ficarão o mais afastado possível umas das outras, ou seja, assumirão a **máxima distância angular** possível.

Para melhor visualizar essa teoria, representa-se cada “par” eletrônico de valência, ao redor de um átomo central, como uma nuvem eletrônica com formato ovalado.

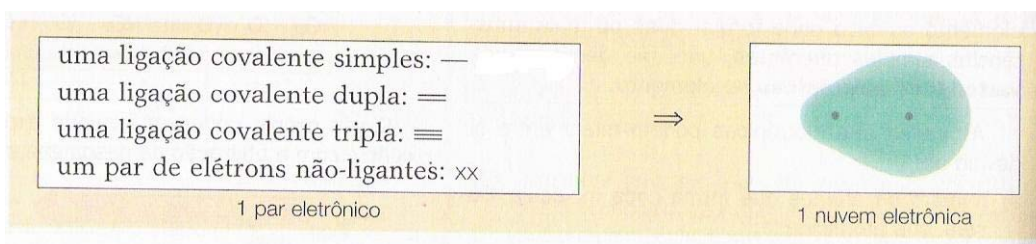
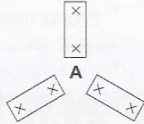
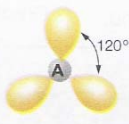
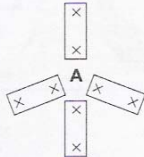
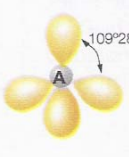


FIGURA 14 – Pares eletrônicos que correspondem a uma nuvem eletrônica.

Na figura a seguir, pode-se observar a relação entre o número de nuvens eletrônicas e o número de átomos ligados a um átomo central (A) com a respectiva geometria.

Nº total de pares ao redor do átomo central	Disposição dos pares	Orientação das nuvens	Nº de átomos ligados ao átomo central	Geometria molecular
2			2	linear 
3			2	angular 
			3	trigonal plana ou triangular 
4			2	angular 
			3	piramidal 
			4	tetraédrica 

em que: A = núcleo do átomo central;  = par de elétrons que **não** participam das ligações;
 = núcleo dos átomos ligantes;  = par de elétrons que participam das ligações.

FIGURA 15 – Associação entre número de “pares” eletrônicos e número de átomos ligados a um átomo central com a geometria molecular.

Na sequência, aplica-se essa teoria para determinar a geometria de algumas moléculas:

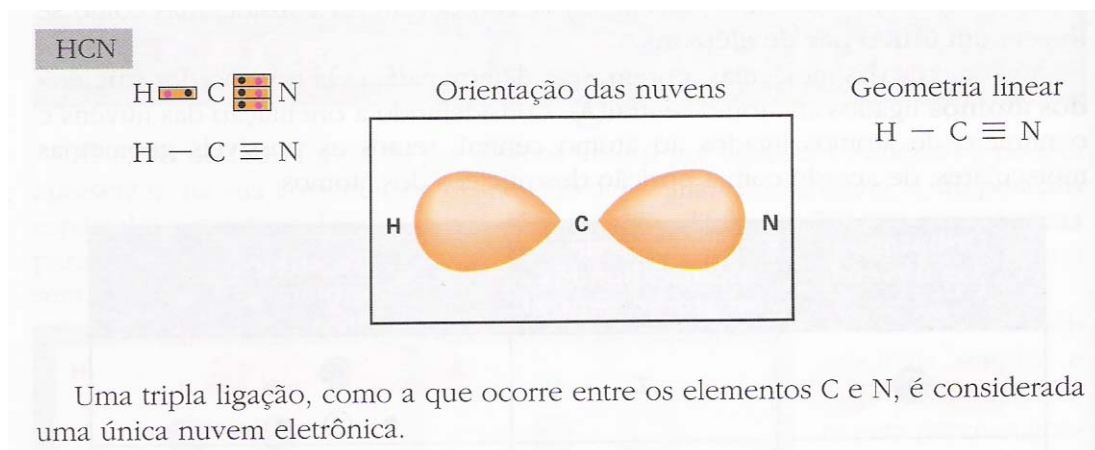


FIGURA 16 – Exemplo da molécula de ácido cianídrico que apresenta geometria linear.

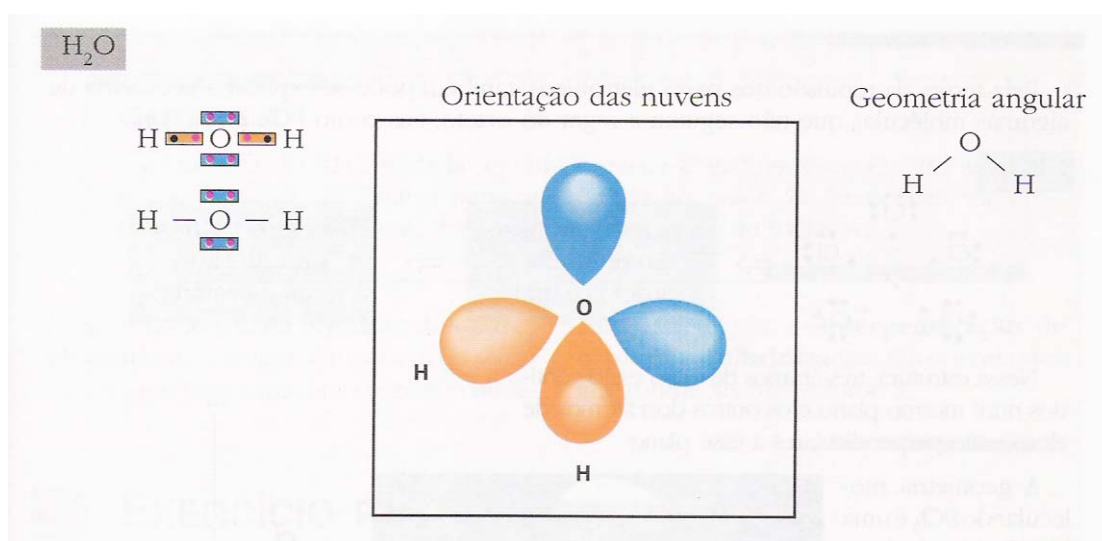


FIGURA 17 – Exemplo da molécula de água que apresenta geometria angular.

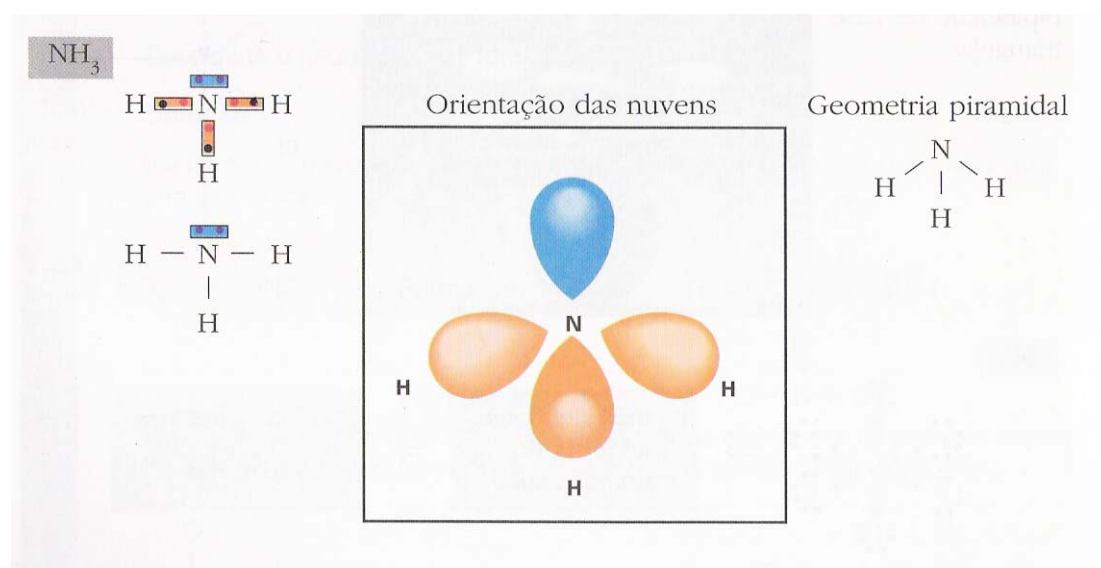


FIGURA 18 – Exemplo da molécula de amônia que apresenta geometria piramidal.

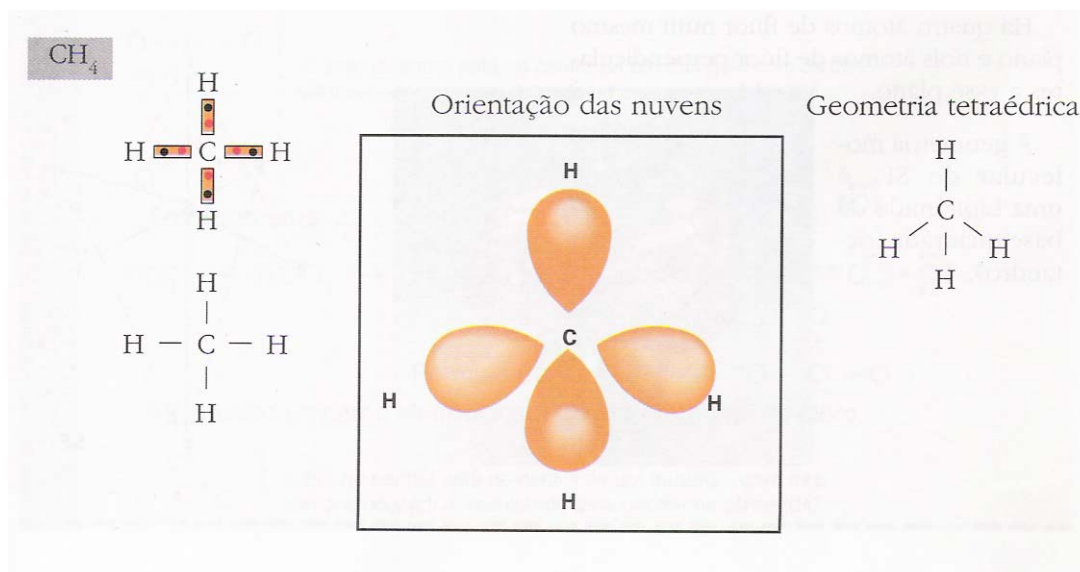


FIGURA 19 – Exemplo da molécula de metano que apresenta geometria tetraédrica.

EXERCÍCIO

Complete a tabela:

Fórmula molecular	Fórmula eletrônica	Nº total de pares eletrônicos ao redor do átomo central	Nº de átomos ligados ao átomo central	Geometria molecular
H ₂				
O ₂				
N ₂				
HF				
CO ₂				
H ₂ O				
NH ₃				
CH ₄				

1.3.3 Polaridade

Você já deve ter observado que as pilhas elétricas e as baterias dos carros possuem um polo positivo e outro negativo. Nesses casos, a palavra *polo* indica uma *região com excesso de carga positiva ou negativa*, que pode ser representada da seguinte maneira:

polo negativo: (-) ou δ^-

polo positivo: (+) ou δ^+

1.3.3.1 Polaridade das ligações

1. Ligação Iônica

Como todo composto iônico é formado por íons: cátions (+) e ânions (-), pode-se concluir que *toda ligação iônica é polar*.

2. Ligação Covalente

Para determinar a polaridade de uma ligação covalente, deve-se conhecer a eletronegatividade dos átomos que formam essa ligação.

Eletronegatividade é a capacidade que um átomo tem de puxar o par de elétrons para si em uma ligação química.

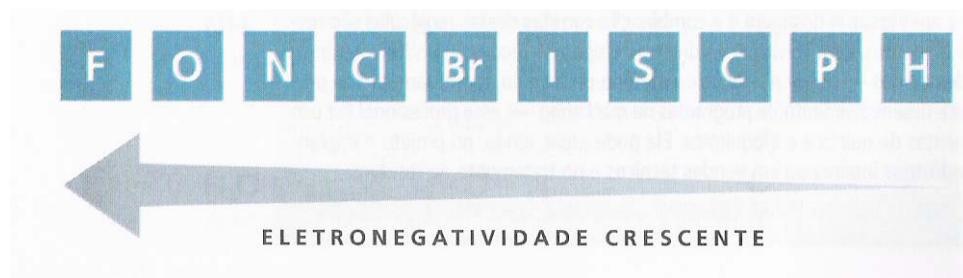


FIGURA 20 – Escala de Eletronegatividade.

A) Ligação covalente apolar: ocorre entre átomos de mesma eletronegatividade. Neste tipo de ligação, a força de atração sobre os elétrons é a mesma, não havendo acúmulo de elétrons em nenhuma região, portanto não há a formação de polos.

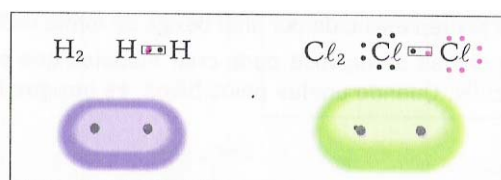


FIGURA 21 – Exemplos de ligação covalente apolar: molécula de gás hidrogênio e molécula de gás cloro.

B) Ligação covalente polar: ocorre entre átomos com diferentes eletronegatividades. Neste tipo de ligação, há um acúmulo de carga elétrica negativa ao redor do átomo mais eletronegativo, o que acarreta a formação de uma região negativa, denominada polo negativo. Ao redor do átomo menos eletronegativo forma-se um polo positivo.

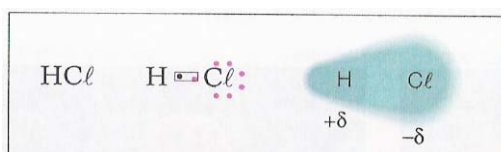


FIGURA 22 – Exemplo de ligação covalente polar: molécula de ácido clorídrico.

1.3.3.2 Polaridade de moléculas

1. Moléculas diatômicas: são moléculas formadas por dois átomos.

A) Moléculas diatômicas formadas por *átomos iguais* são sempre *apolares*. Exemplos: O₂, H₂, F₂, N₂, Cl₂, Br₂, I₂.

B) Moléculas diatômicas formadas por *átomos diferentes* são sempre *polares*. Exemplos: HF, HCl, HBr, HI.

2. Moléculas poliatômicas: são moléculas formadas por vários átomos.

Para determinar a polaridade das moléculas poliatômicas, mais comuns, há uma regra prática. O método consiste em comparar o número de nuvens eletrônicas ao redor do átomo central com o número de átomos iguais ligados a ele.

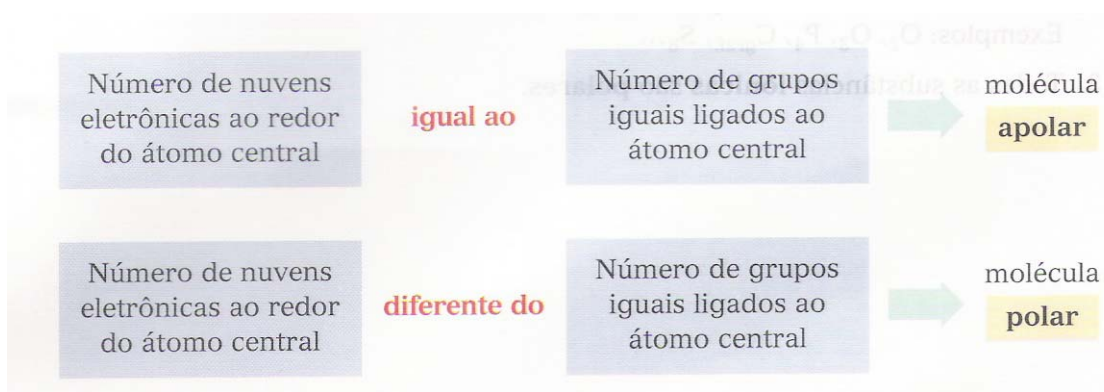


FIGURA 23 – Relação entre nuvens eletrônicas, grupos ligados ao átomo central e polaridade.

Veja os exemplos a seguir:

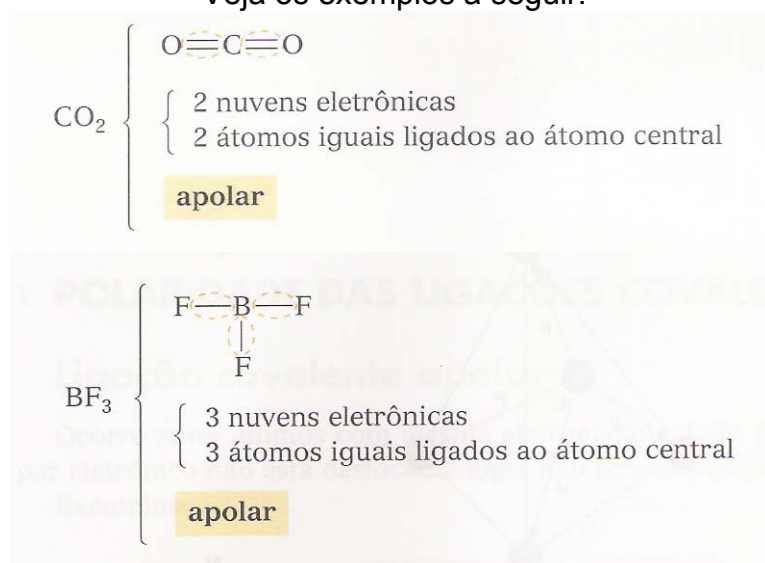


FIGURA 24 – Exemplos de moléculas apolares.

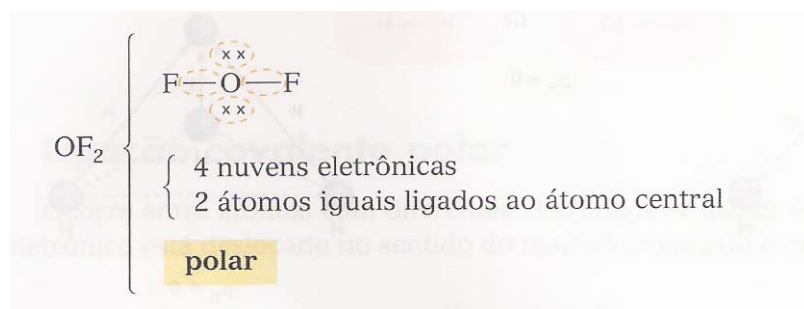


FIGURA 25 – Exemplo de molécula polar.

EXERCÍCIO

Classifique as moléculas a seguir em polar ou apolar:

- a) Cl₂. b) HCN. c) H₂O. d) CH₄. e) NH₃.

1.4 LIGAÇÃO METÁLICA

Uma das principais características dos metais é a fácil condução de eletricidade. A consideração de que a corrente elétrica é um fluxo de elétrons levou à criação da chamada *teoria da nuvem eletrônica* (ou *teoria do mar de elétrons*).

Em geral, os átomos dos metais têm apenas 1, 2 ou 3 elétrons na última camada eletrônica, que normalmente está afastada do núcleo. Isto significa que os elétrons desta camada mais externa são atraídos fracamente pelo núcleo e podem se movimentar de um átomo a outro. Como resultado os núcleos permanecem fixos, envolvidos pelos elétrons que se movimentam com facilidade e livremente entre os núcleos. Desse modo, os átomos com elétrons *temporariamente deslocalizados* transformam-se em cátions, os quais podem, logo depois, receber elétrons e voltar à forma de átomo neutro, e assim sucessivamente.

Concluindo, pode-se dizer que, segundo essa teoria, o metal seria um aglomerado de átomos neutros e cátions, mergulhados em uma *nuvem (ou “mar”) de elétrons livres* (costuma-se também dizer que esses elétrons estão *deslocalizados*). Assim, é a presença da “nuvem” de elétrons que mantém os átomos metálicos unidos, logo o “mar” de elétrons funciona como ligação metálica. Contudo, em um pedaço de metal, os átomos não se encontram com o octeto completo, portanto a regra do octeto não se aplica à ligação metálica.

As ligações metálicas, muito diferentes das iônicas e covalentes, não têm representação eletrônica, e sua representação estrutural depende de um conhecimento amplo dos retículos cristalinos. Os metais, em geral, são representados por seus símbolos, sem indicação da quantidade de átomos envolvidos, que é muito grande e indeterminada.

Uma lâmina, barra ou fio de cobre é constituída por inúmeros cátions de cobre cercados por um “mar” de elétrons e é representada simplesmente por Cu, que é o símbolo do elemento.

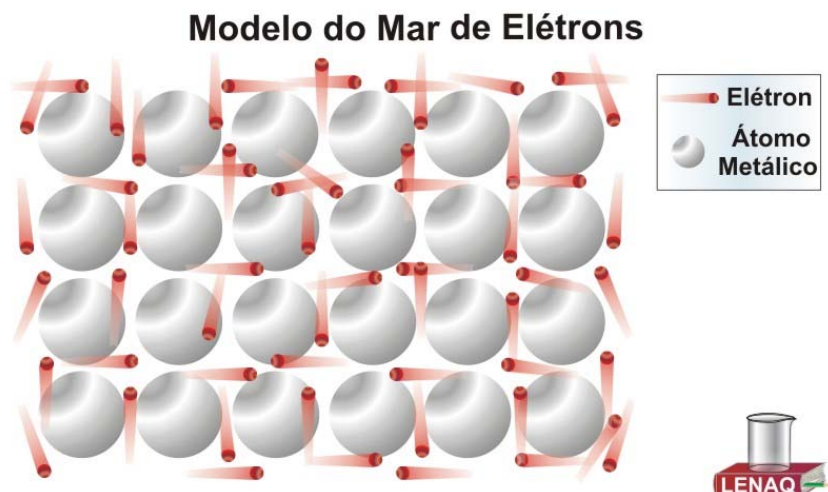


FIGURA 26 – Modelo do “mar de elétrons” da ligação metálica.

Das substâncias abaixo, indique quais são exemplos de compostos metálicos:

N₂, Zn, CaF₂, Au, H₂S, Cu, Ni, MgCl₂, Ag, H₂O, NaCl, Ti, I₂, Fe.

1.4.1 Propriedades dos compostos metálicos

Os compostos metálicos em condições ambientes são sólidos, devido à intensa “força” com que a ligação metálica mantém os átomos unidos por meio do “mar de elétrons”; a única exceção é o mercúrio, que é líquido nessas condições.

São bons condutores de calor e de eletricidade devido aos elétrons livres. Seu movimento ordenado constitui a corrente elétrica, e sua agitação permite a rápida propagação do calor através dos metais. A condução do calor é importante, por exemplo, no aquecimento de panelas domésticas e caldeiras industriais; a condução de eletricidade é fundamental nos fios elétricos usados nas residências, escritórios e indústrias.

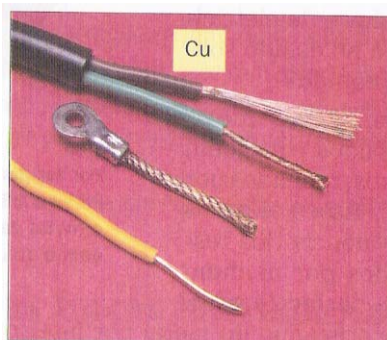


FIGURA 27 – Fio de cobre utilizado na condução de eletricidade.

Os compostos metálicos apresentam alto ponto de fusão e de ebulição, explicado pelo alto grau de união entre os átomos (força da ligação), consequência da existência do mar de elétrons. Essa propriedade é importante para a construção de caldeiras, tachos e reatores industriais, em que ocorrem aquecimentos intensos.

Outra propriedade de destaque dos compostos metálicos é a resistência à tração, que é a capacidade que uma força aplicada tem de alongar uma barra ou fio metálico. Essa propriedade é também uma consequência da intensa “força” com que a ligação metálica mantém os átomos unidos por meio do mar de elétrons. Uma aplicação importante da resistência à tração é a utilização dos metais em cabos de elevadores ou de veículos suspensos (como os bondinhos do Pão de Açúcar, no Rio de Janeiro); outra aplicação é a colocação de vergalhões de aço dentro de uma estrutura de concreto para torná-la mais resistente – é o chamado concreto armado, de largo uso na construção de pontes e edifícios.

A maleabilidade é a propriedade que os metais apresentam de se deixarem reduzir a chapas e lâminas bastante finas, o que se consegue martelando o metal aquecido ou, então, passando o metal aquecido entre cilindros laminadores, que o vão achatando progressivamente, originando, assim, a chapa metálica. Isso é possível porque os elétrons da ligação metálica, ou seja, o “mar de elétrons” permite que os cátions dos metais possam “escorregar”, deslizar ou rolar uns sobre os outros sob a ação de forças mecânicas. Esta é uma das propriedades mais importantes dos metais, se considerarmos que as chapas metálicas são muito usadas na produção de veículos, trens, navios, aviões e geladeiras. O ouro é o metal mais maleável que se conhece; dele são obtidas lâminas com espessura de 0,0001 mm, usadas na decoração de imagens, estatuetas e bandejas.

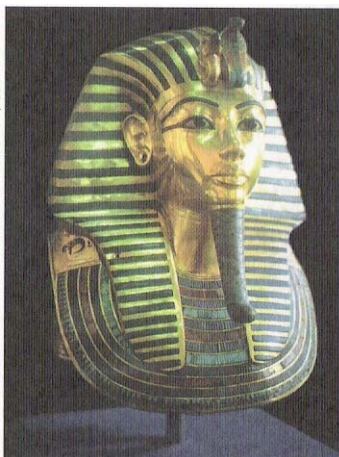


FIGURA 28 – O ouro é um metal muito maleável, o que facilita sua modelagem, como se observa na máscara mortuária do faraó egípcio Tutancâmon.

Finalmente, a ductilidade é a propriedade que os metais apresentam de se deixarem transformar em fios, o que se consegue “puxando” o metal aquecido através de furos cada vez menores. A explicação é semelhante à da maleabilidade. Os fios produzidos, de maior ou menor diâmetro, são muito usados nas construções, em concreto armado ou como fios elétricos e arames de vários tipos.

1.4.2 Ligas Metálicas

Raramente um metal puro apresenta todas as qualidades necessárias para determinada aplicação.

Por exemplo: o ferro puro reage facilmente com o oxigênio e é quebradiço, o magnésio é inflamável e muito reativo, o ouro e a prata são muito moles, o cromo e o irídio são excessivamente duros.

Liga metálica é uma mistura de substâncias cujo componente principal é um metal, e que tem como objetivo conseguir um material com propriedades que serão úteis para determinada aplicação.

Uma liga metálica pode ser:

A) Substitucional: quando as posições de alguns átomos de um metal são ocupadas por átomos de outro metal.

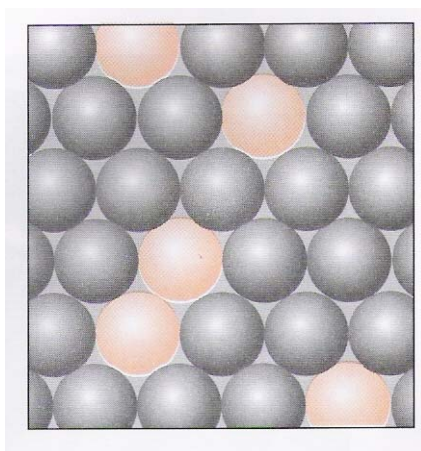


FIGURA 29 – Exemplo de liga substitucional.

B) *Intersticial*: quando os átomos de um metal ocupam os espaços entre os átomos de outro metal.

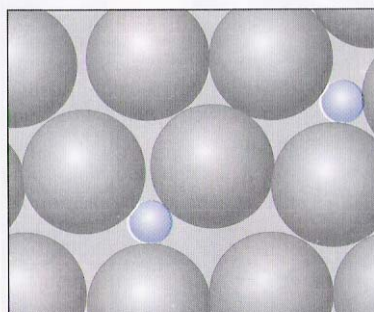


FIGURA 30 – Exemplo de liga intersticial.

Liga metálica	Composição	Usos	
Amálgama dental	Hg + Ag + Sn	Obturações	
Bronze	Cu + Sn	Sinos, moedas, estátuas	
Latão	Cu + Zn	Tubos, radiadores, armas, cartuchos, torneiras	
Solda	Pb + Sn	Solda usada por funileiros e eletricitistas	
Aço inox	Fe + C + Cr + Ni	Talheres, utensílios de cozinha, peças de carro, brocas	

FIGURA 31 – Exemplos de ligas metálicas, composição e possíveis aplicações.

BIBLIOGRAFIA

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 968p.

BENABOU, Joseph Elias; RAMANOSKI, Marcelo. **Química**: volume único. São Paulo: Atual, 2003. 472p. (Coleção Ensino médio atual).

BIANCHI, José Carlos de Azambuja; ALBRECHT, Carlos Henrique; MAIA, Daltamir Justino. **Universo da Química**: volume único – ensino médio, livro do professor. São Paulo: FTD, 2005. 768 p.

CARVALHO, Geraldo Camargo de; SOUZA, Celso Lopes de. **Química para o Ensino Médio**: volume único. São Paulo: Scipione, 2004. 480 p. (Coleção De olho no mundo do trabalho).

FELTRE, Ricardo. **Química 1**: química geral. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004. 384 p.

FERRÉ, Juan. **Química**: volume único – ensino médio. São Paulo: Scipione, 2001. 400 p. (Coleção Novos tempos).

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Completamente Química**: química geral. São Paulo: FTD, 2001. 624 p. (Coleção Completamente Química, ciências, tecnologia e sociedade).

LEMBO, Antônio. **Química Realidade e Contexto**: química geral 1. São Paulo: Ática, 1999. 472 p.

LEMBO, Antônio; CARVALHO, Geraldo Camargo de; USBERCO, João. **Química**: ensino médio, 1ª. série: livro-texto 4. São Paulo: Anglo, 2000. 28 p.

MORTIMER, Eduardo Fleury; MACHADO, Andréa Horta. **Química**: volume único, ensino médio. São Paulo: Scipione, 2005. 542 p.

NÓBREGA, Olímpio Salgado; SILVA, Eduardo Roberto da; SILVA, Ruth Hashimoto da. **Química**: volume único – livro do professor. São Paulo: Ática, 2008. 808 p.

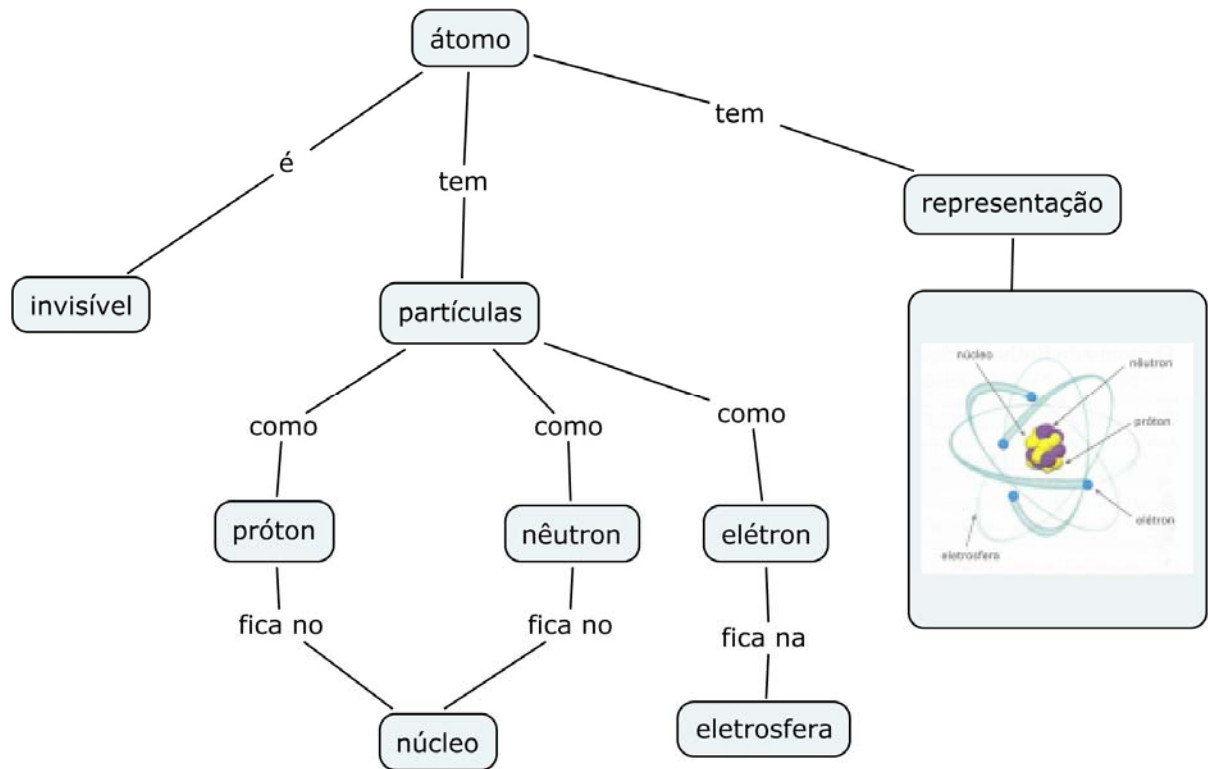
NOVAIS, Vera Lúcia Duarte de. **Química**: volume1 – livro do professor. São Paulo: Atual, 1999. 422 p.

PERUZZO, Francisco Miragaia; CANTO, Eduardo Leite do. **Química na Abordagem do Cotidiano 1**: química geral e inorgânica – livro do professor. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2003. 424 p.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. **Química 1**: química geral. 8. ed. São Paulo: Saraiva, 1995. 496 p.

USBERCO, João; SALVADOR, Edgard. **Química 1**: química geral. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2000. 542 p.

APÊNDICE E: MAPA CONCEITUAL SOBRE ÁTOMO.



APÊNDICE F: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA PELOS ESTUDANTES.

Questionário

Caro Aluno(a), peço-lhe o favor de responder a este Questionário de forma completa e com toda a sinceridade possível, uma vez que ele é de fundamental importância para a pesquisa desenvolvida nesta turma.

1- Em sua opinião, as atividades de *Modelagem* (modelos plásticos e bexigas), o *Material de Informática* (realidade virtual-3D, simulações e vídeos) e o *Material Instrucional* (apostila) contribuíram para facilitar o seu entendimento do conteúdo estudado?

2- Comente sobre as atividades de confecção dos Mapas Conceituais. Em sua opinião, eles ajudaram a organizar melhor as suas ideias, facilitando a compreensão da matéria?

3- Você gostaria que, em outras disciplinas, também fossem usados Mapas Conceituais?

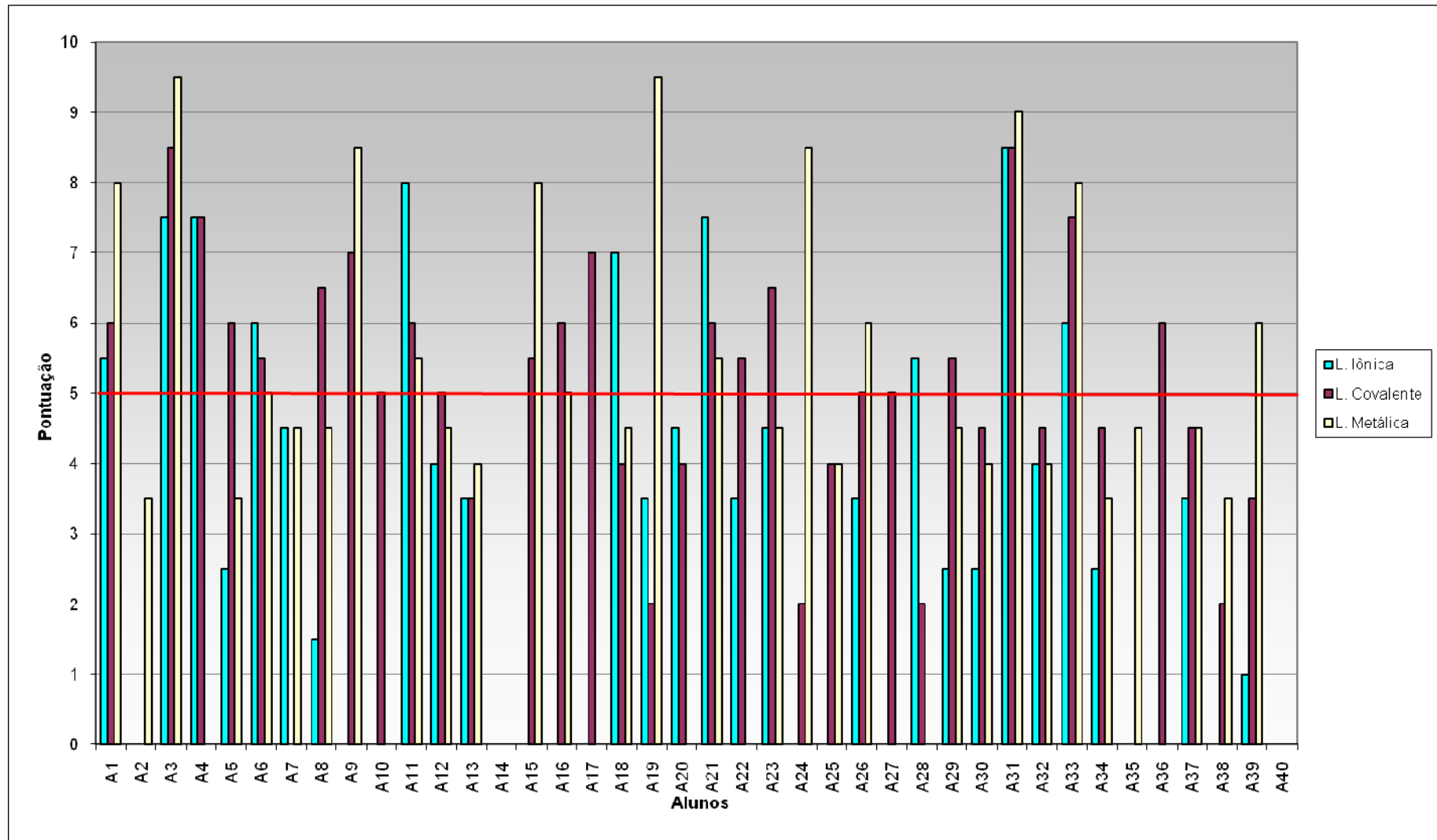
4- Você tem interesse (motivação) em estudar; ou faz isso por obrigação, somente para obter uma nota?

5- Você estudou em casa, após cada aula do curso, como forma de reforçar e consolidar o que foi aprendido em sala de aula, bem como para as atividades avaliativas?

() Sempre. () Raramente. () Nunca.

6- Em uma escala de 0 a 10, qual nota você atribui ao curso?

7- Em sua opinião, quais foram os aspectos positivos e negativos do curso?

APÊNDICE G: ANÁLISE GLOBAL DA PONTUAÇÃO DOS MAPAS SOBRE LIGAÇÕES QUÍMICAS.

ANEXOS

ANEXO A: EXEMPLOS DE MAPAS CONCEITUAIS SOBRE O TEXTO “TRANSPORTES”.

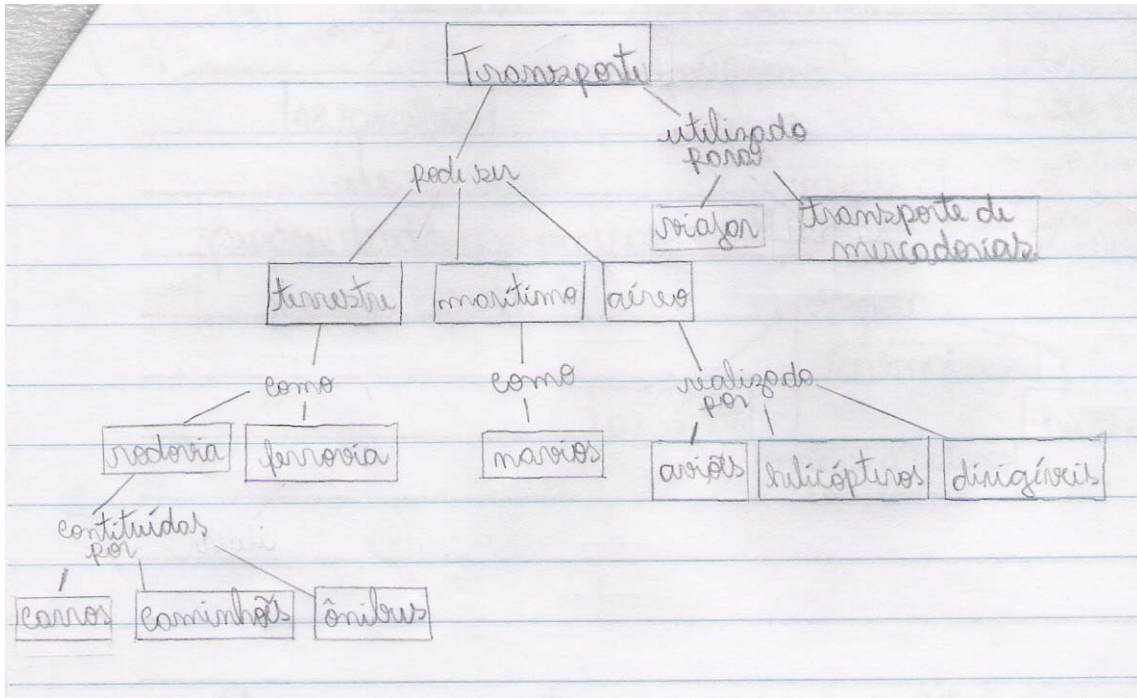


FIGURA 1 – Mapa elaborado pelo aluno A11.

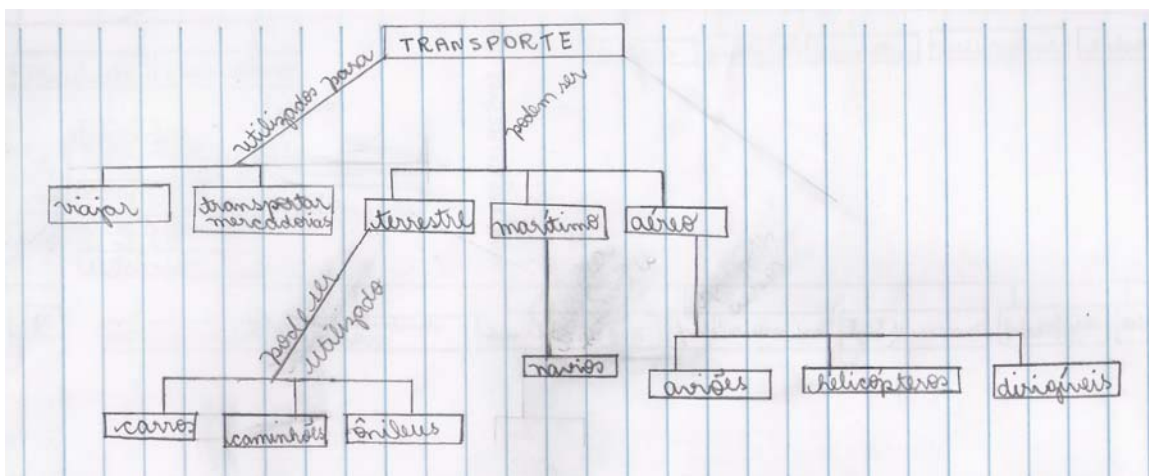


FIGURA 2 – Mapa elaborado pelo aluno A31.

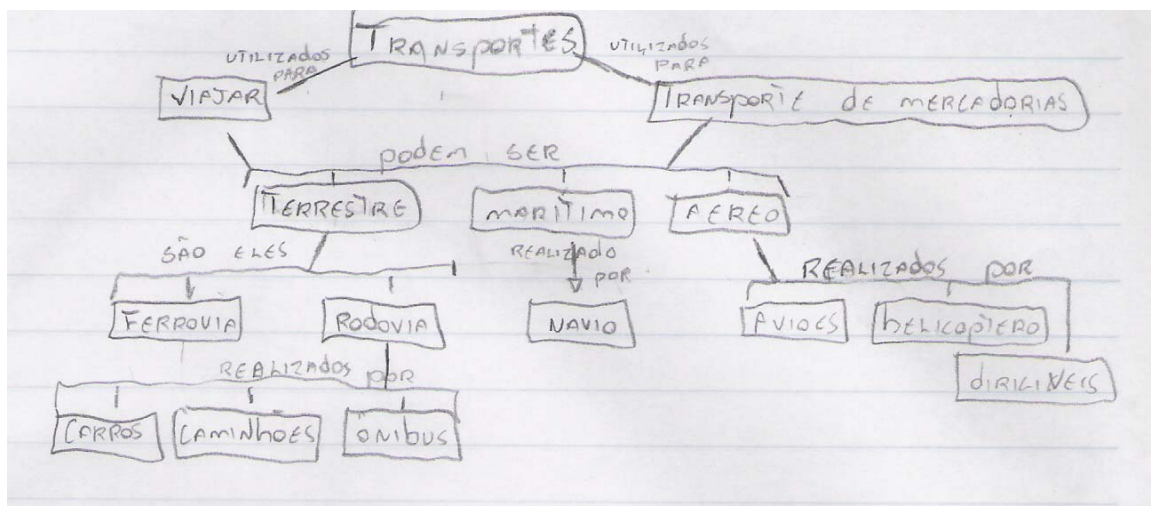


FIGURA 3 – Mapa elaborado pelo aluno A9.

ANEXO B: MAPAS CONCEITUAIS SOBRE LIGAÇÃO IÔNICA.

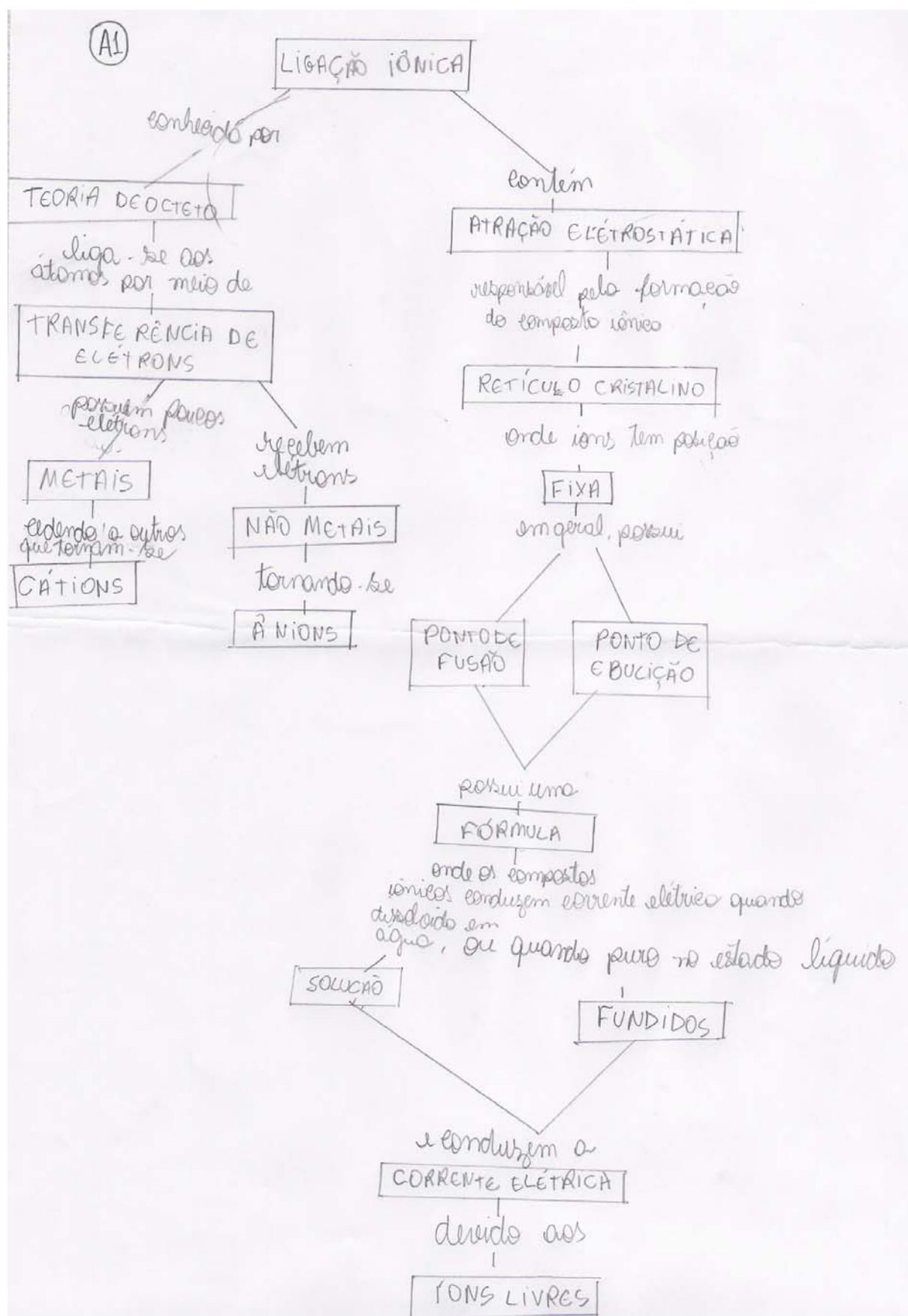


FIGURA 1 – Mapa elaborado pelo aluno A1.

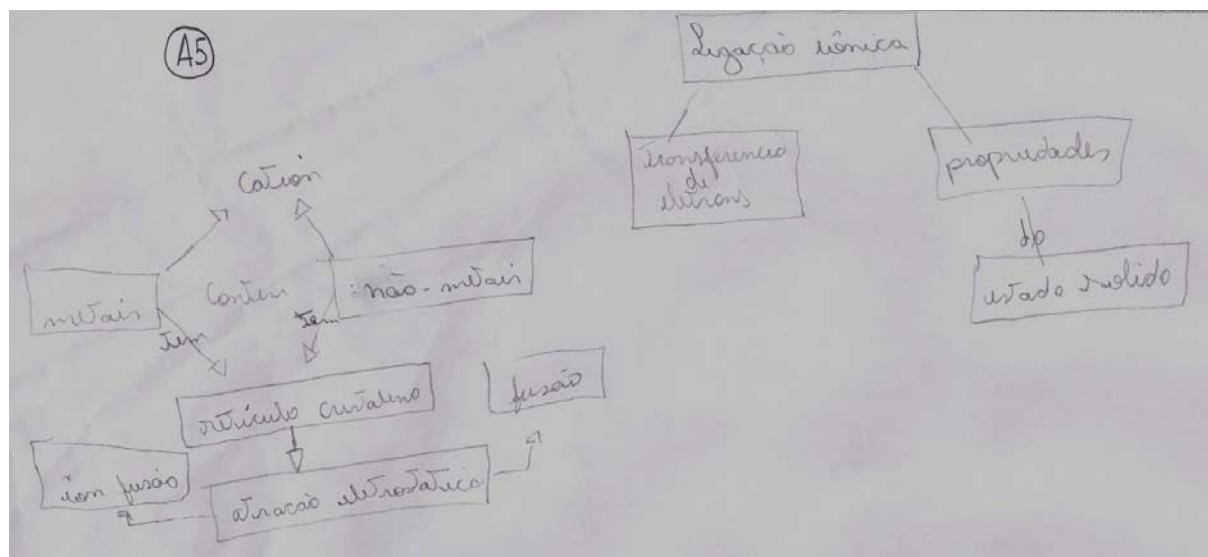


FIGURA 2 – Mapa elaborado pelo aluno A5.

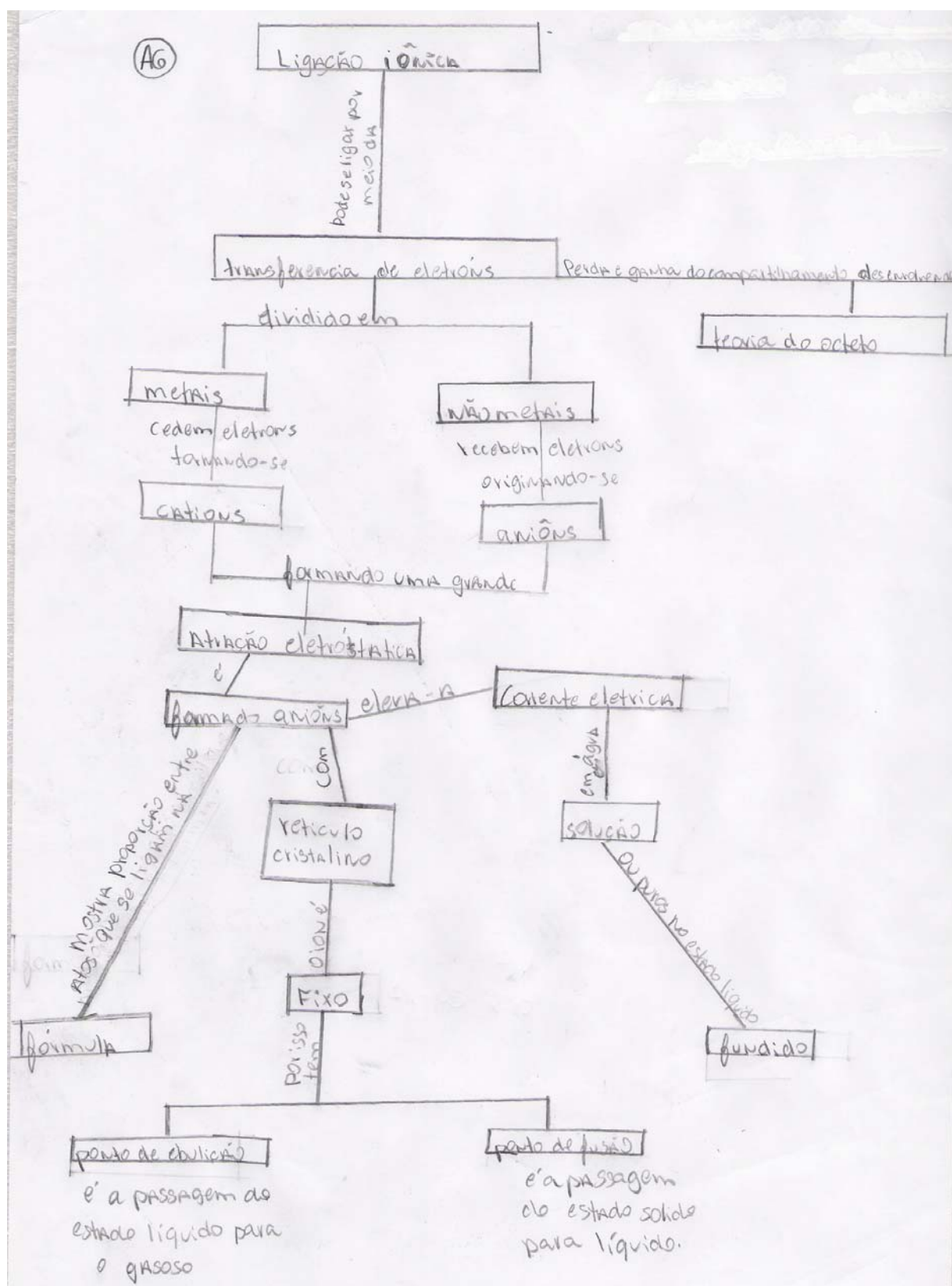


FIGURA 3 – Mapa elaborado pelo aluno A6.

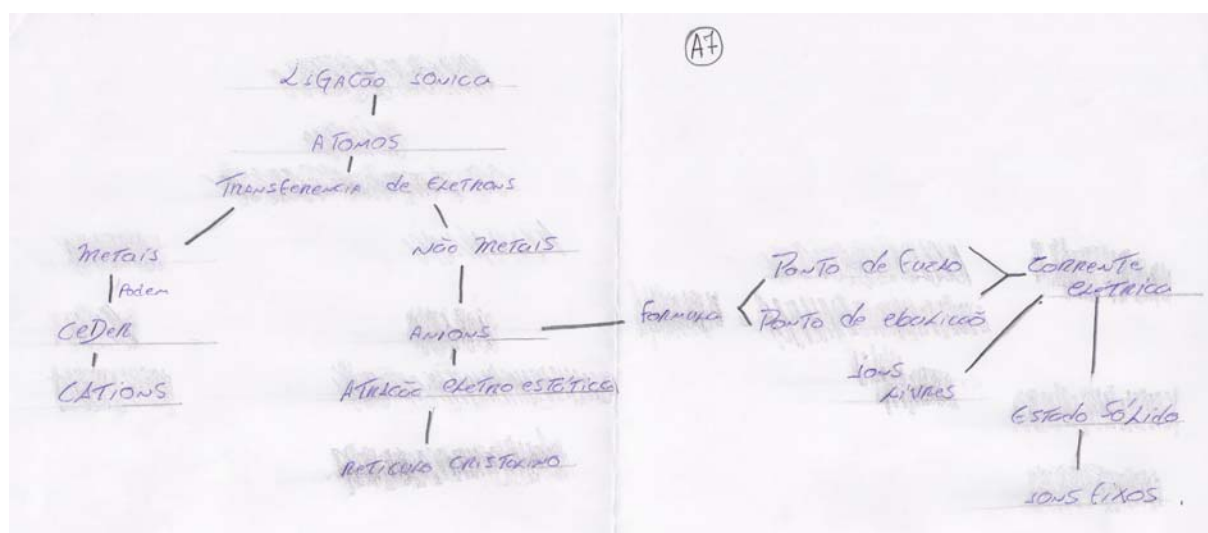


FIGURA 4 – Mapa elaborado pelo aluno A7.

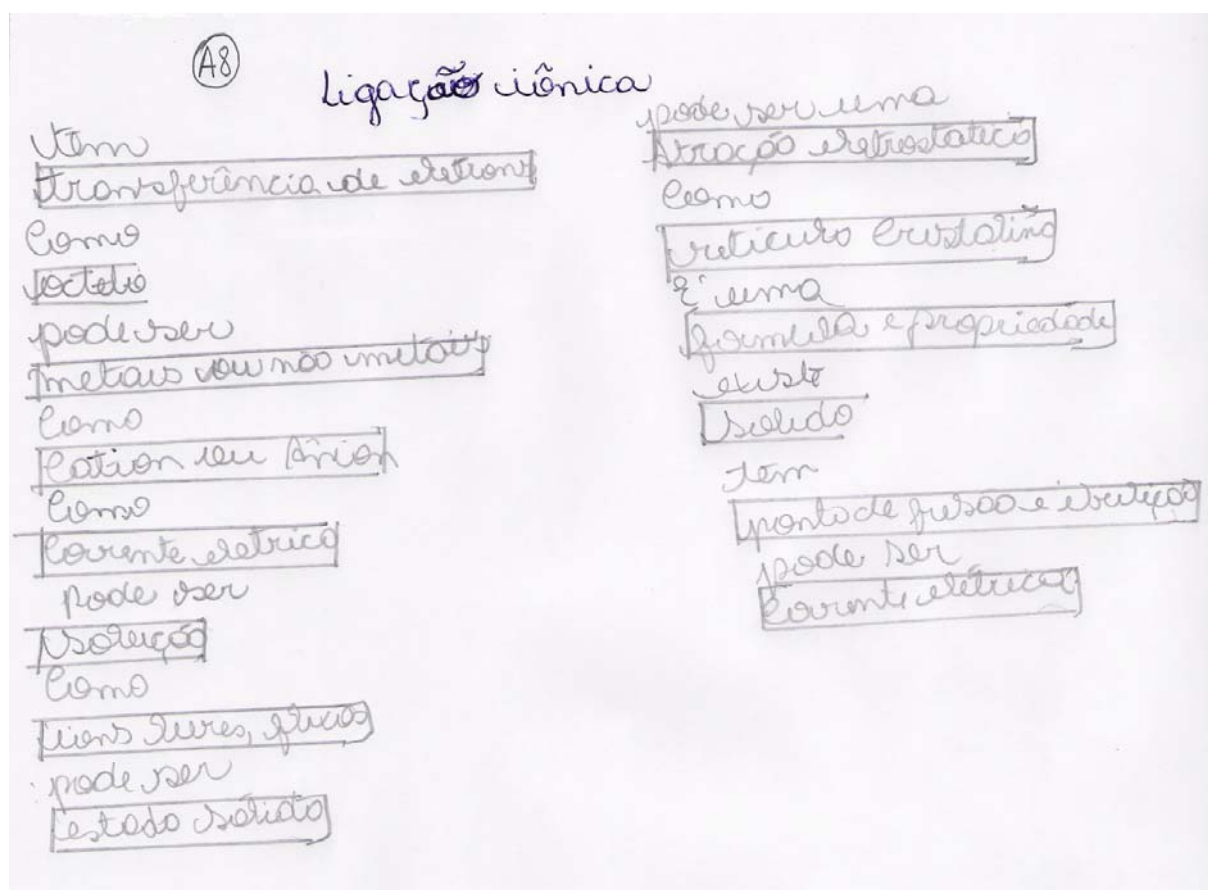


FIGURA 5 – Mapa elaborado pelo aluno A8.

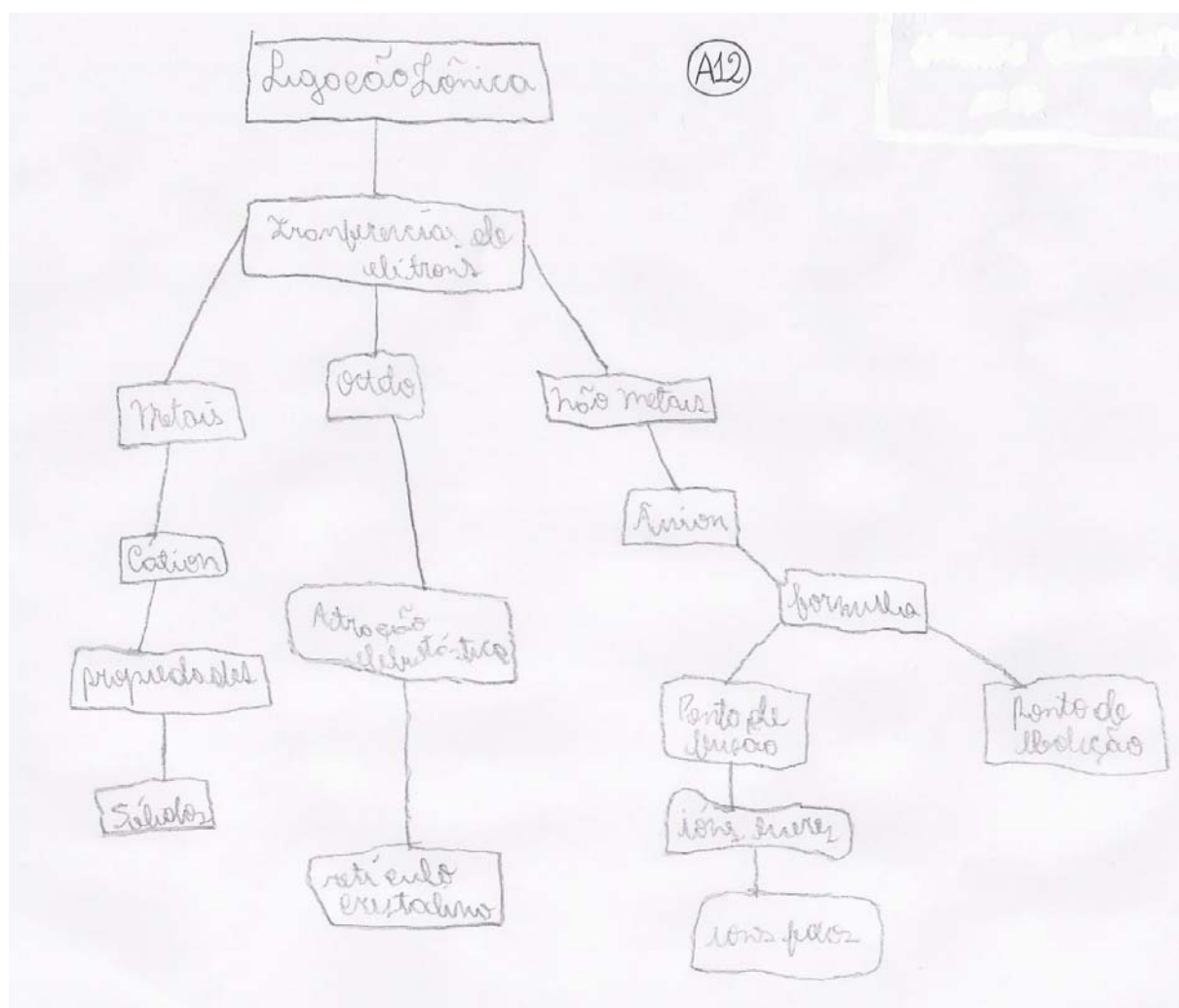


FIGURA 6 – Mapa elaborado pelo aluno A12.

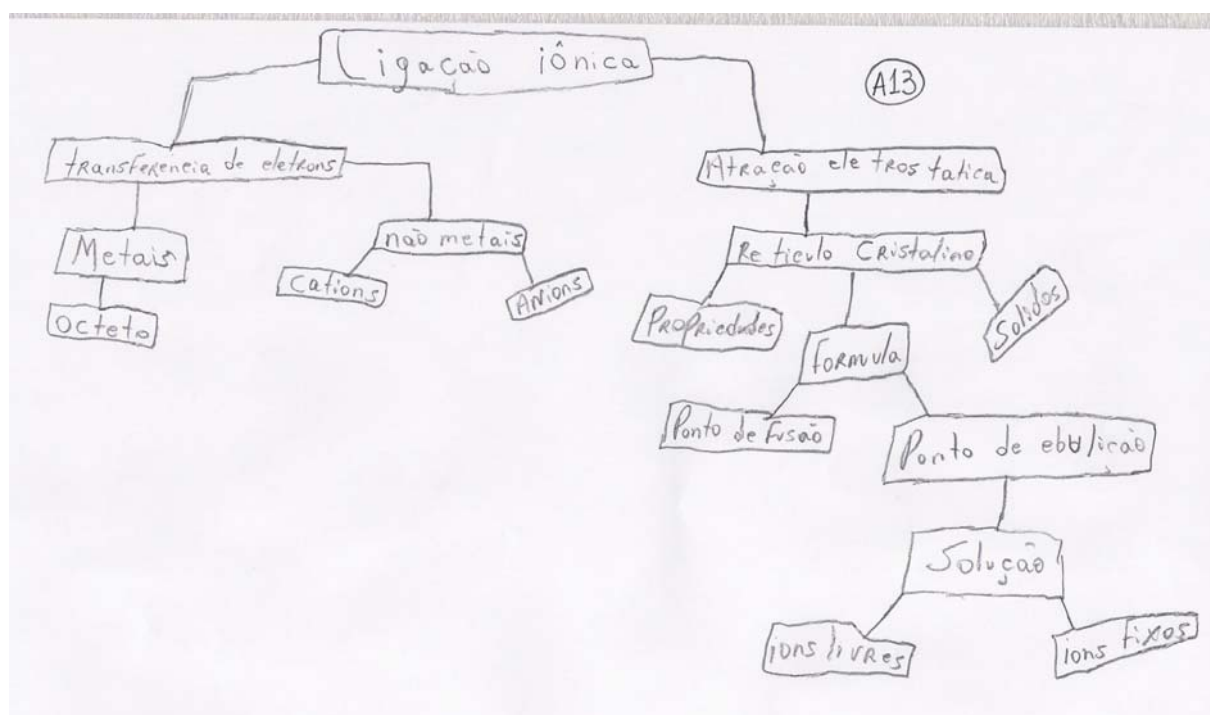


FIGURA 7 – Mapa elaborado pelo aluno A13.

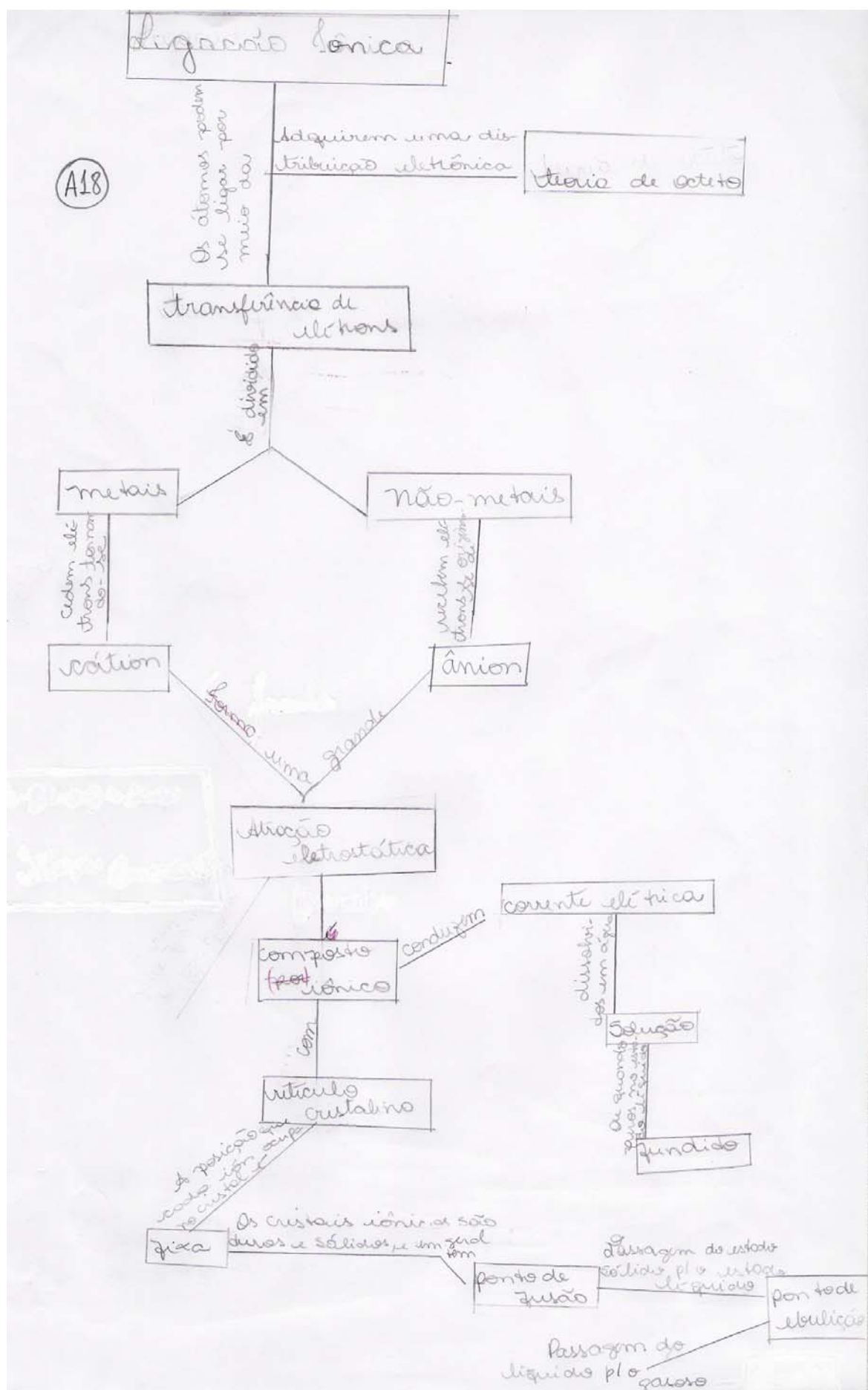


FIGURA 8 – Mapa elaborado pelo aluno A18.

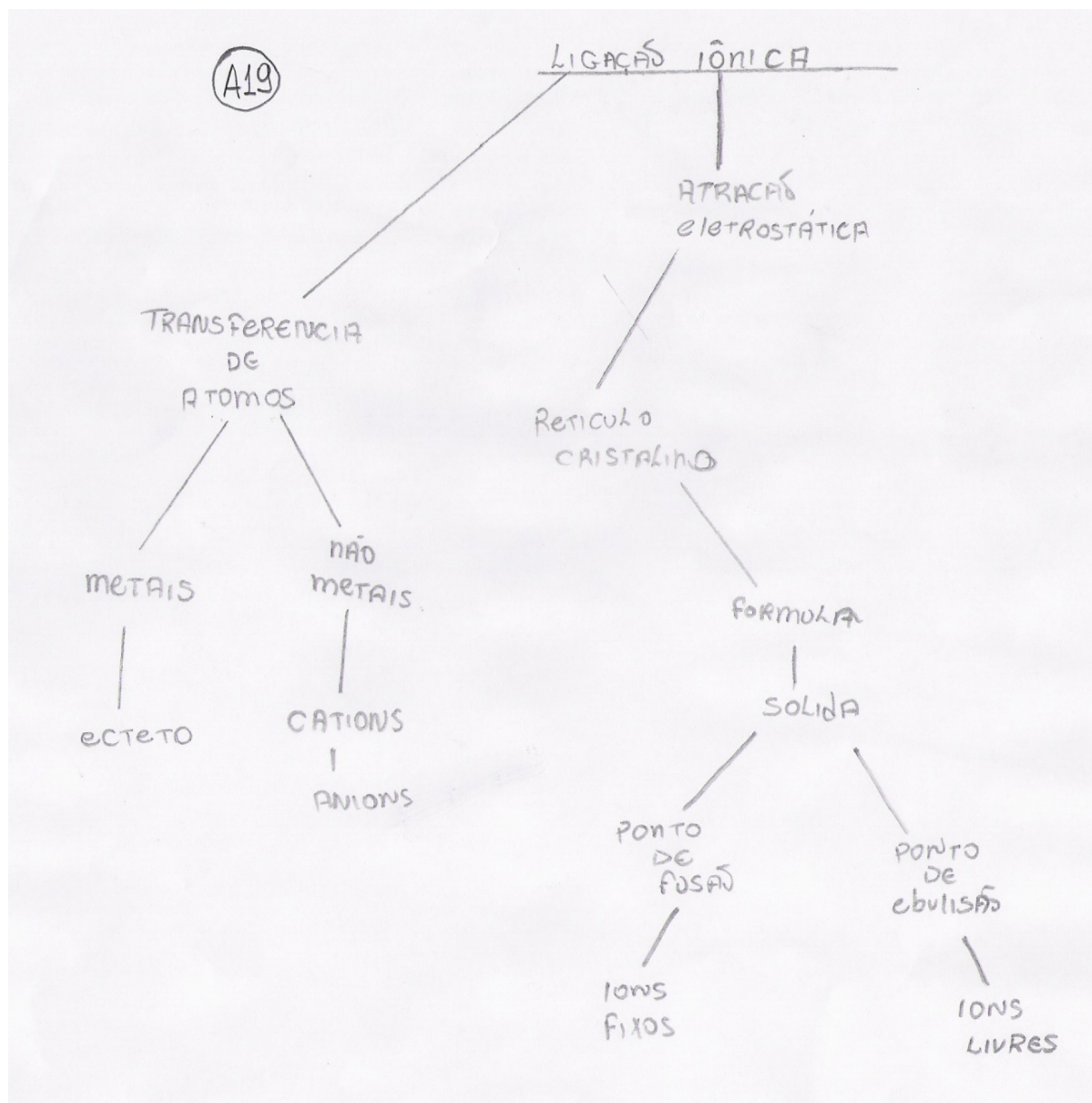


FIGURA 9 – Mapa elaborado pelo aluno A19.

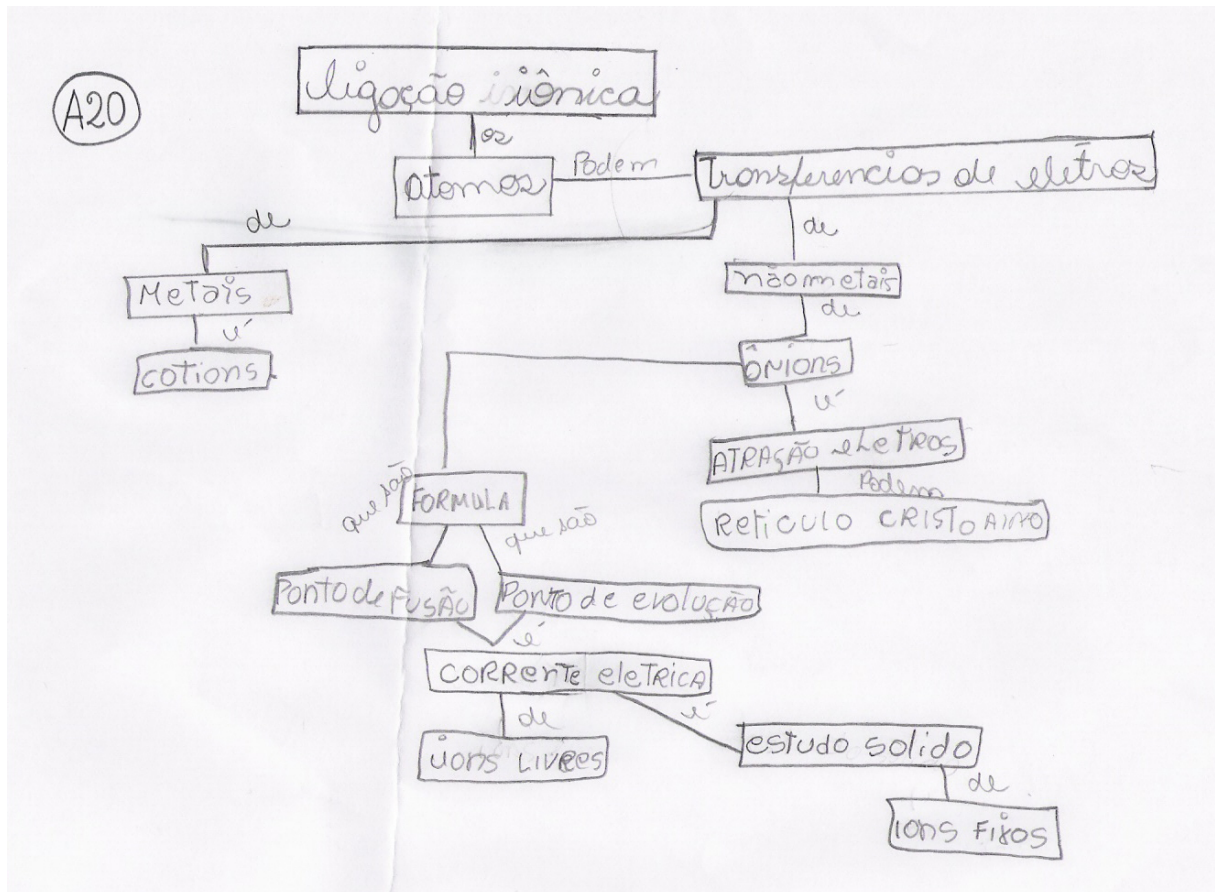


FIGURA 10 – Mapa elaborado pelo aluno A20.

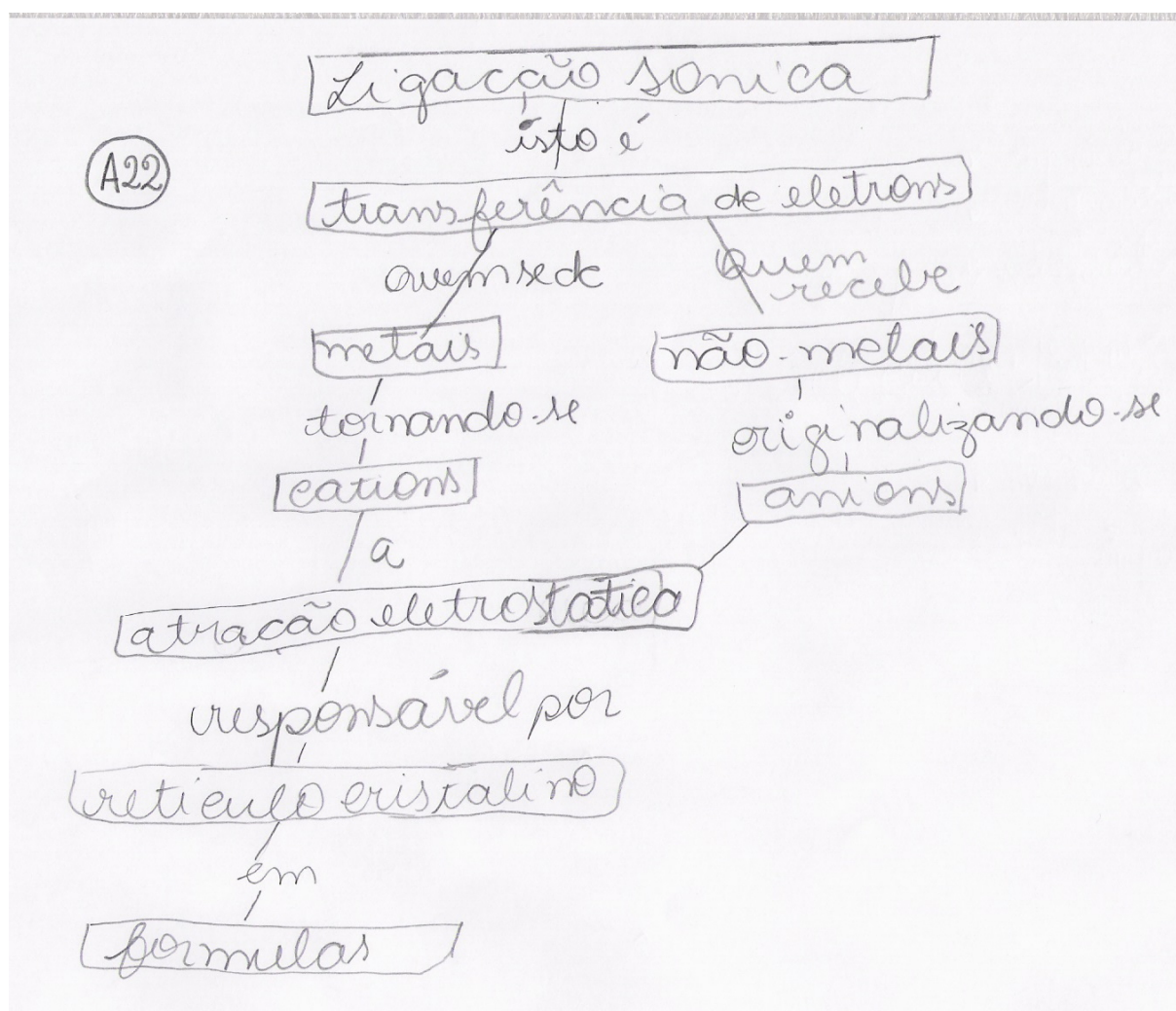


FIGURA 11 – Mapa elaborado pelo aluno A22.

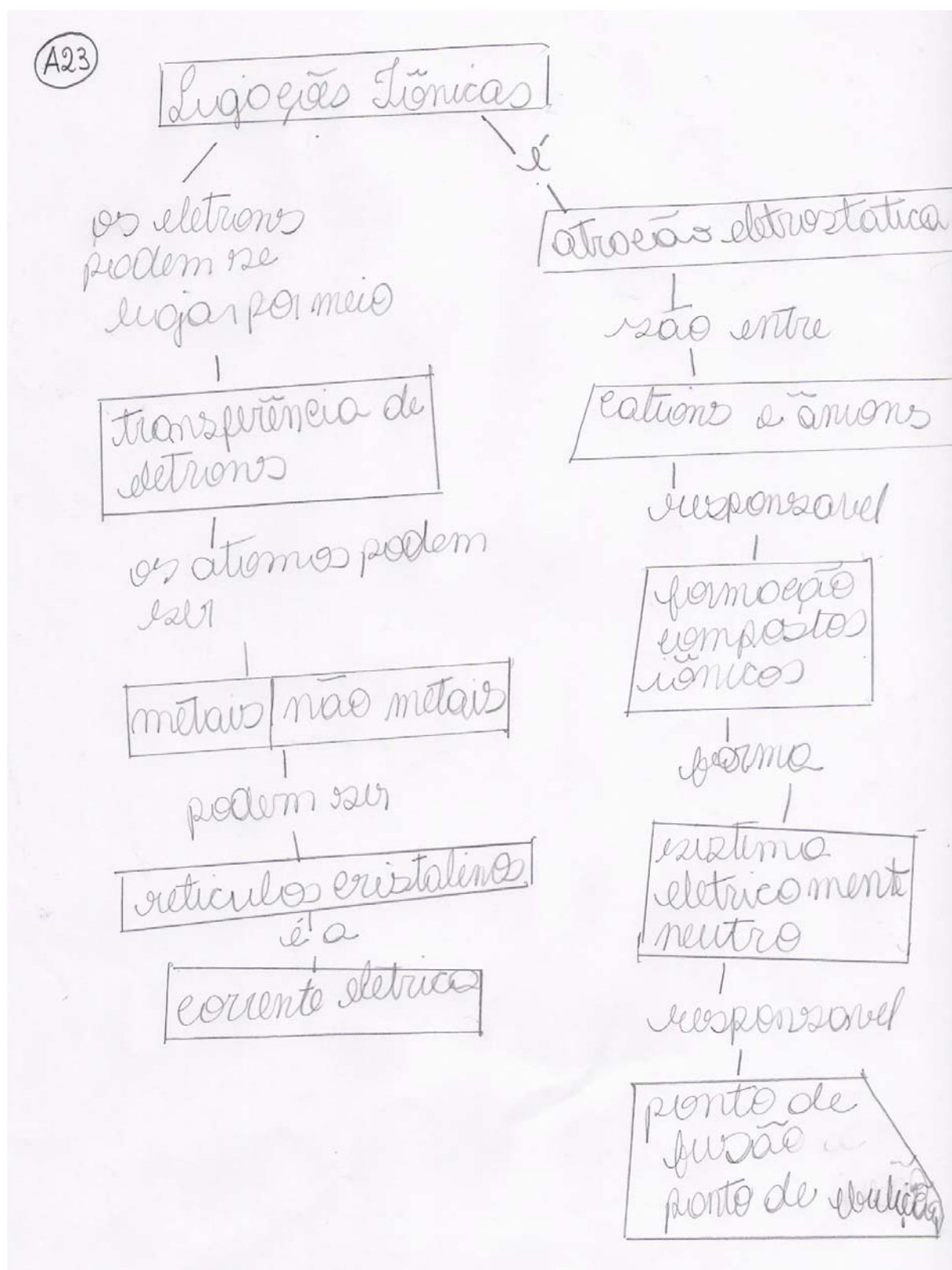


FIGURA 12 – Mapa elaborado pelo aluno A23.

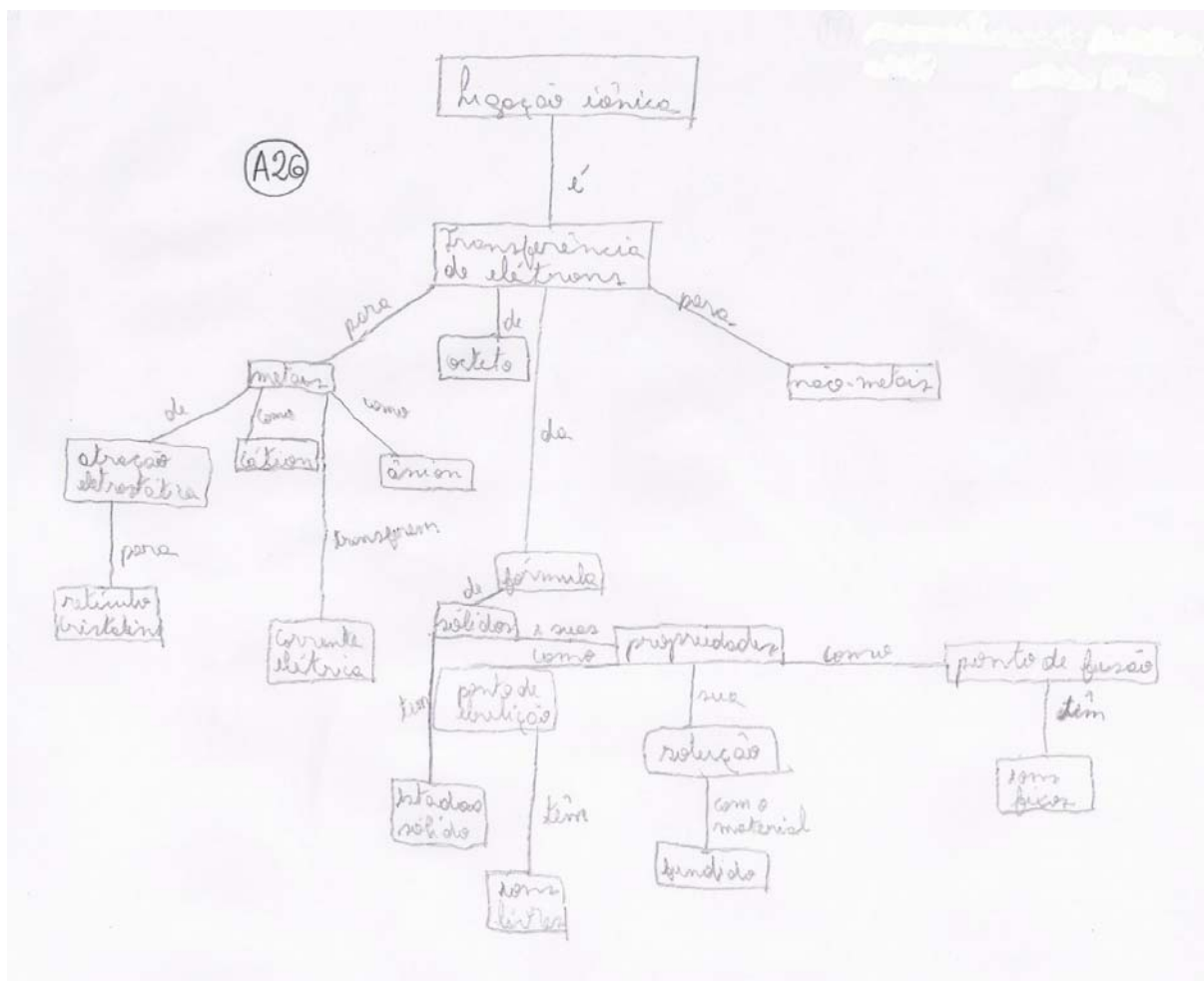


FIGURA 13 – Mapa elaborado pelo aluno A26.

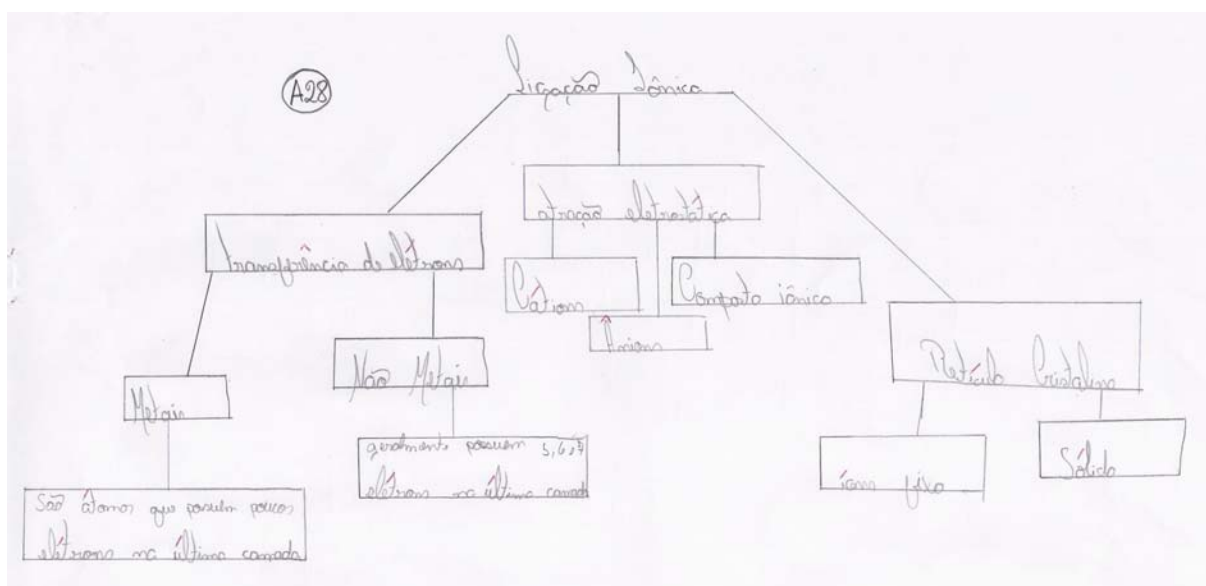


FIGURA 14 – Mapa elaborado pelo aluno A28.

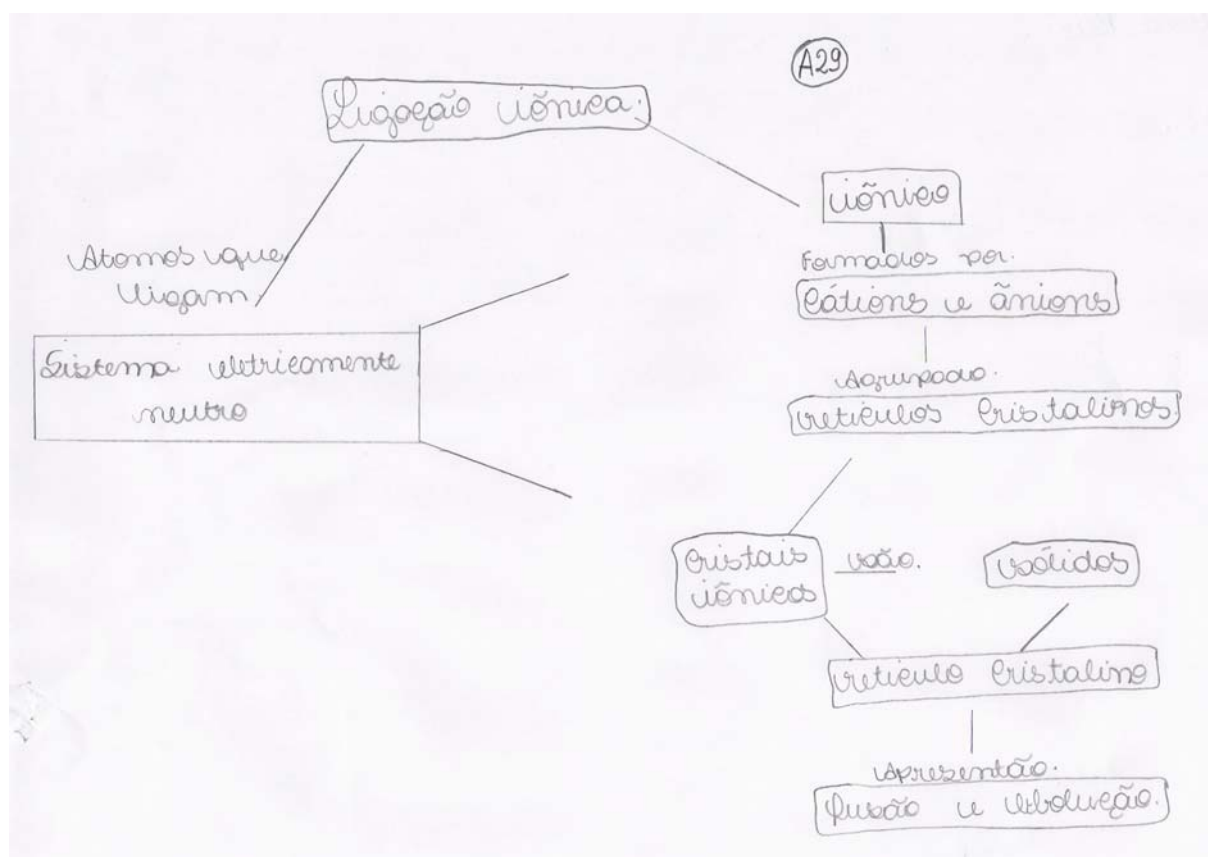


FIGURA 15 – Mapa elaborado pelo aluno A29.

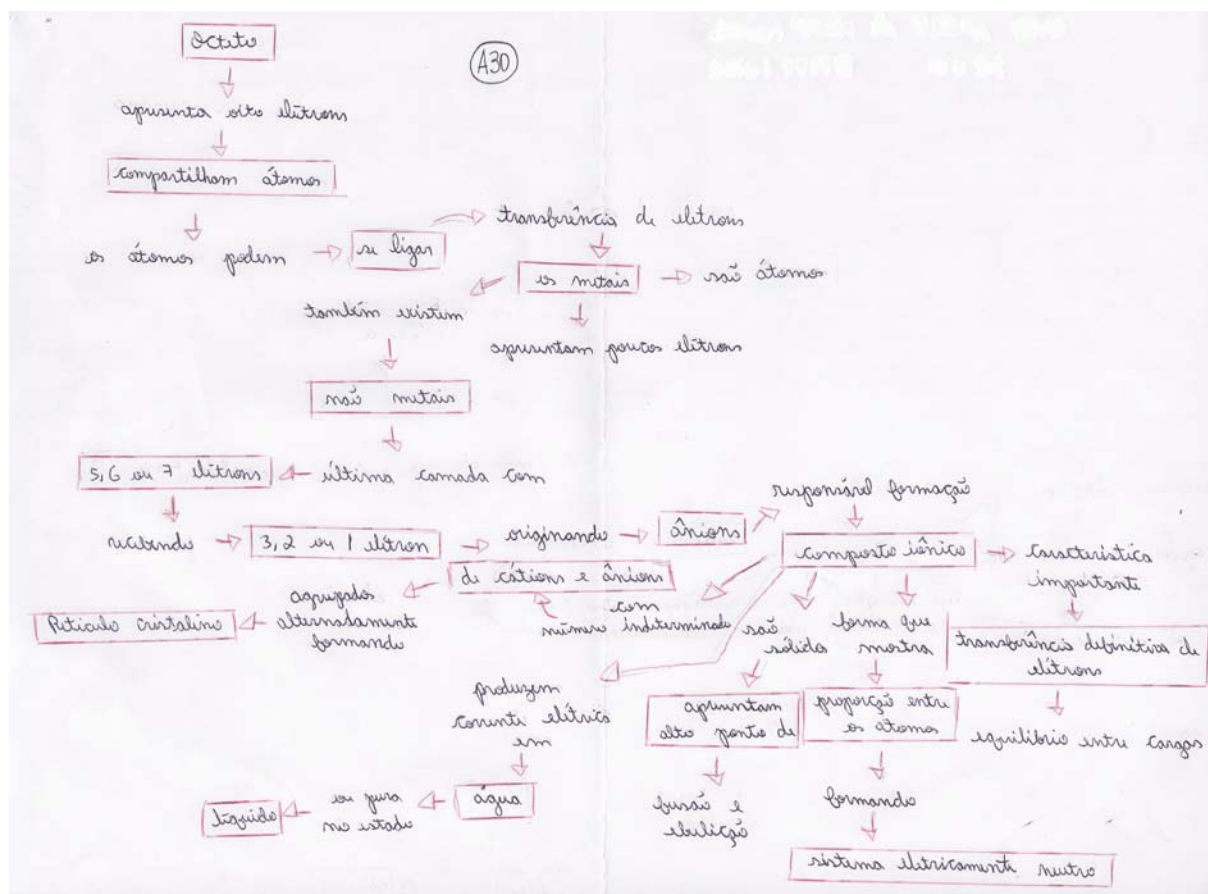


FIGURA 16 – Mapa elaborado pelo aluno A30.

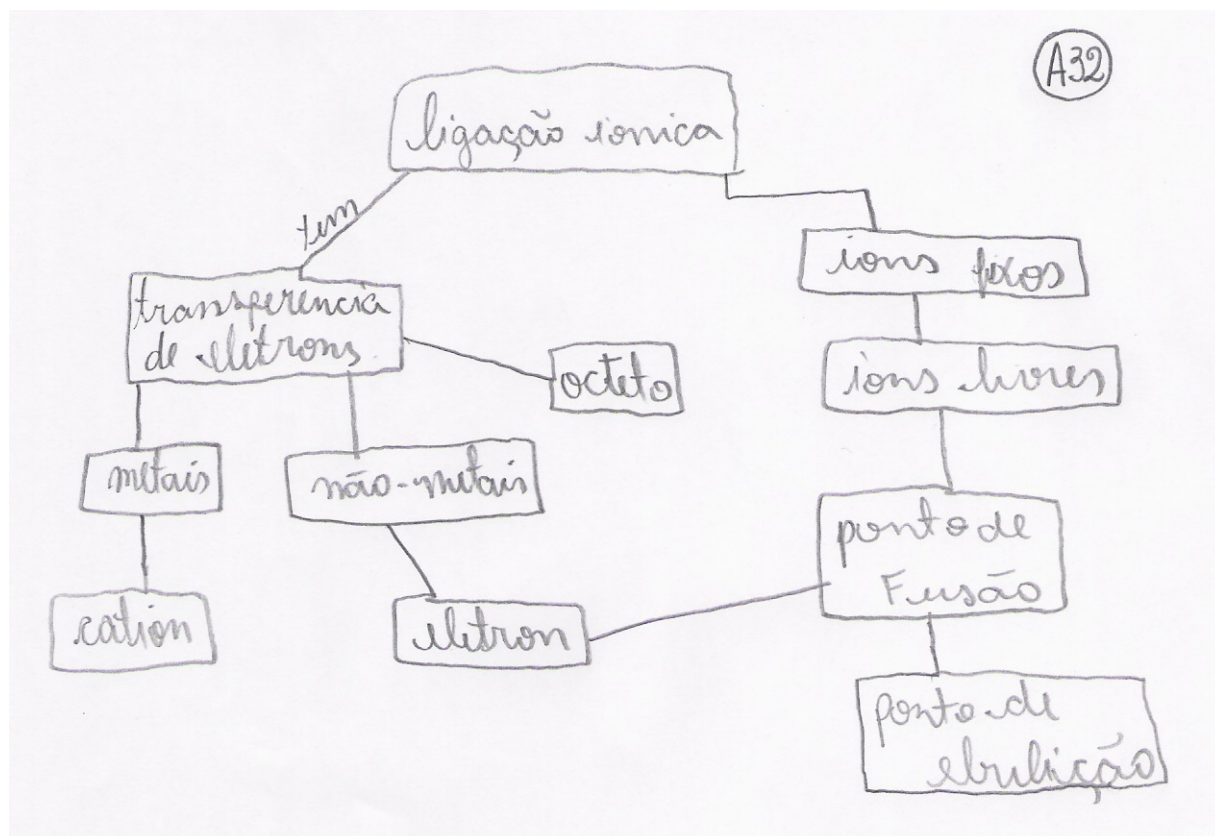


FIGURA 17 – Mapa elaborado pelo aluno A32.

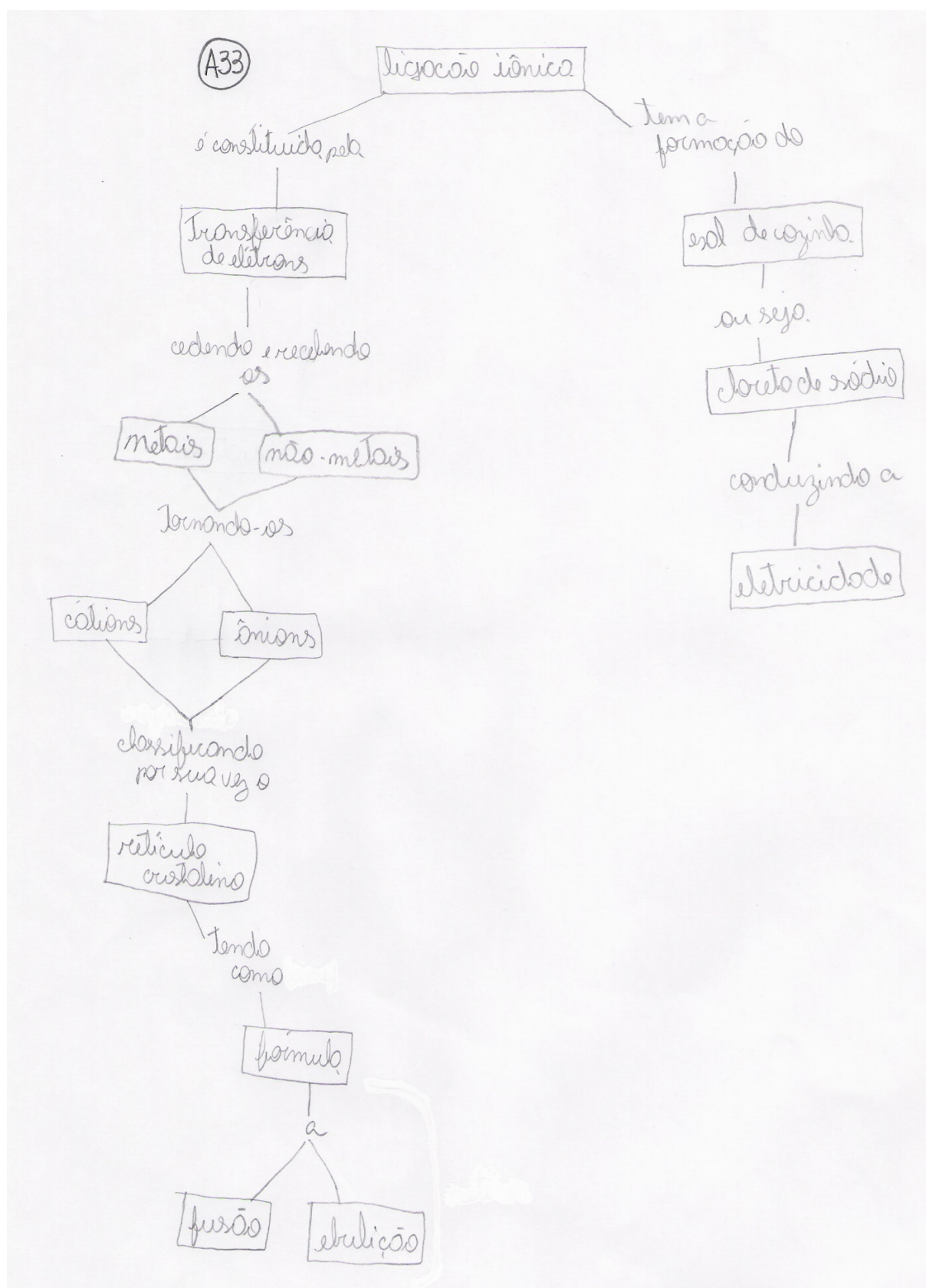


FIGURA 18 – Mapa elaborado pelo aluno A33.

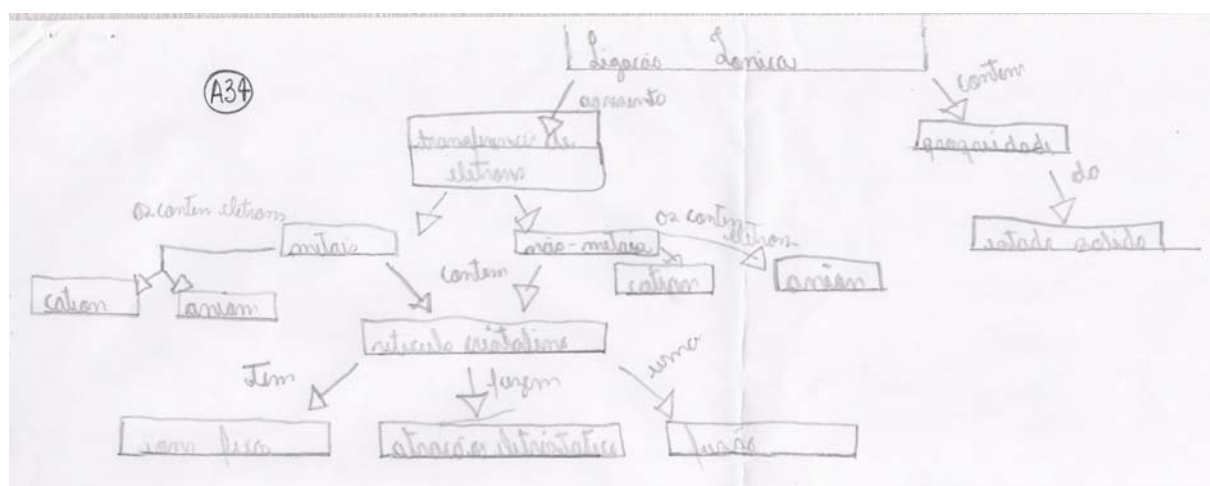


FIGURA 19 – Mapa elaborado pelo aluno A34.

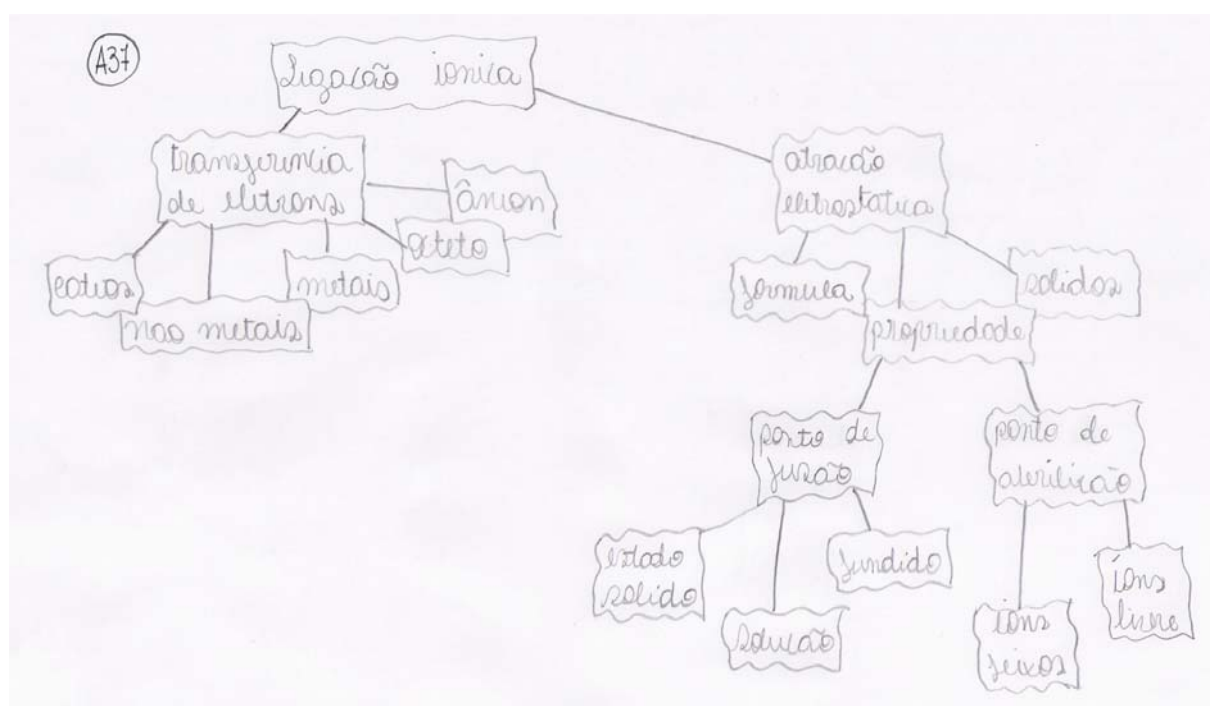


FIGURA 20 – Mapa elaborado pelo aluno A37.

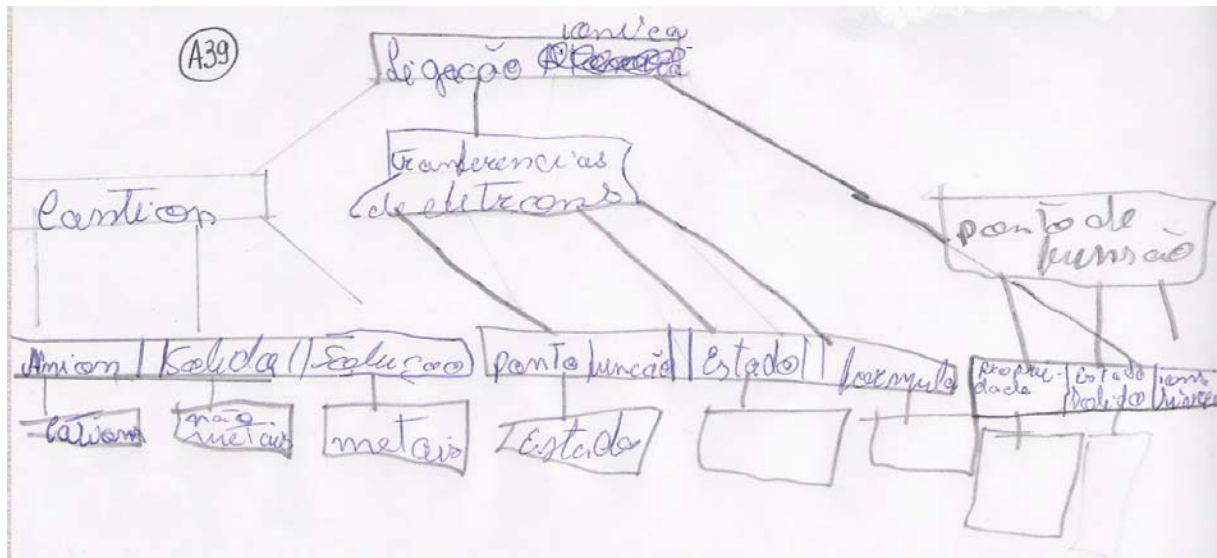


FIGURA 21 – Mapa elaborado pelo aluno A39.

ANEXO C: MAPAS CONCEITUAIS SOBRE LIGAÇÃO COVALENTE.

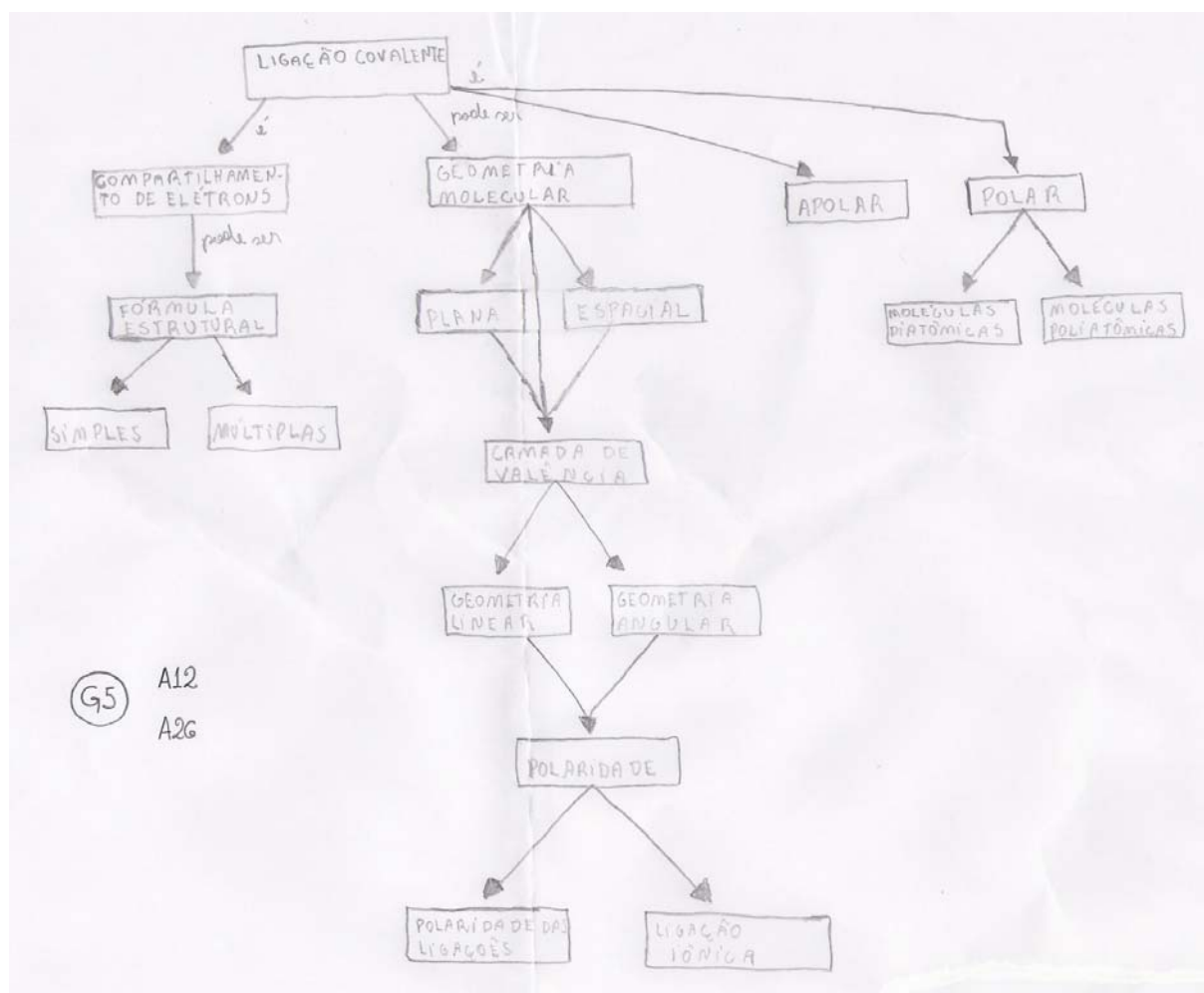


FIGURA 1 – Mapa elaborado pelo grupo G5.

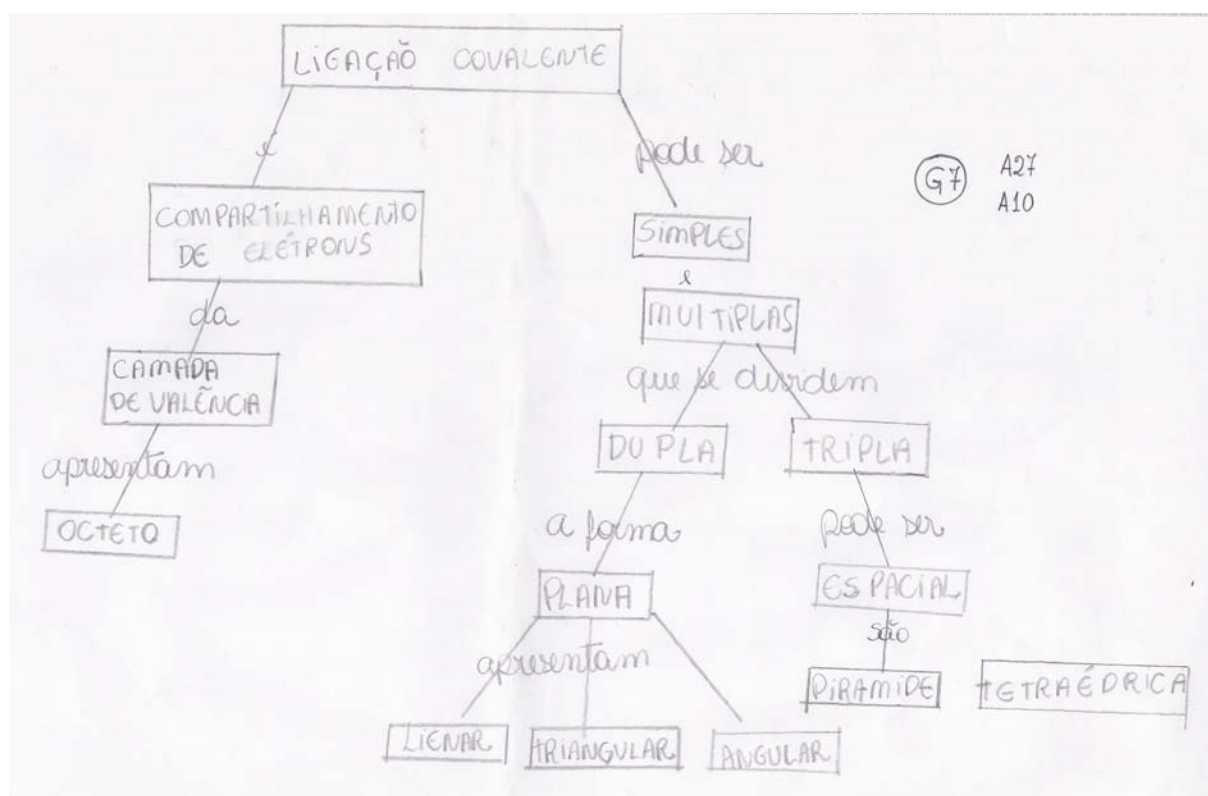


FIGURA 2 – Mapa elaborado pelo grupo G7.

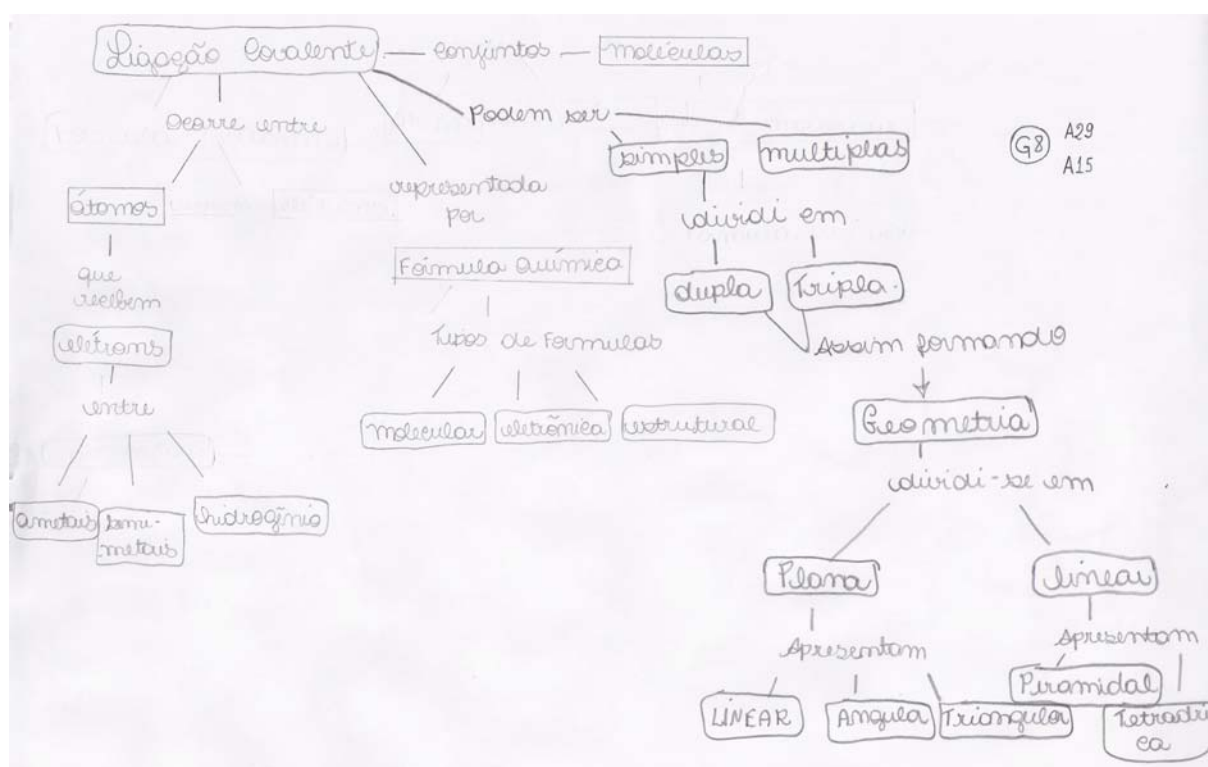


FIGURA 3 – Mapa elaborado pelo grupo G8.

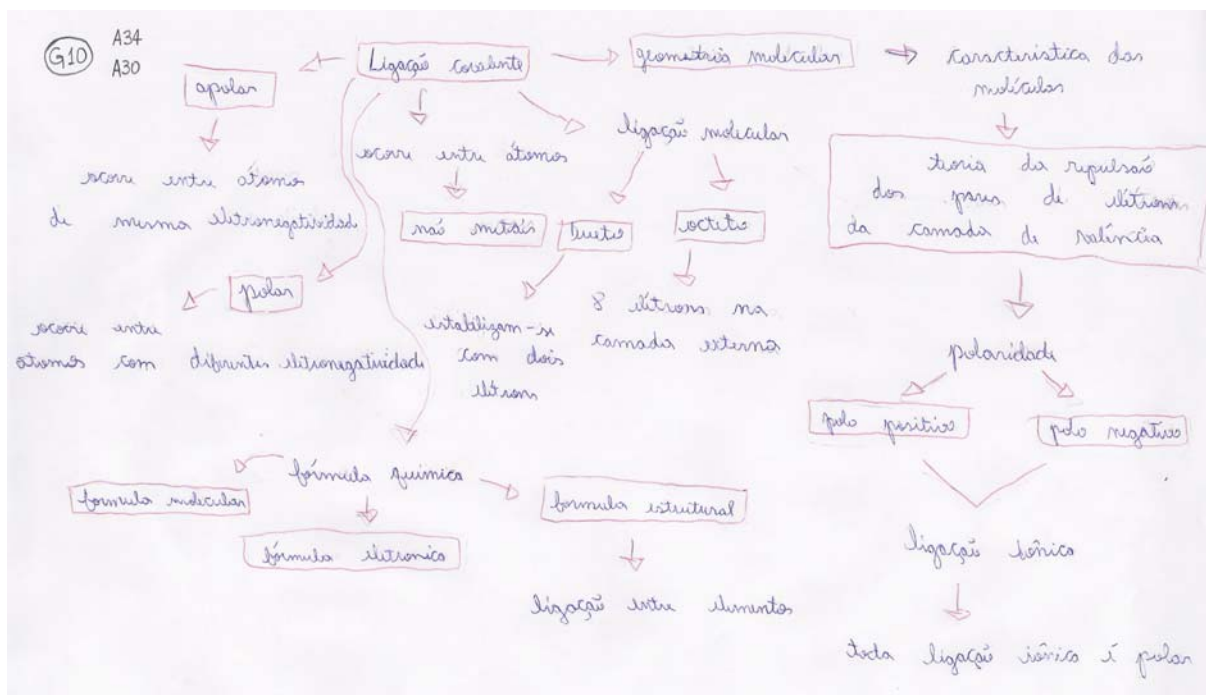


FIGURA 4 – Mapa elaborado pelo grupo G10.



FIGURA 5 – Mapa elaborado pelo grupo G11.

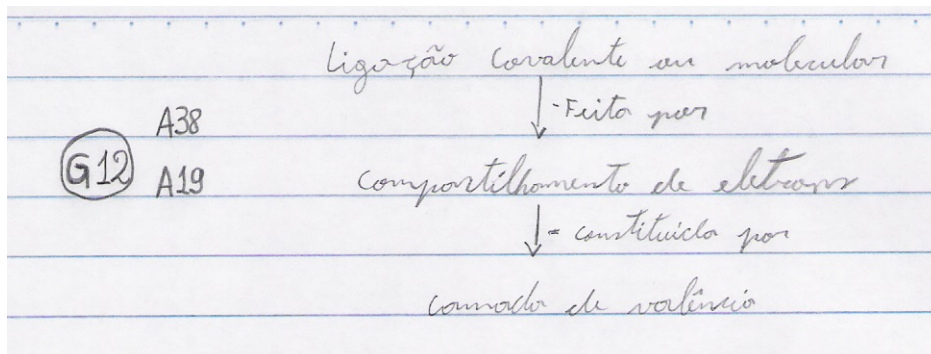


FIGURA 6 – Mapa elaborado pelo grupo G12.

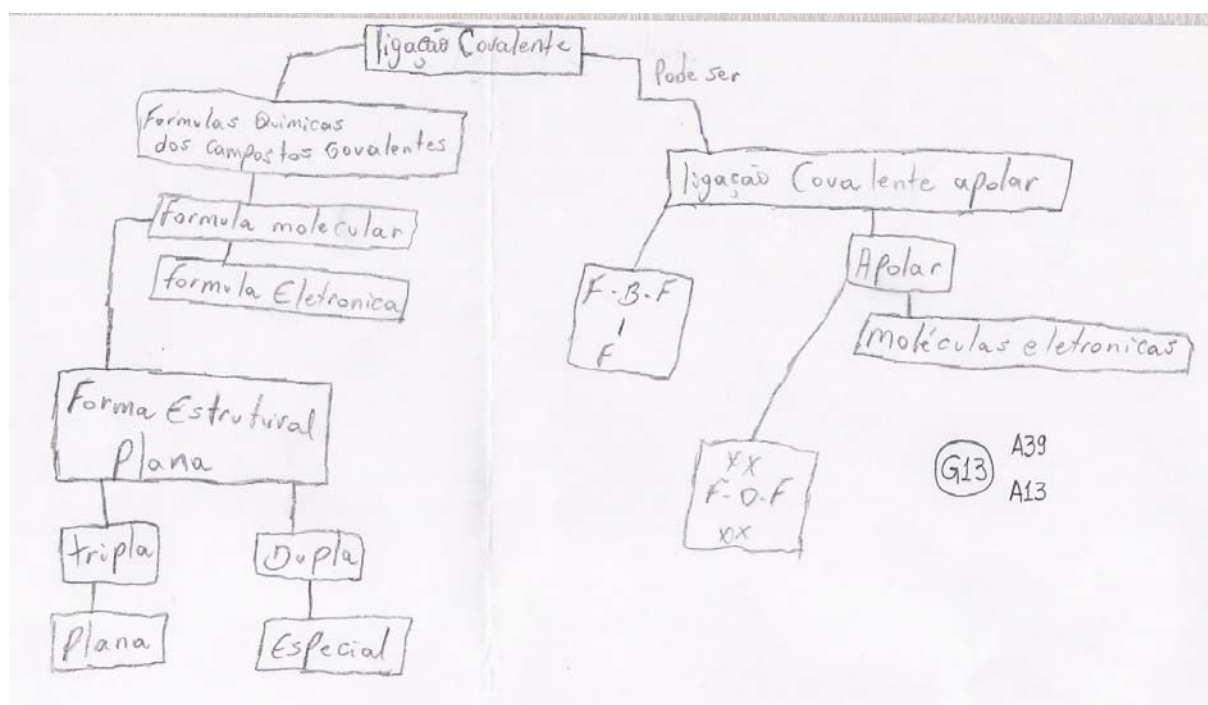


FIGURA 7 – Mapa elaborado pelo grupo G13.

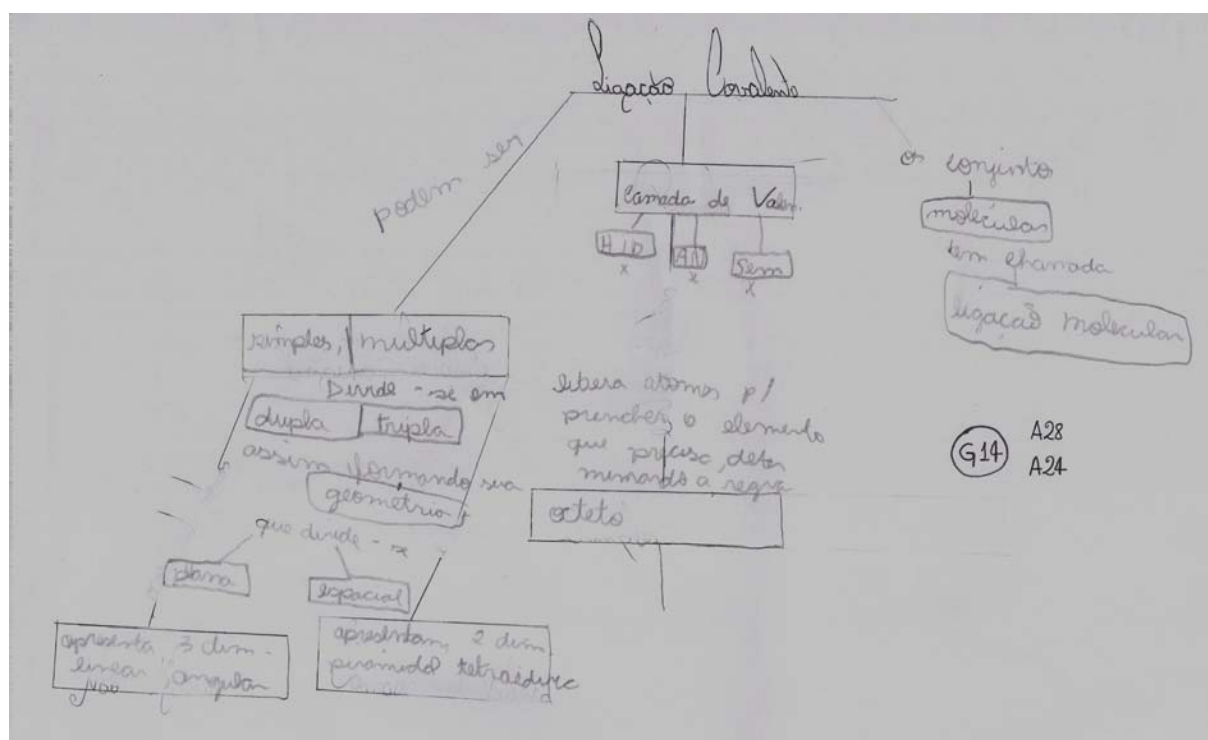


FIGURA 8 – Mapa elaborado pelo grupo G14.

FIGURA 9 – Mapa elaborado pelo grupo G15.

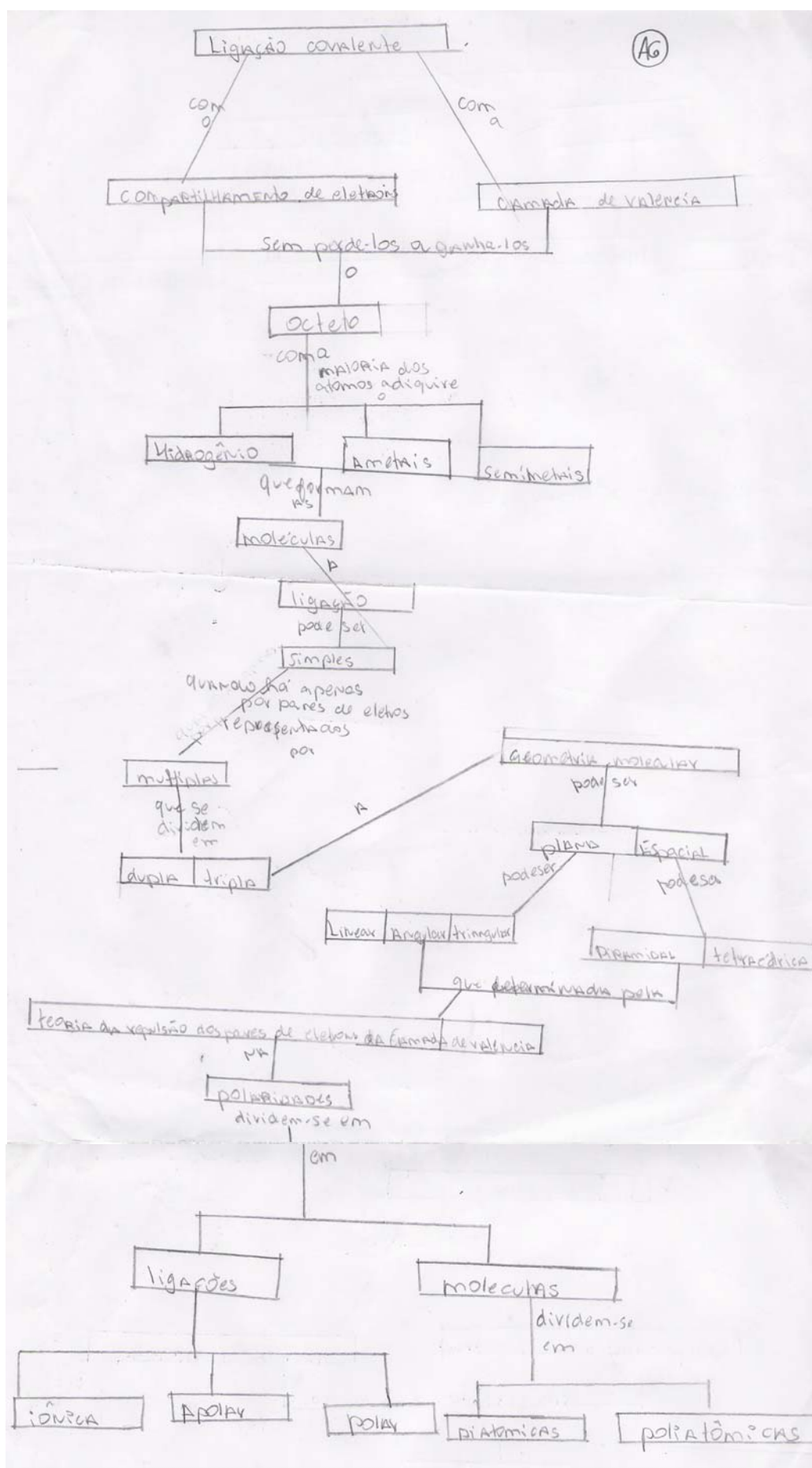


FIGURA 10 – Mapa elaborado pelo aluno A6.

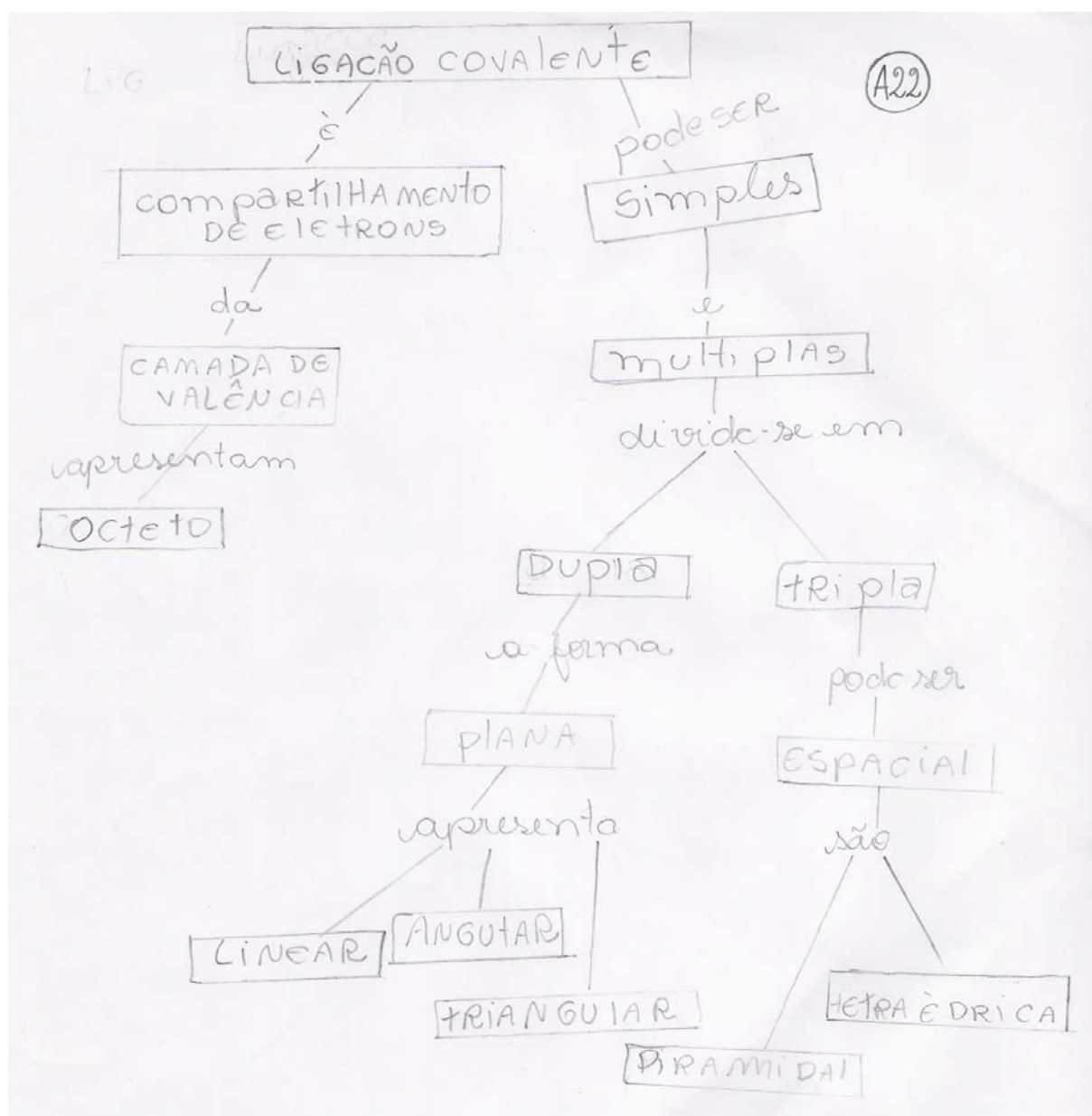


FIGURA 11 – Mapa elaborado pelo aluno A22.

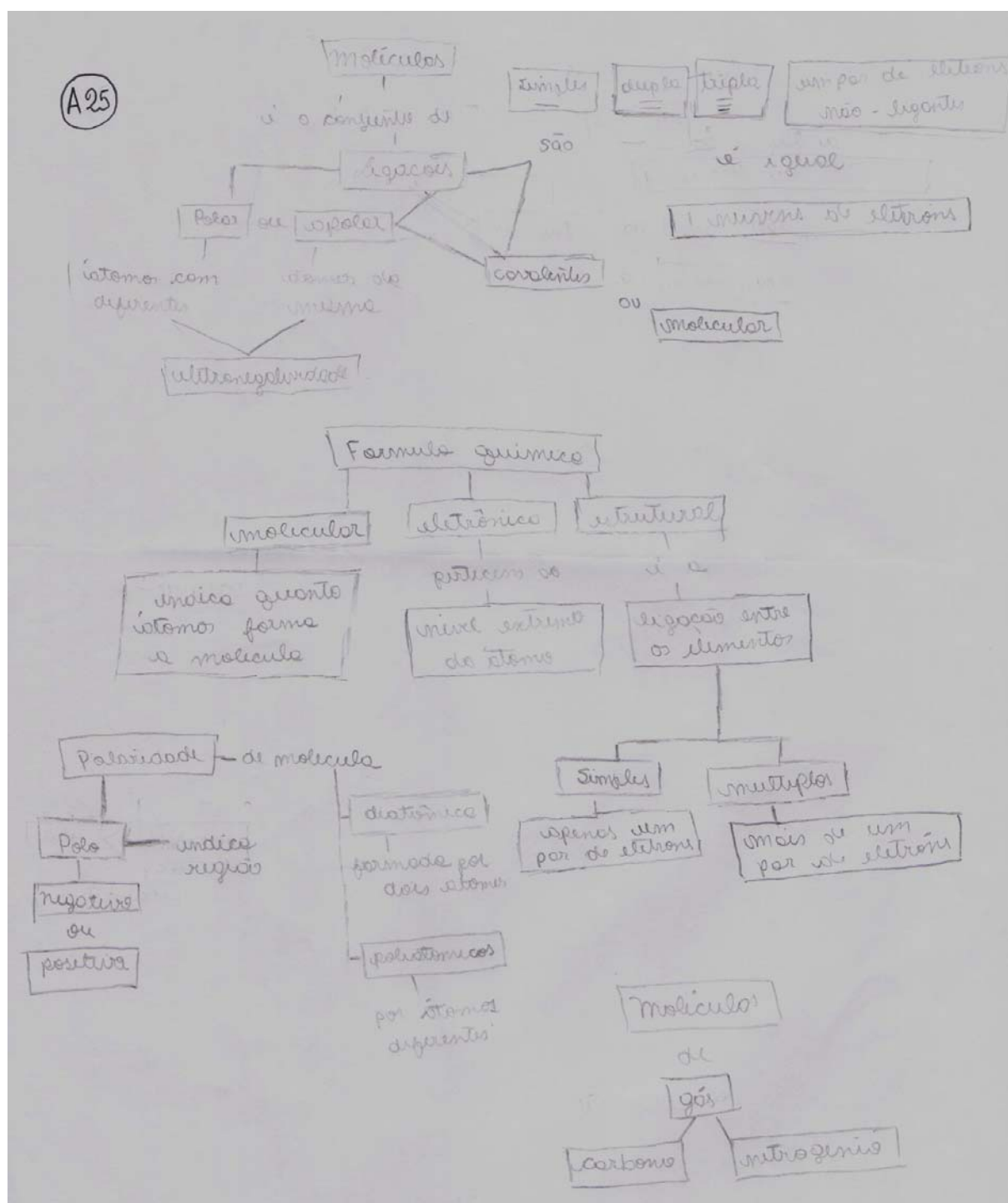


FIGURA 12 – Mapa elaborado pelo aluno A25.

ANEXO D: MAPAS CONCEITUAIS SOBRE LIGAÇÃO METÁLICA.



FIGURA 1 – Mapa elaborado pelo grupo G2.

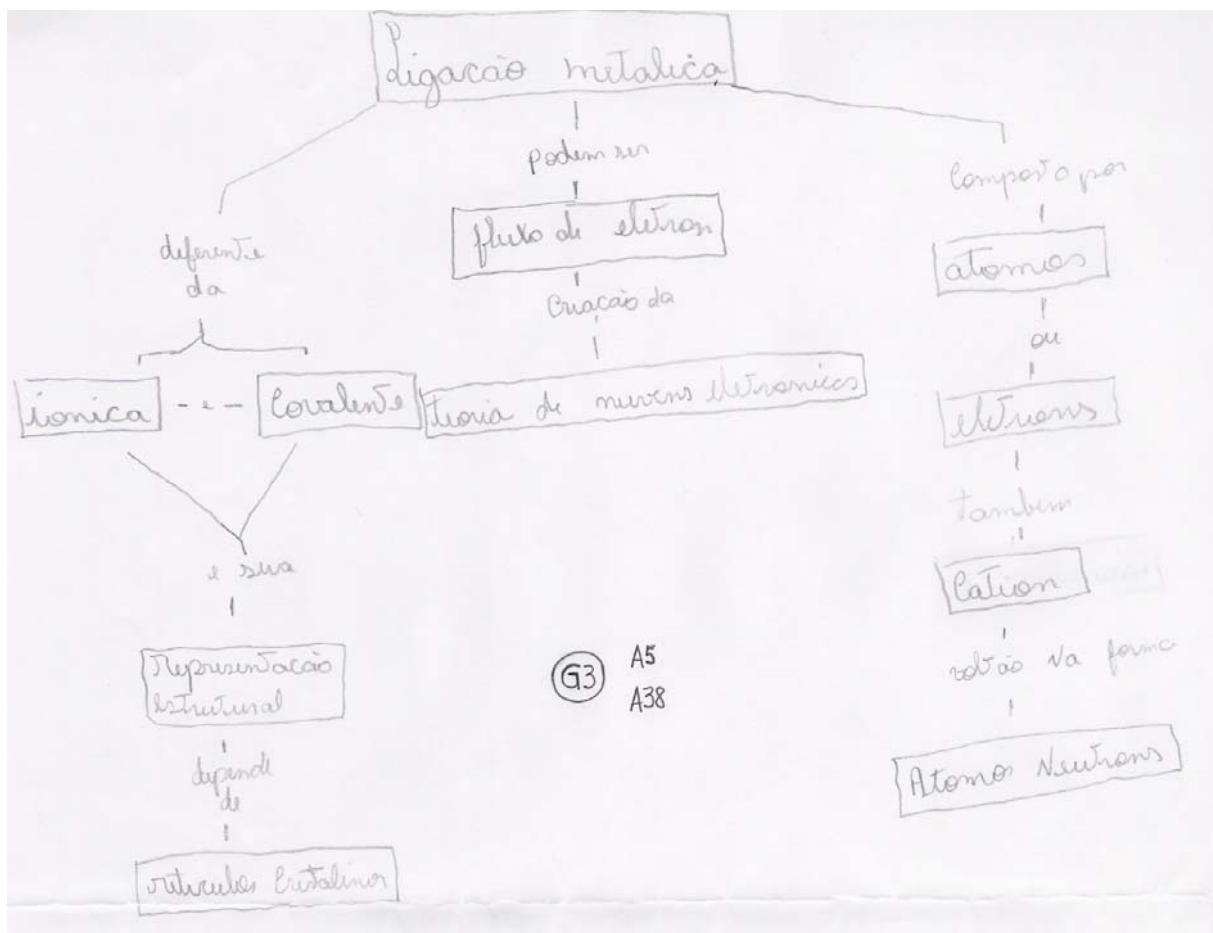


FIGURA 2 – Mapa elaborado pelo grupo G3.



FIGURA 3 – Mapa elaborado pelo grupo G4.

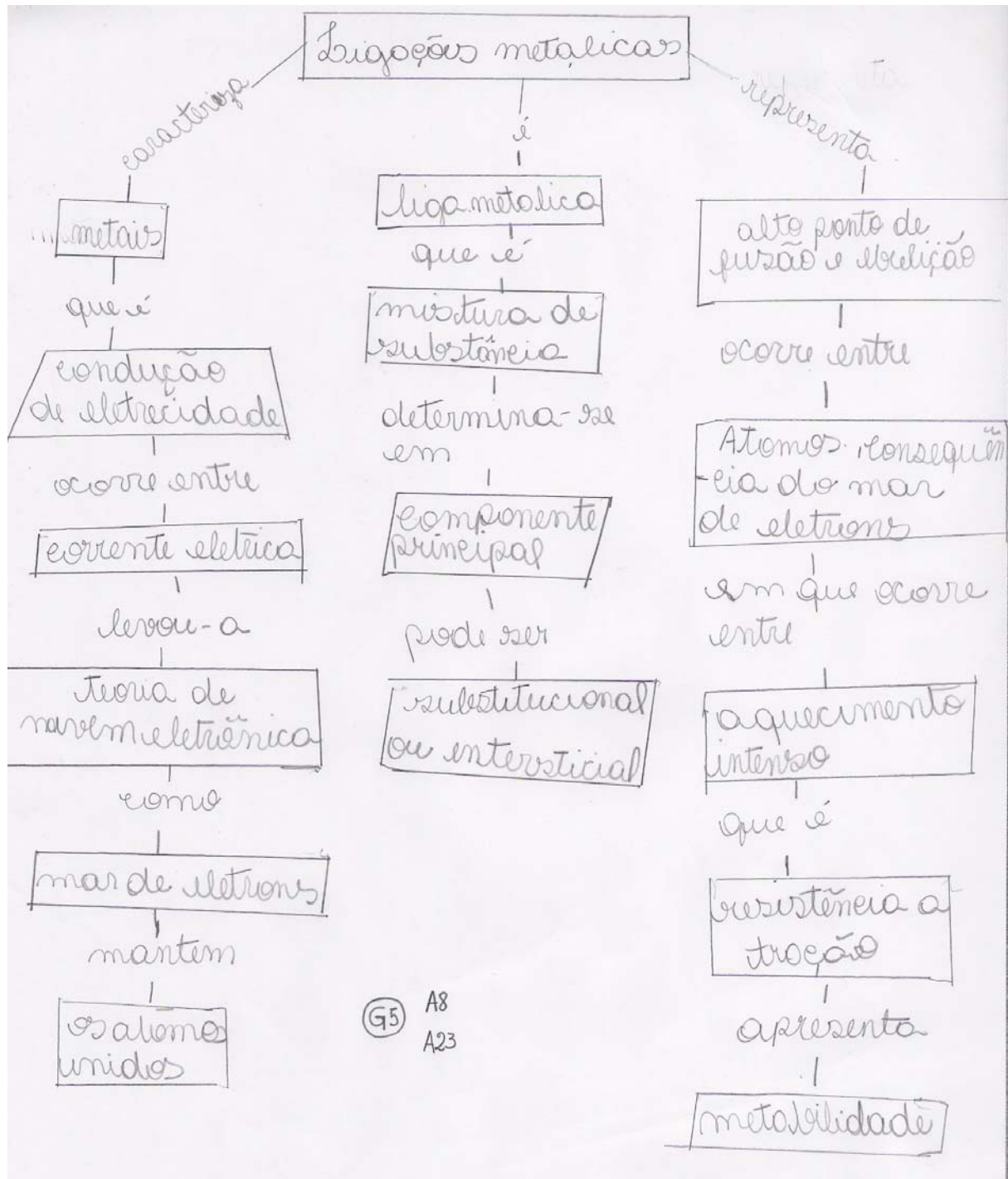


FIGURA 4 – Mapa elaborado pelo grupo G5.

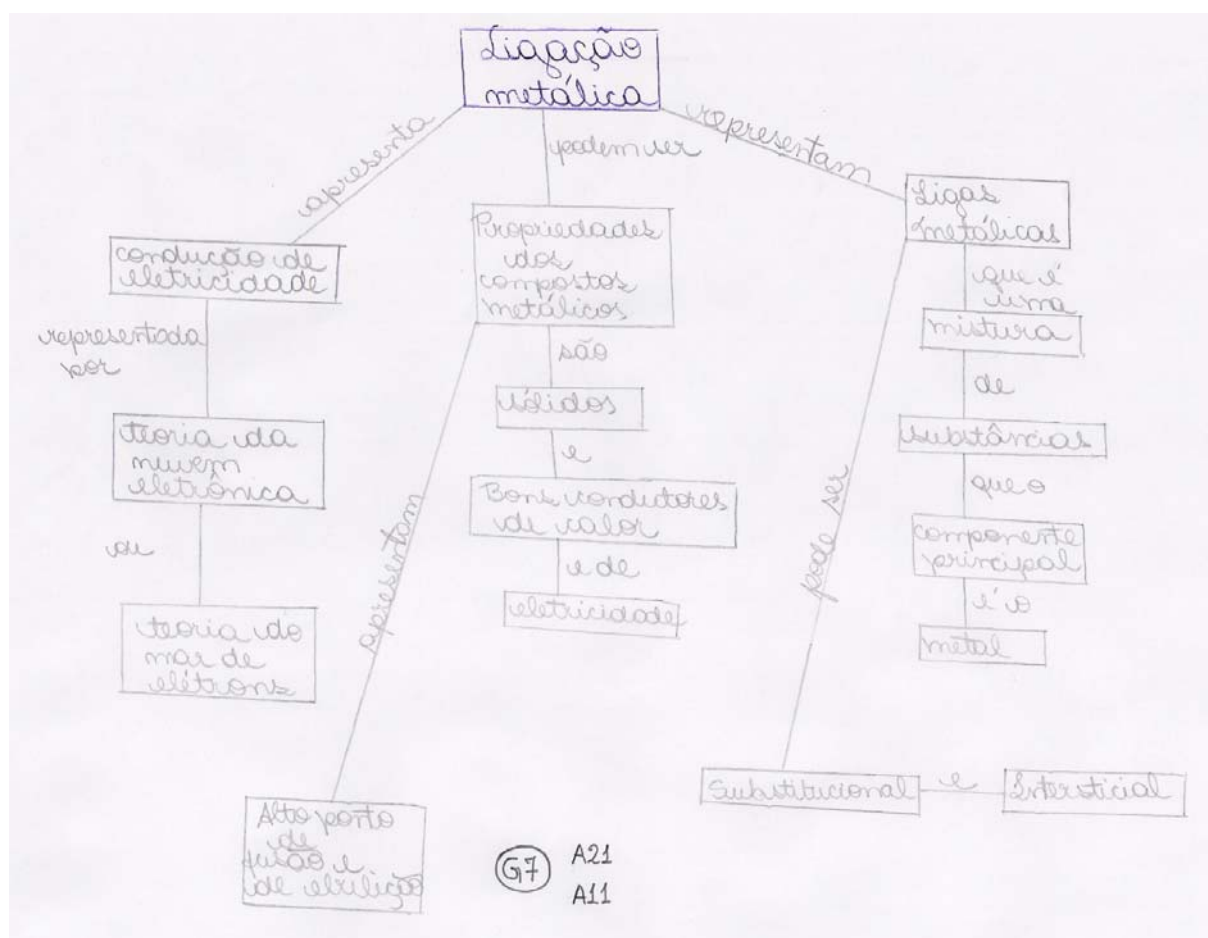


FIGURA 5 – Mapa elaborado pelo grupo G7.

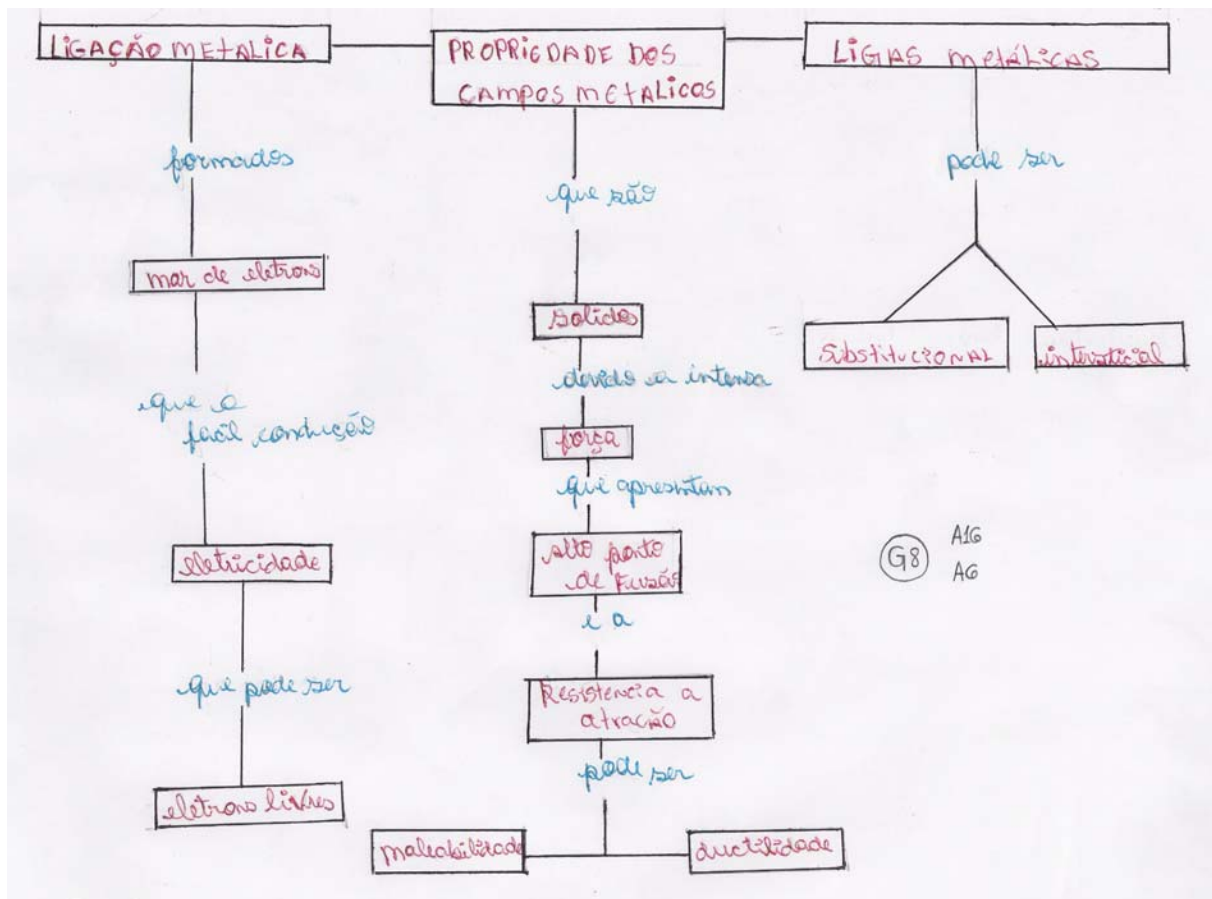


FIGURA 6 – Mapa elaborado pelo grupo G8.

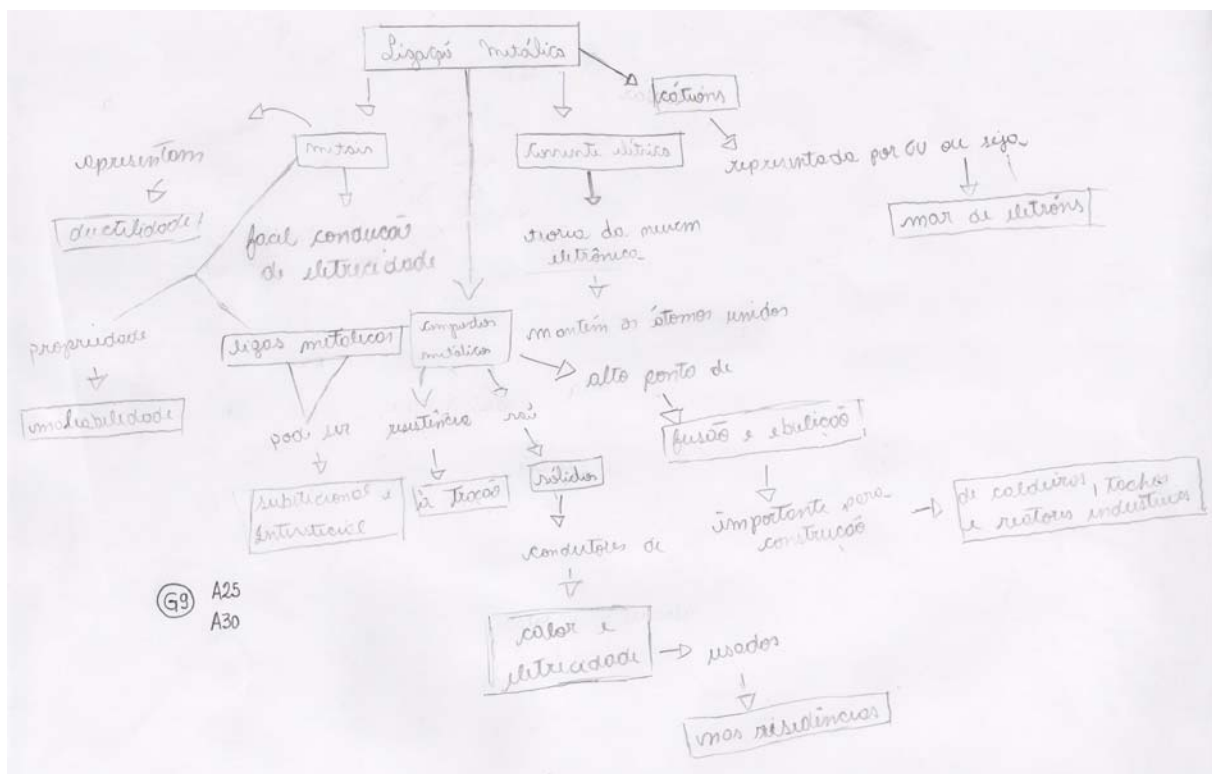


FIGURA 7 – Mapa elaborado pelo grupo G9.

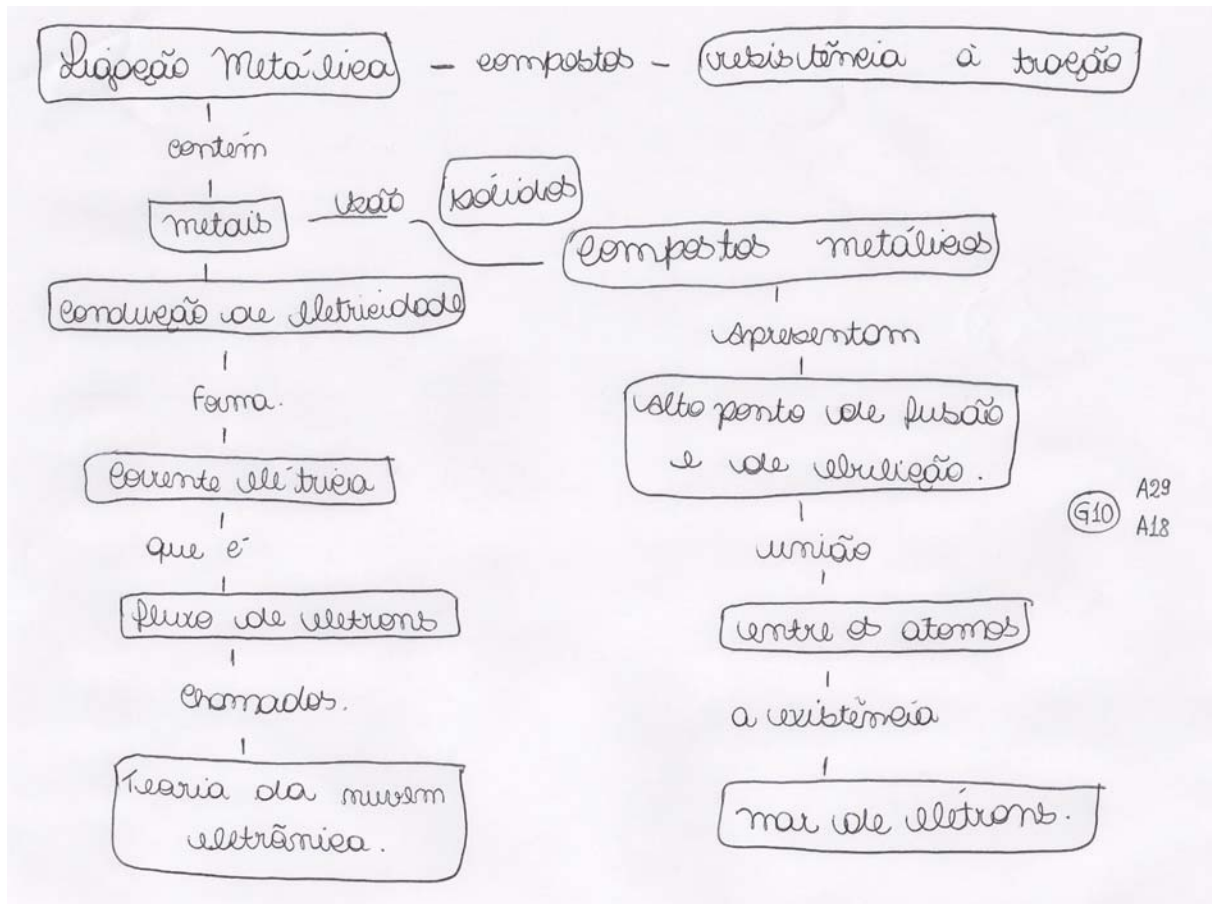


FIGURA 8 – Mapa elaborado pelo grupo G10.

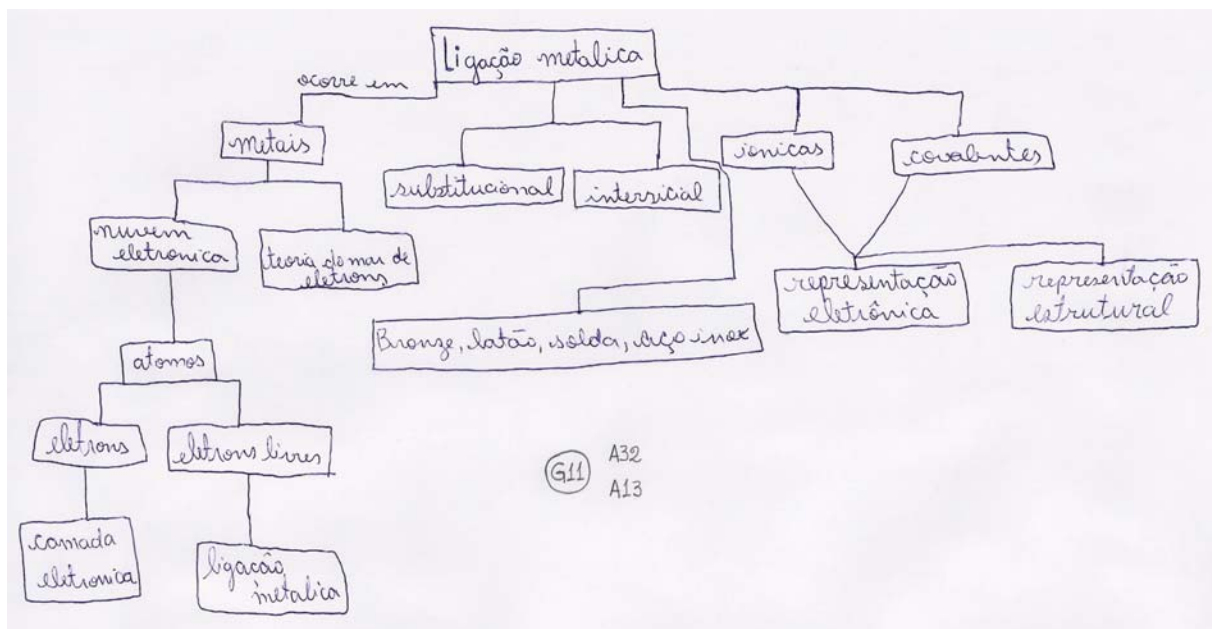


FIGURA 9 – Mapa elaborado pelo grupo G11.

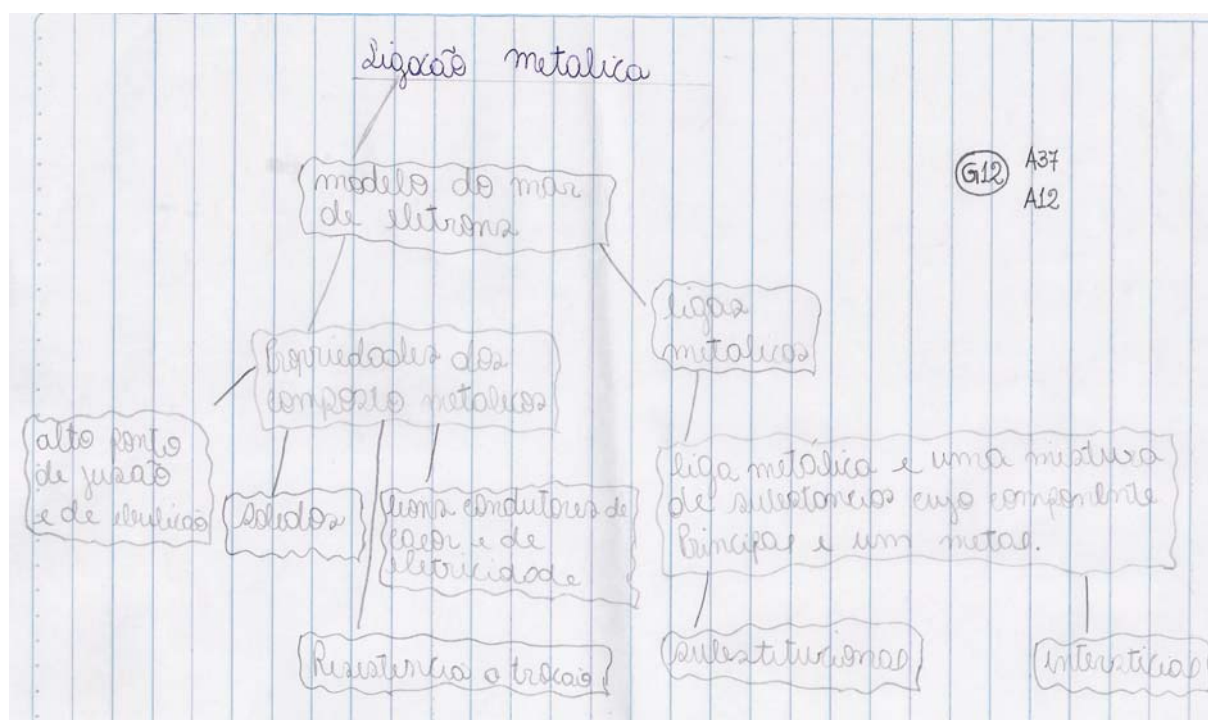


FIGURA 10 – Mapa elaborado pelo grupo G12.