



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

**MAPAS CONCEITUAIS COMO ESTRATÉGIA DE  
ENSINO PARA PILHAS ELETROQUÍMICAS:  
UM ESTUDO COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

**ANTEÓGENES RODRIGUES DE ARAÚJO\***

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

**Orientador: Prof. Romeu Cardozo Rocha Filho**

**Coorientador: Prof. Dácio Rodney Hartwig**

\* Professor da Escola Técnica Estadual – ETEC Professor Rodolpho José Del Guerra

**São Carlos – SP**

**2021**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Química

---

**Folha de Aprovação**

---

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Anteogenes Rodrigues de Araújo, realizada em 26/02/2021.

**Comissão Julgadora:**

Prof. Dr. Romeu Cardozo Rocha Filho (UFSCar)

Profa. Dra. Clelia Mara de Paula Marques (UFSCar)

Prof. Dr. Eder Tadeu Gomes Cavalheiro (IQSC/USP)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Química.

Dedico esta dissertação:

– aos meus queridos pais, Jaime Rodrigues de Araujo (in memoriam) e Elizete Rosa de Araujo, que me apoiaram na minha mudança para São Carlos;

– à minha querida irmã Leila Maria de Araujo, que me deu um grande apoio na permanência em São Carlos;

– ao meu querido e amado filho Lucas Persequino Rodrigues de Araujo, que tenha vida longa e próspera.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Jaime e Elizete; às minhas irmãs Leila, Eliana e Jéssica; aos meus cunhados Vagner e Gerson; e aos meus sobrinhos e sobrinha Bárbara, Luís Otávio e o jovem Pedro, que sempre estiveram ao meu lado nesta trajetória que permitiu a realização do meu sonho acadêmico.

À minha companheira de vida Silvana Ap. Persequino, minha grande incentivadora, pela sua paciência e compreensão. Ao meu querido e amado filho Lucas, por ter participado deste projeto e me apoiado com muita calma.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Romeu Cardozo Rocha Filho e Prof. Dr. Dácio Rodney Hartwig, pela paciência, confiança e compartilhamento de seus conhecimentos, apoio sem o qual não seria possível a conclusão deste trabalho. Aos professores avaliadores do seminário e membros da banca de defesa por aceitarem gentilmente colaborar com o aprimoramento das reflexões desenvolvidas neste estudo.

À Universidade Federal de São Carlos e ao Programa de Pós-Graduação em Química, pela oportunidade de desenvolvimento acadêmico e pessoal, e pela possibilidade de contribuir com a qualidade do processo de ensino-aprendizagem.

Às minhas amigas Estela de Lima Dias e Catarina Roberta Rosseti, pelo incentivo constante e essencial.

Aos professores Cássio Prinholato, Vagner Marcelo Gomes, Patrícia Lorencini, Marcelo Dassan Carriero, Liliane B. M. Biffe, Angela M. Martins, pela ajuda e suporte no desenvolvimento do trabalho.

Ao coordenador do curso de Química da Escola Técnica Estadual – ETEC Professor Rodolpho José Del Guerra, de São José do Rio Pardo, Prof. Reginaldo Gregghi Inácio, por estar sempre presente e me fazer acreditar na minha capacidade.

À direção, corpo docente e administrativo da Escola Técnica – ETEC Prof. Rodolpho José Del Guerra, por me apoiarem nesta longa caminhada.

A todos os alunos e alunas que aceitaram participar deste projeto com seriedade e dedicação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo seu apoio indireto (código de financiamento 001).

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Pontuações atribuídas em cada um dos parâmetros nos mapas conceituais	
1 .....	35
<b>Tabela 2</b> – Pontuações atribuídas em cada um dos parâmetros nos mapas conceituais	
2 .....	58
<b>Tabela 3</b> – Pontuações atribuídas em cada um dos parâmetros nos mapas conceituais	
3 .....	74

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Ilustração de como ocorre a interação entre novas informações e subsunçores .....	6
<b>Figura 2</b> – Componentes envolvidos na estrutura cognitiva quando ocorre aprendizagem significativa .....	7
<b>Figura 3</b> – Formas de ocorrência da aprendizagem significativa .....	8
<b>Figura 4</b> – Condições que levam à ocorrência de aprendizagem significativa .....	10
<b>Figura 5</b> – Condições necessárias para que ocorra aprendizagem significativa .....	10
<b>Figura 6</b> – Tipos de aprendizagem significativa .....	12
<b>Figura 7</b> – Ilustração do que ocorre com as aprendizagens mecânica e significativa à medida que o tempo passa .....	13
<b>Figura 8</b> – Mapa conceitual genérico fundamentado na teoria de Ausubel .....	15
<b>Figura 9</b> – Mapa conceitual sobre condutividade elétrica .....	15
<b>Figura 10</b> – Mapa conceitual inicial, simplificado, para tipos de misturas .....	18
<b>Figura 11</b> – Mapa conceitual ampliado para tipos de misturas .....	18
<b>Figura 12</b> – Mapa conceitual ainda mais ampliado para tipos de misturas .....	19
<b>Figura 13</b> – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A6 .....	37
<b>Figura 14</b> – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A24 .....	39
<b>Figura 15</b> – Exemplo de um mapa conceitual com pouca organização hierárquica .....	40
<b>Figura 16</b> – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A13 .....	42
<b>Figura 17</b> – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A5 .....	44
<b>Figura 18</b> – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A26 .....	45
<b>Figura 19</b> – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A1 .....	47
<b>Figura 20</b> – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A22 .....	48
<b>Figura 21</b> – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A3 .....	49
<b>Figura 22</b> – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A2 .....	51
<b>Figura 23</b> – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A19 .....	53
<b>Figura 24</b> – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A13 .....	59
<b>Figura 25</b> – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A31 .....	60
<b>Figura 26</b> – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A24 .....	61
<b>Figura 27</b> – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A30 .....	63

<b>Figura 28</b> – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A14 .....	64
<b>Figura 29</b> – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A9 .....	65
<b>Figura 30</b> – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A19 .....	67
<b>Figura 31</b> – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A23 .....	68
<b>Figura 32</b> – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A3 .....	69
<b>Figura 33</b> – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A4 .....	70
<b>Figura 34</b> – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A12 .....	76
<b>Figura 35</b> – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A4 .....	77
<b>Figura 36</b> – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A20 .....	78
<b>Figura 37</b> – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A1 .....	80
<b>Figura 38</b> – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A9 .....	81
<b>Figura 39</b> – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A10 .....	83
<b>Figura 40</b> – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A2 .....	84

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro hierarquia nos mapas conceituais 1 .....	36
<b>Gráfico 2</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro conceitos nos mapas conceituais 1 .....	43
<b>Gráfico 3</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro ligações válidas nos mapas conceituais 1 .....	46
<b>Gráfico 4</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro hierarquia nos mapas conceituais 2 .....	54
<b>Gráfico 5</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro conceitos nos mapas conceituais 2 .....	57
<b>Gráfico 6</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro ligações válidas nos mapas conceituais 2 .....	62
<b>Gráfico 7</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro hierarquia nos mapas conceituais 3 .....	66
<b>Gráfico 8</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro conceitos nos mapas conceituais 3 .....	71
<b>Gráfico 9</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro ligações válidas nos mapas conceituais 3 .....	75
<b>Gráfico 10</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas aos parâmetros hierarquia, conceitos e ligações válidas nos mapas conceituais 1 .....	79
<b>Gráfico 11</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas aos parâmetros hierarquia, conceitos e ligações válidas nos mapas conceituais 2 .....	82
<b>Gráfico 12</b> – Resultado comparativo das pontuações atribuídas aos parâmetros hierarquia, conceitos e ligações válidas nos mapas conceituais 3 .....	85

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Compilação de alguns estudos que relatam investigações sobre o uso de mapas conceituais no ensino de Química .....	22
<b>Quadro 2</b> – Categorias de análise dos mapas conceituais construídos pelos alunos e pesos atribuídos a cada incidência delas em um mapa .....	30

## RESUMO

MAPAS CONCEITUAIS COMO ESTRATÉGIA DE ENSINO PARA PILHAS ELETROQUÍMICAS: UM ESTUDO COM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO – O trabalho de pesquisa deste mestrado profissional está voltado à seguinte questão de pesquisa: “como e em que extensão mapas conceituais referentes a conceitos de Eletroquímica são construídos por alunos do 2º ano do Ensino Técnico de Química?” Seus objetivos são: analisar qualitativa e quantitativamente os mapas conceituais construídos pelos alunos; analisar os mapas conceituais referentes a três tópicos de Eletroquímica (1 – condutividade elétrica, 2 – pilha de Daniell e 3 – eletrodo padrão), construídos pelos alunos a partir de atividades experimentais. O desenvolvimento de todo o trabalho, realizado com 31 alunos de uma escola estadual da cidade de São José do Rio Pardo – SP, está baseado na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, que inclui os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Inicialmente, foi dado um minicurso, envolvendo conceitos básicos da Química relacionados à Eletroquímica e precedido de um organizador prévio (um filme sobre pilhas e baterias). Após, foi realizada a familiarização dos alunos com mapas conceituais. Então, os alunos construíram os três mapas conceituais, sendo que cada construção foi precedida de um texto instrucional e uma prática. Os mapas construídos pelos alunos foram analisados qualitativa e quantitativamente, tendo por base as seguintes categorias de análise: hierarquia, conceitos, ligações válidas, ligações cruzadas e ligações não válidas. Para as três primeiras categorias de análise, para cada um dos três mapas conceituais, foi feita uma análise comparativa da pontuação atribuída a cada mapa construído, atribuindo-se 100% à média das três pontuações mais altas. No caso dos três mapas conceituais, para a maioria absoluta dos mapas construídos (22 de 30, 22 de 31 e 25 de 31, respectivamente) as pontuações atribuídas aos três parâmetros analisados ficaram em níveis comparativos  $\geq 50\%$  da média de referência. Contudo, maiores pontuações foram atribuídas aos mapas 3, sendo que para 20 deles as pontuações atribuídas aos três parâmetros analisados ficaram em níveis comparativos  $\geq 60\%$  da média de referência; no caso dos mapas 1 e 2 isso ocorreu para 16 e 11 mapas, respectivamente. Isso indica que maiores dificuldades foram encontradas pelos alunos na construção do mapa 2. Para os três mapas conceituais, constatou-se baixíssima incidência de ligações cruzadas, por sua complexidade no processo de aprendizagem dos alunos e por requererem um grau de criatividade associado à reconciliação integrativa. Quanto à ocorrência de ligações não válidas, constatou-se um decréscimo significativo delas no mapa 3, o que pode ser um indicativo de que os alunos passaram a compreender melhor a natureza das relações entre conceitos, comumente associadas ao processo de diferenciação progressiva. Em geral, os resultados obtidos demonstram que o uso de mapas conceituais como estratégia de ensino na área de Química podem ser ferramentas ricas no processo de ensino-aprendizagem.

## ABSTRACT

CONCEPT MAPS AS STRATEGY FOR TEACHING ELECTROCHEMICAL CELLS: A STUDY WITH HIGH-SCHOOL STUDENTS – The research work of this professional master is related to the following research question: “how and to what extent concept maps related to electrochemistry concepts are constructed by second-year students of the Chemistry Technical Level?” Its goals are: to qualitatively and quantitatively analyze the concept maps constructed by the students; to analyze concept maps related to three topics of electrochemistry (1 – electrical conductivity; 2 – Daniell cell; 3 – standard electrode), constructed by the students as from experimental activities. The development of the whole work, carried out with 31 students of a state school in the city of São José do Rio Pardo – SP, is based on Ausubel’s theory of meaningful learning, which includes the principles of progressive differentiation and integrative reconciliation. Initially, a minicourse was given, involving basic chemistry concepts related to electrochemistry and preceded by an advance organizer (a film about batteries). Afterwards, the familiarization of the students with concept maps was carried out. Then, the students constructed the three concept maps, with each construction preceded by an instructional text and a practice. The maps constructed by the students were qualitatively and quantitatively analyzed, based on the following categories of analysis: hierarchy, concepts, valid relationships, cross-links and invalid relationships. For the first three categories of analysis, for each of the concept maps, a comparative analysis of the score attributed to each constructed map was carried out, attributing 100% to the average of the three highest scores. With regard to the three concept maps, for the absolute majority of the constructed maps (22 out of 30, 22 out of 31 and 25 out of 31, respectively), the scores attributed to the three analyzed parameters were at comparative levels  $\geq 50\%$  of the reference average. However, higher scores were attributed to maps 3, and for 20 of them the scores attributed to the three analyzed parameters were at comparative levels  $\geq 60\%$  of the reference average; in the case of maps 1 and 2 this occurred for 16 and 11 maps, respectively. This indicates that greater difficulties were encountered by students in the construction of the map 2. For the three concept maps, there was a very low incidence of cross-links, due to their complexity in the students’ learning process and because they require a degree of creativity associated with integrative reconciliation. As for the occurrence of invalid relationships, a significant decrease was found on map 3, which may be an indication that students began to better understand the nature of the relationships between concepts, commonly associated with the process of progressive differentiation. In general, the obtained results demonstrate that concept maps as a teaching strategy in the area of Chemistry can be rich tools in the teaching-learning process.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação.....	1
1.2 Questão de pesquisa .....	4
1.3 Objetivos .....	4
1.3.1 Objetivo geral.....	4
1.3.2 Objetivo específico.....	4
1.4 Estrutura do trabalho .....	4
<b>CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Teoria da aprendizagem de Ausubel .....	5
2.2 Aprendizagem mecânica .....	7
2.3 Aprendizagem significativa .....	8
2.4 Tipos de aprendizagem significativa.....	11
2.5 Diferenciação progressiva e integração reconciliadora .....	13
2.6 Mapas conceituais .....	14
2.7. Utilização de mapas conceituais no ensino de Química.....	19
<b>CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA.....</b>	<b>23</b>
3.1 Revisão de literatura .....	24
3.2 Universo de pesquisa .....	24
3.3 Preparação para o experimento .....	25
3.4 Elaboração dos mapas conceituais .....	26
3.5 Análise dos dados.....	29
3.6 Tratamento de resíduos.....	322
3.7 Aspectos éticos.....	32
<b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>33</b>
4.1 Mapa 1: condutividade elétrica .....	33
4.2 Mapa 2: pilha de Daniell .....	55
4.3 Mapa 3: eletrodo padrão.....	72
<b>CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>88</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>93</b>
ANEXO 1 – Parecer do Comitê de Ética .....	94
ANEXO 2 – Roteiro da Prática 1.....	99
ANEXO 3 – Roteiro da Prática 2.....	100

ANEXO 4 – Tabela de potenciais padrão de redução e de oxidação.....	101
ANEXO 5 – Fotos da atividade de familiarização (fonte: acervo do pesquisador). .....	102
ANEXO 6 – Exemplo de mapa de familiarização construído pelo aluno A8.....	103
ANEXO 7 – Fotos das práticas. ....	104
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>107</b>
APÊNDICE 1 – Roteiro da prática sobre pilha de Daniell.....	108
APÊNDICE 2 – Roteiro da prática sobre eletrodo padrão .....	109
APÊNDICE 3 – Texto instrucional sobre condutividade elétrica.....	110
APÊNDICE 4 – Texto instrucional sobre pilha de Daniell.....	111
APÊNDICE 5 – Texto instrucional sobre eletrodo padrão .....	112
APÊNDICE 6 – Listas de conceitos .....	113
APÊNDICE 7 – Termos de consentimento livre e esclarecido .....	114

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

### 1.1 Motivação

A minha carreira como professor do Ensino Básico teve início em 1989, no Centro Acadêmico da USP (CAASO). Comecei lecionando no ensino supletivo à noite, onde os professores preparavam o próprio material de aula. A maioria dos alunos era composta por trabalhadores que tinham parado seus estudos por alguns anos. A dificuldade na disciplina de Química era muito grande, mas foi uma experiência motivadora. Depois de alguns anos, passei para o Ensino Médio, lecionando da primeira à terceira séries na mesma escola e no cursinho pré-vestibular. No colégio do CAASO, diferentemente do supletivo, havia material apostilado e era só seguir a sequências das aulas. A dificuldade neste sistema é que não se pode sair da sequência de aulas.

Como professor, lecionei durante 26 anos em escolas particulares do interior de São Paulo, como Araras, Araraquara, Limeira, Matão, Mococa e Sertãozinho; e em Minas Gerais, nas cidades de Alfenas, Guaxupé e Poços de Caldas, com uma média de 40 aulas por semana. Trabalhei com diferentes tipos de materiais apostilados, sempre seguindo a sequência das aulas nas apostilas, nas quais cada aula tem um tempo de 50 minutos, outro fator que limita o aprendizado.

Em 2016, fui aprovado em concurso público junto à Escola Técnica – ETEC Prof. Rodolpho José Del Guerra, vinculada ao Centro Paula Souza, em São José do Rio Pardo, no interior do Estado de São Paulo. Nessa escola, não há um roteiro de aula e os professores seguem um planejamento determinado pelo Centro Paula Souza, mas preparam suas aulas teóricas e práticas, o que foi uma boa mudança para quem só tinha trabalhado com apostilas. A escola possui vários laboratórios, o que facilita o desenvolvimento das aulas práticas.

A experiência com o Ensino Técnico trouxe à tona mais fortemente as dificuldades de aprendizado dos alunos e, com isso, vários professores elaboram seus roteiros de sala de aula e práticas de laboratório. Estas últimas, por si só, não são garantia de compreensão da parte teórica da Química. Os conceitos e as relações entre eles constituem grande dificuldade de compreensão para a maioria dos alunos, que se tornam meros executores de instruções dos roteiros, sem a reflexão teórica.

Mais do que isso, os alunos não veem nenhum significado naquilo que estão aprendendo e, portanto, têm pouca ou nenhuma motivação em se aproximar da disciplina.

Apesar da ampla importância para a indústria, para a vida e o meio ambiente, enfim, para uma melhor compreensão do mundo em que vivemos, a Química abordada no Ensino Básico quase sempre é vista como um assunto complicado, que não desperta o interesse dos estudantes, mesmo possuindo um conteúdo amplo e que se encontra extremamente presente em nosso dia a dia. A partir destas constatações, tomei a decisão de fazer o mestrado profissional para me aprimorar, pesquisando metodologias alternativas que pudessem trazer significado para os alunos. Nesse sentido, encontrei na Universidade Federal de São Carlos, mais especificamente no Departamento de Química, essa possibilidade e, desde 2018, venho seguindo essa trajetória de crescimento profissional.

Do ponto de vista cognitivo, resolver problemas requer disponibilidade de um certo número de informações, bem como o relacionamento entre elas. Aí podem estar envolvidos desde números pequenos até os mais altos. Quando a resolução de um problema envolve um número pequeno de informações simultâneas, além de suas relações, pode-se ultrapassar o limite da memória de curto prazo, tornando a resolução mais lenta e difícil, principalmente para alunos iniciantes. Na sala de aula, para o entendimento da teoria é quase sempre usado o método convencional e repetitivo: o professor fala, escreve, resolve e os alunos repetem o que foi feito. Nas experiências de laboratório, comumente são usados roteiros que os alunos seguem passo a passo, sem nenhum questionamento.

Quando entramos na parte de Eletroquímica, com uma profusão de conceitos e suas relações expressas por uma nova linguagem (potencial de redução, por exemplo), nota-se a resistência dos alunos para atingir a aprendizagem significativa. Diante disso, a minha decisão de organizar os conceitos e relações de Eletroquímica por meio de mapas conceituais e experimentos se mostrou uma alternativa viável e adotada no presente trabalho.

Nesta dissertação, a fundamentação teórica refere-se à aprendizagem significativa de Ausubel (AUSUBEL et al., 1980), cujo enfoque central direciona-se à estrutura cognitiva do aprendiz. Na fase de revisão de literatura, foi possível observar que há poucos trabalhos relacionados ao ensino de Eletroquímica envolvendo o uso de mapas conceituais, tanto no Ensino Médio regular como no Ensino Técnico.

Para o desenvolvimento do presente trabalho, os alunos foram familiarizados com os mapas conceituais e a seguir com explicações teóricas da Eletroquímica referentes às práticas de laboratório sobre condutividade elétrica, pilha de Daniell e eletrodo padrão. Para cada caso, solicitou-se a elaboração do mapa conceitual respectivo.

A presente pesquisa diferencia-se pela quantidade total de tópicos de Eletroquímica utilizados na construção de mapas pelos alunos. A maioria das pesquisas é feita com apenas um tópico da área. Podemos utilizar como exemplo o trabalho de SILVA et al. (2014), no qual é apresentado o resultado de um experimento de construção de mapas conceituais com alunos do Ensino Médio, utilizando apenas conceitos de pilhas com substâncias naturais. Em nosso caso, optou-se por utilizar os três tópicos da Eletroquímica, em uma ordem sequencial, através da qual foi possível observar a evolução dos mapas conceituais construídos pelos alunos.

Para se compreender um fato, um fenômeno, um experimento, torna-se indispensável a percepção das partes que formam o todo. Se apenas uma delas não é compreendida, deixa-se de estabelecer alguma outra nova relação. Na ausência desta, alguma outra também não será reconhecida, e assim sucessivamente, pois para a compreender é necessário relacionar. Assim, após o término de um experimento, os alunos podem ter executado ações sem o devido e correto acompanhamento dos conceitos que, na estrutura cognitiva, podem estar dispersos, não organizados, sem uma diretriz estrutural como a que é fornecida pela teoria de Ausubel. Essa não organização conceitual pode conduzir os alunos a uma passividade, sem poder de decisão e questionamento. Tende também a conduzi-los a uma visão distorcida da experimentação e, conseqüentemente, da própria natureza do trabalho científico. Uma vez que a construção do conhecimento ocorre a partir de inter-relações, é necessário que os alunos as percebam. Para facilitar que isso ocorra, uma possibilidade é a construção de mapas conceituais pelos alunos, após o término de cada experimento, quando se pode analisar em que medida eles conseguem estruturar um conjunto de conceitos e respectivas relações.

Diante do exposto, o presente trabalho baseia-se na teoria de aprendizagem de Ausubel, que tem como premissa:

O conceito principal da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa, em oposição ao de aprendizagem memorística. Para aprender significativamente, o indivíduo deve optar por relacionar os novos conhecimentos com as proposições e conceitos relevantes que já conhece. Pelo contrário, na aprendizagem memorística, o novo conhecimento pode

adquirir-se simplesmente mediante a memorização verbal e pode incorporar-se arbitrariamente na estrutura de conhecimentos de uma pessoa, sem interagir com o que já lá existe (NOVAK, 1981, p. 23).

## **1.2 Questão de pesquisa**

Propõe-se estudar a seguinte questão de pesquisa: como e em que extensão mapas conceituais referentes a conceitos de Eletroquímica são construídos por alunos do 2º ano do Ensino Técnico de Química?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

De modo comparativo, analisar qualitativa e quantitativamente os mapas conceituais construídos pelos alunos.

### **1.3.2 Objetivo específico**

Analisar, de modo comparativo, os mapas conceituais construídos pelos alunos a partir de atividades experimentais referentes a três tópicos de Eletroquímica: condutividade elétrica, pilha de Daniell e eletrodo padrão.

## **1.4 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, incluindo esta breve Introdução como Capítulo 1. No Capítulo 2, são apresentados os fundamentos teóricos que suportam as reflexões aqui desenvolvidas, bem como um breve levantamento de bibliografia referentes a pesquisas com mapas conceituais no ensino de Química. No Capítulo 3, apresenta-se o procedimento metodológico adotado para o desenvolvimento prático da pesquisa. No Capítulo 4, os resultados são apresentados e discutidos. Finalmente, no Capítulo 5, são feitas as considerações finais, incluindo recomendações de futuras pesquisas.

## CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

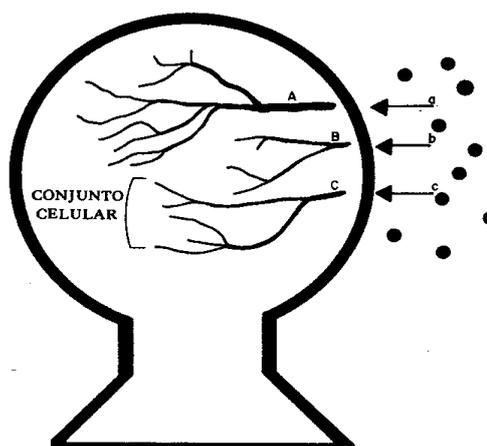
### 2.1 Teoria da aprendizagem de Ausubel

A teoria da aprendizagem de Ausubel é descrita de modo amplo e aprofundado no livro de AUSUBEL et al. (1980) e foi divulgada em diversos outros trabalhos, como os de MOREIRA e MASINI (1982), FARIA (1989), PELIZZARI et al. (2002), MOREIRA (2006) e MASINI e MOREIRA (2008). Esta teoria aborda o ensino de conceitos científicos no contexto escolar e no âmbito de cada disciplina.

Em sua teoria, David Ausubel baseia-se na visão cognitivista, segundo a qual a aprendizagem é a organização e integração de material na estrutura cognitiva do indivíduo. Segundo Ausubel, aprendizagem significativa necessita fazer algum sentido para o aluno e, nesse processo, a informação deverá interagir e ancorar-se nos conceitos relevantes já existentes na mente do aluno (AUSUBEL, 2003).

Para Ausubel, a aprendizagem significativa é o processo através do qual uma nova informação relaciona-se a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo. Novas idéias e informações são aprendidas e retidas na medida em que existem pontos de ancoragem. A aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se ancora em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende. Portanto, a aprendizagem implica em modificações na estrutura cognitiva e não só acréscimos (MOREIRA, 1982).

A Figura 1 ilustra as interações entre novas informações e estruturas de conhecimento específicas já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Ausubel denominou estas estruturas de conhecimento específicas como *conceitos subsunçores* ou simplesmente *subsunçores* (NOVAK, 1981, p. 57). Novak explicou esta figura, assim: “na aprendizagem significativa, novas informações **a**, **b** e **c** são ligadas a estruturas de conhecimento relevantes já existentes (subsunçores) **A**, **B** e **C**, respectivamente. O subsunçor **A** é mais diferenciado que os subsunçores **B** e **C**. Biologicamente, subsunçores podem ser considerados conjuntos celulares complexos” (NOVAK, 1981, p. 57). Note-se que a existência e a maior ou menor complexidade dos subsunçores depende das experiências cognitivas prévias do indivíduo.



**Figura 1** – Ilustração de como ocorre a interação entre novas informações **a**, **b** e **c** e subsunçores **A**, **B** e **C**. (Extraída de NOVAK, 1981, p. 57).

Especificamente, a interação entre a nova informação **a** e o subsunçor **A** pode ser explicitada por meio da seguinte representação:

$$a + A \rightarrow a'A'$$

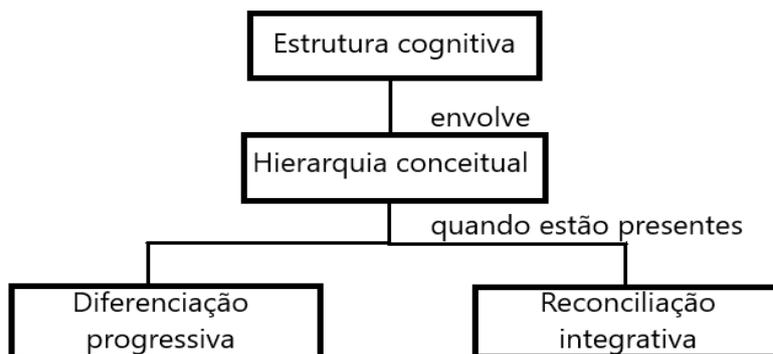
onde **a'A'** é o resultado da interação.

À medida que a aprendizagem significativa ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações:

- **Diferenciação progressiva** - As ideias mais gerais e inclusivas da disciplina devem ser apresentadas no início para, depois, irem sendo progressivamente diferenciadas.
- **Reconciliação integrativa** - Explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças importantes, reconciliar discrepâncias reais ou aparentes. O conteúdo deve não só proporcionar a diferenciação progressiva, mas também: explorar, explicitamente, relações entre proposições e conceitos, chamar atenção para diferenças e similaridades importantes, e reconciliar inconsistências reais ou aparentes.

A programação do material instrucional deve contemplar também a exploração de relações entre ideias e conceitos.

Na Figura 2 estão ilustrados os componentes da estrutura cognitiva associados a uma aprendizagem significativa.



**Figura 2** – Componentes envolvidos na estrutura cognitiva quando ocorre aprendizagem significativa. (Elaborada pelo pesquisador).

## 2.2 Aprendizagem mecânica

O processo pelo qual uma nova informação resulta em pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva é conhecido como aprendizagem mecânica. Conseqüentemente, a informação é armazenada de modo arbitrário e fica isolada nessa estrutura. Devido a isto, a memorização é de baixa retenção, pois "a mente humana não é eficientemente programada para o armazenamento literal duradouro de associações arbitrárias" (AUSUBEL et al., 1980, p. 122).

Nesse tipo de aprendizagem, o aluno reproduz literalmente o que leu ou o que ouviu em aula, sem atribuição de qualquer significado científico. Desse modo, quando colocado diante de novas situações ou frente à necessidade de resolver um problema, raramente atinge bom desempenho.

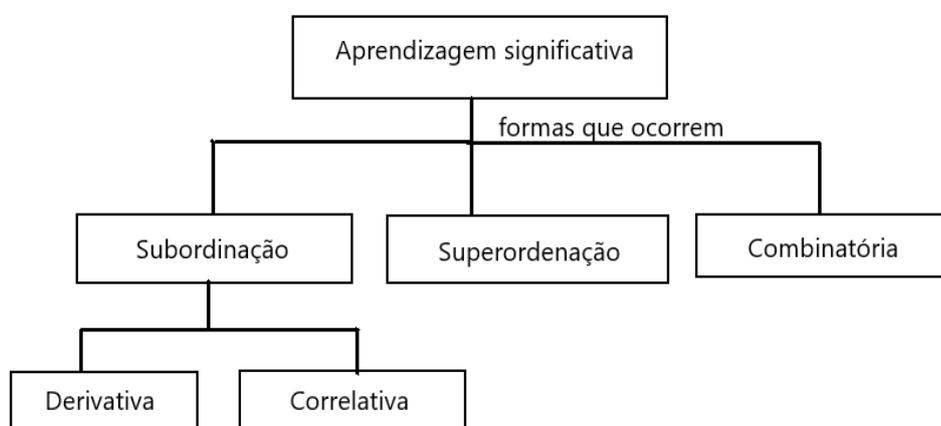
Em alguns casos específicos, a aprendizagem mecânica é necessária, por exemplo quando se entra em contato com uma nova informação de uma área completamente desconhecida e não se possui, previamente, nenhum conceito relevante que possa subsidiá-la. Para evitar que isso ocorra, é proposto o uso de organizadores prévios.

A aprendizagem mecânica também ocorre quando as novas informações não têm significado científico algum, como é o caso de números de telefone, nomes de pessoas, senhas etc. Embora possa aí ocorrer algum tipo de associação subjetiva estabelecida pelo próprio indivíduo, esta associação não se estabelece como uma interação que é própria da aprendizagem significativa.

### 2.3 Aprendizagem significativa

O processo conhecido como aprendizagem significativa ocorre quando na estrutura cognitiva estão presentes conceitos e/ou proposições (relações entre conceitos) relevantes que possam interagir com novas informações. Como já visto, tais conceitos relevantes são chamados de subsunçores.

A assimilação dos conceitos pode ocorrer por meio da aprendizagem subordinada, superordenada ou combinatória. Na aprendizagem subordinada, a nova informação é assimilada através de uma idéia mais geral, presente na estrutura cognitiva do aluno, promovendo uma relação de subordinação do novo material em relação à estrutura cognitiva preexistente (MOREIRA, 2012b). A aprendizagem subordinada pode ser dividida em dois tipos: derivativa e correlativa – vide Figura 3.



**Figura 3** – Formas de ocorrência da aprendizagem significativa. (Elaborada pelo pesquisador).

Na aprendizagem subordinada derivativa, o material aprendido é entendido como um exemplo específico de um conceito já estabelecido na estrutura cognitiva, ou apenas corrobora ou ilustra uma proposição geral, previamente aprendida. Neste caso, o novo conceito é facilmente incorporado à estrutura cognitiva, pois é diretamente derivável de ou está implícito em um conceito ou proposição já estabelecido (MOREIRA, 2006). A aprendizagem subordinada correlativa ocorre quando há extensão, elaboração, modificação ou qualificação de proposições

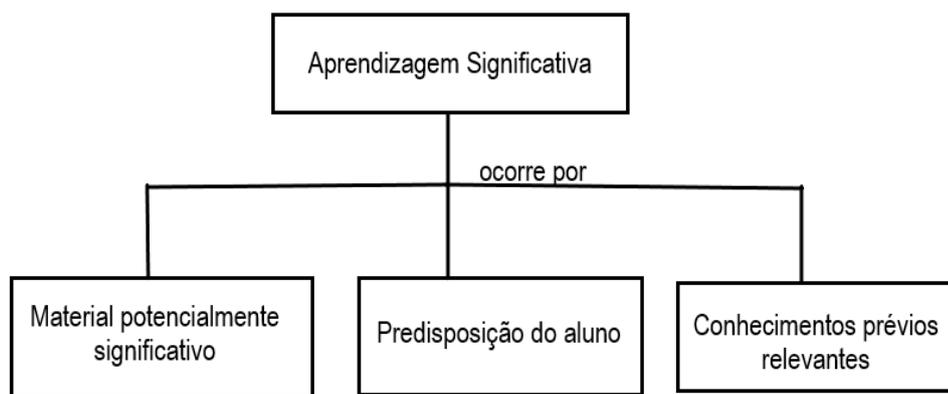
anteriormente adquiridas (MOREIRA, 2006). Este é o processo pelo qual, geralmente, um novo conteúdo é aprendido.

Na aprendizagem superordenada, os conceitos subsunçores são mais específicos do que o conceito que se tenta adquirir, exigindo que o aprendiz reorganize sua estrutura cognitiva, pois introduz uma nova idéia de grau elevado na hierarquia (AUSUBEL et al., 1980). Na aprendizagem combinatória, não há relação hierárquica entre os conceitos subsunçores e o novo material, mas todos se situam em um nível similar dentro da hierarquia conceitual da estrutura cognitiva (COLL et al., 2000).

Ao contrário das proposições superordenadas ou subordinativas, as combinatórias não são relacionáveis às idéias relevantes particulares de uma estrutura cognitiva. Esta disponibilidade de conceitos específicos provavelmente torna a proposição combinatória menos relacionável ou subordinada ao conhecimento anteriormente adquirido e, portanto, pelo menos inicialmente, mais difícil de aprender e lembrar do que as proposições superordenadas ou subordinativas (AUSUBEL et al., 1980).

Para que a aprendizagem significativa ocorra como consequência do processo de ensino, é necessário que o mesmo envolva o uso de material instrucional potencialmente significativo, isto é, material que pode ser relacionado à estrutura cognitiva de modo não literal e não arbitrário. Não literal, no sentido de que aquilo que realmente deve ser incorporado em tal estrutura refere-se ao significado em si da nova informação e não às palavras literais usadas para expressá-la. Não arbitrário, no sentido de não ser aleatório, ou seja, o material deve ser direcionado para possibilitar o estabelecimento de interações com conhecimentos preexistentes.

Uma outra condição para que a aprendizagem venha a ser significativa diz respeito ao próprio aluno: é necessário que ele demonstre predisposição para tal, isto é, que busque relacionar a nova informação à sua estrutura cognitiva de uma maneira não literal e não arbitrária. De nada adianta o material ser potencialmente significativo, se o aluno demonstrar atitude oposta. Inversamente, de nada adianta o aluno querer aprender significativamente, se o material instrucional não for potencialmente significativo. Essas condições necessárias à ocorrência da aprendizagem significativa estão ilustradas na Figura 4.



**Figura 4** – Condições que levam à ocorrência de aprendizagem significativa.  
(Elaborada pelo pesquisador).

Assim, pode-se dizer que são necessárias algumas condições para a aprendizagem significativa, isto é, deve haver:

- um significado lógico para o conteúdo, ou seja, com uma organização não arbitrária;
- um significado psicológico, isto é, os subsunçores do aluno devem ser suficientes para transformar o significado lógico em psicológico;
- uma pré-disposição favorável de parte do aluno para fazer uma ponte entre o que já sabe e o que está aprendendo.

Essas condições estão resumidas na Figura 5, abaixo.



**Figura 5** – Condições necessárias para que ocorra aprendizagem significativa.  
(Elaborada pelo pesquisador).

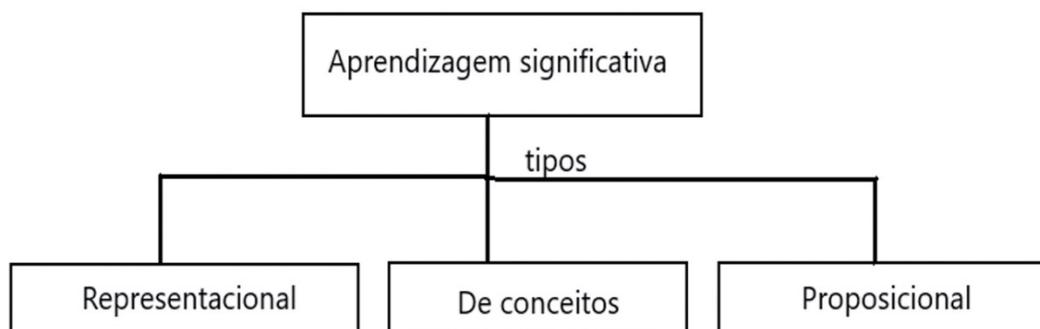
Em muitos casos, para propiciar que o novo conhecimento seja aprendido de modo significativo, usa-se, como mencionado anteriormente, o que se denomina de organizador prévio, isto é, um material de caráter introdutório, apresentado previamente a este novo conhecimento, com o objetivo de preencher a(s) lacuna(s) entre o que o aprendiz já sabe e o que ele necessita aprender. Organizadores prévios não devem ser confundidos com meras introduções ou resumos que descrevem determinados itens de novos assuntos. Embora existam diversos tipos de organizadores prévios, eles devem ter como característica comum serem "passíveis de apreensão e devem ser apresentados em termos familiares" (AUSUBEL et al., 1980, p. 145).

A principal função do organizador prévio está em preencher o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta (AUSUBEL et al., 1980).

Dado o exposto acima, conclui-se que a responsabilidade para promover que a aprendizagem seja significativa é atribuída tanto ao processo de ensino como ao próprio aprendiz.

## **2.4 Tipos de aprendizagem significativa**

Ausubel descreve três tipos de aprendizagem significativa: representacional, de conceitos e proposicional (Figura 6). A aprendizagem representacional, também denominada aprendizagem de vocabulário, é considerada como o tipo mais básico de aprendizagem significativa. Refere-se a aprender o significado das palavras ou símbolos ou o que eles representam, incluindo-se aí a nomeação de objetos particulares, eventos ou ideias que devem ser reconhecidos pelo aluno. Esse tipo de aprendizagem ocorre quando é estabelecida uma equivalência entre os símbolos e os seus respectivos referentes, passando a remeter o indivíduo ao mesmo significado.



**Figura 6** – Tipos de aprendizagem significativa. (Elaborada pelo pesquisador).

Para adolescentes e adultos, a aprendizagem de conceitos consiste em aprender novos significados quando entram em contato com os atributos criteriais dos conceitos, relacionando estes atributos com ideias relevantes preexistentes em suas estruturas cognitivas. Os atributos criteriais devem ser apresentados mediante um ou mais contextos pertinentes. Ausubel denomina esse processo de “assimilação de conceito”, sendo um caso especial da aprendizagem representacional, dado que o conceito é representado por algum símbolo particular.

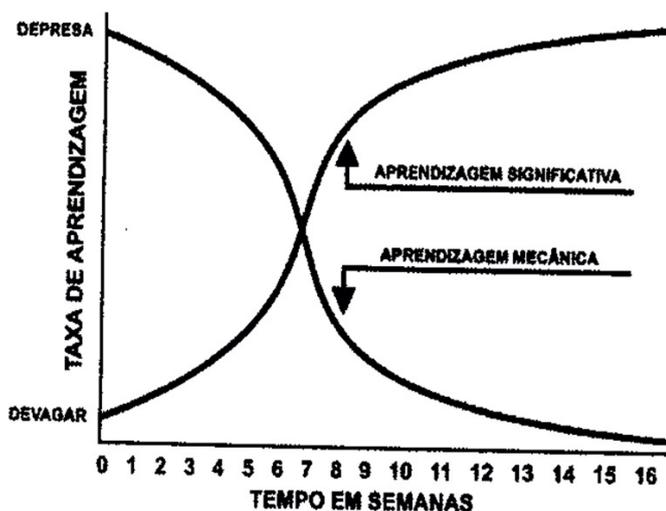
A aprendizagem proposicional consiste na apreensão do significado expresso por um conjunto de palavras em proposições ou sentenças. Entretanto antes de se aprender o significado da proposição verbal, aprende-se primeiramente o significado de termos componentes, ou o que os termos representam. Conseqüentemente a aprendizagem representacional é um pré-requisito para a aprendizagem proposicional, quando, então, as proposições são expressas verbalmente (MOREIRA, 2006; AUSUBEL et al., 1980). No presente trabalho, as proposições serão consideradas como sendo aquelas correspondentes à relação entre os conceitos no âmbito das pilhas eletroquímicas.

Segundo POZO (1998), existem diferenças fundamentais entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica. Na aprendizagem significativa, necessariamente há: uma incorporação não arbitrária e não verbal de novos conhecimentos; um esforço deliberado para relacionar novos conhecimentos a conceitos já existentes na estrutura cognitiva; um relacionamento da aprendizagem com experiências, fatos ou objetos; e um envolvimento afetivo relacionando novos conhecimentos com aprendizagens anteriores.

Já na aprendizagem mecânica, há uma incorporação arbitrária e verbal, sem qualquer esforço para integrar novos conhecimentos a conceitos já existentes na

estrutura cognitiva. Assim, a aprendizagem não está relacionada com experiências, fatos ou objetos, e não há relação entre os novos conhecimentos e aprendizagens anteriores.

Como ilustrado na Figura 7, por suas características, inicialmente estes dois tipos de aprendizagem ocorrem em taxas diferentes, sendo que com o passar do tempo a aprendizagem significativa passa a predominar.



**Figura 7** – Ilustração do que ocorre com as aprendizagens mecânica e significativa à medida que o tempo passa. (Extraída de KASSEBOEHMER et al., 2015).

## 2.5 Diferenciação progressiva e integração reconciliadora

Segundo AUSUBEL et al. (1980), a estrutura do conhecimento na mente humana tende a seguir uma estrutura hierárquica, na qual as ideias mais abrangentes incluem proposições, conceitos e dados menos inclusivos e mais diferenciados. Tal tendência tem implicação direta ao se organizar um tópico de uma determinada área de conhecimento ou dessa própria área. Assim, a aprendizagem fica facilitada quando os conceitos mais gerais e inclusivos são introduzidos no início do processo de aprendizagem, seguidos dos conceitos mais específicos e exemplos. Esse processo, denominado de diferenciação progressiva, está baseado em dois pressupostos:

- é mais fácil para o ser humano compreender os aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido do que formular o todo a partir de suas partes;

- na mente de um aprendiz, a organização do conteúdo de uma disciplina particular é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas ocupam o topo desta estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados.

Após a elaboração da diferenciação progressiva, é possível estabelecer novas relações entre os conceitos já aprendidos que não eram percebidas anteriormente. Este processo é chamado de integração reconciliadora e provoca uma modificação na estrutura cognitiva, que passa a ter outra(s) relação(ões) aí integrada(s).

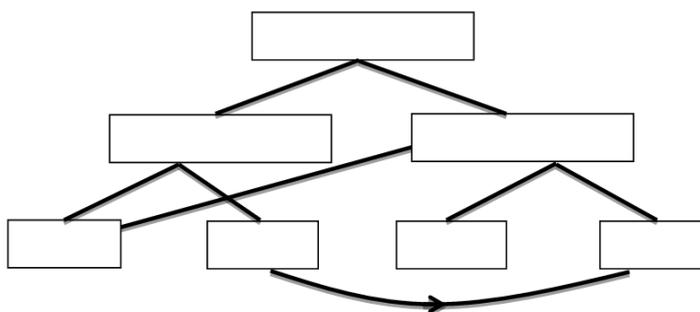
Como consequência desses dois processos, “Ausubel sustenta o ponto de vista de que cada disciplina acadêmica tem uma estrutura articulada e hierarquicamente organizada de conceitos que constitui o sistema de informações dessa disciplina” (MOREIRA E MASINI, 1982, p. 23).

Diante disso, o processo de ensino deve propiciar aos alunos a percepção da organização hierárquica de cada unidade de ensino, para que, progressivamente, a disciplina como um todo seja também assim percebida. Para isso pode-se recorrer a mapas conceituais, conforme descrito a seguir.

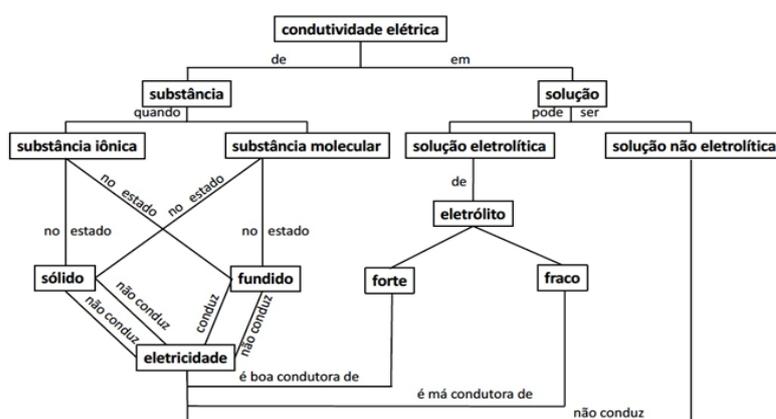
## **2.6 Mapas conceituais**

Os mapas conceituais, propostos na década de 1970 por Novak e Gowin (1984), consistem em diagramas bidimensionais, contendo um conjunto de conceitos e relações entre eles. Um mapa conceitual é organizado hierarquicamente, onde as partes estão relacionadas pelos princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. Preferencialmente, cada conceito deve estar presente no mapa uma só vez. Contudo, se um conceito possui muitas relações com outros, a sua repetição pode ser necessária para maior clareza (TOIGO et al., 2012).

Abaixo, nas Figuras 8 e 9, são apresentados respectivamente um mapa conceitual genérico e outro específico no âmbito da Eletroquímica que foram usados em tarefas para os alunos, durante o desenvolvimento desta pesquisa.



**Figura 8:** Mapa conceitual genérico fundamentado na teoria de Ausubel. (Adaptada de MOREIRA, 1982).



**Figura 9:** Mapa conceitual sobre condutividade elétrica. (Adaptada de KASSEBOEHMER et al., 2015).

Conforme destacado por KASSEBOEHMER et al. (2015), estes mapas conceituais estão organizados desde o conceito mais abrangente, no topo, até conceitos específicos ou exemplos, na parte inferior. O conceito mais abrangente, com maior poder de generalização, é denominado de conceito superordenado. Abaixo dele, estão conceitos a ele subordinados e assim por diante, terminando em conceitos específicos ou mesmo exemplos. Os conceitos podem ser explicitamente escritos no interior das figuras retangulares que os representam. Essas devem estar conectadas por linhas que representam as relações entre eles, explicitadas por meio de uma palavra ou frase. Assim, tem-se o que é denominado de proposição: dois conceitos relacionados. Se necessário, coloca-se uma seta na linha que une os conceitos para indicar qual deles é o subordinado.

A leitura do mapa, partindo do topo para baixo, implica no processo de diferenciação progressiva, enquanto que a relação entre dois conceitos de diferentes

setores do mapa corresponde ao processo de reconciliação integrativa (também chamado de ligação cruzada). Uma vez terminada uma primeira versão do mapa conceitual, pode-se checar se: a) todos os conceitos chaves do conteúdo estão presentes ou se um ou mais deles está(ão) ausente(s); b) as proposições formadas são válidas ou não; c) existem conceitos entre os quais não foi estabelecida qualquer relação ou somente relações parciais.

Por outro lado, o mapa também permite a identificação dos conhecimentos prévios, que segundo AUSUBEL et al. (1980) são aqueles de maior relevância para promover a aprendizagem significativa. Ao serem elaborados pelos alunos, os mapas conceituais permitem que o professor analise se o conjunto de conceitos explicitados, bem como as suas relações, está coerente ou não com o tópico que se pretende ensinar. Portanto, eles permitem uma orientação do processo de ensino e aprendizagem (KASSEBOEHMER et al., 2015).

Mapas conceituais são ferramentas de aprendizado eficientes para correlacionar ideias, conceitos e entendimento sobre determinado tema, seja ele específico ou generalizado. Neles pode-se observar as relações diretas e indiretas do tema desenvolvido pelo locutor (professor) e o que o indivíduo (aluno) assimila do conteúdo.

A relação de ideias vai muito além de um simples jogo de palavras intrincado, disposto em determinado padrão. O modo como as palavras estão dispostas, a sequência, progressão e interação entre elas revelam o quão bem ou mal o aluno consegue absorver, assimilar e relacionar os conceitos da temática explanada. É importante destacar que não existe um mapa conceitual mais ou menos correto, “mas sim se ele dá evidências de que o aluno está aprendendo significativamente o conteúdo” (MOREIRA, 2012a, p. 8).

Ao analisar a hierarquização, as ligações propostas, a diferenciação progressiva e a reconciliação significativa nos mapas construídos pelos alunos, o professor pode ter uma ideia de quão bem as informações estão sendo compreendidas (LIMA et al., 2017). Destaca-se, também, que as ligações cruzadas podem indicar capacidade criativa e há que prestar uma atenção especial para as identificar e reconhecer. As ligações cruzadas criativas ou peculiares podem ser alvo de um reconhecimento especial ou receber uma pontuação adicional (NOVAK e GOWIN, 1984; NOVAK, 1981).

Segundo a literatura (TAVARES et al., 2017; MOREIRA, 2006; NOVAK e GOWIN, 1984), pode-se afirmar que não existe um único mapa conceitual ou até mesmo mapas conceituais corretos. Mas, a organização de cada mapa indica como os conceitos estão organizados na estrutura cognitiva do indivíduo. Sendo assim, o mapa referencial, se houver, é apenas uma forma de representar como os conceitos podem estar organizados, sempre considerando a hierarquia, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa.

Para COSTA (2019, p.12), mapas conceituais podem ser usados para diferentes fins: “extrair os conceitos e relações essenciais de um texto escrito”, facilitando a sua compreensão; “sistematizar a aprendizagem obtida a partir de um trabalho prático ou teórico; [...] avaliar os conhecimentos dos alunos no decorrer do estudo de algum assunto; auxiliar a compreensão de texto científico”. Especificamente para ensinar os alunos a construir mapas conceituais, deve-se necessariamente usar um assunto que lhes seja familiar, de modo que o conteúdo abordado não seja um obstáculo na obtenção do mapa.

Neste sentido, as duas abordagens mais comumente usadas para explicitar aos alunos o assunto para o qual o mapa conceitual deve ser construído são o fornecimento de: a) uma simples listagem de um número reduzido de conceitos já conhecidos pelos alunos, ou; b) um texto corrido não muito extenso, no qual os conceitos devem ser identificados, bem como as relações entre eles (KASSEBOEHMER et al., 2015). Estas duas abordagens serão usadas durante o desenvolvimento deste trabalho, conforme explicitado mais adiante, na Metodologia (Capítulo 3).

O uso de mapas conceituais como ferramenta de ensino exige uma etapa de familiarização, na qual os alunos são incentivados a construir mapas conforme diretrizes apresentadas antecipadamente. Alguns exemplos de familiarização com mapas estão presentes em KASSEBOEHMER et al. (2015), que enfatizam que a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa devem estar presentes nos mapas conceituais.

Tomando como exemplo um mapa conceitual para matéria e suas propriedades, KASSEBOEHMER et al. (2015) defendem que mapas conceituais devem ser inicialmente construídos gradativamente (Figura 10) e, posteriormente, além dos conceitos e relações iniciais, diversos outros podem ser acrescentados,

gerando outras relações: “soluto é dissolvido pelo solvente”; “corpo de chão pode ser recolhido” (Figura 11).



**Figura 10** – Mapa conceitual inicial, simplificado, para matéria e suas propriedades.

(Extraído de KASSEBOEHMER et al., 2015).

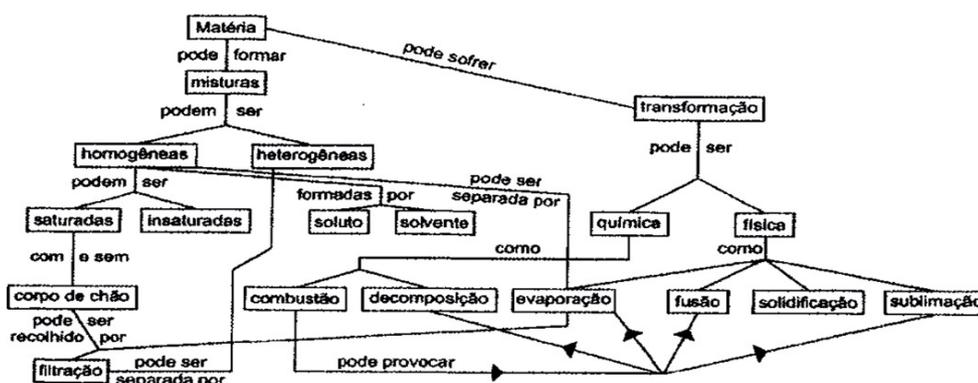
O mapa pode ser modificado e ampliado, acrescentando-se, por exemplo, os conceitos de saturação, insaturação e corpo de chão, que determinam outras relações: “saturadas com e sem corpo de chão”; “corpo de chão pode ser recolhido por filtração”. Sucessivamente, a introdução de novos conceitos (transformação química e física) amplia ainda mais o mapa. Isso propicia que os próprios alunos, por si só ou com a mediação do docente, possam inferir novas relações. Isso amplia ainda mais o mapa anterior (vide Figura 11).



**Figura 11** – Mapa conceitual ampliado para matéria e suas propriedades. (Extraído

de KASSEBOEHMER et al., 2015).

A este mapa pode ser acrescentado ainda novas ampliações, resultando em um mapa conceitual bem mais complexo (vide Figura 12).



**Figura 12** – Mapa conceitual ainda mais ampliado para matéria e suas propriedades. (Extraído de KASSEBOEHMER et al., 2015).

## 2.7. Utilização de mapas conceituais no ensino de Química

Diversos trabalhos mostram o uso de mapas conceituais como uma ferramenta facilitadora para a aprendizagem significativa de conceitos da Química, porém poucos referem-se ao tópico de Eletroquímica.

Recentemente, COSTA (2019) estudou a influência dos mapas conceituais na resolução de problemas sobre o tema separação de misturas. Usando o coeficiente de correlação de Pearson, o trabalho indicou forte correlação entre 4 dos 6 problemas propostos com seus respectivos mapas conceituais, e correlação moderada nos outros 2. O estudo indicou ainda que, entre os 32 participantes, aproximadamente 50% dos alunos responderam à pesquisa de opinião sobre a metodologia utilizada, e que, destes alunos, apenas um deles avaliou a utilização de mapas conceituais como ruim para o aprendizado.

Apresentando um relato de experiência com o uso de mapas conceituais no estudo da tabela periódica, FIALHO et al. (2018) consideram que o uso de mapas conceituais no ensino de Química pode estimular os alunos a transformar informações em conhecimento. Realizado no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), o trabalho teve a duração de um bimestre junto a uma turma do primeiro ano do Ensino Médio. Para os autores, os resultados evidenciam a relevância do uso de mapas conceituais como estratégia de ensino, pelo interesse demonstrado pelos alunos e pela troca de ideias entre eles sobre o tema abordado.

Partindo dos conceitos de aprendizagem significativa de Ausubel e de modelo representacional de estrutura cognitiva de Novak (1981), LIMA et al. (2017) utilizaram mapas conceituais como ferramenta no processo de avaliação de conceitos

relacionado à Química Orgânica. Aplicada a uma turma do 3º ano do Ensino Médio, a ferramenta auxiliou na observação da perspectiva do aluno sobre os tópicos abordados, configurando-se como uma avaliação formativa e eficiente, pois envolve o aluno ativamente na sua construção cognitiva.

TAVARES et al. (2017) fizeram uso de mapas conceituais no processo de ensino-aprendizagem de conceitos da Química junto a um grupo de alunos do sétimo semestre de um curso de Licenciatura em Química da UFPA. Partindo de critérios pré-estabelecidos de análise, os resultados foram considerados satisfatórios porque 95% dos mapas continham conceitos relacionados ao tema abordado, e todos os mapas apresentaram um maior número de proposições válidas em comparação com as inválidas.

FICANHA et al. (2016) aplicaram mapas conceituais para auxiliar os alunos a superar suas dificuldades para melhor compreender alguns conceitos de Química. Os resultados obtidos evidenciaram que os alunos puderam minimizar suas limitações através da construção dos mapas, que configuraram-se como uma ferramenta facilitadora da aprendizagem por desenvolver no aluno a capacidade de organização e estruturação do conhecimento de forma não linear e não literal.

ALVES et al. (2015) utilizaram mapas conceituais como estratégia facilitadora no ensino dos conceitos de Química Orgânica junto a uma turma do Ensino Médio. Para os autores, os resultados obtidos indicam que a ferramenta produziu resultados satisfatórios, pois possibilitou a assimilação dos conceitos pelos alunos, promovendo a aprendizagem significativa, norteadada pela teoria de Ausubel.

Utilizando um texto de apoio, ORMENESE e COSTA (2014) utilizaram mapas conceituais junto a uma turma do 1º ano do Ensino Médio para o ensino de conceitos da Química. Através das técnicas de confecção livre e manual, bem como de uso de software, os resultados obtidos evidenciam uma análise reflexiva do texto para a construção dos mapas. A prática de reconstrução dos mapas também possibilitou a reconstrução do conhecimento por meio de novas ligações entre conceitos, tornando o mapa conceitual uma ferramenta facilitadora da aprendizagem.

Através de um minicurso relacionado a ligações químicas aplicado a uma turma do 1º ano do Ensino Médio, TRINDADE e HARTWIG (2012) constataram que o uso de mapas conceituais pode ser um recurso válido para sondar as limitações e potencialidades de aprendizagem dos alunos, mesmo em áreas onde predomina a falta de motivação para a aprendizagem e a falta de recursos. Também observaram

que a resistência de uma parcela dos alunos à confecção de mapas seria resultado da insegurança com uma nova abordagem de aprendizagem, que representa uma responsabilização individual pela construção do conhecimento.

Especificamente no ensino de Eletroquímica, e com o intuito de contribuir com a melhoria do processo de ensino e aprendizagem em Eletroquímica, e tendo como suporte os pressupostos da teoria da aprendizagem significativa, MEDEIROS (2018) elaborou, aplicou e avaliou uma unidade de ensino potencialmente significativa. Nela, utilizou a estratégia do uso de mapas conceituais, após apresentações de situações problemas, realização de experimentos e debates, uso de simuladores e leitura de textos, e apresentação de vídeos. Inicialmente, gerou um debate das ideias sobre o funcionamento das baterias de celulares. Os mapas conceituais auxiliaram a identificar indícios da aprendizagem significativa e os resultados obtidos indicaram que os alunos consideraram prazeroso o processo de ensino-aprendizagem.

SILVA et al. (2014) utilizaram mapas conceituais para compreender a organização conceitual dos estudantes após discussões sobre resultados experimentais relativos a pilhas naturais (pilhas que usam frutas como eletrólito). Para os autores, a análise dos mapas evidenciou que eles podem ser um recurso relevante de acompanhamento e avaliação do processo de ensino-aprendizagem no ensino de Eletroquímica. Os mapas conceituais permitem que os alunos percebam que o conhecimento é estruturado e tem uma organização hierárquica, contribuindo para que a aprendizagem seja significativa.

Alguns dados sobre trabalhos que relataram investigações sobre o uso de mapas conceituais no ensino de Química estão sistematizados no Quadro 1. Nele é possível observar que, do total de dez trabalhos selecionados, apenas dois tratam especificamente de tópicos do uso de mapas conceituais em Eletroquímica (itens 9 e 10 do quadro).

**Quadro 1** – Compilação de alguns estudos que relatam investigações sobre o uso de mapas conceituais no ensino de Química.

ITEM	AUTOR(ES)	TÍTULO	ORIGEM	ANO
1	COSTA	Separação de Misturas no Ensino Fundamental: mapas conceituais e resoluções de problemas	Dissertação. Mestrado Profissional em Química. UFSCar	2019
2	FIALHO et al.	O Uso de Mapas Conceituais no Ensino da Tabela Periódica: um relato de experiência vivenciado no PIBID	Periódico. <i>Química Nova Escola</i>	2018
3	LIMA et al.	Avaliação da aprendizagem em Química com uso de mapas conceituais	Periódico. <i>Revista Thema</i>	2017
4	TAVARES et al.	Mapas Conceituais como Instrumentos no Auxílio da Aprendizagem Significativa no Ensino de Química	Evento. 37º Encontro de Debates sobre Ensino de Química	2017
5	FICANHA et al.	Uso de Mapa Conceitual para Aprendizagem de Conceitos de Química na Educação Profissional	Evento. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química	2016
6	ALVES et al.	Mapas Conceituais como Ferramenta Facilitadora da Aprendizagem no Ensino de Química Orgânica	Periódico. <i>Conexões - Ciência e Tecnologia</i>	2015
7	ORMENESE e COSTA	Construção de Mapas Conceituais como Instrumento de Ensino na disciplina de Química	Caderno. <i>Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE</i> (vol. 1)	2014
8	TRINDADE e HARTWIG	Uso Combinado de Mapas Conceituais e Estratégias Diversificadas de Ensino: Uma Análise Inicial das Ligações Químicas	Periódico. <i>Química Nova na Escola</i>	2012
9	MEDEIROS	Proposta de UEPS abordando conceitos envolvidos no processo de ensino e aprendizagem de eletroquímica	Dissertação. Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática. UFRN	2018
10	SILVA et al.	Estudo da Eletroquímica a partir de pilhas naturais: uma análise de mapas conceituais	Periódico. <i>Aprendizagem Significativa em Revista</i>	2014

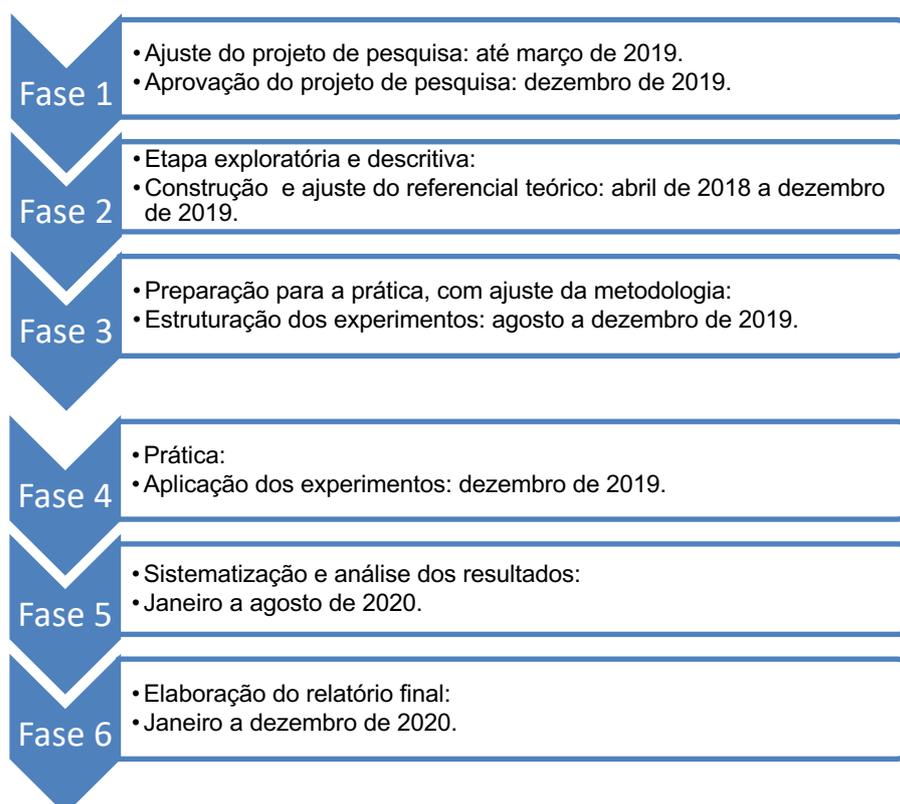
Fonte: elaborado pelo pesquisador.

## CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

O procedimento metodológico escolhido para o presente trabalho foi uma conjugação das perspectivas quantitativa e qualitativa de coleta e análise de dados, para melhor compreensão do fenômeno estudado, através de uma lógica de convergência e complementaridade. Para FERREIRA (2015, p.118), “as duas abordagens de pesquisa – qualitativa e quantitativa – são convergentes em muitas pesquisas científicas” no campo da Educação. Para o autor, “a combinação, portanto, de metodologias distintas favorece o enriquecimento da investigação” (FERREIRA, 2015, p. 119).

Trata-se de uma pesquisa exploratória e descritiva quanto aos fins, e prática quanto aos meios. A pesquisa exploratória tem uma natureza de sondagem no campo de estudos de interesse e a pesquisa descritiva possibilita caracterizar determinado fenômeno, buscando visualizar e esclarecer as correlações entre variáveis. Já a pesquisa prática representa uma investigação de caráter empírico no universo de um fenômeno.

O desenvolvimento da pesquisa seguiu o processo ilustrado pelo fluxograma abaixo.



Fonte: elaborado pelo pesquisador.

### 3.1 Revisão de literatura

Como ponto de partida do presente trabalho, realizou-se uma etapa de construção do referencial teórico, buscando um aprofundamento do estudo da teoria de Ausubel e das temáticas de “aprendizagem significativa” e “mapas conceituais”. Também foi realizada uma busca de trabalhos relacionados ao uso de mapas conceituais no ensino de Química e, mais especificamente, no ensino do tópico Eletroquímica.

Para esse levantamento, foi utilizada a ferramenta de busca Google Acadêmico, durante o primeiro semestre de 2020, com as seguintes expressões de busca: “mapas conceituais ensino de eletroquímica” e “uso de mapas conceituais no ensino de eletroquímica 2010 a 2020”. Foram recuperados 257 trabalhos, dos quais foi possível identificar dez trabalhos, entre dissertações e artigos, tratando do uso de mapas conceituais na Química. Dos dez trabalhos, apenas dois tratavam especificamente do tópico Eletroquímica. Os trabalhos foram descritos e sistematizados em um quadro (Quadro 1), inserido no Capítulo 2 (Fundamentação Teórica).

### 3.2 Universo de pesquisa

A pesquisa de campo foi realizada nas dependências da Escola Técnica vinculada ao Centro Paula Souza da cidade de São José do Rio Pardo, no interior do Estado de São Paulo. Oficialmente criada pelo Decreto Estadual nº 50.888, a escola iniciou suas atividades em 20/02/2006. Atendendo à cidade e região, oferece seis cursos: Ensino Médio, Ensino Médio Integrado, Técnico em Administração, Técnico em Informática, Técnico em Química, Técnico em Segurança do Trabalho.

Em sua infraestrutura, a escola conta com cinco laboratórios de informática, um laboratório de manutenção de computadores, um laboratório de redes de computadores, quatro laboratórios de Química, um laboratório de Segurança do Trabalho, um laboratório exclusivo para o Ensino Médio, oito salas de aula e uma biblioteca. Conta ainda com o sistema Intragov, com acesso 24 horas à internet, e uma quadra de esportes.

Por ser o ambiente de trabalho do pesquisador e pela pesquisa estar inserida em um mestrado profissional, voltado para a prática, a escolha da escola se

deu pela facilidade de acesso e de comunicação, tanto com a administração escolar, quanto com os alunos.

Os sujeitos de pesquisa foram os alunos de uma turma do 2º ano do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio, do período diurno. Trata-se de um conjunto de 31 alunos, com média de idade de 16 anos. Todos são moradores da cidade e uma parcela demonstra dificuldade com a área de Exatas, com alguma resistência à disciplina de Química. A fim de garantir anonimato, os alunos foram identificados com a letra A e o número de 1 a 31. O tópico Eletroquímica foi escolhido para trabalhar porque faz parte do conteúdo programático do 2º ano. Pela estrutura da grade curricular da escola, nas aulas práticas o conjunto de alunos é dividido em duas turmas, de 15 e 16 alunos. Isso não significa que os mesmos alunos sempre fazem parte da mesma turma (A ou B). Assim, cada mapa conceitual foi considerado dentro de sua especificidade e contexto do momento em que foi realizado. Considerando o curto período para a realização das práticas e essa rotatividade de alunos em turmas, os alunos identificados de A1 a A31 na análise dos três mapas conceituais não necessariamente são os mesmos alunos.

### **3.3 Preparação para o experimento**

Visando estudar o problema de pesquisa bem como atingir os objetivos propostos, a pesquisa foi apresentada aos alunos, contextualizando que seria feito um minicurso, utilizando quatro aulas de 50 minutos, com conceitos básicos da Química relacionados à Eletroquímica. Foi utilizada uma ferramenta denominada organizador prévio, representada pelo filme “Tudo se transforma: pilhas e baterias”, através da qual os alunos tomaram contato com os conceitos selecionados, por meio de um mecanismo lúdico. Esse filme foi elaborado pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), no ano de 2012 e, segundo a sinopse, “é possível identificar a evolução das pilhas, começando com a Pilha de Daniell, precursora das pilhas secas atuais, reconhecer que as pilhas estão relacionadas com os fenômenos físicos e químicos”.

Durante o minicurso, foi combinado com os alunos que seria utilizada a abordagem de construção de mapas conceituais, a fim de estudar seu efeito na aprendizagem dos conceitos dos temas tratados: condutividade elétrica, pilha de Daniell e eletrodo padrão.

Após a apresentação do organizador prévio, o minicurso foi iniciado com uma explanação sobre a importância das pilhas eletroquímicas na sociedade moderna. Em seguida, foi realizada a familiarização dos alunos com os mapas conceituais, conforme diretrizes de NOVAK e GOWIN (1984) e GOWIN e ALVAREZ (2005). Essas diretrizes estão relacionadas a iniciar a atividade com assuntos que sejam familiares aos alunos, para que o conteúdo não seja um empecilho para a construção dos mapas conceituais. De acordo com KASSEBOEHMER et al. (2015, p. 122), pode-se utilizar dois procedimentos considerados mais comuns:

- Fornecer uma listagem com reduzido número de conceitos já conhecidos pelos alunos e solicitar a construção do mapa.
- Fornecer um texto corrido não muito extenso e solicitar que daí sejam identificados os conceitos, bem como suas relações, para a elaboração do mapa correspondente.

Essas etapas foram seguidas de aulas expositivas e experimentais acompanhadas de textos instrucionais (Apêndices 3, 4 e 5) envolvendo os conteúdos conceitual e procedimental. Nesse momento, foram contemplados os conceitos de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa, segundo a teoria de Ausubel da aprendizagem significativa. Esses conceitos foram trabalhados da seguinte maneira: procurou-se, durante as aulas expositivas, realizar um levantamento dos conhecimento prévios dos alunos e relacionar com os conhecimentos novos adquiridos ao final da aula. Durante as aulas, houve discussão em sala para verificar o domínio dos conteúdos pelos alunos. Dessa forma, buscou-se fazer com que os novos conhecimentos adquirissem significado para os alunos.

### **3.4 Elaboração dos mapas conceituais**

Antes de se realizar os experimentos sobre condutividade elétrica, pilha de Daniell e eletrodo padrão, foram enfatizados os conceitos subjacentes e as relações envolvidas. Para isso, foi fornecida uma listagem a princípio linear não hierárquica de conceitos relacionados aos temas tratados e, em seguida, solicitou-se a elaboração do mapa conceitual.

Cada mapa foi abordado dentro da sua individualidade e comparado, a fim de entender quais as dificuldades/facilidades, linha de pensamento e os atributos inerentes dos mapas conceituais.

Foram construídos textos instrucionais (Apêndices 3, 4 e 5) para a realização de três práticas em laboratório: a) com relação à condutividade elétrica,

foram feitos testes com o kit de Eletroquímica do Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC) da Universidade de São Paulo (USP), em São Carlos, para determinar quais substâncias conduzem ou não uma corrente elétrica, com um roteiro de prática (Anexos 1 e 2); b) com relação à pilha de Daniell, foi utilizado o kit de Eletroquímica do CDCC-USP, para construção da pilha de Daniell por parte dos alunos, também com um roteiro de prática (Apêndice 1); c) com relação ao eletrodo padrão, foi utilizada uma proposta de experimento feita por MARCONATO e BIDÓIA (2003), na qual, para se determinar o potencial de eletrodos do tipo metal/íon metálico, usa-se um eletrodo padrão não convencional (um eletrodo de laranja, isto é, um pedaço de grafite, de um lápis, inserido em uma laranja) e uma ponte salina (assim, pode-se construir uma escala de potenciais – vide Apêndice 2).

Com relação ao primeiro mapa conceitual, foram tratados conceitos inerentes à condutividade elétrica. Para a temática, foram esclarecidas as bases científicas (conteúdo) sobre as características da condutividade elétrica, a qual se insere dentro da área da Eletroquímica. Aqui, levantaram-se as características da corrente elétrica, íons, sentido da corrente, fluxo de elétrons, dentre outros (ATKINS e DE PAULA, 2017).

Com relação ao segundo mapa (pilha de Daniel), foram tratados conceitos relacionados à história do desenvolvimento das pilhas, envolvendo os principais desenvolvedores, como Giuseppe Volta (1745-1827), Luigi Galvani (1737-1798) e John Frederic Daniell (1790-1845). Foram apresentadas características da oxidação, da redução, dos íons, e da determinação da diferença de potencial (voltagem) gerada pelas pilhas.

Com relação ao terceiro mapa, relacionado à temática do eletrodo padrão, foi apresentada uma tabela de potenciais de redução e oxidação (FONSECA, 2016), constante no Anexo 4, sempre salientando que o eletrodo padrão é o eletrodo de hidrogênio.

Após a explanação do conteúdo, foram feitas algumas questões aos alunos para que fixassem, através dos exercícios, o máximo de informação possível em relação ao tema tratado. Posteriormente, foi realizada a elaboração dos primeiros mapas conceituais. Para tal, forneceram-se todas as diretrizes, características, montagem e demais informações a respeito dos mapas conceituais para que, assim, os alunos tivessem meios de contruir os seus mapas.

Portanto, foi feita uma familiarização (1) com mapas conceituais, com apresentação escrita pelo professor sobre o que é um mapa conceitual, e construindo exemplos de mapas simples (2). Partindo desses exemplos, foram apresentados conceitos chave (3) para a construção de mapas (4) por parte dos alunos. Foram fornecidos, por exemplo, alguns conceitos como plantas, molécula, sólido, animais, água, seres vivos, fórmula da água, líquido, gasoso, e construído um mapa com os alunos, baseado em NOVAK e GOWIN (1984).

Foram utilizadas duas aulas para a construção de exemplos de mapas conceituais, sendo que, na primeira aula, os alunos construíram mapas com os primeiros conceitos chave apresentados e, na segunda aula, os alunos receberam outros conceitos adicionais, relacionados ao tema do mapa, complementando a atividade de acordo com sua percepção.

Após a conclusão da atividade de familiarização (Anexo 5), os alunos apresentaram seus mapas de familiarização (vide um exemplo no Anexo 6) para o professor e a turma. O professor observou a apresentação, sem interferência. Foi perguntado para os alunos o que acharam da atividade. Uma parte dos alunos não quis se manifestar. Porém, uma parcela significativa dos que se manifestaram considerou que, por ser uma atividade nova, houve grande dificuldade no estabelecimento das relações entre os conceitos e na construção dos mapas. Da construção do primeiro ao terceiro mapa, observou-se que os alunos foram adquirindo maior familiaridade com a ferramenta e, conseqüentemente, com os conceitos, com a relação entre os conceitos, com o uso das proposições, e com a ideia de hierarquia.

A partir das práticas (vide fotos no Anexo 7), foi dada sequência à pesquisa, com a construção dos mapas conceituais pelos alunos. Foram utilizadas duas aulas sequenciais de 50 minutos para cada mapa conceitual. Importante destacar que as aulas para a construção de cada mapa seguiram a grade da disciplina de Química da escola. Isso significa que os três mapas não foram construídos nas mesmas aulas. Antes da construção de cada mapa, os alunos receberam os textos instrucionais de suporte.

O texto instrucional foi usado como uma ferramenta para inserir previamente os conceitos citados anteriormente. Cada texto foi elaborado tendo por base a teoria de Ausubel da aprendizagem significativa e os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. Os exercícios escolhidos visaram fazer o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos com relação ao

tema. Esses exercícios ajudaram na construção dos mapas conceituais. Como exemplo, foram utilizados descritores do tipo: “identifique os conceitos-chave do conteúdo”, “ordene os conceitos”, “conecte os conceitos com linhas”, “evite palavras que apenas indiquem relações triviais entre os conceitos”, “exemplos podem ser agregados ao mapa”, “setas podem ser usadas, mas não são necessárias”.

Foram apresentados para os alunos três textos instrucionais, relacionados aos mapas conceituais a serem construídos (vide Apêndices 3, 4 e 5). Esses textos foram elaborados tendo por base a teoria de Ausubel sobre aprendizagem significativa.

Após os textos introdutórios, utilizou-se experiências com perguntas reflexivas sobre cada tema (Anexos 1 e 2; e Apêndices 1 e 2) para instigar a curiosidade dos alunos e dar significado ao conteúdo expresso no texto introdutório.

Após as práticas, foi iniciada a construção dos mapas. Para a construção do mapa de condutividade elétrica, os conceitos foram apresentados de forma linear, isto é, foram apresentados primeiramente os conceitos mais gerais e, na sequência, os conceitos específicos relacionados aos conceitos mais gerais, de maneira que os alunos pudessem visualizar a sequência lógica do mais geral para o mais específico. Para os outros dois mapas, pilha de Daniell e eletrodo padrão, os conceitos foram apresentados de forma aleatória, isto é, sem seguir a ordem anteriormente apresentada, de tal modo que exigisse maior atenção do aluno nas relações entre os conceitos, dos mais gerais para os mais específicos. A diferença no formato de apresentação foi uma estratégia para averiguar a competência dos alunos em organizar e relacionar os conceitos. A lista de conceitos se encontra no Apêndice 6.

### **3.5 Análise dos dados**

Para a análise, foram adotadas e adaptadas diretrizes disponíveis na literatura, entre as quais as mencionadas por NOVAK e GOWIN (1984, p. 52, 53 e 113) e GOWIN e ALVAREZ (2005, p. 121 e 123).

Após a elaboração dos mapas, os mesmos foram analisados quantitativamente e, com essa análise, chegou-se a uma tabela de valores, com base nas categorias de análise selecionadas previamente. Também foi observada a palavra de ligação entre os conceitos ou, ainda, se o aluno fez uma relação diferente entre os conceitos.

A análise qualitativa dos mapas conceituais foi feita simultaneamente com a análise quantitativa, baseada nas proposições formadas e na interpretação de seu significado, à luz das categorias de análise. As categorias de análise estabelecidas foram: hierarquia, conceitos, ligações válidas, ligações cruzadas e ligações não válidas. Conforme explicitado no Quadro 2, foram estabelecidos pesos para cada uma dessas categorias de análise.

**Quadro 2** – Categorias de análise dos mapas conceituais construídos pelos alunos e pesos atribuídos a cada incidência delas em um mapa.

<b>CATEGORIA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>PESO</b>
Hierarquia	Estruturação de subordinação entre os conceitos	4
Conceitos	Palavras ou expressões representando a temática	0,5
Ligações válidas	Relações relevantes e significativas entre os conceitos	1
Ligações cruzadas	Relações relevantes e significativas entre conceitos em diferentes setores do mapa	10
Ligações não válidas	Relações não relevantes ou significativas entre os conceitos	0

Fonte: elaborado pelo pesquisador.

Em uma escala de 0 a 10, a escolha dos pesos seguiu aquela proposta pelos autores já mencionados. No caso de hierarquia, o peso 4 demonstra a importância da estruturação dos conceitos. Como os conceitos já são listados previamente, seu peso foi o menor (0,5). Para as ligações válidas, foi convencionado o peso 1. Por outro lado, foi dado peso maior para as ligações cruzadas pela sua complexidade no processo de aprendizagem dos alunos.

Com base nas categorias de análise acima, os dados coletados foram sistematizados em planilhas Excel, uma para cada mapa desenvolvido (condutividade elétrica, pilha de Daniell e eletrodo padrão). A pontuação detalhada de cada aluno foi registrada em uma tabela com colunas específicas, de acordo com o peso de cada parâmetro utilizado, resultando em uma somatória final. Para os três primeiros parâmetros (hierarquia, conceitos e ligações válidas) foi calculada a média das três pontuações mais altas atribuídas aos mapas construídos pelos alunos. Assim, as médias foram resultado dos cálculos descritos a seguir, considerando os três melhores desempenhos.

Para os mapas 1, de condutividade elétrica:

- 1) Hierarquia:  $(20+20+20)/3 = 20$
- 2) Conceitos:  $(12+11,5+11,5)/3 = 11,67$
- 3) Ligações válidas:  $(22+22+22)/3 = 22$

Para os mapas 2, de pilha de Daniell:

- 4) Hierarquia:  $(20+28+24)/3 = 24$
- 5) Conceitos:  $(11,5+11+11)/3 = 11,17$
- 6) Ligações válidas:  $(22+20+20)/3 = 20,66$

Para os mapas 3, de eletrodo padrão:

- 7) Hierarquia:  $(20+16+16)/3 = 17,33$
- 8) Conceitos:  $(9,5+8,5+9)/3 = 9$
- 9) Ligações válidas:  $(16+16+16)/3 = 16$

Em cada caso, ao valor da média foi atribuído o nível 100% e assim ela foi utilizada para calcular os níveis relativos percentuais atingidos em cada mapa. Para o cálculo dessas porcentagens, o desempenho de cada aluno em cada parâmetro foi dividido pela média dos três melhores desempenhos e multiplicado por 100%. Isso permitiu visualizar os resultados em relação à referência estabelecida (os três melhores desempenhos). A partir dos níveis relativos percentuais assim obtidos, foram construídos gráficos de barras para cada parâmetro, permitindo visualizar como se distribuem as pontuações atribuídas em cada um dos três parâmetros nos mapas construídos pelos alunos.

Foi possível comparar os mapas conceituais, em relação à estrutura construída no mapa e à consequente organização cognitiva do conteúdo trabalhado. Foram considerados os conceitos básicos apresentados, se houve alguma ligação válida entre os conceitos, alguma palavra de ligação estabelecida, se essas palavras de ligação formavam sentido lógico e uma análise das ligações não válidas. Cabe destacar que as ligações não válidas não foram pontuadas nem somadas ao total de pontos atribuídos aos mapas construídos pelos alunos, mas serviram ao propósito de verificar o quanto os conteúdos foram compreendidos pelos alunos e as dificuldades encontradas no estabelecimento de relações entre os conceitos.

### **3.6 Tratamento de resíduos**

O desenvolvimento da pesquisa não acarretou na necessidade de tratamento de resíduos, pois as soluções usadas (de ácidos, bases e sais) puderam ser reutilizadas em outros experimentos.

### **3.7 Aspectos éticos**

Considerando os aspectos éticos envolvendo uma pesquisa científica, o projeto de pesquisa foi submetido à apreciação da Comissão de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSCar e aprovado sob o número 3.778.805 (Anexo 1).

Para realização da pesquisa de campo, com o aval da direção da Escola, foi solicitada aos responsáveis e a todos os participantes da pesquisa uma autorização escrita através de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 7) e de um Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 8), contendo os esclarecimentos e objetivos da pesquisa, além de garantir o anonimato dos sujeitos de pesquisa.

## **CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo, serão descritos e analisados os resultados obtidos com os mapas conceituais construídos a partir de modelos extraídos da literatura científica (vide as Figuras 1 e 2). Mapas conceituais são estruturas que seguem uma organização hierárquica dos conceitos mais amplos para os mais específicos. Trata-se de uma estrutura bidimensional que ilustra a relação e a subordinação entre os conceitos, conforme orientação de MOREIRA (1982).

Os alunos construíram três mapas conceituais, a partir dos seguintes temas: condutividade elétrica, pilha de Daniell e eletrodo padrão. Para cada mapa, conforme metodologia estabelecida, foram pontuados os seguintes parâmetros, que se configuram como as categorias de análise: hierarquia, conceitos, ligações válidas e ligações cruzadas, sendo todos eles contabilizados quando válidos e significativos. Eventuais ligações não válidas foram somadas, porém não foram contabilizadas na soma de pontos finais. Isso se justifica por não representarem a construção pelos alunos de relações entre conceitos significativos. Mesmo assim, foram objeto de análise.

Os resultados serão apresentados através de tabelas gerais de dados, para cada um dos três mapas conceituais, e gráficos de barra comparativos, para cada parâmetro. Também serão destacados, no mínimo, os mapas conceituais com maiores e menores pontuações, bem como um de pontuação intermediária, para exemplificar a variedade de mapas construídos pelos alunos. Cada mapa corresponde a uma seção, iniciando pelo tema condutividade elétrica.

### **4.1 Mapa 1: condutividade elétrica**

A partir da utilização de material didático abordando um resumo da temática de condutividade elétrica (Anexos 2 e 3), apresentando os conceitos de substância iônica, substância molecular e substância metálica, e a respectiva relação com a condutividade elétrica de substâncias e soluções, os alunos foram familiarizados com o tema e orientados a construir seus mapas conceituais. Do total de alunos (31), apenas um não participou dessa atividade, mas participou da construção dos outros dois mapas.

Previamente ao experimento, apresentou-se e discutiu-se com os alunos as explicações correspondentes ao aspecto submacroscópico da razão pela qual ocorre a condutividade elétrica em diferentes materiais e estados físicos. Foram apresentados aos alunos fluxogramas com o processo de condução elétrica em substâncias iônicas, quando puras e dissolvidas em solução aquosa; em substâncias moleculares puras e dissolvidas em solução aquosa; e em substâncias metálicas.

A prática desenvolvida com os alunos, conforme descrito na Metodologia (Capítulo 3), foi feita com o uso de kits básicos do CDCC-USP sobre a temática, no laboratório da escola, com a duração de 2 aulas de 50 minutos cada. Durante a prática, os alunos fizeram perguntas, buscando esclarecer suas dúvidas. Por exemplo: “por que uma solução de água com açúcar não produz corrente elétrica?”; “por que o NaCl sólido não conduz corrente elétrica”. Essas representam algumas das dúvidas mais comuns entre os alunos, que foram sanadas durante a prática. No caso do NaCl, a prática ajudou a sanar as dúvidas considerando que a visualização do experimento auxilia na melhor absorção do conteúdo. Exemplo de fala de um aluno: “professor, parece que, quando coloca o sal na água, alguma coisa faz com que ocorra a condução da corrente elétrica”.

Os resultados gerais do Mapa 1, com as pontuações atribuídas aos mapas dos alunos nos diferentes parâmetros, são apresentados na Tabela 1. Imediatamente chama atenção a baixíssima incidência de ligações cruzadas, por sua complexidade no processo de aprendizagem dos alunos e por requererem um grau de criatividade na reconciliação integrativa. Por outro lado, são mais de 40 as ligações classificadas como não válidas (elas não foram encontradas em somente seis mapas). A fim de descrever e analisar comparativamente as pontuações, no caso dos parâmetros hierarquia, conceitos e ligações válidas, os resultados foram comparados entre si, atribuindo-se 100% à média das três pontuações mais altas. A partir desses resultados comparativos, foram construídos gráficos de barra para melhor ilustrar as pontuações associadas aos parâmetros de análise.

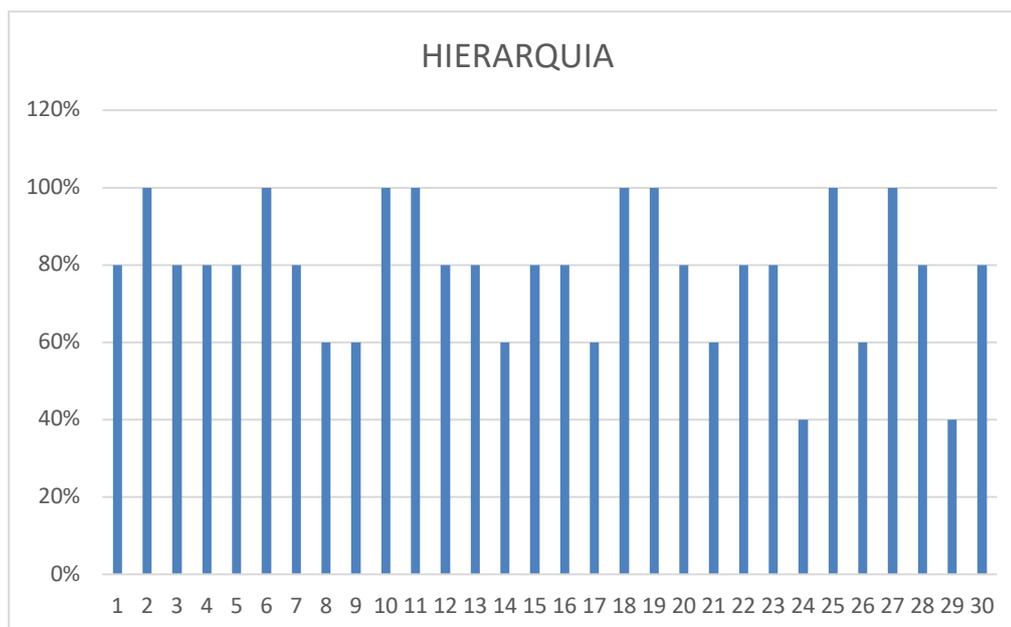
Quanto ao parâmetro hierarquização, como pode ser visto na Tabela 1, a pontuação máxima atribuída foi 20, o que corresponde à ocorrência de cinco níveis hierárquicos, dado que a cada nível hierárquico foram atribuídos quatro pontos. Como mais de três alunos construíram mapas com cinco níveis hierárquicos, para fins de comparação 20 pontos equivalem a 100%. O Gráfico 1 permite a visualização dos resultados comparativos no primeiro parâmetro – hierarquia.

**Tabela 1** – Pontuações atribuídas em cada um dos parâmetros nos mapas conceituais 1.

	HIERARQUIA	CONCEITOS	LIGAÇÕES VÁLIDAS	LIGAÇÕES CRUZADAS	SOMA DE PONTOS	Nº DE LIGAÇÕES NÃO VÁLIDAS
A1	16	9,5	22	0	47,5	3
A2	20	8	12	10	50	1
A3	16	9	19	20	64	1
A4	16	11	22	0	49	1
A5	16	12	21	0	49	1
A6	20	7,5	13	10	50,5	1
A7	16	11,5	19	0	46,5	1
A8	12	11,5	18	0	41,5	2
A9	12	6	10	10	38	1
A10	20	6,5	11	10	47,5	0
A11	20	9	18	0	47	1
A12	16	9,5	13	0	38,5	2
A13	16	11	14	0	41	0
A14	12	8,5	13	0	33,5	0
A15	16	6,5	13	0	35,5	2
A16	16	9	17	0	42	1
A17	12	6,5	12	0	30,5	0
A18	20	10	16	0	46	1
A19	20	8,5	16	0	44,5	5
A20	16	9	16	0	41	0
A21	12	6,5	7	0	25,5	3
A22	16	5,5	2	0	23,5	3
A23	16	7,5	16	0	39,5	3
A24	8	7,5	4	0	19,5	3
A25	20	11,5	22	0	53,5	0
A26	12	4,5	6	0	22,5	3
A27	20	6,5	10	0	36,5	1
A28	16	10	22	0	48	1
A29	8	10,5	17	0	35,5	2
A30	16	11	18	0	45	1

Fonte: elaborada pelo pesquisador.

**Gráfico 1:** Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro hierarquia nos mapas conceituais 1.\*



\* 100% = 20 pontos (5 níveis hierárquicos). Fonte: elaborado pelo pesquisador.

Portanto, no que tange ao parâmetro hierarquia, o qual deveria originar de conceitos mais amplos para conceitos mais específicos, a partir dos dados no Gráfico 1, observa-se que a maioria dos alunos conseguiu assimilar bem a estrutura hierárquica. Do total de mapas construídos pelos alunos, oito ficaram no nível comparativo 100% (apresentaram cinco níveis hierárquicos), 14 no nível 80% (quatro níveis hierárquicos), seis no nível 60% (três níveis hierárquicos) e somente dois no nível 40% (apenas dois níveis hierárquicos). Desses resultados, pode-se inferir que, no processo hierárquico, a aprendizagem significativa parece ter sido eficaz, uma vez que mostram que a maioria absoluta dos alunos entendeu qual a progressão das ideias, indo dos conceitos mais gerais até os mais específicos sobre o tema, construindo mapas com quatro ou cinco níveis hierárquicos. Essa progressão de ideias também é um indicativo da ocorrência do processo de diferenciação progressiva, revelando um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo.

É possível corroborar o sucesso da maioria da turma pelo fato de que os alunos conseguiram construir um mapa mais complexo, com um número razoável de níveis hierárquicos e ligações válidas entre os conceitos. Depreende-se, assim, a possível eficácia do uso de mapas conceituais para o aprendizado e compreensão do

aluno. Isto pode ser exemplificado pelo mapa do aluno A6 (Figura 13), ao qual foram atribuídos 20 pontos no parâmetro hierarquia. Lembrando que, considerando que no parâmetro hierarquia foram atribuídos 4 pontos para cada nível hierárquico, os mapas mais complexos construídos apresentam um total de cinco níveis hierárquicos.

É possível observar que o aluno, tendo inserido 15 conceitos relacionados ao tema, conseguiu construir um mapa com cinco níveis hierárquicos, 13 ligações válidas, uma ligação não válida e estabeleceu uma ligação cruzada, o que muitos alunos não conseguiram. Com relação à ligação não válida, no nível 2 do mapa, vale comentar que o aluno faz uma relação incompleta entre o conceito "IÔNICA" e o conceito "SAIS", através da expressão de ligação "solução composta de". A ligação cruzada relacionou o chamado "estado sólido" com "não eletrolítica", mas não houve inserção de palavra de ligação. Devido a essa ausência, torna-se difícil inferir se efetivamente houve compreensão pelo aluno.

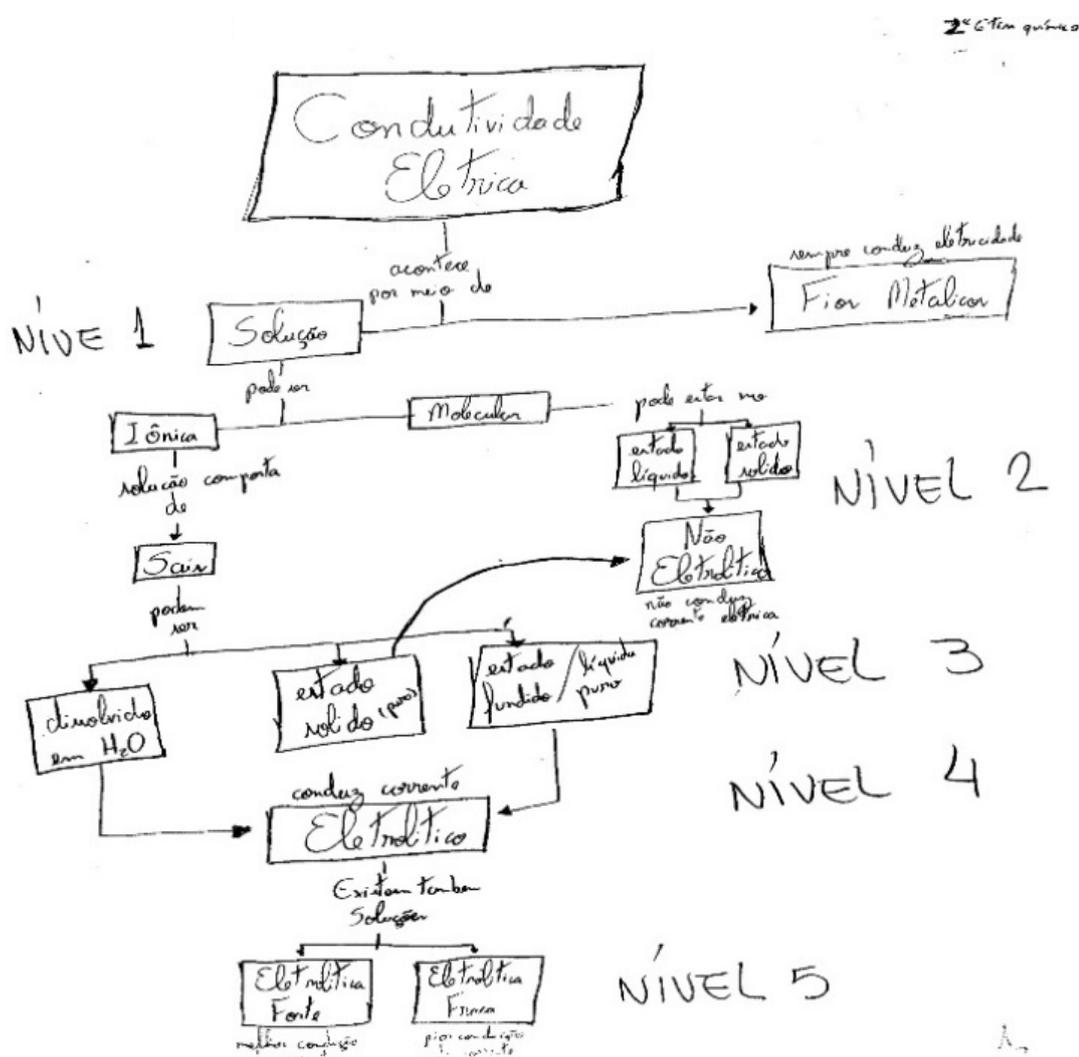
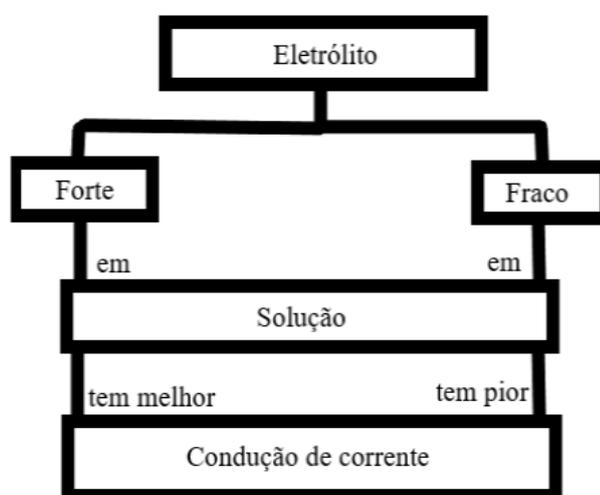


Figura 13 - Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A6.

A reconciliação integrativa (ligação cruzada) indica que houve uma recombinação dos conceitos na estrutura cognitiva. Esta recombinação é fundamental na aprendizagem superordenada e na combinatória, pois a assimilação de ideia tão ou mais geral e abrangente quanto à pré-existente introduz perturbações na estrutura cognitiva. Dessa maneira, o aluno deve criar e recriar relações conceituais como forma de integrar os significados emergentes de modo harmônico com os demais (MOREIRA, 2012a). Observa-se, também, que no mapa o aluno inseriu as expressões “melhor condução de corrente” e “pior condução de corrente” abaixo dos conceitos “Eletrolítica Forte” e “Eletrolítica Fraca”, respectivamente. Embora o aluno tenha usado as duas últimas expressões de forma não condizente com a denominação química usual, é possível que o mesmo tenha adquirido o significado que corresponderia ao mapa. Isso pode ser explicitado pelo mapa abaixo:



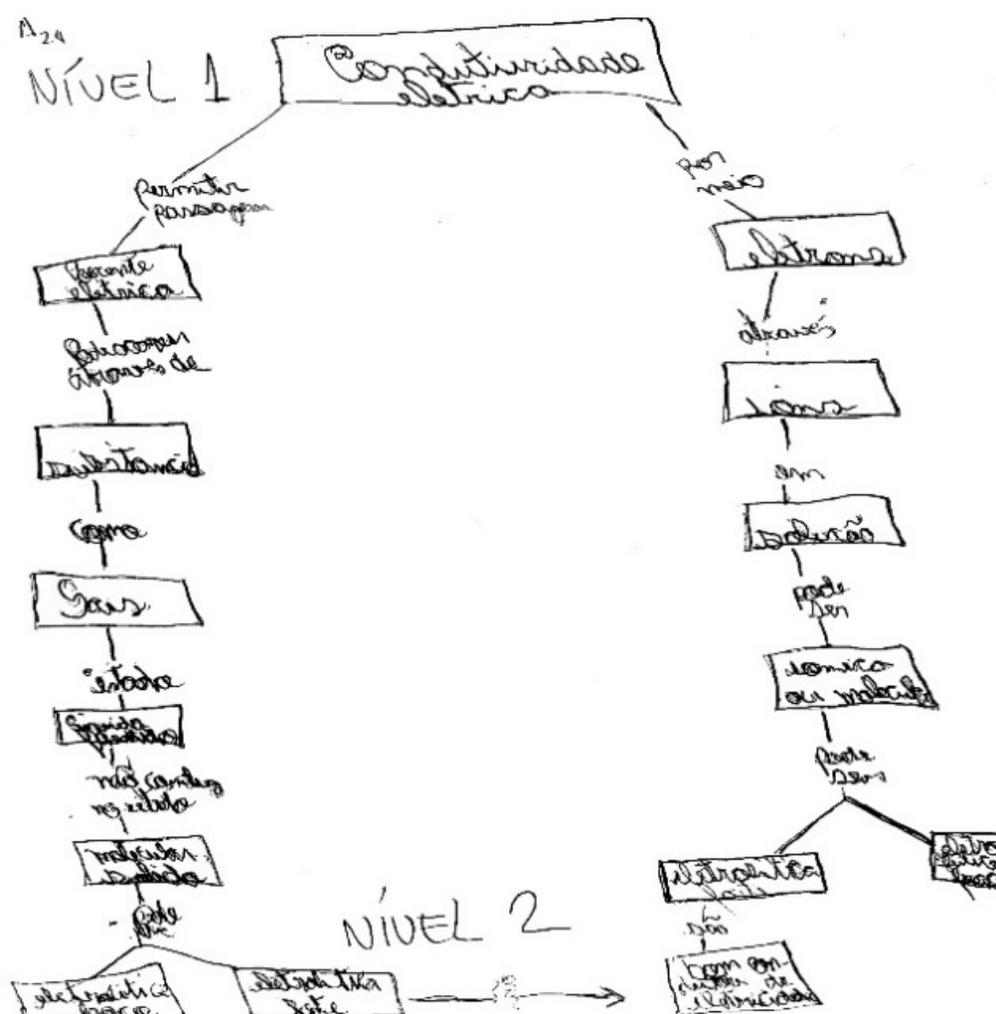
Fonte: elaborado pelo pesquisador

Tal possibilidade, porém, só poderia ser averiguada em pesquisa adicional, que não ocorreu devido à escassez do tempo. Percebe-se, daí, a importância da análise de mapas conceituais a partir da qual pode-se extrair implicações diretas para o processo de ensino-aprendizagem.

Para MOREIRA (2010), as ligações cruzadas usadas na criação de novos conhecimentos representam saltos criativos por parte do estudante. Existem duas características que são importantes na facilitação do pensamento criativo, segundo NOVAK e CAÑAS (2008), que são: a estrutura hierárquica que está representada em um mapa conceitual e a capacidade do estudante em pesquisar e

caracterizar novas ligações cruzadas. Estas, conforme relato da literatura (NOVAK e GOWIN, 1984; MOREIRA, 2006), apresentam grande dificuldade para os alunos. Seria necessário um ensino específico que propiciasse aos alunos efetivamente adquirirem a percepção da reconciliação integrativa.

No extremo oposto, um exemplo de dificuldade na organização e relação dos conceitos é demonstrado pelo mapa construído pelo aluno A24 (Figura 14), ao qual foi atribuído um total de somente 8 pontos. O mapa representa a organização de somente dois níveis hierárquicos, com peso 4, somando os 8 pontos.

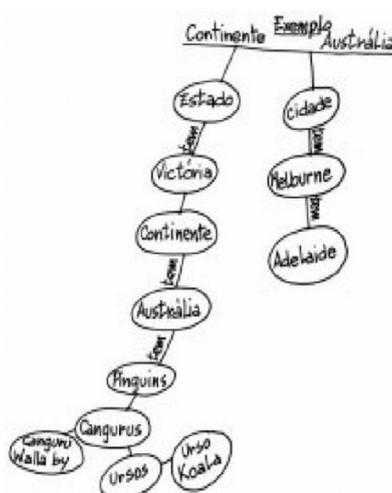


**Figura 14** – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A24.

O aluno construiu um mapa simples, com dois níveis hierárquicos, 15 conceitos, quatro ligações válidas, nenhuma ligação cruzada e três ligações não válidas. Com relação às ligações não válidas, pode-se exemplificar com a relação “elétrons através íons”. Apesar de o aluno ter realizado a tarefa de construir o mapa

com ligações válidas, dele infere-se uma possível dificuldade de compreensão dos conceitos abordados. A estrutura do mapa é linear e falta uma maior relação entre os conceitos. Cabe destacar que o aluno em questão demonstrou desinteresse pela disciplina, o que corrobora a literatura científica que ressalta a relação entre o interesse e a motivação do aluno e o sucesso no seu desempenho.

Tal tipo de mapa encontra um paralelo com um descrito por NOVAK e GOWIN (1984) com “pouca organização hierárquica, sem uma distinção clara entre conceitos gerais e específicos” (vide Figura 15). Os conceitos podem ter sido inseridos sem uma real noção da relação conceitual e sua subordinação, que pode evidenciar ausência de aprendizagem significativa.



**Figura 15** – Exemplo de um mapa conceitual com pouca organização hierárquica (Extraído de NOVAK e GOWIN, 1984, p. 116)

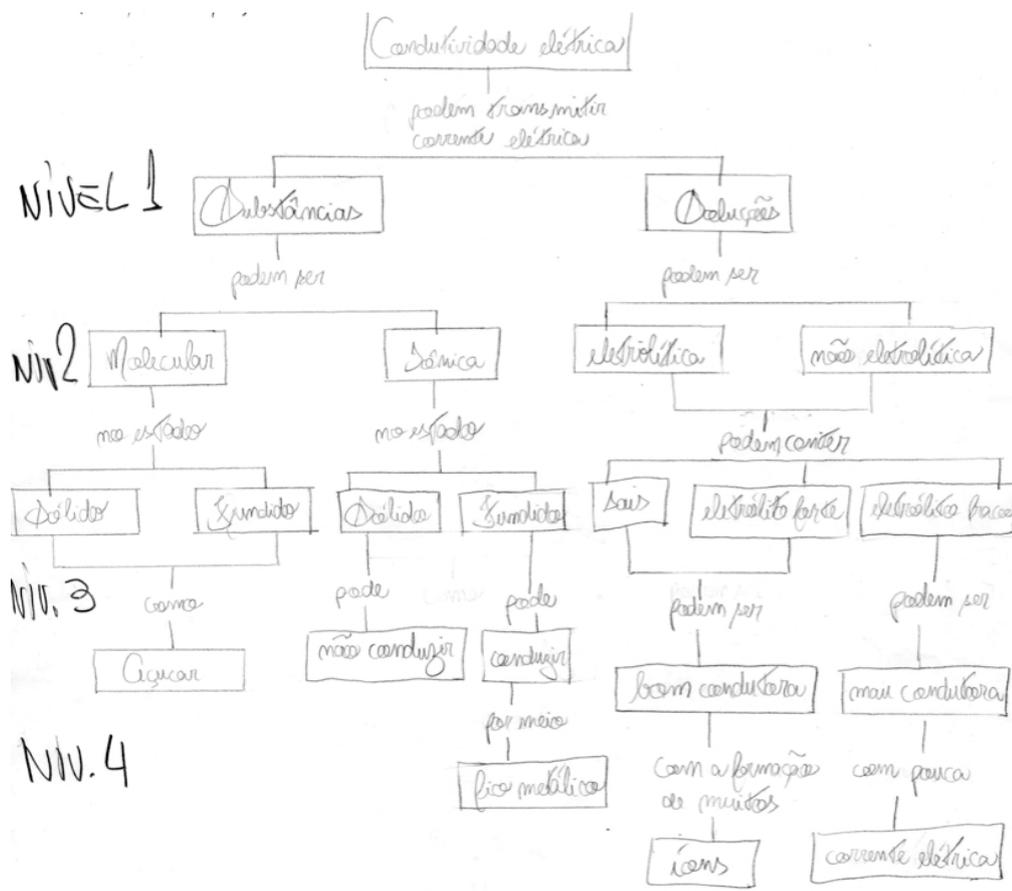
Moreira (2012b) afirma que uma das condições para que ocorra a aprendizagem significativa é a predisposição para aprender, havendo uma relação circular entre a condição e a predisposição, pois a aprendizagem já ocorrida e internalizada produz um interesse em aprender, ou uma predisposição que é transformada em atitudes e sentimentos positivos que facilitam a aprendizagem. Isso significa que o aluno deve ter uma “atitude ativa” (PEÑA et al., 2005). A aprendizagem significativa somente é possível quando um novo conhecimento se relaciona de forma substantiva e não arbitrária a outro já existente. Outro ponto importante na aprendizagem significativa de Ausubel é que deve existir disposição do iniciante em aprender, ou seja, é necessário que o aluno esteja motivado.

Quando indagado sobre as facilidades e dificuldades na construção dos mapas, um aluno que obteve pontuação baixa em hierarquia forneceu a seguinte resposta: *“O tema não é difícil, porém a química pra mim é uma matéria difícil. Em aula eu consigo entender, mas quando eu preciso fazer sozinho me dá um branco!”* (A24). Outro aluno, por sua vez, respondeu: *“Eu entendo tudo, porém não consigo passar para o papel, para mim é mais fácil falar do que escrever!”* (A8). E, por fim, acrescentou: *“Eu não entendo muito bem esse tema, para mim é difícil entender toda a relação, porém nos outros temas da aula eu entendi bem”*. O que se observa é que o primeiro aluno demonstra dificuldade com a disciplina em si, o que pode ter comprometido o seu desempenho. Já o segundo aluno, apesar da alegada compreensão do tema, evidencia uma dificuldade de expressão escrita, que poderia ser trabalhada conjuntamente com a disciplina de Língua Portuguesa, estabelecendo a interdisciplinaridade.

O fato positivo é que, pela experiência de construir e reconstruir os mapas, os próprios alunos puderam identificar suas falhas e em quais pontos podem melhorar. Uma das dificuldades encontradas pelos alunos pode ser observada na construção de poucos níveis hierárquicos, como no caso do aluno A24 (Figura 14), demonstrando dificuldade em organizar e relacionar os conceitos.

Na Figura 16, apresenta-se um mapa com pontuação intermediária, que representa a média de pontuação dos mapas construídos pela turma. Neste caso, o aluno construiu um mapa com quatro níveis hierárquicos, 14 ligações válidas, 22 conceitos, nenhuma ligação cruzada e nenhuma ligação não válida. Destaca-se que inseriu palavras e expressões de ligações entre os conceitos, esclarecendo suas relações.

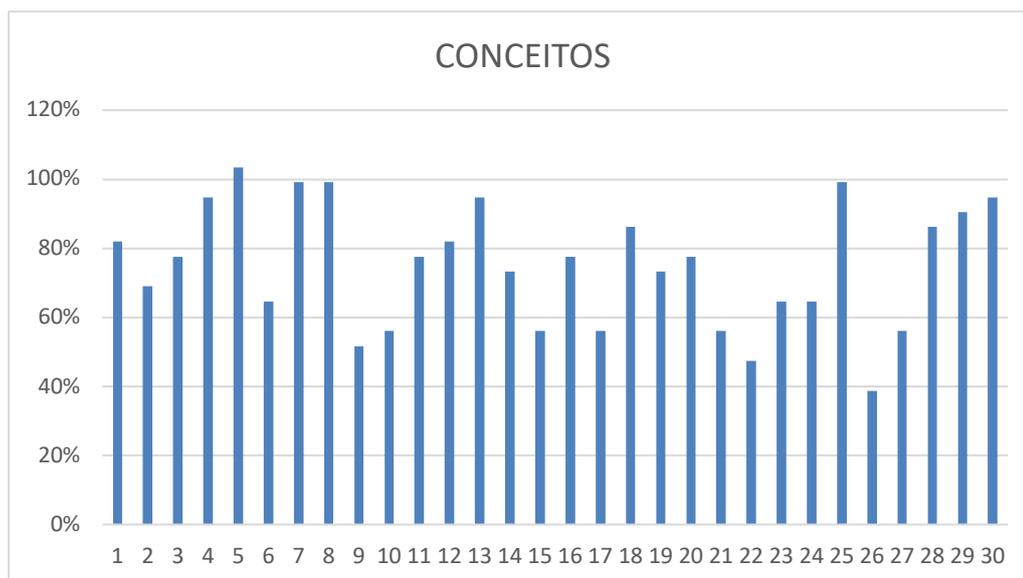
Analisando os diferentes mapas construídos pelos alunos, pôde-se observar que, comparativamente, a maioria absoluta dos alunos não teve dificuldade de hierarquização dos conceitos. Com isso, considerando os resultados apresentados (Gráfico 1), pode-se considerar que, quanto ao processo de hierarquização, houve sucesso na atividade conjunta de construção dos mapas. Deve-se destacar que o conceito mais abrangente – condutividade elétrica – foi posicionado corretamente no topo do mapa por todos os alunos.



**Figura 16** – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A13.

Outro meio de interpretar os mapas e o eventual aprendizado gerado é a análise do parâmetro “conceitos”, aqui entendidos como palavras chaves inscritas dentro de retângulos para a formação da pirâmide de conhecimento. São os tópicos inerentes e relacionados ao tema estudado. Note-se que para fins de análise dos mapas, foi analisada a incidência total de conceitos, o que implica que, em alguns mapas, um ou mais conceitos podem ocorrer mais de uma vez. Como pode ser visto na Tabela 1, ocorreu uma única pontuação máxima de 12 pontos e três de 11,5 pontos, o que corresponde à incidência de 24 e 23 conceitos, respectivamente, pois a cada incidência foi atribuído 0,5 ponto. Assim, para fins de comparação, 11,67 pontos (média das três pontuações mais altas) equivalem a 100% (isso significa que ocorrerá pelo menos uma porcentagem superior a 100%, para a pontuação 12). O Gráfico 2 permite a visualização dos resultados comparativos nesse parâmetro.

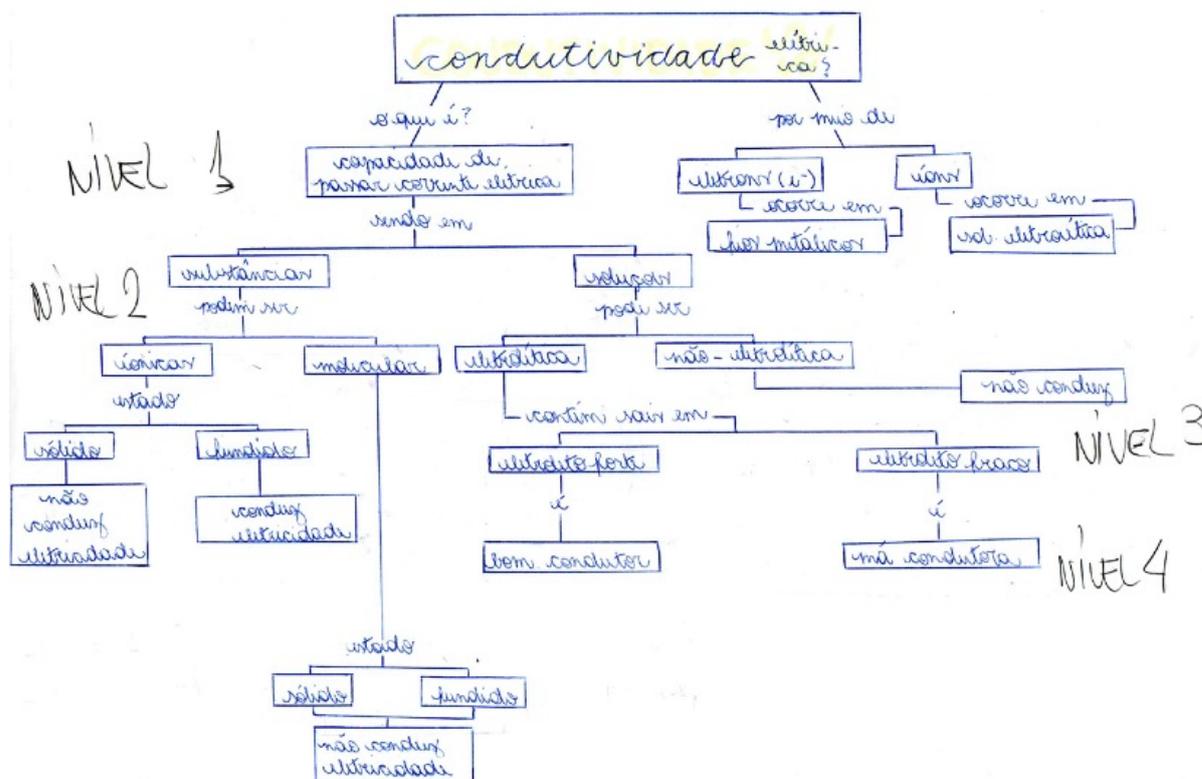
**Gráfico 2:** Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro conceitos nos mapas conceituais 1.\*



\* 100% = 11,67 pontos (média de 23,33 conceitos). Fonte: elaborado pelo pesquisador.

Nesse parâmetro, observou-se que a maioria absoluta dos alunos (22) construiu mapas com a incidência de 15 ou mais conceitos, pois as pontuações atribuídas aos mapas ficaram em níveis comparativos superiores a 60% (correspondente à incidência de 14 conceitos). Apenas dois alunos construíram mapas com a incidência de menos de 12 conceitos, ficando em níveis comparativos inferiores a 50%. Quanto mais conceitos no mapa, maior a familiarização com o tema (AUSUBEL, 2003). A quantidade de conceitos significativos nos mapas conceituais revela quanto houve de assimilação e também quanto a memória de longo prazo internalizou o conhecimento.

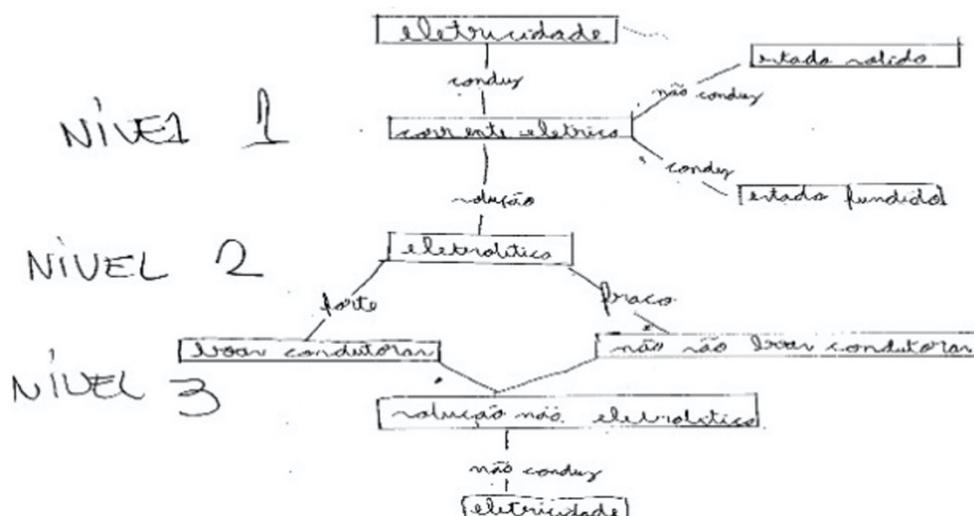
Dos resultados obtidos, pode-se inferir que parece ter havido sucesso da maioria dos alunos nesse parâmetro, pois construíram mapas com uma incidência relativa elevada de conceitos. Note-se que na listagem de conceitos apresentada aos alunos, eles eram 17, o que significa que diversos dos alunos construíram mapas agregando a eles novos conceitos. Isso é ilustrado pelo mapa construído pelo aluno A5 (vide Figura 17), que teve a maior incidência de conceitos, 24, totalizando 12 pontos.



**Figura 17** – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A5.

Como pode ser visto na Figura 17, o aluno construiu um mapa com quatro níveis hierárquicos, 21 ligações válidas, nenhuma ligação cruzada e uma ligação não válida, que se encontra no nível 3 (“contém sais em”). O aluno estabeleceu relações corretas entre os conceitos, com várias linhas de ligação, porém nem todas com palavras de ligação. Por exemplo, no nível 3, ele coloca o conceito “sólido” ligado a “não conduz eletricidade”, sem palavra de ligação. Destaque-se que, no nível 2, há um ponto de ramificação no conceito “molecular”, usando a palavra de ligação “estado”, ramificando para os conceitos “sólido” e “fundido”, os dois sendo interligados com a expressão “não conduz eletricidade”.

Em relação ao parâmetro conceitos, o mapa com a menor pontuação foi o do aluno A26, devido à incidência reduzida de conceitos e suas relações, conforme pode ser visto na Figura 18. O aluno construiu um mapa com três níveis hierárquicos, nove conceitos, seis ligações válidas, nenhuma ligação cruzada e três ligações não válidas. Como exemplo, observe-se as ligações entre o conceito “eletricidade”, no nível 1, e o “corrente elétrica”, utilizando a palavra de ligação “conduz”.



**Figura 18** – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A26.

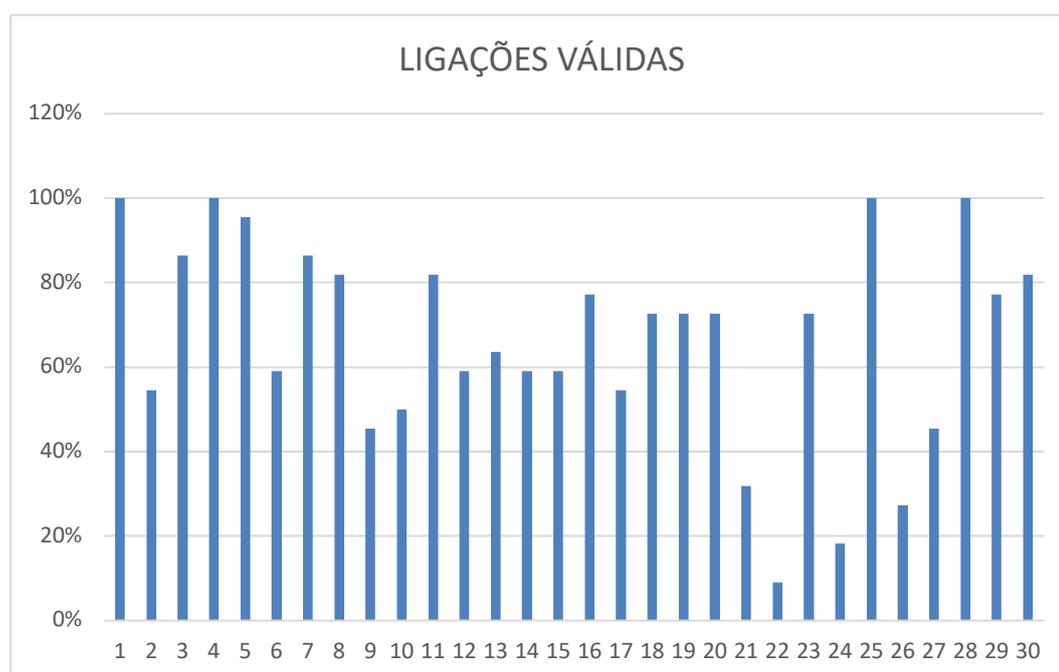
Quando indagado sobre suas dificuldades, a resposta do aluno A26 foi: “Professor, esses termos são difíceis para mim, para mim é mais fácil o uso de palavras normais”. No caso deste aluno, um trabalho de reforço escolar, ou ainda o uso de uma abordagem diferente, possivelmente poderia melhorar sua cognição e, conseqüentemente, sua aprendizagem significativa.

Em síntese, tendo em conta os resultados apresentados no Gráfico 2, considerando que a maioria absoluta dos alunos inseriu um conjunto expressivo de conceitos ( $\geq 15$ ), pode-se dizer que, quanto à incidência de conceitos nos mapas construídos, também houve sucesso na realização da atividade pelos alunos. Isso significa que, a partir da listagem de conceitos fornecida, os alunos conseguiram construir mapas usando a maioria desses conceitos e, em alguns casos, agregando novos conceitos.

A seguir será apresentada a análise referente ao parâmetro ligações válidas (aqui entendidas como relações significativas entre conceitos) nos mapas contruídos pelos alunos. Como pode ser visto na Tabela 1, aos mapas de quatro alunos foi atribuída a pontuação máxima de 22 pontos neste parâmetro, o que corresponde a 22 ligações válidas, pois a cada incidência foi atribuído 1 ponto. Portanto, para fins de comparação, 22 pontos equivalem a 100%. O Gráfico 3 permite a visualização dos resultados comparativos nesse parâmetro. As ligações válidas formam um sentido lógico entre os conceitos. Para alguns alunos, fazer esta relação significativa entre os conceitos é algo “difícil, complicado e leva muito tempo” (MARRIOTT, 2004, p. 147). Essa dificuldade ocorre, como nos explica NOVAK (1981),

peelo fato de que eles têm apenas uma compreensão superficial das relações entre os conceitos, e que são as palavras de ligação que evidenciam essas relações. Mas é exatamente nesse exercício que o aluno compreende como os conceitos estão ligados e qual a sua hierarquia, e é também nesse exercício que ocorre a transformação da informação em conhecimento.

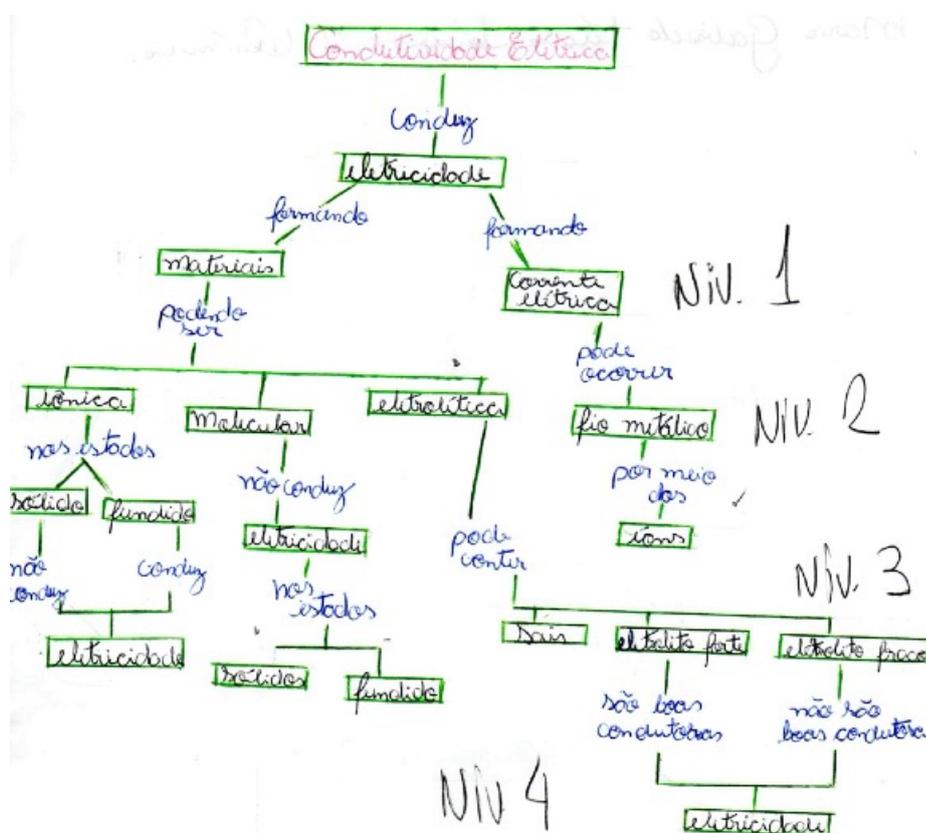
**Gráfico 3:** Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro ligações válidas nos mapas conceituais 1.\*



\* 100% = 22 pontos (média de 22 ligações válidas). Fonte: elaborado pelo pesquisador.

Analisando a incidência de ligações válidas entre os conceitos nos mapas contruídos pelos alunos, observa-se que a maioria dos alunos (17) estabeleceu mais de 13 ligações válidas, pois as suas pontuações atribuídas ficaram em níveis comparativos superiores a 60%. Somente seis alunos estabeleceram menos que 11 ligações válidas (pontuações atribuídas em níveis comparativos inferiores a 50%). Configuradas como um dos parâmetros mais importantes dos mapas conceituais, as ligações demonstram se o aluno consegue fazer conexões significativas entre os conceitos. As ligações válidas nos indicam como as ideias estão relacionadas ao saber do aluno. Assim, quanto mais ligações válidas o aluno faz, mais demonstra que o conhecimento está sendo consolidado. Como pôde ser depreendido do Gráfico 3, aos mapas da maior parte dos alunos foi atribuída uma alta pontuação, o que pode se configurar como um exemplo de sucesso da maioria.

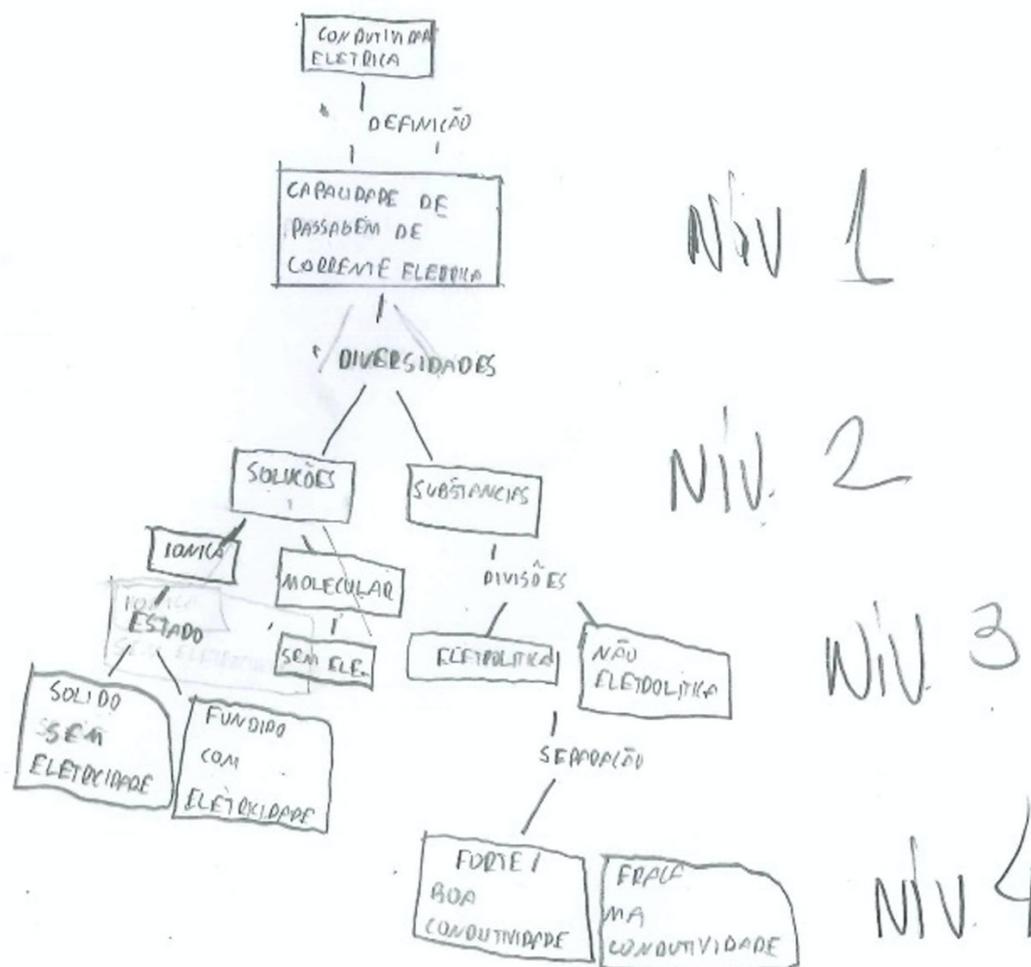
Na sequência, para ilustrar a incidência do parâmetro ligações válidas nos mapas construídos pelos alunos, são apresentados três exemplos de mapas, um com alta pontuação (Figura 19), um com baixa pontuação (Figura 20), bem como um com intermediária (Figura 21).



**Figura 19** – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A1.

Na Figura 19, observa-se que o aluno construiu um mapa com quatro níveis hierárquicos, 19 conceitos, 22 ligações válidas, nenhuma ligação cruzada e três ligações não válidas. Um exemplo de ligação válida pode ser identificado no nível dois do mapa, onde consta a relação entre o conceito “iônica” e os conceitos “sólido” e “fundido”, através da expressão de ligação “nos estados”. No geral, o aluno teve um bom desempenho nesse parâmetro. Contudo, um exemplo de ligação não válida se encontra no nível 1, onde há uma relação entre o conceito “eletricidade” e “materiais”, usando a palavra de ligação “formando”.

Já na Figura 20, ilustra-se um mapa ao qual foi atribuída uma baixa pontuação, pois apresenta apenas duas ligações válidas. Neste caso, o aluno construiu um mapa com quatro níveis hierárquicos, 11 conceitos, nenhuma ligação cruzada e três ligações não válidas.



**Figura 20** – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A22.

Um exemplo das ligações válidas é que o aluno estabeleceu uma relação correta entre o conceito “iônica” e os conceitos “sólido sem eletricidade” e “fundido com eletricidade”, através da palavra de ligação “estado”.

O mapa construído pelo aluno A3 (Figura 21) representa um mapa com pontuação intermediária nesse parâmetro, com 14 ligações válidas. Um exemplo dessas ligações é a relação correta, entre o conceito “substâncias” (no nível 2) e os conceitos “iônica” e “molecular” (no nível 3), através da expressão de ligação “pode ser”.



Figura 21 – Mapa conceitual 1 contruído pelo aluno A3.

A alta pontuação atribuída aos mapas construídos pela maioria dos alunos indica, como dito anteriormente, que pode ter havido aprendizagem significativa nas relações entre os conceitos. Por outro lado, os motivos das dificuldades apresentadas por alguns alunos foram parecidos e podem ser sumarizados pela fala do aluno A22: “Por mais que eu saiba, fazer uma relação é difícil, pois em algum momento me perco”. Para esses alunos, elaborar uma ligação válida se torna uma atividade complexa. Essa dificuldade de relacionar conceitos de modo explícito, tal como ocorre nos mapas conceituais, pode estar vinculada ao ensino convencional. Raramente aí é enfatizado com a devida frequência o ato de

escrever relações entre conceitos como atividade em sala de aula ou externamente a ela.

Essa constatação possibilita ao professor estabelecer, em conjunto com os alunos, novas estratégias que busquem superar as dificuldades. Mesmo assim, apesar da baixa pontuação atribuída aos mapas construídos por alguns alunos, é possível inferir que ainda houve alguma correlação de ligações e interação entre os conceitos, quiçá evidenciando que a aprendizagem significativa foi satisfatória. De qualquer modo, das pontuações atribuídas quanto ao parâmetro ligações válidas nos mapas construídos pelos alunos pode-se inferir que a maioria dos alunos compreenderam que as ligações válidas criam um sentido lógico entre os conceitos, aprimorando seu conhecimento sobre o tema estudado.

Além das ligações válidas, analisou-se também a ocorrência do parâmetro ligações cruzadas nos mapas contruídos pelos alunos. O cruzamento de proposições deixa um mapa conceitual ainda mais rico e é uma indicação de se, de fato, o conteúdo foi fixado de forma satisfatória. Diferentes conceitos podem participar de duas ou mais ligações cruzadas, oriundas de hierarquias diferentes, mas culminando em uma mesma ideia ou proposição, demonstrando as inter-relações nos diferentes segmentos do mapa.

Nesse parâmetro, como pode ser inferido dos dados na Tabela 1, a maioria absoluta dos alunos (25) não estabeleceu nenhuma ligação cruzada. Mesmo assim, cinco alunos conseguiram estabelecer essa relação mais complexa entre os conceitos, sendo que quatro alunos estabeleceram uma ligação cruzada e um aluno estabeleceu duas ligações cruzadas com palavras de ligação. Um exemplo de mapa com uma ligação cruzada está demonstrado no mapa do aluno A6 (vide Figura 13), no nível 2, mas sem palavra de ligação. O aluno estabeleceu uma ligação cruzada entre o conceito “estado sólido” e o conceito “não eletrolítico”.

De fato, é preciso reconhecer que criar inter-relações entre conceitos não é uma tarefa fácil, sobretudo quando se considera que essa foi uma primeira experiência com mapas conceituais por parte dos alunos. Isso exige do aluno um raciocínio mais complexo, com a capacidade de estabelecer relações entre os conceitos. Mesmo assim, mais uma vez, é importante destacar que o mapa conceitual possibilita ao professor visualizar quais trilhas de aprendizagem podem ser seguidas para que os alunos possam aprimorar e amadurecer seus conhecimentos sobre o tema abordado.

Assim, por se tratar de um primeiro mapa e de um conteúdo mais abrangente da Química, pode-se considerar a experiência positiva e satisfatória. Numa visão geral, foi observado, nos mapas, a realização de ligações conceituais a partir dos significados que os alunos atribuíam às palavras, bem como a necessidade de interligar conceitos mais amplos, no topo do mapa, com os conceitos mais específicos.

No caso do mapa construído pelo aluno A3 (vide Figura 21), ele estabeleceu duas ligações cruzadas, estabelecendo relação entre o conceito “MOLECULAR” e outros dois conceitos – “ESTADO SÓLIDO” e “ESTADO FUNDIDO”, através da expressão de ligação “NÃO CONDUZ ELETRICIDADE NOS DOIS ESTADOS”, o que a maioria não conseguiu.

A título de ilustração adicional, também destaca-se o mapa do aluno A2 (Figura 22), que escreveu a expressão “não conduzem em nenhum estado” no interior de um retângulo de conceito e não na linha de ligação.

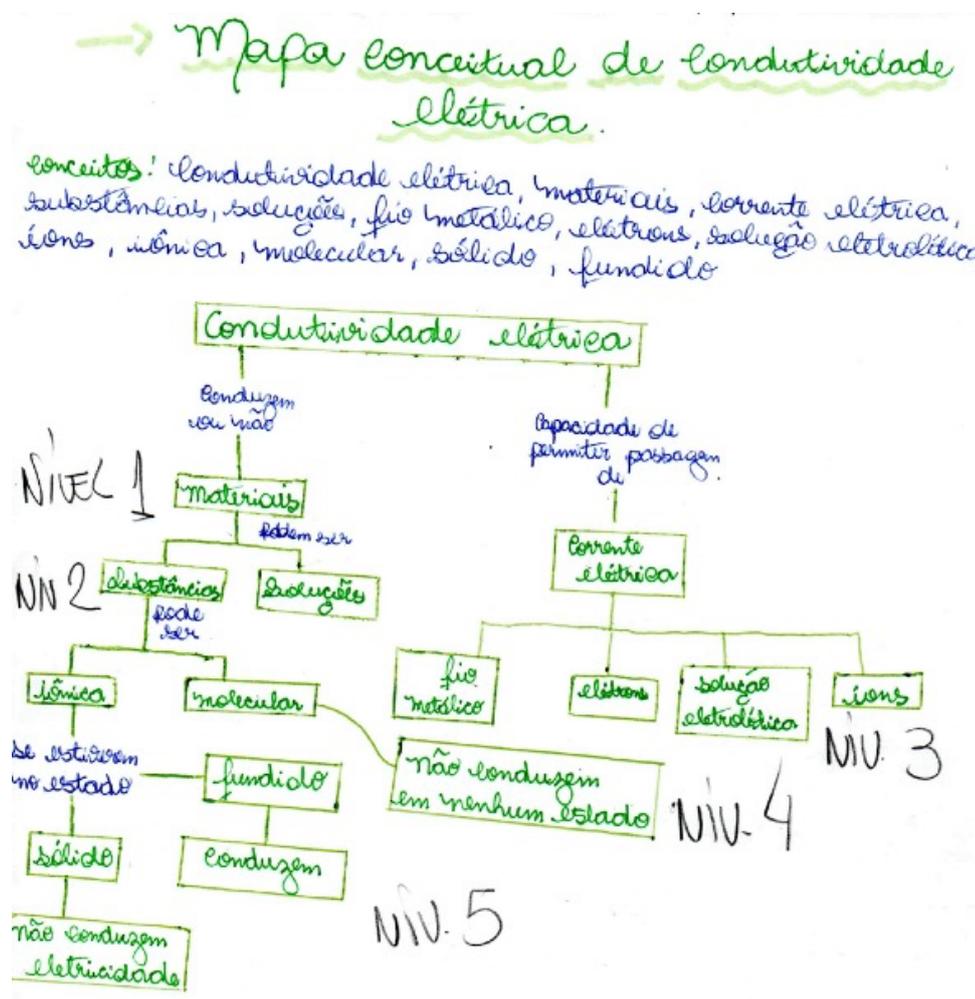


Figura 22 – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A2.

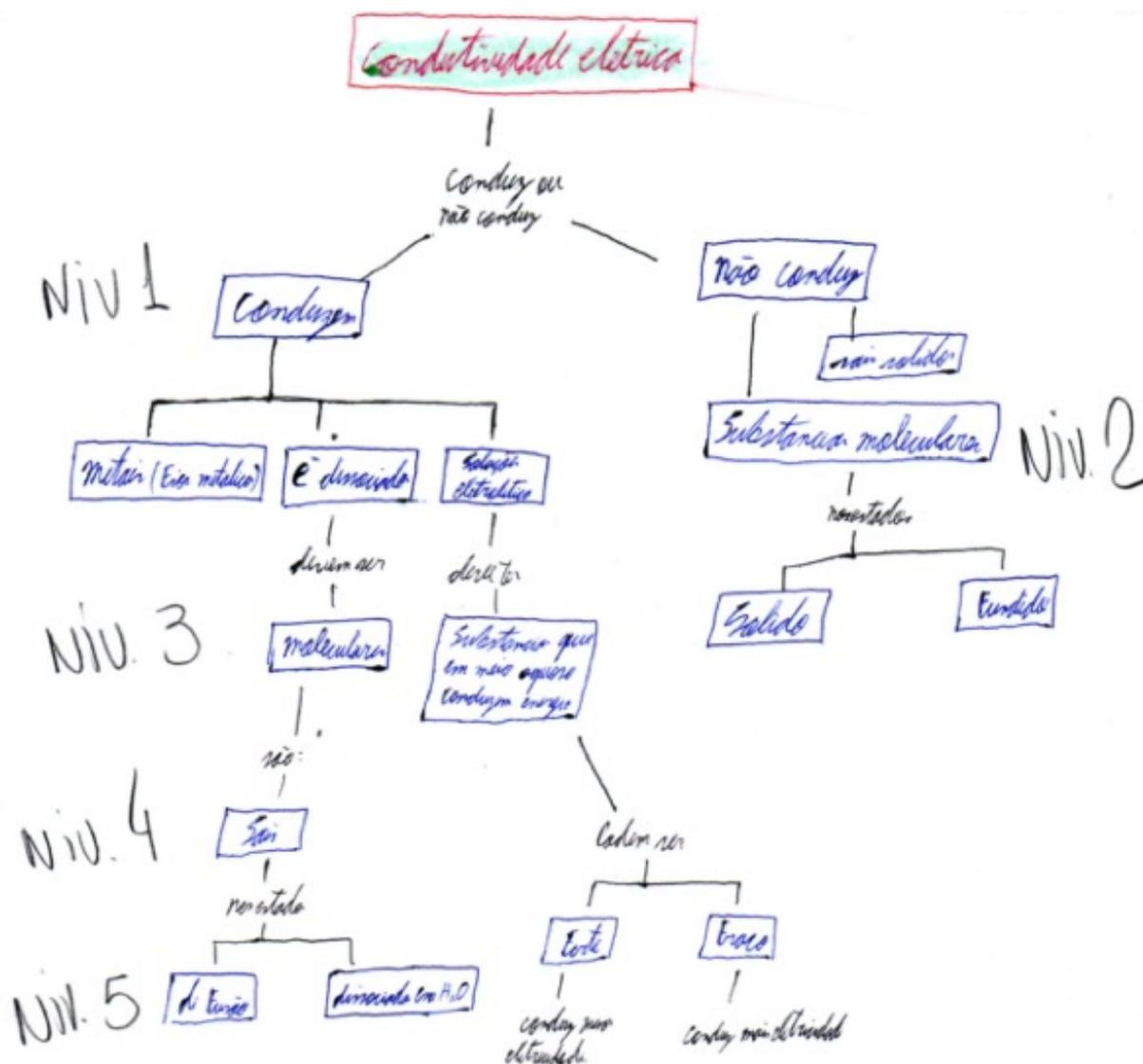
Cabe destacar que a maioria dos estudantes construíram mapas conceituais com uma estrutura hierárquica bem definida, iniciando pelo conceito mais geral, condutividade elétrica, tema central da investigação, para os outros conceitos. Isso representa o que se denomina de diferenciação progressiva.

Observando ainda os mapas conceituais construídos, foi possível identificar, no geral, o uso de palavras de ligação para explicitar o significado da relação conceitual. As palavras de ligação não precisam ser, necessariamente, só um verbo de ligação. Nesse momento, o aluno pode relacionar os conceitos de acordo com o seu nível de compreensão, externalizado por frases. O uso de palavras de ligação sobre as linhas é defendido por MOREIRA (2010), por entender que, se o estudante constrói um mapa, unindo dois conceitos por meio de uma linha, ele deve ser capaz de explicar o significado da relação que encontrou entre eles.

Em suma, ao longo da aplicação do material, identificou-se o estabelecimento de poucas relações complexas entre conceitos, proporcionando reconciliações entre estes. Essa escassez mostra que os estudantes não apontaram similaridades e diferenças significativas, nem reconciliaram discrepâncias reais ou aparentes. Para AUSUBEL et al. (1980), muitas vezes a dificuldade maior não está na discriminação, mas, sim, na aparente contradição entre os conceitos novos e as ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva do estudante. Uma possível consequência dessa contradição é o aluno descartar uma nova proposição como válida, tentando “departamentaliza-la” como aspecto isolado, sem conectá-la a conhecimentos anteriores ou do próprio tópico. É o caso, por exemplo, do mapa apresentado na fundamentação teórica (Figura 9). É possível que, para alguns alunos, não esteja presente a percepção de que “eletrolítico forte e fraco” em “solução” relaciona-se diretamente com a condução ou não de eletricidade, deixando, assim, o mapa incompleto. Pode-se auxiliar tais alunos a completa-lo, e aos outros reforçar as relações, revendo a experimentação e a explicação teórica. Assim, destaca-se relações adicionais que inicialmente passavam despercebidas.

Por fim, apesar de o parâmetro ligações não válidas (aqui entendidas como relações não pertinentes entre os conceitos) não ser incluído na pontuação dos mapas construídos pelos alunos, considera-se relevante apresentá-lo e analisá-lo. Observou-se que a maioria dos alunos (24) estabeleceu ligações não válidas, sendo que isto aconteceu mesmo entre aqueles alunos a cujos mapas foram atribuídas altas pontuações nos outros parâmetros. Isso indica que, mesmo compreendendo a

temática e a lógica da construção de um mapa, faz-se necessário aprofundar as discussões sobre o tema para que os alunos de fato compreendam o que significa uma ligação válida. A seguir (Figura 23), ilustra-se um mapa com ligações não válidas que teve alta pontuação em hierarquia e ligações válidas.



**Figura 23** – Mapa conceitual 1 construído pelo aluno A19.

O aluno construiu um mapa com cinco níveis hierárquicos, 19 conceitos, 16 ligações válidas, nenhuma ligação cruzada e cinco ligações não válidas, sem palavras de ligação. Um exemplo de ligação não válida estabelece, no nível 3, relação entre o conceito “moleculares” e o conceito “sais”, através da palavra de ligação “são”.

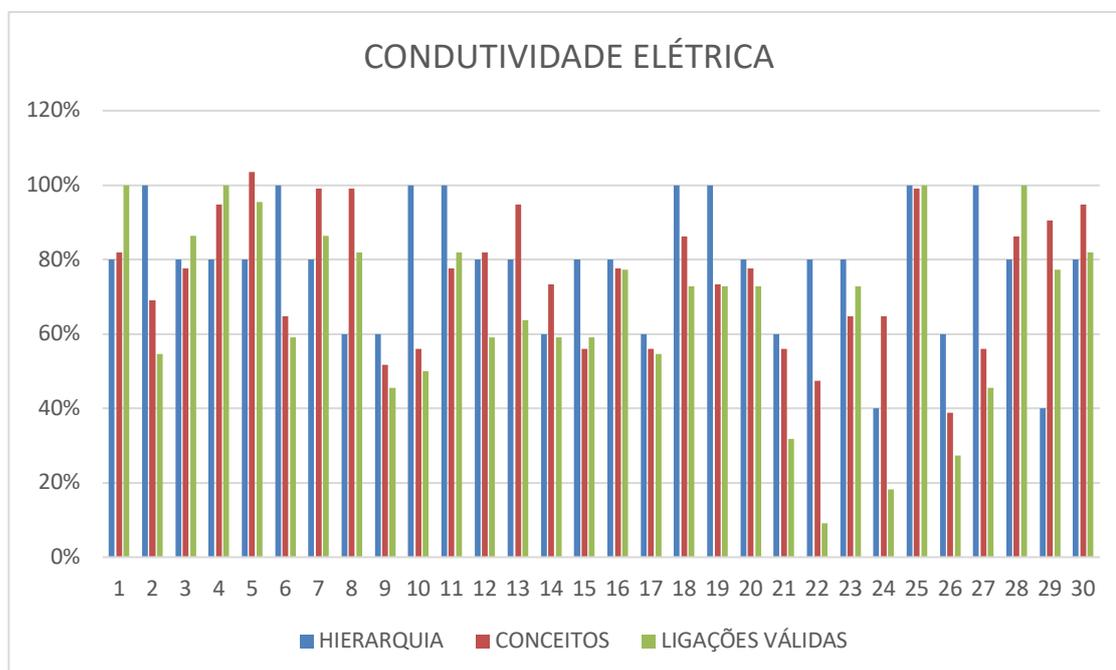
A análise do parâmetro ligações não válidas indica que alguns alunos não conseguiram estabelecer uma relação correta entre os conceitos. Além disso, foi

possível observar que alunos que compreenderam bem o tema, ainda assim estabeleceram ligações não válidas, conforme exemplificado pela Figura 23. Nesse sentido, enfim, as ligações não válidas podem permitir ao professor uma visão mais abrangente da absorção dos conteúdos pelos alunos, possibilitando construir estratégias que levem à construção de novos saberes e superação das dificuldades.

Em suma, pode-se dizer que a primeira experiência com os mapas foi satisfatória, pois a maioria dos alunos conseguiu construir mapas 1 com um número considerável de níveis hierárquicos. A maioria absoluta dos alunos da turma (21) construiu mapas estruturados com quatro ou cinco níveis hierárquicos. Com relação aos conceitos, a maioria absoluta dos alunos (22) também inseriu 15 ou mais conceitos de forma adequada. Com relação às ligações válidas, cabe observar que a maioria dos alunos (17) estabeleceu entre 14 e 22 ligações válidas. Finalmente, nem todos conseguiram estabelecer ligações cruzadas, porém é preciso ressaltar que essa não é uma atividade simples, exigindo maior conhecimento da temática e uma prática mais frequente no uso da ferramenta didática mapas conceituais.

Para encerrar a análise dos resultados referentes ao mapa 1, cabe fazer uma análise comparativa das pontuações atribuídas aos parâmetros hierarquia, conceitos e ligações válidas nos mapas construídos pelos alunos (vide Gráfico 4).

**Gráfico 4** – Resultado comparativo das pontuações atribuídas aos diferentes parâmetros nos mapas conceituais 1.



Fonte: elaborado pelo pesquisador.

É possível observar que para a maioria absoluta dos mapas (22 deles) as pontuações atribuídas aos três parâmetros analisados (hierarquia, conceitos e ligações válidas) ficaram em níveis comparativos  $\geq 50\%$  da média de referência. Isso é um indício de que a prática pode ter colaborado para aprimorar a estrutura cognitiva do grupo. Cabe destacar que o parâmetro onde ocorreram os menores níveis comparativos foi o de ligações válidas, uma indicação possível de dificuldade na visualização das relações entre conceitos.

Alguns desempenhos notadamente se destacam no gráfico. Por exemplo, as pontuações atribuídas ao mapa construído pelo aluno A25 destacam-se das dos demais, pois são praticamente iguais ao nível comparativo 100% nos três parâmetros. Daí que pode-se inferir que este aluno conseguiu uma excelente interação com a temática sugerida. Aos mapas construídos por seis outros alunos, as pontuações atribuídas nos três parâmetros analisados equivalem a níveis comparativos  $\geq 80\%$ , sendo que em dois casos, alunos A4 e A5, em dois parâmetros foram atribuídas altas pontuações, equivalentes a níveis comparativos  $\geq 95\%$ .

Por outro lado, no Gráfico 4 também pode-se notar que as pontuações atribuídas aos mapas construídos por alguns alunos apresentam contrastes nítidos nos diferentes parâmetros. Por exemplo, nos mapas construídos pelos alunos A22 e A29. No caso do aluno A22, a pontuação mais alta (nível comparativo de 80%) ocorreu no parâmetro hierarquia e a mais baixa no parâmetro ligações válidas (nível comparativo mais baixo registrado, só 10%). Já no caso do aluno A29, ao contrário, fica clara a dificuldade em estruturar o mapa hierarquicamente (nível comparativo de 40%), porém com maior facilidade em estabelecer ligações válidas (nível comparativo de 77%).

A seguir, serão apresentados e analisados os dados referentes ao segundo mapa. Isso pode auxiliar o professor na observação de como os alunos estabelecem a diferenciação progressiva e a relação entre os conceitos. Nesse sentido, os mapas se configuram como um grande suporte didático.

## **4.2 Mapa 2: pilha de Daniell**

Utilizando material didático abordando um resumo da temática pilha de Daniell (TITO e CANTO, 2006), foram apresentados conteúdos relacionados à história do desenvolvimento das pilhas e seus principais desenvolvedores, como

Alessandro Volta (1745-1827), Luigi Galvani (1737-1798) e John Frederic Daniell (1790-1845). Foram apresentadas e discutidas as características da oxidação, da redução, dos íons, e da quantificação da diferença de potencial (voltagem) gerada pelas pilhas.

Após a discussão do conteúdo, os alunos tiveram a oportunidade de utilizar um material prático – um kit de Eletroquímica do CDCC-USP, com duas aulas de 50 minutos cada – para construção de uma pilha em laboratório. Durante a prática, as dúvidas mais comuns foram: “por que as três pilhas vendidas no mercado possuem a mesma voltagem?”; “por que a pilha maior não tem maior voltagem?”. Assim, durante a prática, o experimento foi feito várias vezes e foram tiradas todas as dúvidas.

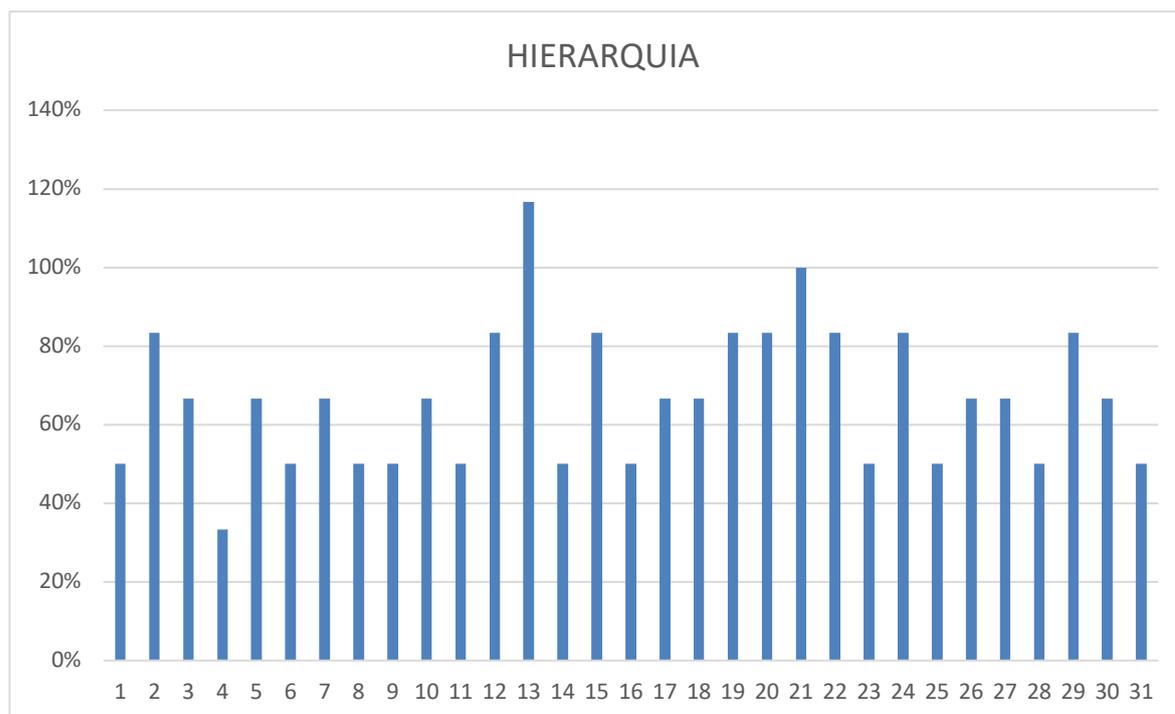
Durante a prática, foram colocadas as questões: 1) escreva as semi-reações de redução e oxidação; 2) monte a equação global da pilha; 3) qual a função da vela de filtro no experimento?; 4) qual a função dos fios condutores no experimento? Não houve grandes problema para a montagem das semi-reações. Entretanto, na montagem da reação global, alguns alunos colocaram os elétrons na equação global (não fazendo a simplificação dos elétrons). Com relação às questões 3 e 4, as respostas foram satisfatórias. Alguns exemplos: “os íons passam pela vela de filtro”; “os elétrons passam pelo fio condutor”.

Após o experimento, os alunos se aproximaram do tema e foram orientados novamente a construir seus mapas conceituais.

Os resultados gerais do mapa 2, com as pontuações atribuídas aos mapas dos alunos nos diferentes parâmetros, são apresentados na Tabela 2. Como esperado, analogamente ao caso do mapa 1, ocorreu uma baixíssima incidência de ligações cruzadas e cerca de 50 ligações foram classificadas como não válidas (não encontradas só em três mapas). Novamente, a fim de descrever e analisar comparativamente os diferentes resultados apresentados pelos alunos, os resultados foram comparados entre si, atribuindo-se 100% à média das três pontuações mais altas. Então, a partir desses resultados comparativos, foram construídos gráficos de barra para melhor ilustrar as pontuações associadas aos parâmetros de análise.

A partir dos resultados listados nesta tabela, e seguindo a lógica de apresentação das categorias de análise anteriormente apresentada, o Gráfico 5 permite a visualização no parâmetro hierarquia.

**Gráfico 5** – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro hierarquia nos mapas conceituais 2.\*



\* 100% = 24 pontos (6 níveis hierárquicos). Fonte: elaborado pelo pesquisador.

Nesse parâmetro de análise, observou-se que a maioria dos alunos conseguiu assimilar bem a estrutura hierárquica, com um único mapa com a pontuação máxima de 28 pontos. Do total de mapas construídos pelos alunos (31), um ficou no nível comparativo 116,7% (apresentou sete níveis hierárquicos, acima da média superior de pontuação, equivalente a seis níveis hierárquicos), um outro mapa ficou no nível comparativo 100% (seis níveis hierárquicos), oito no nível 83,3% (cinco níveis hierárquicos), nove no nível 66,7% (quatro níveis hierárquicos), 11 no nível 50% (três níveis hierárquicos) e apenas um no nível 33,3% (só dois níveis hierárquicos). Novamente, observa-se que a aprendizagem significativa foi atingida, uma vez que dos resultados pode-se inferir que eles demonstram que a maioria dos alunos compreendeu a progressão das ideias, indo dos conceitos mais gerais até os mais específicos sobre o tema.

Na Figura 24, é apresentado o mapa construído pelo aluno A13, ao qual foi atribuída a maior pontuação (28 pontos) nesse critério ora em análise – hierarquia. Deve-se destacar que houve uma hierarquização adequada dos conceitos, partindo dos mais abrangentes para os mais específicos.

**Tabela 2** – Pontuações atribuídas em cada um dos parâmetros nos mapas conceituais 2.

	HIERARQUIA	CONCEITOS	LIGAÇÕES VÁLIDAS	LIGAÇÕES CRUZADAS	SOMA DE PONTOS	Nº DE LIGAÇÕES NÃO VÁLIDAS
A1	12	7	7	0	26	2
A2	20	10	10	20	60	1
A3	16	10,5	15	20	61,5	2
A4	8	8,5	10	0	26,5	3
A5	16	8	12	0	36	1
A6	12	7,5	10	0	29,5	2
A7	16	10,5	18	0	44,5	2
A8	12	8,5	14	0	34,5	1
A9	12	7,5	12	10	41,5	2
A10	16	10,5	18	20	64,5	2
A11	12	10	10	0	32	1
A12	20	11	20	0	51	2
A13	28	8	12	0	58	2
A14	12	4,5	10	0	26,5	1
A15	20	6	10	0	36	1
A16	12	10,5	18	0	40,5	2
A17	16	6,5	12	0	34,5	2
A18	16	9,5	16	10	51,5	2
A19	20	9	20	0	49	2
A20	20	10,5	16	0	46,5	2
A21	24	10	20	0	54	2
A22	20	8	12	10	52	2
A23	12	4	6	0	22	0
A24	20	6,5	12	0	38,5	1
A25	12	9	16	0	37	0
A26	16	7,5	12	0	35,5	1
A27	16	11	22	0	49	0
A28	12	8	14	20	54	1
A29	20	11	18	0	49	2
A30	16	11,5	20	0	47,5	4
A31	12	5	6	0	23	2

Fonte: elaborada pelo pesquisador.

Mapa conceitual: Pilho de Daniell

A13

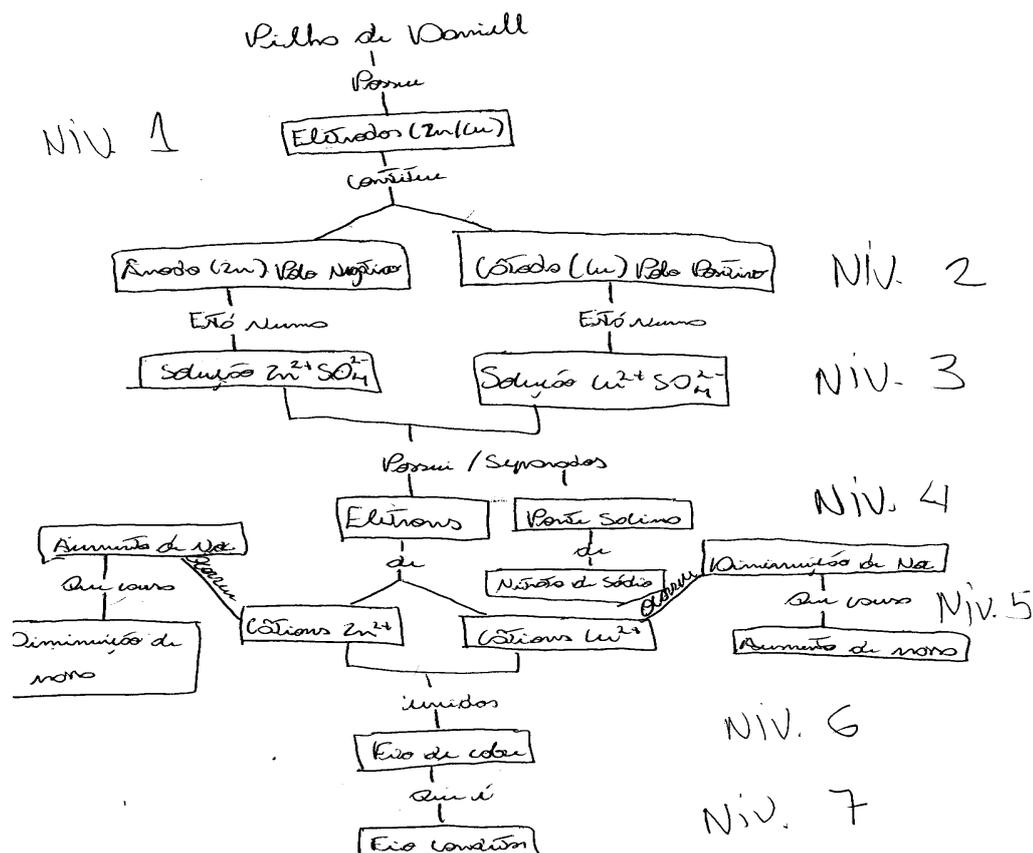
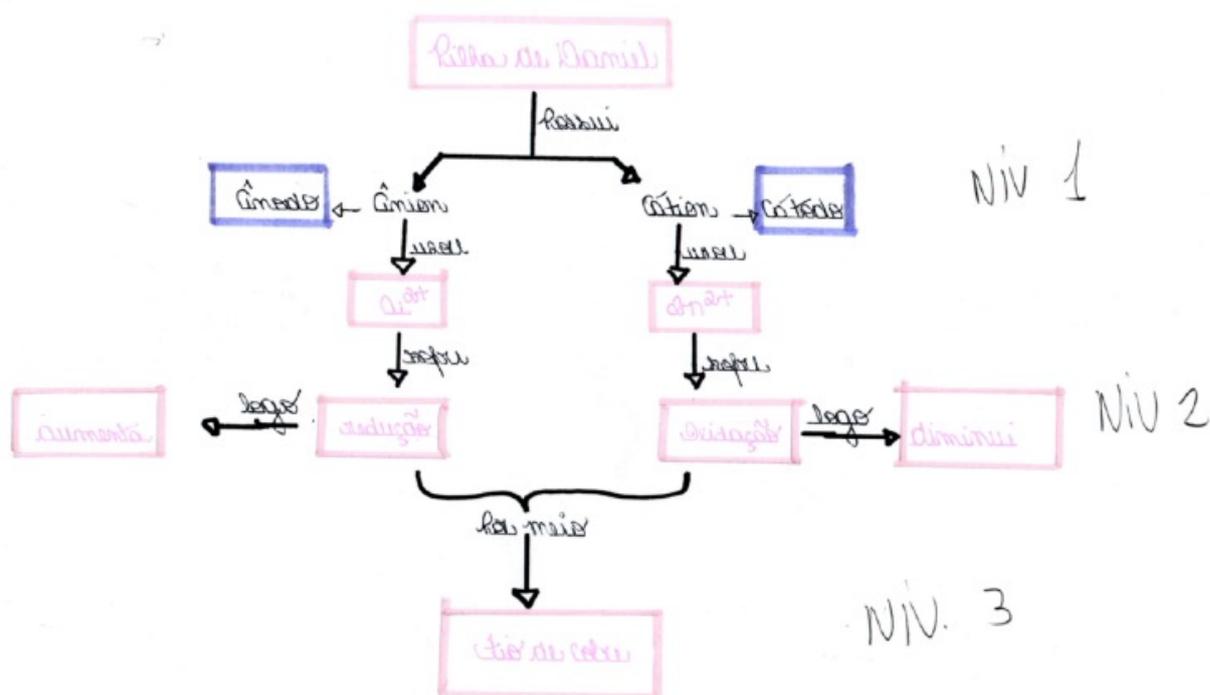


Figura 24 – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A13.

Da figura, infere-se que o aluno estruturou um mapa com sete níveis hierárquicos, 16 conceitos inseridos, 12 ligações válidas, com peso 1, e duas ligações não válidas –elétrons-ponte salina e cátions-unidos por fio de cobre. Pode-se notar que, do nível 4 para o 5, o aluno também fez ramificações, o que indica um bom nível de entendimento de conteúdo.

Já na Figura 25, o mapa construído pelo aluno A31 exemplifica um dos mapas com três níveis hierárquicos. Este mapa apresenta dez conceitos inseridos, seis ligações válidas, nenhuma ligação cruzada, e, assim, como o mapa construído pelo aluno A13, duas ligações não válidas, entre o conceito “ânion” e o símbolo do íon cobre, e entre o símbolo do íon zinco e o conceito “oxidação”. Neste caso, percebe-se que o aluno teve dificuldade na construção do mapa, pois este tem poucos níveis e poucas relações entre os conceitos, o que pode evidenciar dificuldade na aprendizagem significativa. Ademais, o aluno não usou todos os conceitos

apresentados. Por exemplo: “concentração”, “número de oxidação”, “solução”, “pólo positivo”, e “pólo negativo”.



**Figura 25** – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A31.

Na Figura 26, o mapa conceitual construído pelo aluno A24 é um exemplo dos oito mapas estruturados com cinco níveis hierárquicos. Nesse mapa, o aluno inseriu 13 conceitos, 12 ligações válidas e nenhuma ligação cruzada. O mapa construído por esse aluno apresenta um bom número de níveis hierárquicos, e nota-se que, de certa maneira, conseguiu relacionar a teoria com a prática fazendo um bom uso das relações entre os conceitos do nível 1 e do nível 2. O aluno conseguiu colocar um número expressivo de conceitos, estabelecendo muitas relações adequadas do conceito mais geral para os mais específicos.

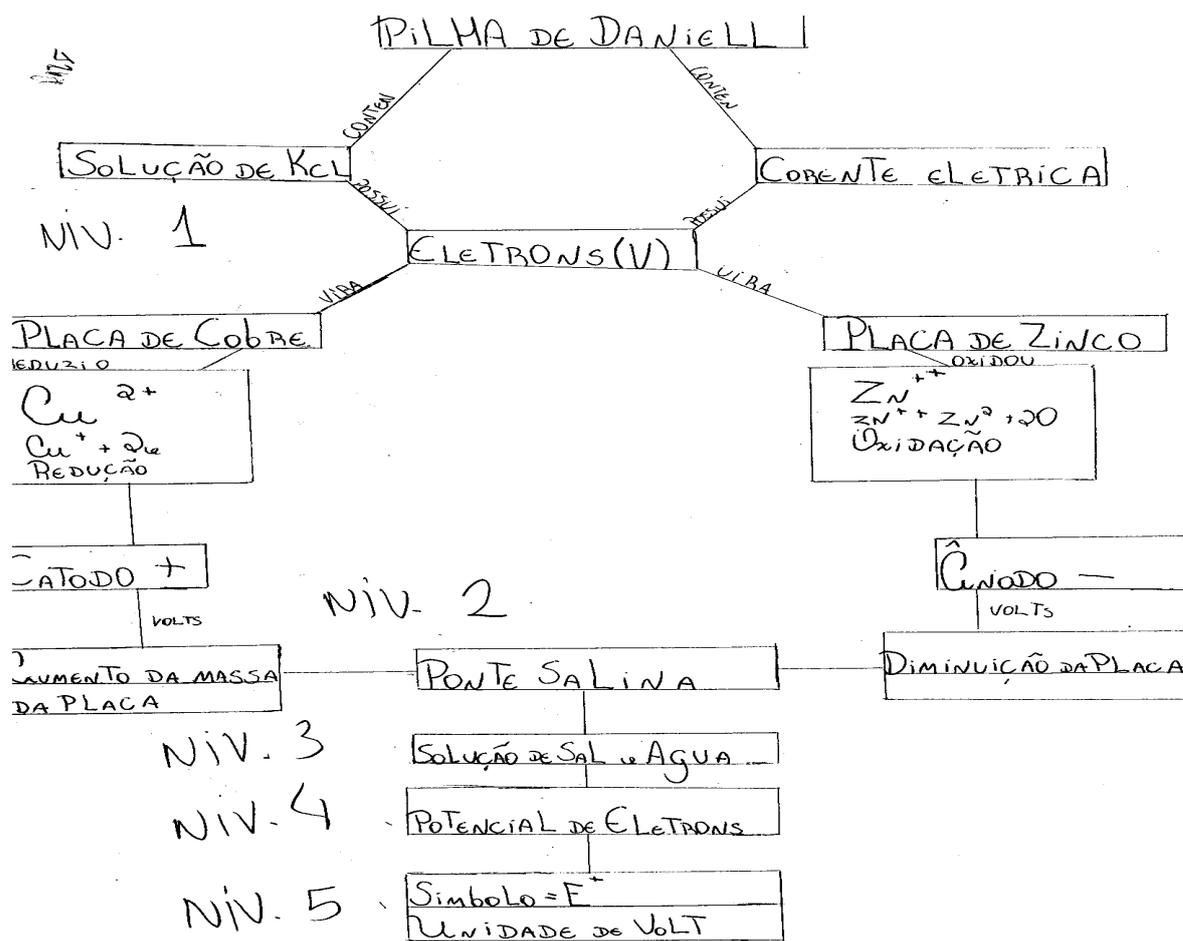
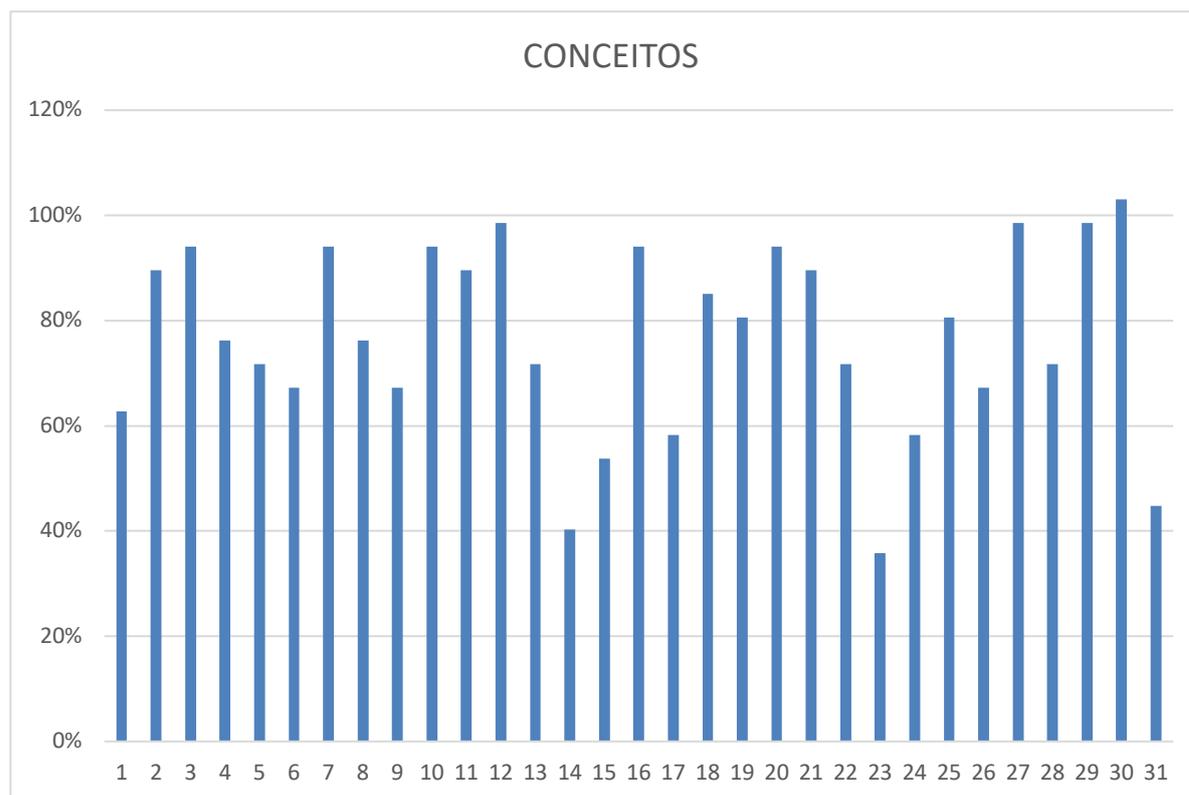


Figura 26 – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A24.

A seguir, apresenta-se os resultados obtidos no parâmetro conceitos. Como pode ser visto na Tabela 2, ocorreu uma única pontuação máxima de 11,5 pontos e três de 11 pontos, o que corresponde à incidência de 23 e 22 conceitos, respectivamente. Assim, para fins de comparação, 11,17 pontos (média das três pontuações mais altas) equivalem a 100% (isso significa que ocorrerá pelo menos uma porcentagem superior a 100%, para a pontuação 11,5). O Gráfico 6 permite a visualização dos resultados comparativos nesse parâmetro.

**Gráfico 6** – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro conceitos nos mapas conceituais 2.\*



\* 100% = 11,17 pontos (~22,3 conceitos). Fonte: elaborado pelo pesquisador.

Nesse parâmetro, pode-se observar, novamente, que grande parte dos alunos construiu mapas com um número significativo de conceitos. A maioria absoluta (24 alunos) inseriu entre 15 e 23 conceitos, pois as pontuações atribuídas aos respectivos mapas ficaram em níveis comparativos superiores a ~63% (correspondente à incidência de 14 conceitos). Nos mapas construídos por uma minoria dos alunos (7), foram inseridos entre 8 e 14 conceitos.

A partir desses resultados, pode-se dizer que houve sucesso na execução da atividade e compreensão desse parâmetro, o que pode indicar que ocorreu uma boa familiarização com o conteúdo relacionado à pilha de Daniell. De fato, a prática foi repetida várias vezes a pedido dos alunos que acharam o tema muito interessante. Algumas falas dos alunos demonstram esse interesse: “a luz acende mesmo, professor!”; “as placas de zinco e de cobre estão mudando de cor”; “as soluções também estão mudando de cor”; “ah, está aparecendo um precipitado escuro, preto”. Isso é uma indicação de que os alunos ficaram empolgados com os experimentos.

Na Figura 27, é apresentado um mapa com alta pontuação no parâmetro conceitos, construído pelo aluno A30. Neste mapa, com quatro níveis hierárquicos, foram inseridos 23 conceitos, 20 ligações válidas, nenhuma ligação cruzada, e quatro ligações não válidas, entre os conceitos “ânodo” e “pólo positivo”, “cátodo” e “pólo negativo”, “ânodo” e “massa aumenta”, e “cátodo” e “massa diminui”. Percebe-se que o aluno está bem familiarizado com o tema, pois há várias relações entre os conceitos mas, mesmo assim, nota-se a falta de palavras de ligação em diversos casos – vide, por exemplo, no nível 4.

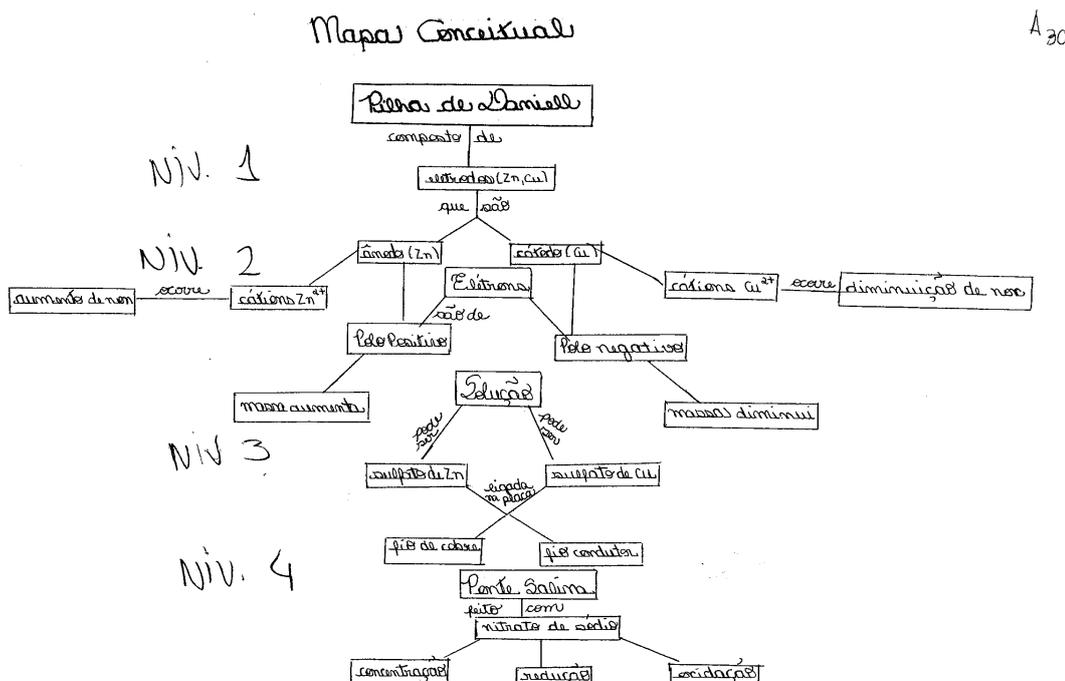
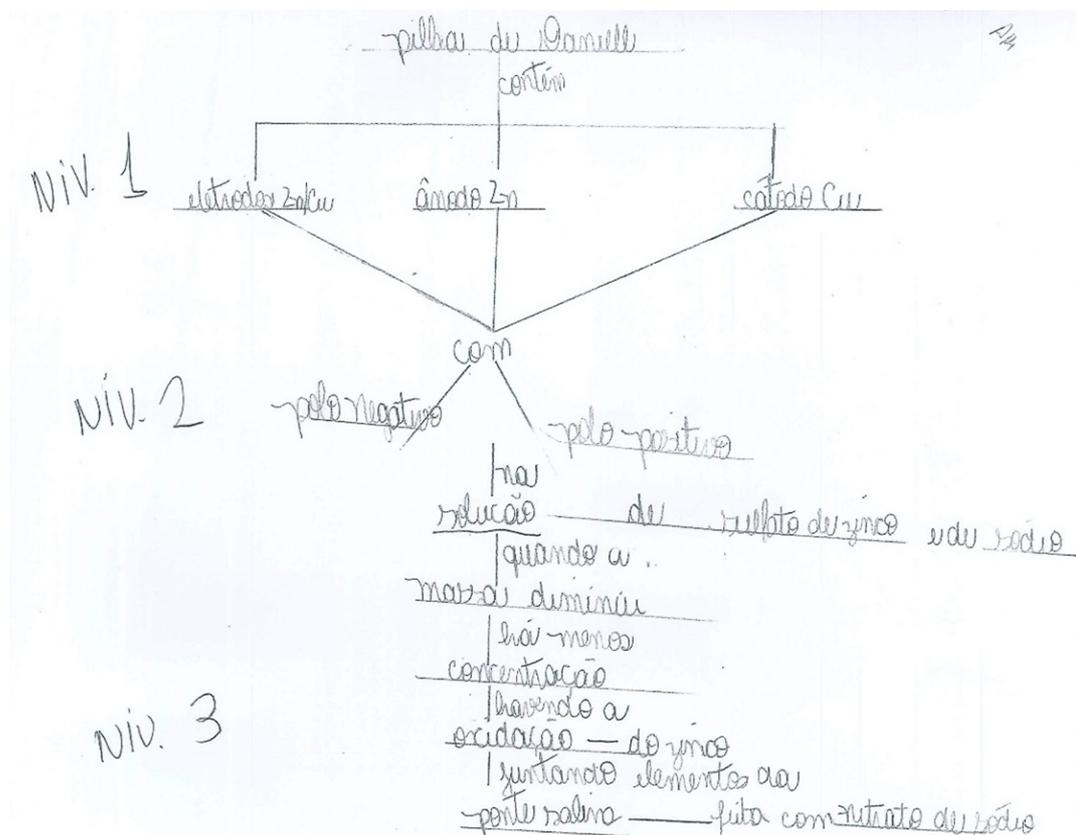


Figura 27 – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A30.

Na Figura 28, apresenta-se um exemplo de um mapa com pouca inserção de conceitos. O aluno A14 construiu um mapa com três níveis hierárquicos, nove conceitos, dez ligações válidas, nenhuma ligação cruzada e uma ligação não válida, entre “massa diminui” e “há menos concentração”. Este aluno sentiu muita dificuldade para construir o mapa e expressa isso em sua fala: “eu não consigo entender a teoria”.

Conversamos separadamente e, mais uma vez, ele disse: “este assunto é muito difícil”. Por outro lado, é preciso observar que não houve muita dedicação por parte do aluno. Ele também não colocou os conceitos dentro das caixas, o que pode demonstrar um certo desinteresse. Essa constatação corrobora a literatura da área,

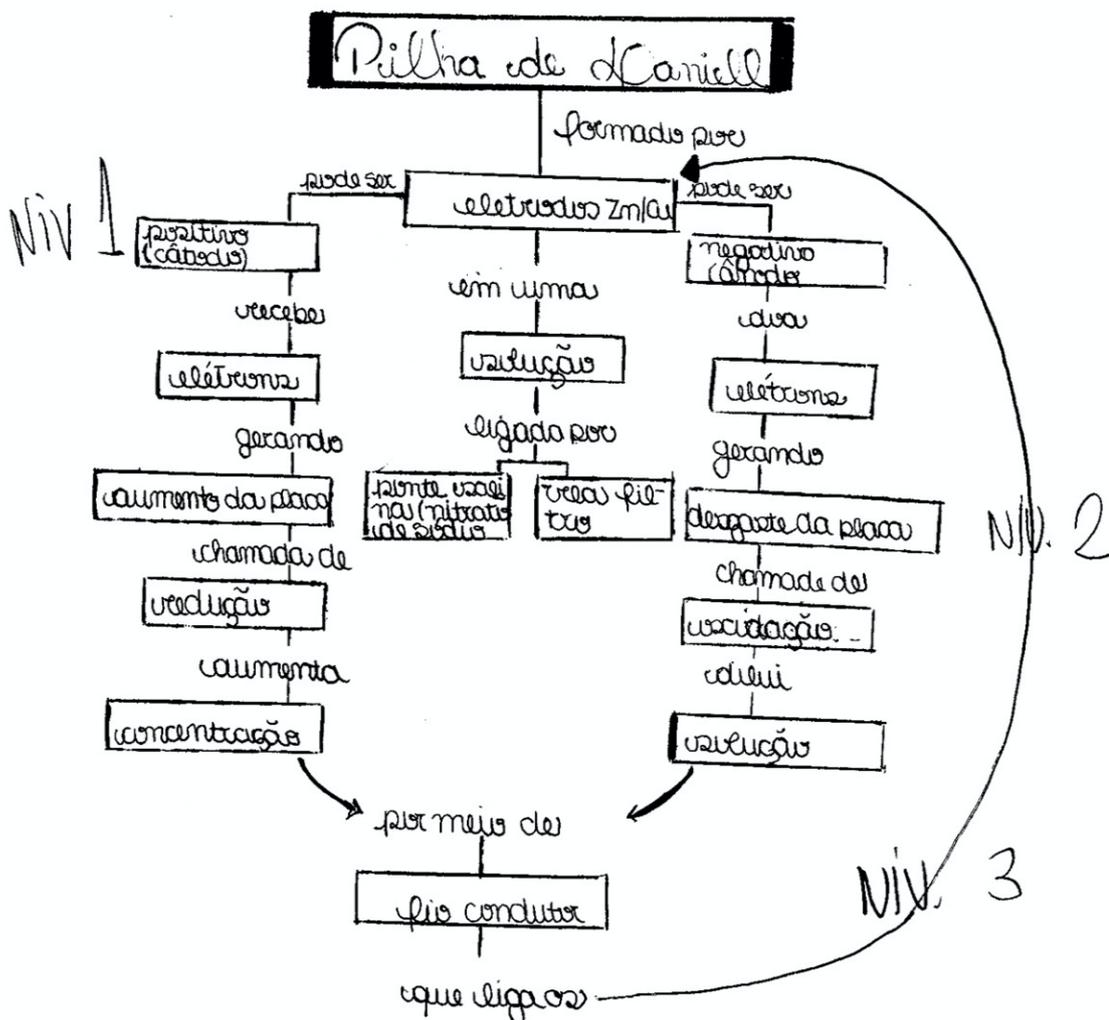
que defende que “o aluno deve ter uma disposição para atingir a aprendizagem, o que exige uma atitude ativa” (PEÑA et al., 2005, p. 24).



**Figura 28** – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A14.

A maioria absoluta da turma construiu mapas com 15 ou mais conceitos. Um mapa com 15 conceitos pode ser exemplificado pelo construído pelo aluno A9 (vide Figura 29). O aluno estruturou o mapa com três níveis hierárquicos, 15 conceitos, 12 ligações válidas, uma ligação cruzada e duas ligações não válidas, entre “oxidação” e “dilui solução”, e “redução” e “aumenta concentração”. Dos três mapas apresentados para ilustrar esse parâmetro, observa-se que apenas este último apresenta uma ligação cruzada. Neste mapa, observa-se poucos níveis hierárquicos, mas ele foi construído com todas as ligações com as palavras adequadas e um bom nível de organização. Isso indica que provavelmente o aluno teve um bom aproveitamento em sua aprendizagem.

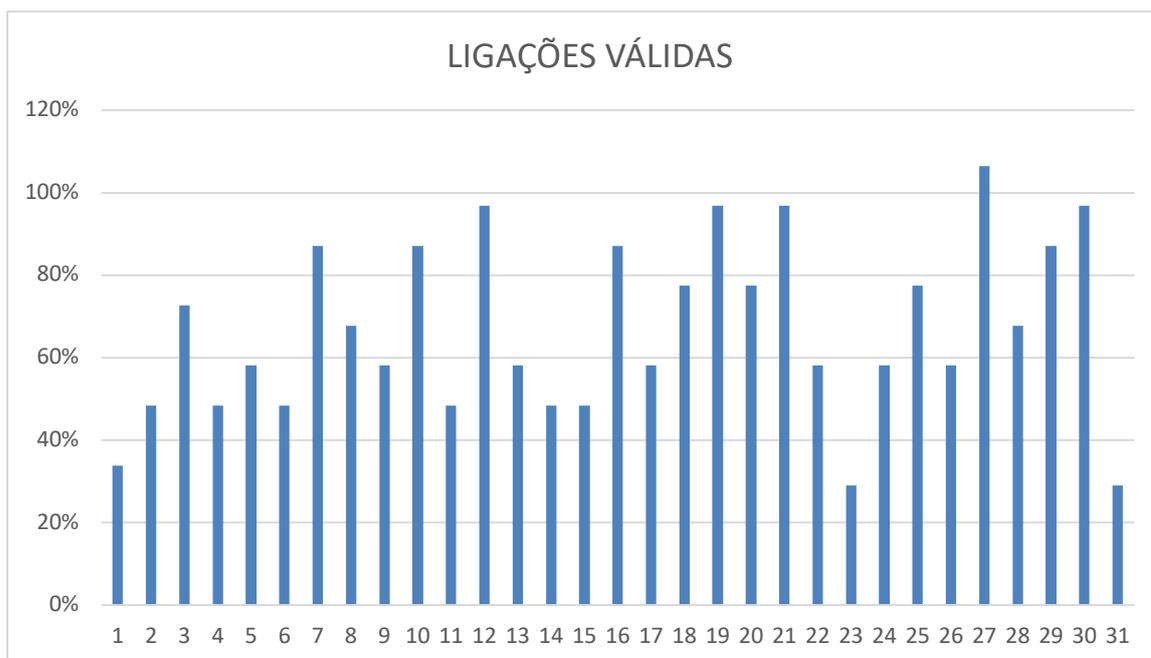
Em síntese, de acordo com TRINDADE e HARTWIG (2012, p.88), os alunos “sabem que os conceitos devem ser organizados hierarquicamente [...], porém têm dificuldade em estabelecer as relações de subordinação entre eles”.



**Figura 29** – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A9.

Na sequência, será apresentada e discutida a análise do terceiro parâmetro nos mapas contruídos pelos alunos, o de ligações válidas. Como pode ser visto na Tabela 2, ao mapa de um aluno foi atribuída a pontuação máxima de 22 pontos neste parâmetro, o que corresponde a 22 ligações válidas (1 ponto para cada incidência). Além disso, aos mapas de quatro alunos foram atribuídos 20 pontos, o que corresponde a 20 ligações válidas. Portanto, para fins de comparação, 20,67 pontos (média das três pontuações mais altas) equivalem a 100%. O Gráfico 7 permite a visualização dos resultados comparativos nesse parâmetro.

**Gráfico 7** – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro ligações válidas nos mapas conceituais 2.\*



\* 100% = 20,67 pontos (média de 20,6 ligações válidas). Fonte: elaborado pelo pesquisador.

Nesse parâmetro, pode-se identificar que a maioria absoluta dos alunos (22) estabeleceu mais de 11 ligações válidas em seus mapas, pois as suas pontuações atribuídas ficaram em níveis comparativos  $\geq 58\%$ . Essa é uma indicação de que tiveram sucesso em compreender as relações significativas entre os conceitos. Contudo, três alunos somente estabeleceram seis ou sete ligações válidas em seus mapas (níveis comparativos de 29% ou 34%, respectivamente).

Na Figura 30, é apresentado um mapa com alta pontuação nesse parâmetro, construído pelo aluno A19 com cinco níveis hierárquicos, 18 conceitos, 20 ligações válidas, nenhuma ligação cruzada e duas ligações não válidas. Este aluno elaborou um mapa bem organizado com todas as palavras de ligação. Durante a prática, ele fez várias perguntas interessantes como: “posso ligar duas pilhas e ter mais energia?”; “qual a diferença da pilha alcalina para a outra?”. Isto indica um bom grau de interesse pelo assunto, o que pode ter contribuído para uma boa aprendizagem significativa.

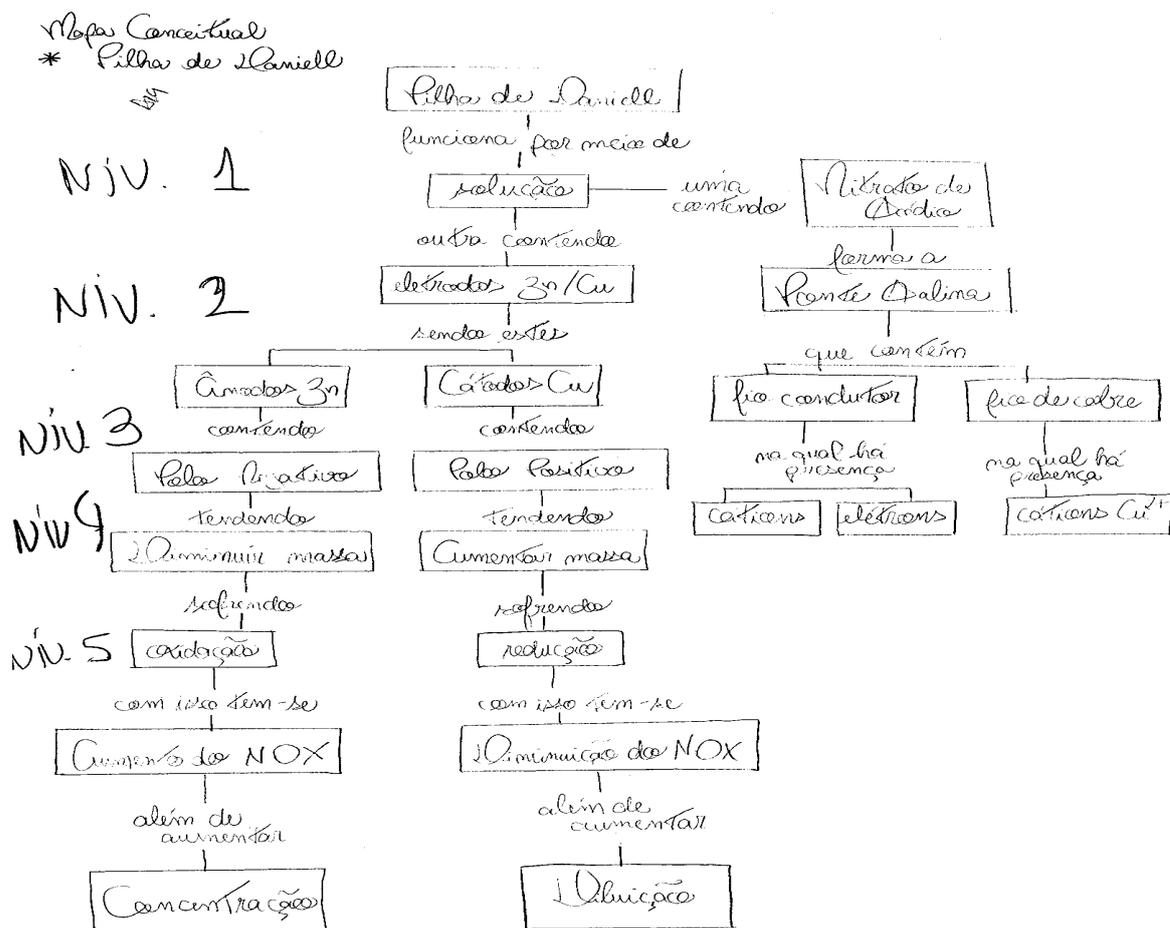


Figura 30 – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A19.

Já na Figura 31 é apresentado um exemplo de um mapa com a inserção de poucos conceitos e, portanto, baixa incidência de ligações válidas. O aluno A23 construiu um mapa conceitual com três níveis, inseriu oito conceitos, estabeleceu seis ligações válidas, nenhuma ligação cruzada, e nenhuma ligação não válida. Este aluno não conseguiu interagir durante a prática e, ao ser indagado, disse: “é um assunto muito difícil e não sinto interesse por esta parte da Química”. Novamente, essa fala corrobora que, para a aprendizagem significativa de Ausubel, tem que existir a disposição do aluno em aprender, ou seja, é necessário que o aluno esteja motivado. Os aluno usou apenas parte dos conceitos apresentados, deixou de colocar palavras de ligação. Por exemplo: não há palavra de ligação entre “eletrodo” e “cátodo; e entre “eletrodo” e “ânodo”.



**Figura 31** – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A23.

Por outro lado, o mapa conceitual construído pelo aluno A9 (Figura 19) é representativo dos mapas da turma que receberam pontuação média (nível comparativo de 82%), tem três níveis hierárquicos, 17 conceitos, 14 ligações válidas, nenhuma ligação cruzada, e uma ligação não válida. O aluno fez várias relações dos conceitos mais gerais para os específicos, o que indica que ele consegue fazer conexões adequadas entre os conceitos.

Concluindo esse parâmetro, observa-se que existe uma confusão por parte de uma parcela dos alunos em relação ao significado de um mapa conceitual. Muitos deles confundem mapa conceitual com o mapa mental que normalmente utilizam para organizar seus pensamentos. Isso pode ser exemplificado por uma fala de uma aluna: “professor, já usei os mapas conceituais e não me ajudaram em nada”. Entretanto, em conversa mais detalhada, pode-se averiguar que ela estava confundindo a metodologia de um mapa conceitual com os denominados mapas mentais, que são muito usados na disciplina de Língua Portuguesa em temas de redação.

Assim como ocorreu no caso do primeiro mapa construído pelos alunos, mais uma vez é possível constatar que a maioria não estabeleceu ligações cruzadas, mas quatro alunos conseguiram estabelecer duas ligações cruzadas e quatro alunos uma ligação cruzada. O aluno A3 estabeleceu as ligações cruzadas entre “solução” e “concentração”, e entre “fio condutor” e “concentração”. O aluno A9, por exemplo, estabeleceu uma ligação cruzada entre “eletrodos de zinco e cobre” e “ligados”.

Assim sendo, tendo por base o segundo mapa elaborado pelos alunos, nota-se que este parâmetro deve ser melhor discutido em sala com o suporte da teoria, pois há dificuldade para os alunos em estabelecer esse tipo de relação entre conceitos, entre níveis no mapa, o que vai demonstrar o estabelecimento da reconciliação integrativa.

Na Figura 32, a seguir, é ilustrado um mapa com mais de uma ligação cruzada. Este mapa conceitual, construído pelo aluno A3, tem quatro níveis hierárquicos, 21 conceitos, 15 ligações válidas e duas ligações cruzadas. Mesmo assim, o mapa apresenta também duas ligações não válidas. O aluno estabeleceu uma relação entre “concentração” e “elétrons”, e entre “fio de cobre” e “oxida”.

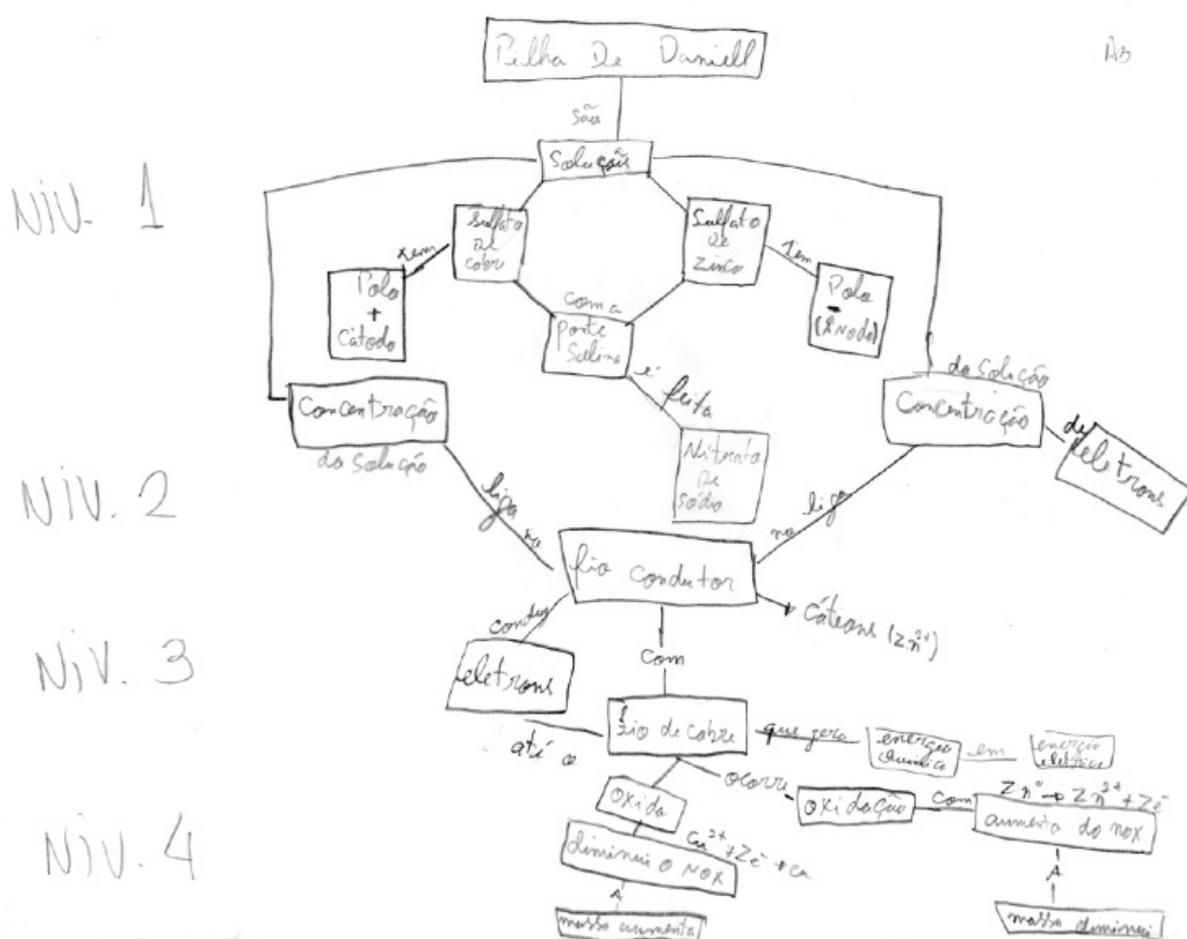


Figura 32 – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A3.

Encerrando esse parâmetro, pode-se dizer que, como defendem TRINDADE e HARTWIG (2012, p. 88), a reconciliação integrativa “é algo que diferencia especialistas de iniciantes em determinado assunto, o que justifica o baixo índice de proficiência nessa categoria”.

Concluindo a análise dos resultados obtidos no segundo mapa, a seguir apresenta-se o que ocorreu quanto ao parâmetro ligações não válidas nos mapas construídos pelos alunos. Apenas quatro alunos construíram mapas sem nenhuma ligação não válida. Na Figura 33, como exemplo, é apresentado um mapa com três ligações não válidas, construído pelo aluno A4. Neste caso, cabe destacar, também, a ausência de palavras ou expressões de ligação entre os conceitos. O aluno insere vários conceitos no seu mapa, mas não há nenhuma palavra ou expressão de ligação, demonstrando dificuldade em organizar e relacionar os conceitos. Uma das perguntas desse aluno foi: “quando os elétrons estão na solução, pode dar choque?” Para dirimir a dúvida, o professor procurou esclarecer que os elétrons passam através do fio e não pela solução.



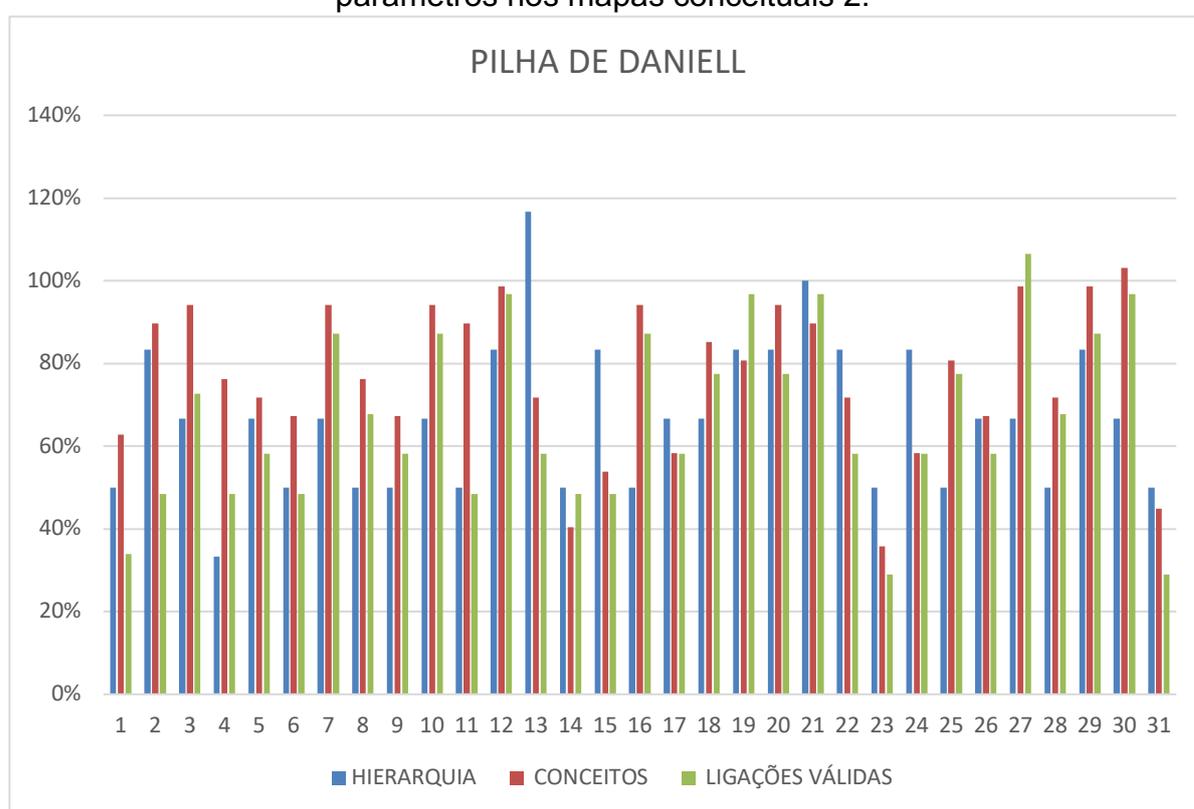
**Figura 33** – Mapa conceitual 2 construído pelo aluno A4.

Em suma, observa-se que, mesmo que os alunos tenham estabelecido ligações não válidas, isso é muito importante para que o professor possa ter um diagnóstico preciso de onde pode trabalhar melhor a temática com os alunos. O professor pode rever as práticas e as explicações teóricas. Nesse sentido, o mapa

conceitual vem mais uma vez comprovar que pode ser uma boa ferramenta para o processo de ensino-aprendizagem em Química.

Para encerrar a análise dos resultados referentes ao mapa 2, como já feito para o caso do mapa 1, cabe fazer uma análise comparativa das pontuações atribuídas aos parâmetros hierarquia, conceitos e ligações válidas nos mapas construídos pelos alunos (vide Gráfico 8). Aqui, os menores níveis comparativos ocorreram para os parâmetros hierarquia e ligações válidas (14 ocorrências para cada um deles). A possível dificuldade na visualização das relações entre conceitos já fora indicada no caso do mapa 1. Já os baixos níveis comparativos para o parâmetro hierarquia podem ser uma consequência do alto nível comparativo, e isolado, atribuído ao mapa do aluno A13.

**Gráfico 8** – Resultado comparativo das pontuações atribuídas aos diferentes parâmetros nos mapas conceituais 2.



Fonte: elaborado pelo pesquisador.

Como ocorreu no caso do mapa 1 (condutividade elétrica), para a maioria absoluta dos mapas (coincidentemente também 22 deles) as pontuações atribuídas aos três parâmetros analisados (hierarquia, conceitos e ligações válidas) ficaram em níveis comparativos  $\geq 50\%$  da média de referência. Contudo, menores

pontuações foram atribuídas aos mapas 2, de modo que para somente 11 deles as pontuações atribuídas aos três parâmetros analisados (hierarquia, conceitos e ligações válidas) ficaram em níveis comparativos  $\geq 60\%$  da média de referência; no caso do mapa 1 isso ocorreu para 16 mapas. Ainda ao contrário do que ocorreu no caso do mapa 1, somente um desempenho notadamente se destaca no gráfico, isto é as pontuações atribuídas ao mapa construído pelo aluno A21, pois são equivalentes a níveis comparativos entre 90 e 100% nos três parâmetros. Aos mapas construídos por três outros alunos, as pontuações atribuídas nos três parâmetros analisados equivalem a níveis comparativos  $\geq 80\%$ .

Cabe ainda destacar o caso do mapa construído pelo aluno A13, que teve a melhor pontuação de todas no parâmetro hierarquia (nível comparativo igual a 117%), porém com uma pontuação equivalente a um nível comparativo abaixo de 60% no parâmetro ligações válidas. Isso pode indicar uma certa dificuldade para estabelecer relações entre os conceitos envolvidos. Entretanto, observaremos no próximo mapa (Eletrodo Padrão) que o mesmo aluno A13 obteve uma melhora significativa nesse parâmetro (próximo de 100%). Já os mapas construídos pelos alunos A23 e A31 são exemplos de pontuação bem abaixo da média geral, equivalentes a níveis comparativos  $\leq 50\%$ . Constatações como essas mais uma vez podem auxiliar o professor no planejamento de estratégias que auxiliem esses alunos a melhor compreenderem a temática.

Finalmente, antes de encerrar a análise dos mapas 2, é importante salientar que a prática de laboratório sobre a pilha de Daniell foi repetida várias vezes, a pedido dos alunos, que consideraram muito interessante medir a “voltagem” da pilha, com valores muito próximos (1,10 V) dos encontrados em pilhas comumente comercializadas (1,5 V).

Passaremos, a seguir, para a apresentação e análise do terceiro e último mapa conceitual desenvolvido com os alunos.

### **4.3 Mapa 3: eletrodo padrão**

Utilizando um artigo de MARCONATO e BIDÓIA (2003), na área de Ensino de Química, abordando experimentos para medir potenciais de eletrodo usando um eletrodo padrão não convencional, foram apresentadas tabelas de potenciais de redução e oxidação, e o eletrodo padrão de hidrogênio.

Após a prática de montagem e medição do potencial de três eletrodos envolvendo metais e seus íons –  $\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}$  e  $\text{Pb}/\text{Pb}^{2+}$ , usando como referência um eletrodo padrão não convencional (um eletrodo de laranja) e uma ponte salina, os alunos puderam construir uma escala de potenciais e, assim, absorver melhor o conteúdo relacionado à tabela de potenciais padrão. Esta prática foi realizada várias vezes (vide fotos no Anexo 7) e os alunos gostaram da relação dos dados obtidos com os dados tabelados. Cabe notar que, por praticidade, no eletrodo de laranja o grafite foi substituído diretamente pela ponteira metálica de medição do multímetro.

Durante a prática, as dúvidas mais comuns foram: “professor, nós estamos fazendo com laranja, mas pode ser feito com outra fruta?”; “os nossos valores serão iguais aos da tabelas?” No decorrer, o professor buscou mostrar aos alunos que é possível utilizar outra fruta, como o limão, por exemplo, para construir um eletrodo padrão não convencional. Além disso, depois de obterem os respectivos valores de potencial de eletrodo, os alunos puderam visualizar que seus valores estavam relativamente bem próximos dos da tabela de potenciais padrão. Na sequência, os alunos foram orientados a construírem seus mapas conceituais sobre o tema.

Os resultados gerais do terceiro mapa, com as pontuações atribuídas aos mapas dos alunos nos diferentes parâmetros, são apresentados na Tabela 3. Mais uma vez, analogamente aos casos dos mapas 1 e 2, ocorreu uma baixíssima incidência de ligações cruzadas. Contudo, chama atenção a acentuada queda no número de ligações não válidas (somente sete), em comparação ao que ocorreu para os mapas 1 e 2. Isso pode ser um indicativo de que os alunos passaram a compreender melhor a natureza das relações entre conceitos, comumente associadas ao processo de diferenciação progressiva.

Similarmente ao que foi feito anteriormente, a fim de descrever e analisar comparativamente os diferentes resultados apresentados pelos alunos, os resultados foram comparados entre si, atribuindo-se 100% à média das três pontuações mais altas. Então, a partir desses resultados comparativos, foram construídos gráficos de barra para melhor ilustrar as pontuações associadas aos parâmetros de análise.

A partir dos resultados listados na Tabela 3, foi feita a análise comparativa dos resultados referentes ao primeiro parâmetro – hierarquia, apresentada no Gráfico 9.

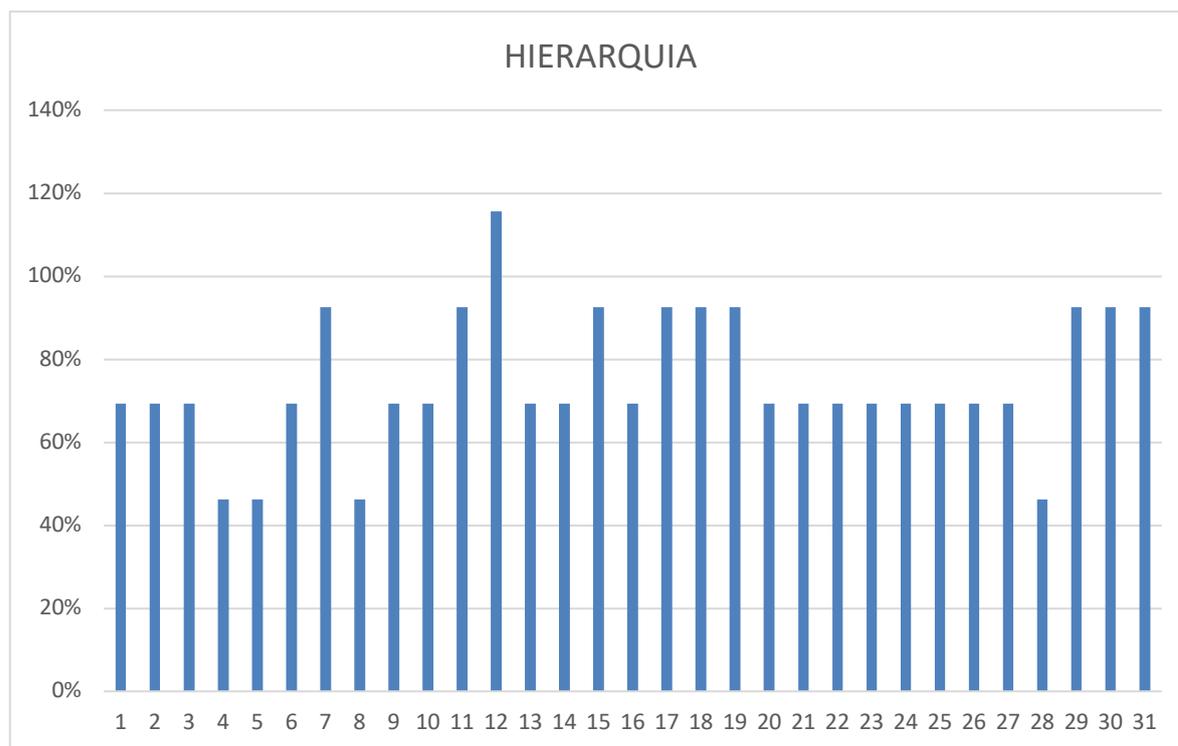
**Tabela 3** – Pontuações atribuídas em cada um dos parâmetros nos mapas conceituais 3.

	HIERARQUIA	CONCEITOS	LIGAÇÕES VÁLIDAS	LIGAÇÕES CRUZADAS	SOMA DE PONTOS	Nº DE LIGAÇÕES NÃO VÁLIDAS
A1	12	3,5	4	0	19,5	0
A2	12	5	10	0	27	0
A3	12	4	6	0	22	0
A4	8	6	14	0	28	1
A5	8	5	10	0	23	0
A6	12	5	10	0	27	0
A7	16	6,5	14	0	36,5	0
A8	8	4	7	0	19	1
A9	12	6	14	0	32	0
A10	12	7,5	16	20	55,5	1
A11	16	5,5	10	10	41,5	0
A12	20	9,5	14	0	43,5	0
A13	12	8,5	16	0	36,5	0
A14	12	5	8	0	25	0
A15	16	5,5	10	0	31,5	0
A16	12	6	12	0	30	0
A17	16	6	10	10	42	1
A18	16	6,5	11	10	43,5	1
A19	16	6	14	0	36	0
A20	12	7	12	0	31	0
A21	12	5,5	12	0	29,5	0
A22	12	6	12	0	30	1
A23	12	6	10	10	38	1
A24	12	6	12	0	30	0
A25	12	9	16	0	37	0
A26	12	5,5	8	0	25,5	0
A27	12	5,5	10	0	27,5	1
A28	8	5	6	0	19	0
A29	16	6	12	0	34	0
A30	16	5,5	8	10	39,5	0
A31	16	8	12	10	46	0

Fonte: elaborada pelo pesquisador.

Como pode ser visto na Tabela 3, a maioria dos alunos conseguiu estruturar seu mapa conceitual com pelo menos três níveis (pontuação  $\geq 12$ ). Do total de mapas construídos pelos alunos (31), só um ficou no nível comparativo 116% (apresentou cinco níveis hierárquicos, acima da média superior de pontuação, equivalente a 4,3 níveis hierárquicos), nove mapas ficaram no nível comparativo 92% (quatro níveis hierárquicos), 17 mapas ficaram no nível comparativo 69% (três níveis hierárquicos) e quatro mapas ficaram no nível comparativo 46% (apenas dois níveis hierárquicos) – vide Gráfico 9. Pode-se afirmar que, no processo hierárquico, a aprendizagem significativa foi eficaz, pois quase a totalidade dos alunos conseguiu estruturar os conceitos, estabelecendo uma relação dos conceitos mais gerais para os mais específicos sobre o tema. Entretanto, considera-se necessário aprimorar o entendimento da turma sobre a relação estruturada hierarquicamente entre os conceitos.

**Gráfico 9** – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro hierarquia nos mapas conceituais 3.\*



\* 100% = 17,3 pontos (4,3 níveis hierárquicos). Fonte: elaborado pelo pesquisador.

Mesmo assim, também observa-se que houve um esforço coletivo de estabelecer um mapa com um número razoável de níveis hierárquicos e ligações válidas entre os conceitos. Pode-se inferir, novamente, que parece haver uma eficácia



Como exemplo do extremo oposto, apresenta-se o mapa construído pelo aluno A4, com apenas dois níveis hierárquicos (vide Figura 35). Fica evidenciado que o aluno não visualizou a laranja como sendo um eletrodo de referência. Isso pode ser demonstrado através da seguinte fala: “eu não entendo porque aqui é zero”. A forma de dirimir sua dúvida foi demonstrar que os valores obtidos tinham uma relação numérica muito próxima da dos valores tabelados, que tem como eletrodo padrão o eletrodo de hidrogênio, cujo valor de potencial é arbitrariamente fixado como igual a zero.

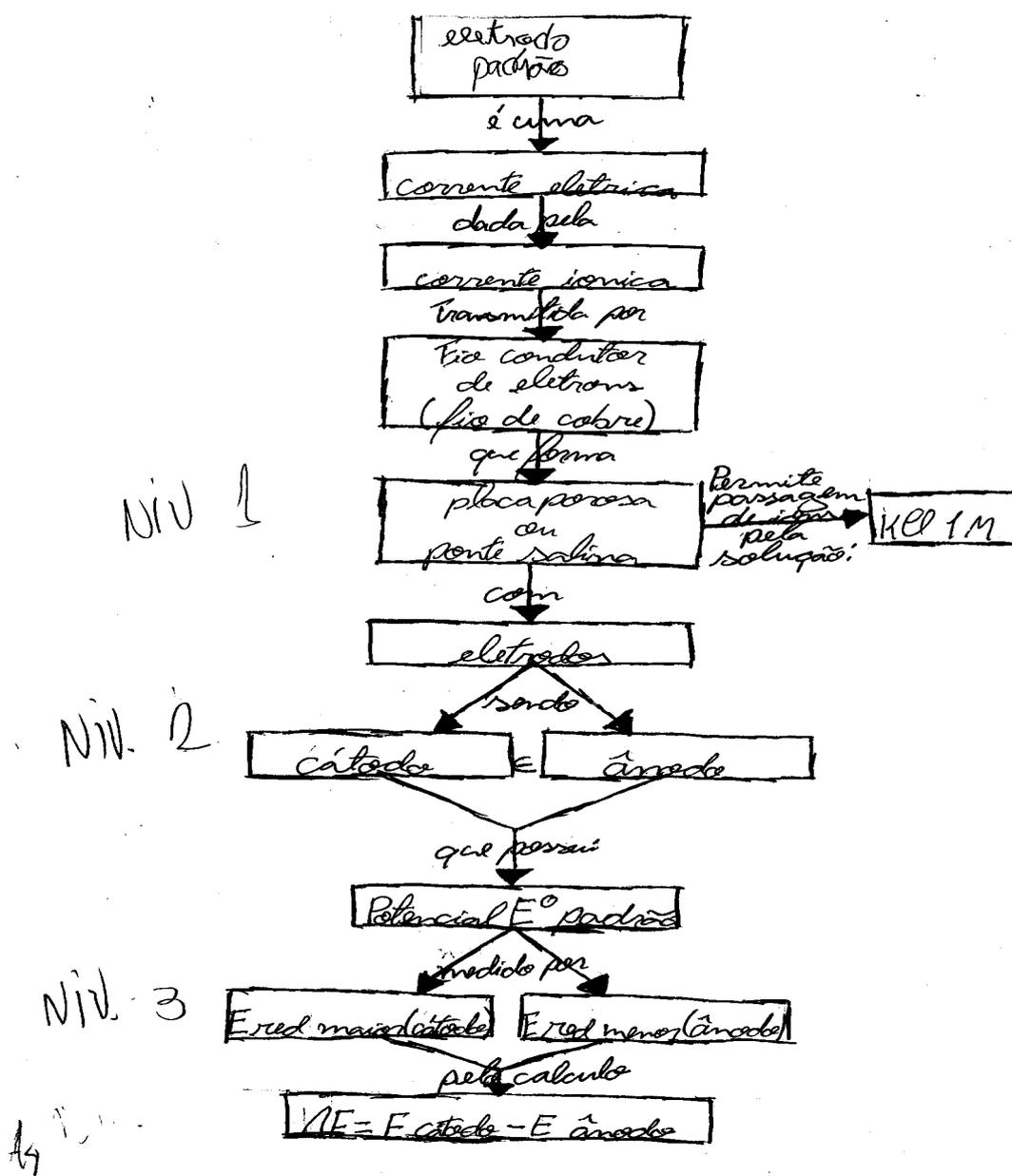


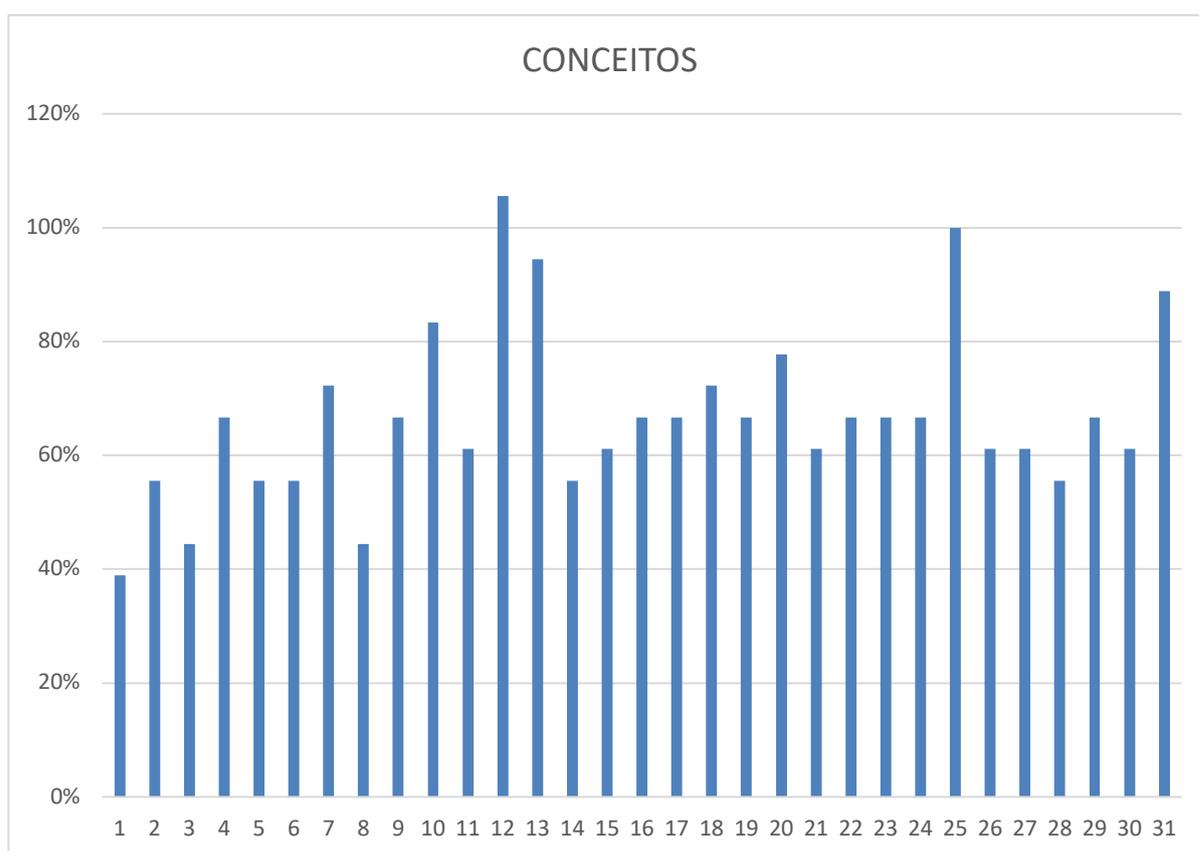
Figura 35 – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A4.



resultados, pode-se afirmar, mais uma vez, que houve sucesso na execução da atividade.

Como citado anteriormente, o aluno A12 construiu um mapa conceitual (Figura 34) com o maior número de níveis hierárquicos e inseriu o maior número de conceitos (19). Esse aluno utilizou de forma adequada todos os conceitos apresentados, demonstrando que compreendeu a relação entre os conceitos mais gerais e os mais específicos.

**Gráfico 10** – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro conceitos nos mapas conceituais 3 \*



\* 100% = 9 pontos (18 conceitos). Fonte: elaborado pelo pesquisador.

No extremo oposto, tem-se o mapa conceitual construído pelo aluno A1 (vide Figura 37), que inseriu o menor número de conceitos (7), totalizando 3,5 pontos (nível comparativo de somente 39%). No decorrer da prática, esse aluno não demonstrou interesse pela atividade, e isso se refletiu na construção de seu mapa conceitual. Dessa forma, a atividade também se configura como uma ferramenta concreta e visual do desempenho dos alunos. Também podemos ilustrar a falta de interesse pela seguinte fala: “eu só gostei da prática da pilha, porque a luz acende”.

O mapa conceitual construído pelo aluno A9 (Figura 38), com a inserção de 12 conceitos, é bastante representativo dos mapas construídos por uma número significativo de alunos. Apesar de o aluno não ter inserido em seu mapa todos os conceitos apresentados, é possível observar que ele compreendeu as relações entre os conceitos.

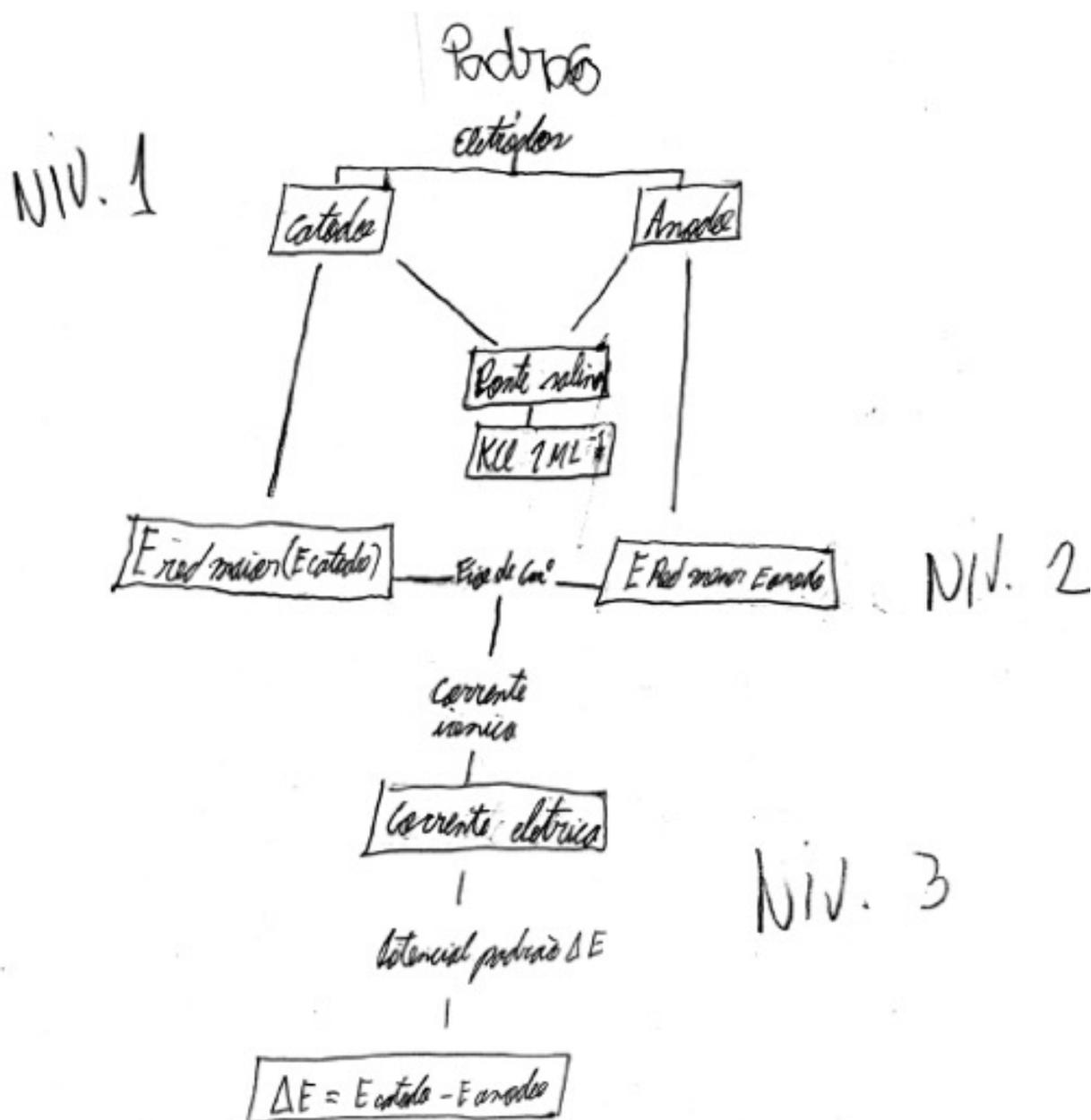
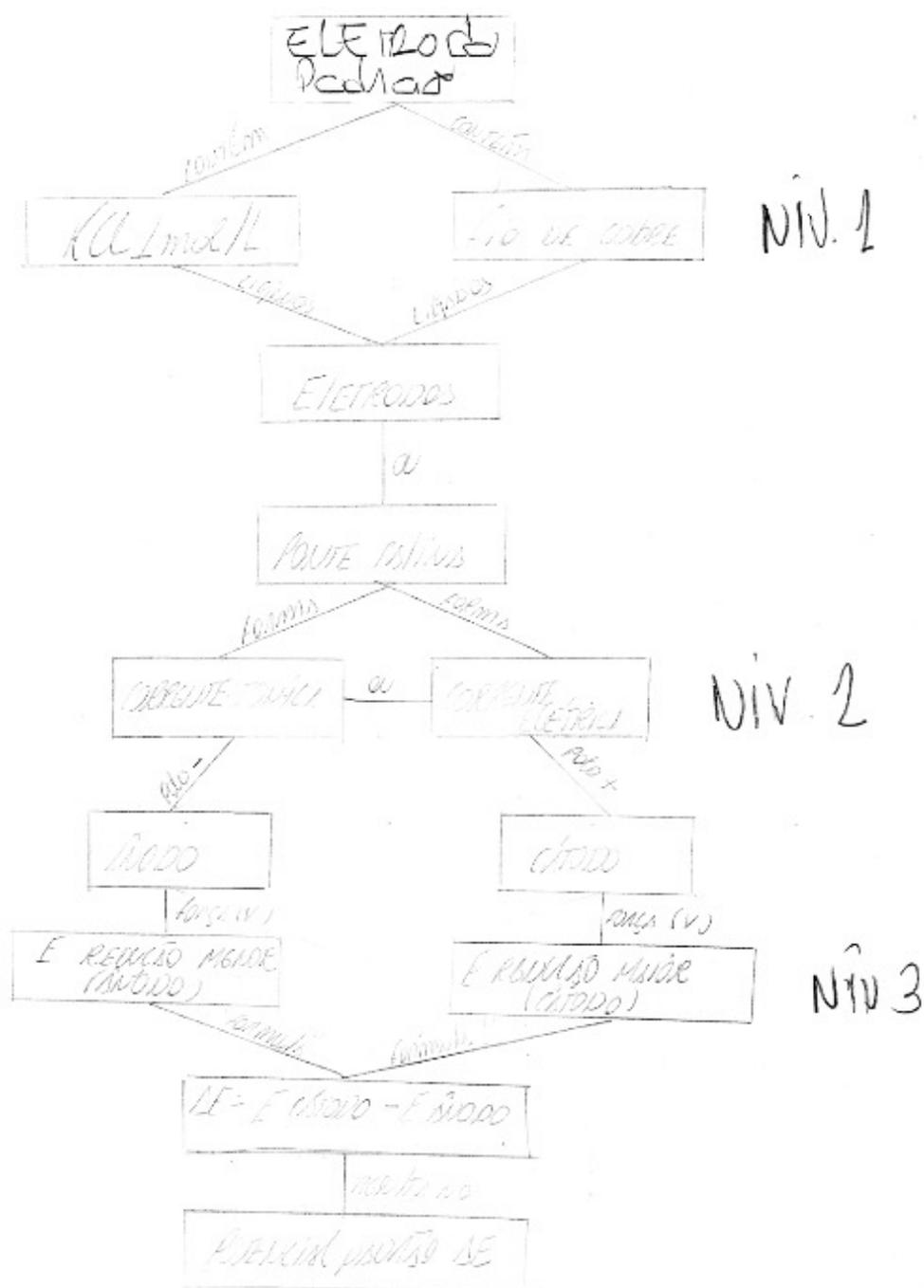


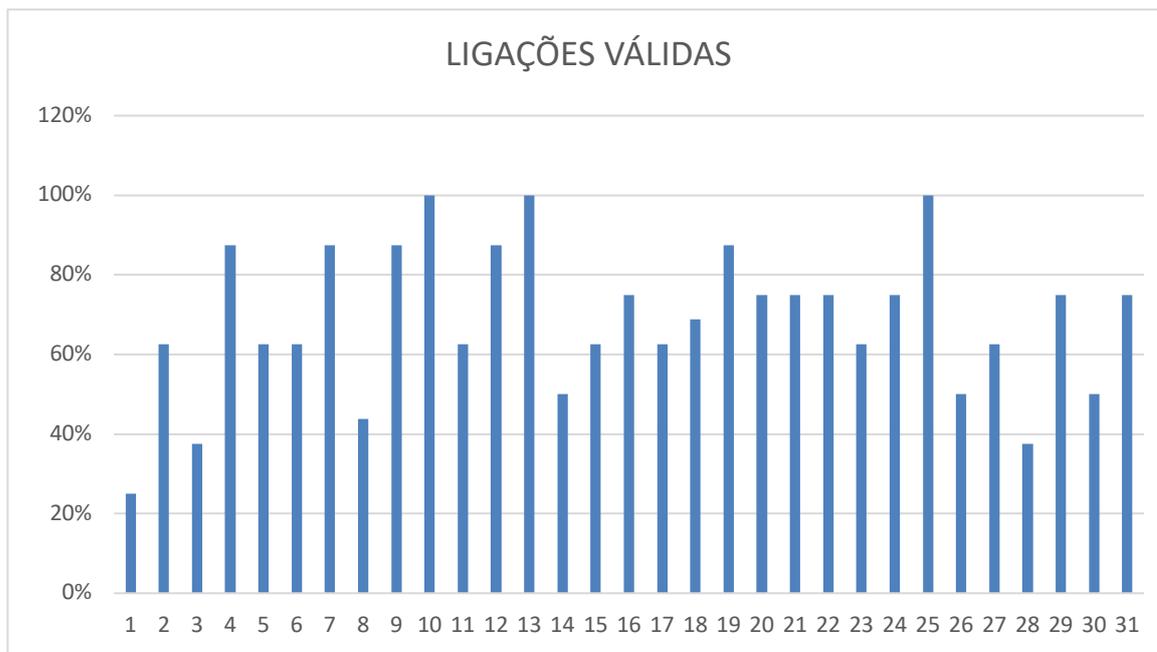
Figura 37 – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A1.



**Figura 38** – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A9.

A seguir, apresenta-se e discute-se os resultados obtidos no parâmetro ligações válidas, nos mapas 3 construídos pelos alunos. Como pode ser visto na Tabela 3, ao mapa de três alunos foi atribuída a pontuação máxima de 16 pontos neste parâmetro, o que corresponde a 16 ligações válidas (1 ponto para cada incidência). Portanto, para fins de comparação, 16 pontos (média das três pontuações mais altas) equivalem a 100%. O Gráfico 11 permite a visualização dos resultados comparativos nesse parâmetro.

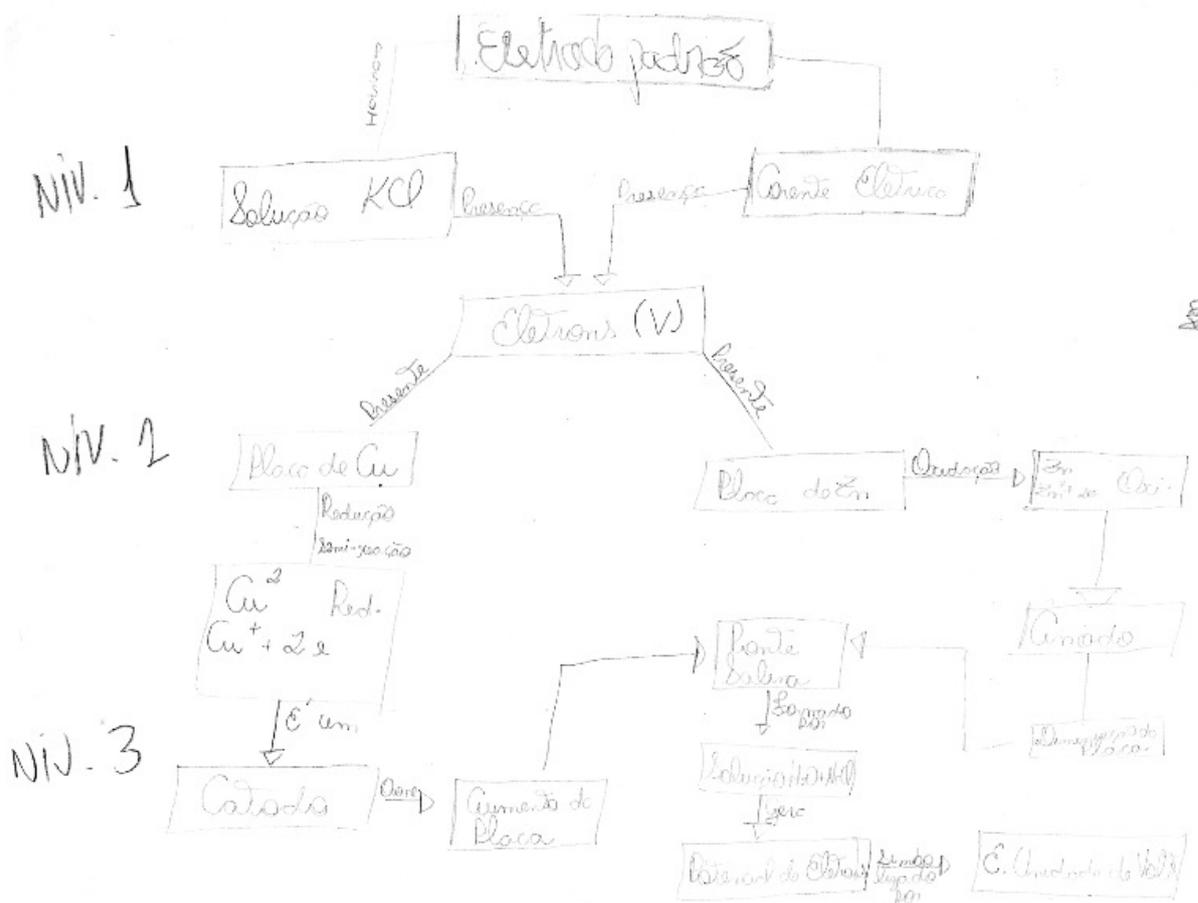
**Gráfico 11** – Resultado comparativo das pontuações atribuídas ao parâmetro ligações válidas nos mapas conceituais 3.\*



\* 100% = 16 pontos (média de 16 ligações válidas). Fonte: elaborado pelo pesquisador.

Neste parâmetro, a partir dessa figura, depreende-se que a maioria absoluta dos alunos (24) estabeleceu 10 ou mais ligações válidas entre os conceitos, pois as suas pontuações atribuídas ficaram em níveis comparativos  $\geq 63\%$ . Porém, três alunos estabeleceram 6 ou menos ligações válidas (níveis comparativos  $\leq 38\%$ ). No geral, dado esses resultados, pode-se considerar que houve a compreensão da relação significativa entre os conceitos.

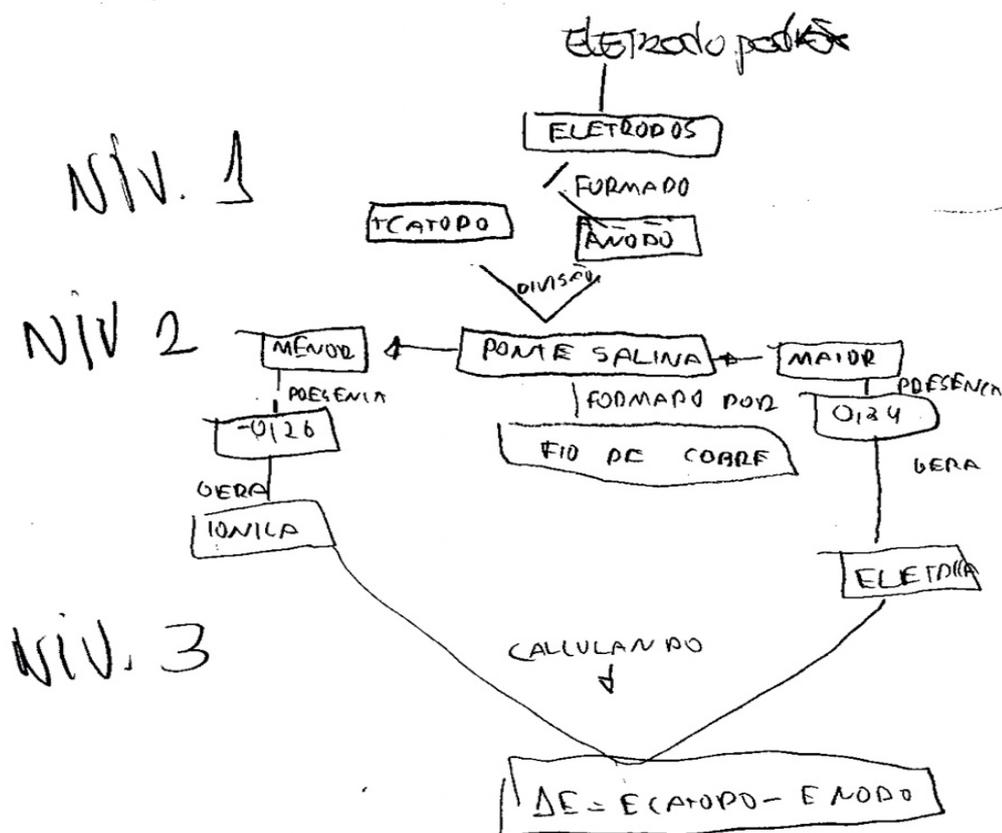
Destaca-se, na Figura 39, o mapa do aluno A10, que estabeleceu o maior número de ligações válidas e também estabeleceu duas ligações cruzadas, que serão comentadas mais adiante. Ficou claro que esse aluno entendeu o significado de uma ligação válida entre os conceitos. Com relação às ligações cruzadas, o aluno estabeleceu relação entre “cátodo” e “aumento da placa”; e entre “ânodo” e “diminuição da placa”.



**Figura 39** – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A10.

Já o mapa construído pelo aluno A1, já analisado acima (vide Figura 37), ilustra o menor desempenho nesse parâmetro, com somente quatro ligações válidas. Assim como explicitado anteriormente, aqui reforça-se a consequência do desinteresse do aluno pela atividade.

O mapa a seguir (vide Figura 40), construído pelo aluno A2, é representativo dos mapas conceituais construídos por um número significativo de alunos, com dez ligações válidas (nível comparativo de 63%). O aluno utilizou uma maioria dos conceitos apresentados e estabeleceu relações adequadas entre os conceitos. Isso indica que houve algum sucesso na compreensão do tema.



**Figura 40** – Mapa conceitual 3 construído pelo aluno A2.

Na sequência, analisando-se o que ocorreu com o parâmetro ligações cruzadas, mais uma vez pode-se constatar (vide Tabela 3) que só uma minoria dos alunos (7) conseguiu estabelecer ligações cruzadas: um aluno conseguiu estabelecer duas ligações cruzadas (aluno A10, cujo mapa conceitual pode ser visto na Figura 39) e seis alunos estabeleceram uma ligação cruzada. De qualquer modo, isso representa um avanço em relação aos outros dois mapas.

Como exemplo, chamamos a atenção para o mapa do aluno A12 (Figura 34), que não estabeleceu ligações cruzadas, como a média da turma, mesmo se saindo bem nos parâmetros hierarquia e conceitos. Isso indica que os mapas conceituais podem auxiliar o professor na identificação de onde os alunos podem se aprimorar na compreensão e absorção dos conceitos relevantes, avançando na aprendizagem significativa, e no amadurecimento da construção de novos saberes.

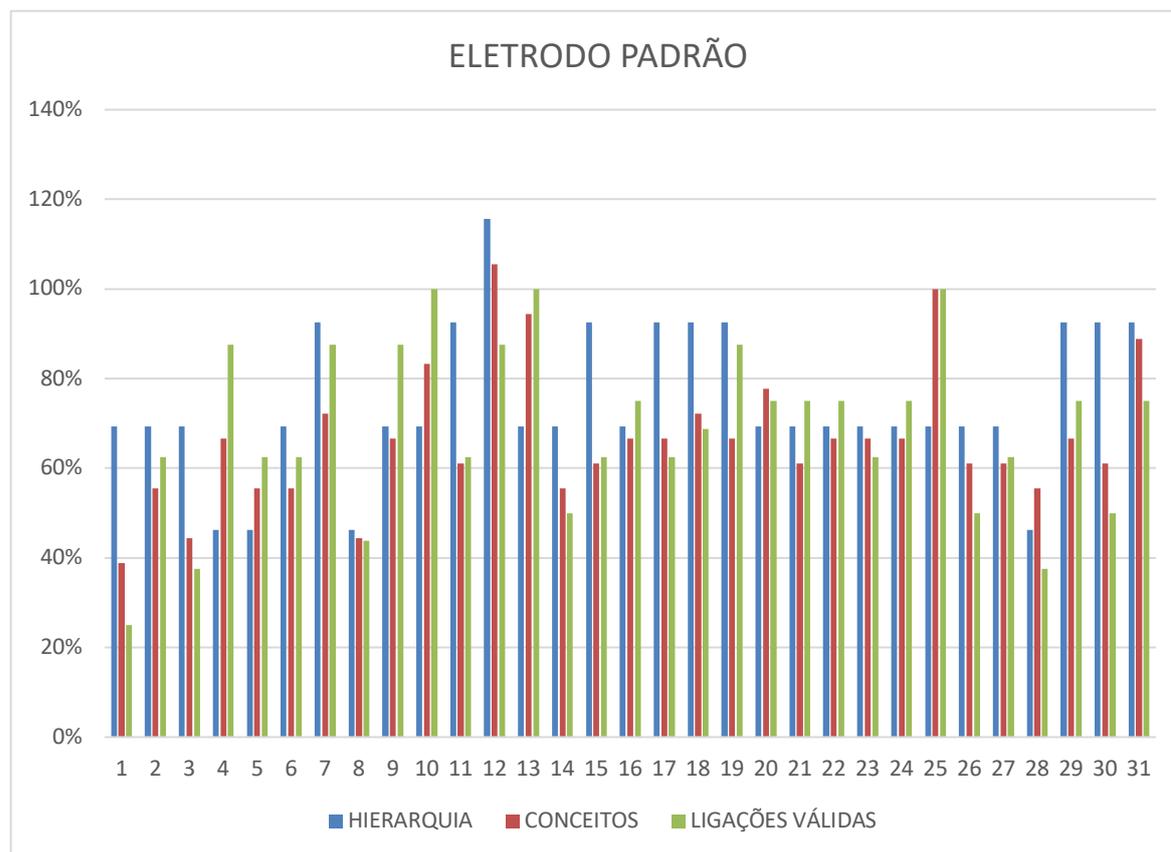
Por fim, concluindo a análise do terceiro mapa, a seguir apresenta-se os resultados referentes ao parâmetro ligações não válidas nos diferentes mapas conceituais construídos pelos alunos. Frente à pouca incidência de ligações não válidas (vide Tabela 3), pode-se considerar que houve um grande avanço em relação

ao mapa anterior, já que a maioria absoluta dos alunos (23) não estabeleceu ligações não válidas em seus mapas. No mapa 1, sobre condutividade elétrica, identificou-se que apenas seis alunos não estabeleceram ligações não válidas. Portanto, isso representa um avanço na aprendizagem significativa da turma. Também é importante destacar que, no primeiro mapa, a maioria da turma estabeleceu entre duas e cinco ligações não válidas. Já no mapa 2, sobre eletrodo padrão, os oito alunos que estabeleceram ligações não válidas não passaram de uma única incidência.

Por fim, considera-se relevante destacar, ainda, o mapa construído pelo aluno A10 (vide Figura 39), que, mesmo tendo sucesso no entendimento das ligações cruzadas, também estabeleceu uma ligação não válida.

Para encerrar a análise dos resultados referentes ao mapa 3, como já feito para os casos dos mapas 1 e 2, cabe fazer uma análise comparativa das pontuações atribuídas aos parâmetros hierarquia, conceitos e ligações válidas nos mapas construídos pelos alunos (vide Gráfico 12). Aqui, como já ocorrera para os dois mapas anteriores, para um número significativo de mapas (11), o menor nível comparativo ocorreu para o parâmetro ligações válidas. Isso corrobora a possível dificuldade que os alunos têm de visualizar as relações entre conceitos. Contudo, um número levemente maior de ocorrências (12) de menor nível comparativo foi registrado para o parâmetro conceitos. Este foi um resultado surpreendente, em especial se comparado com o que ocorreu para os mapas 1 e 2, quando somente para cinco e três mapas conceituais, respectivamente, o menor nível comparativo foi registrado para o parâmetro conceitos. Isso pode indicar que a dificuldade de visualizar as relações entre conceitos foi maior no caso do mapa 3, o que levou a que muitos conceitos não fossem incluídos nos mapas conceituais.

**Gráfico 12** – Resultado comparativo das pontuações atribuídas aos diferentes parâmetros nos mapas conceituais 3.



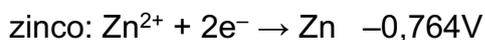
Como também ocorreu nos casos dos mapas 1 e 2, para a maioria absoluta dos mapas 3 (25 deles) as pontuações atribuídas aos três parâmetros analisados (hierarquia, conceitos e ligações válidas) ficaram em níveis comparativos  $\geq 50\%$  da média de referência. Contudo, maiores pontuações foram atribuídas aos mapas 3, sendo que para 20 deles as pontuações atribuídas aos três parâmetros analisados (hierarquia, conceitos e ligações válidas) ficaram em níveis comparativos  $\geq 60\%$  da média de referência; no caso dos mapas 1 e 2 isso ocorreu para 16 e 11 mapas, respectivamente; isso indica que maiores dificuldades foram encontradas pelos alunos na construção do mapa 2. Ainda ao contrário do que ocorreu no caso do mapa 1 e igualmente ao que ocorreu no caso do mapa 2, somente um desempenho notadamente se destaca no gráfico, isto é, as pontuações atribuídas ao mapa construído pelo aluno A12, pois são equivalentes a níveis comparativos entre 88 e 116% nos três parâmetros (de fato, a este mapa foram atribuídas as maiores pontuações em dois dos três parâmetros, hierarquia e conceitos). Adicionalmente, a nenhum outro mapa as pontuações atribuídas nos três parâmetros analisados

equivalem a níveis comparativos  $\geq 80\%$ , o que contrasta com os casos dos mapas 1 e 2, entre os quais isso ocorreu para seis e três mapas, respectivamente.

Cabe destacar ainda o caso do mapa construído pelo aluno A25, que, apesar de no parâmetro hierarquia ter atribuída uma pontuação equivalente somente ao nível comparativo 69%, teve pontuações equivalentes ao nível comparativo 100% tanto no parâmetro conceitos como no ligações válidas. Contrastando com este caso, apesar de no parâmetro hierarquia também ter sido atribuída uma pontuação equivalente ao nível comparativo 69%, ao mapa construído pelo aluno A1 foram atribuídas as menores pontuações de todas nos parâmetros conceitos e ligações válidas, equivalentes a níveis comparativos  $\leq 40\%$  e  $30\%$ , respectivamente.

Mais uma vez, o uso da ferramenta mapa conceitual pode auxiliar o professor no aprimoramento do processo de construção de conhecimento do grupo.

Finalmente, antes de encerrar a análise dos mapas 3, cabe destacar que um fato que despertou a atenção dos alunos foram os valores encontrados para os potenciais de redução dos metais:



Comparando os valores encontrados na prática realizada pelos alunos com os tabelados (Anexo 4), notou-se que, tanto os valores absolutos como os relativos, ficaram muito próximos entre si. Assim, pode-se inferir que, mesmo usando como referência um eletrodo não convencional (um eletrodo de laranja), foi possível construir uma tabela de potenciais. Isso auxiliou os alunos a absorver melhor os conteúdos relacionados à tabela de potenciais padrão. Cabe notar que essa proximidade entre os valores obtidos e os tabelados foi fortuita, indicando que, nas condições usadas, o potencial do eletrodo padrão não convencional usado (eletrodo de laranja) se aproximava do potencial do eletrodo padrão de hidrogênio a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando os objetivos estabelecidos para a presente pesquisa, buscou-se analisar qualitativa e quantitativamente mapas conceituais elaborados por alunos do 2º ano do Ensino Técnico, a partir de atividades experimentais em Química. Como objetivo específico, buscou-se analisar mapas conceituais referentes a três tópicos de Eletroquímica: condutividade elétrica, pilha de Daniell, e eletrodo padrão. A partir dos resultados apresentados, entende-se que os objetivos foram atingidos e possibilitaram uma análise crítica do uso de mapas conceituais como estratégia e ferramenta no ensino de Eletroquímica.

Importante salientar que, da análise comparativa dos parâmetros hierarquia, conceitos e ligações válidas nos três mapas conceituais construídos pelos alunos, pôde-se depreender uma dificuldade recorrente no estabelecimento de ligações válidas. Este parâmetro sempre teve um grande número de ocorrências de menor pontuação. Portanto, a visualização das relações entre conceitos é algo que poderá ser melhor trabalhada na construção de futuros mapas conceituais em sala de aula. No caso do mapa 2 (pilha de Daniell), também se constatou um grande número de ocorrências de baixa pontuação no parâmetro hierarquia, mas que pode ter sido consequência de um alto nível comparativo, e isolado, atribuído ao mapa conceitual construído por um dos alunos. Já para o mapa 3 (eletrodo padrão), isso ocorreu para o parâmetro conceitos. Uma possível explicação para essa constatação é que os alunos tiveram uma maior dificuldade de visualizar as relações entre os conceitos relacionados ao tópico eletrodo padrão, sendo que, conseqüentemente, muitos dos conceitos listados simplesmente não foram incluídos nos mapas conceituais.

Como contribuição da presente pesquisa, além da identificação e sistematização de trabalhos que vêm sendo desenvolvidos no contexto do uso de mapas conceituais no ensino de Química, também foi possível apresentar uma experiência prática dessa utilização. Considerando ser uma pesquisa inserida em um Mestrado Profissional voltado para a prática, as respostas dos alunos foram motivadoras para a continuidade do uso dessa ferramenta em sala de aula, por parte do pesquisador.

Ao término das atividades, foi possível perceber que a construção de mapas conceituais se apresenta como um desafio para os alunos, pois esse tipo de produção/atividade não faz parte da rotina escolar. Porém, tal fato não pode significar

um obstáculo para a sua realização, uma vez que a maioria dos alunos se mostrou motivada à realização da atividade. Nesse sentido, é possível afirmar que mapas conceituais podem se configurar como uma excelente ferramenta no ensino da Química, mais especificamente da Eletroquímica. Ela auxilia tanto o professor quanto o aluno a acompanhar seu desenvolvimento de maneira a sanar as deficiências no processo de ensino-aprendizagem.

Concluindo as reflexões aqui apresentadas, toma-se a liberdade de recomendar futuras pesquisas envolvendo o uso de mapas conceituais em contextos mais ampliados do ensino de Química, envolvendo um conjunto maior e mais diversificado de sujeitos de pesquisa. Também coloca-se a possibilidade de investigar a eficácia dessa ferramenta com alunos trabalhadores do ensino noturno, por exemplo. Finalmente, espera-se que o presente trabalho possa servir de inspiração para outros pesquisadores.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, S. C.; REIS, E.; CAVALCANTE, D. A. & SILVA, M. G. V. “Mapas conceituais como ferramenta facilitadora da aprendizagem no ensino de Química Orgânica”. *Conexões - Ciência e Tecnologia*, 9(4): 98, 2015.
- ATKINS, P. & DE PAULA, J. *Físico-Química: Fundamentos*. 6ª ed. Trad. E. C. da Silva et al. Rio de Janeiro, LTC, 2018.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D. & HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Trad. E. Nick et al. Rio de Janeiro, Interamericana, 1980.
- AUSUBEL, D. P. *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva*. Trad. L. Teopisto. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.
- COLL, C.; POZO, J. I.; SARABIA, B.; & VALLS, E. *Os Conteúdos na Reforma: Ensino e Aprendizagem de Conceitos, Procedimentos e Atitudes*. Porto Alegre, Artmed, 2000.
- COSTA, L. F. S. P. *Separação de Misturas no Ensino Fundamental: Mapas Conceituais e Resoluções de Problemas*. São Carlos, Programa de Pós-graduação em Química – UFSCar, 2019. Dissertação de mestrado, 131 p.
- FARIA, W. de. *Aprendizagem e Planejamento de Ensino*. São Paulo, Ática, 1989.
- FERREIRA, C. A. L. “Pesquisa quantitativa e qualitativa: perspectivas para o campo da educação”. *Revista Mosaico*, 8(2): 173, 2015.
- FIALHO, N. N.; VIANNA FILHO, R. P. & SCHMITT, M. R. “O uso de mapas conceituais no ensino da tabela periódica: um relato de experiência vivenciado no PIBID”. *Química Nova na Escola*, 40(4): 267, 2018.
- FICANHA, A. M. M.; ANTUNES, A.; CASTAMAN, A. S.; MORES, R.; VENQUIARUTO, L. D. & DALLAGO, M. Uso de mapa conceitual para aprendizagem de conceitos de Química na Educação Profissional. *Anais do XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química*. Florianópolis – SC, 2016. 10 p. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/65522340-Uso-de-mapa-conceitual-para-aprendizagem-de-conceitos-de-quimica-na-educacao-profissional.html>>. Acesso em: 10 janeiro 2021.
- GOWIN, D. B. & ALVAREZ, M. C. *The Art of Educating with V Diagrams*. Cambridge, Cambridge University Press, 2005.
- KASSEBOEHMER, A. C.; HARTWIG, D. R. & FERREIRA, L. H. *Contém Química 2: Pensar, Fazer e Aprender pelo Método Investigativo*. São Carlos, Pedro & João Editores, 2015.
- LIMA, J. A.; SAMPAIO, C. G.; BARROSO, M. C. S.; VASCONCELOS, A. K. P. & SARAIVA, S. A. “Avaliação da aprendizagem em Química com uso de mapas conceituais”. *Revista Thema*, 14(2): 37, 2017.

MARCONATO, J. C. & BIDÓIA, E. D. "Potencial de eletrodo: uma medida arbitrária e relativa". *Química Nova na Escola*, 17: 46, 2003.

MARRIOTT, R. *Do LOLA – Laboratório On-line de Aprendizagem ao LAPLI – Laboratório de Aprendizagem de Línguas: Uma Proposta Metodológica Para o Ensino Semi-Presencial em Ambiente Virtual*. Curitiba, Programa de Pós-Graduação em Educação – PUCPR, 2004. Dissertação de mestrado, 197 p.

MASINI, E. A. S.; & MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa: Condições para Ocorrência e Lacunas que Levam a Comprometimentos*. São Paulo, Vetor Editora, 2008.

MEDEIROS, J. S. S. *Proposta de UEPS Abordando Conceitos Envolvidos no Processo de Ensino e Aprendizagem de Eletroquímica*. Natal, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – UFRN, 2018. Dissertação de mestrado, 165 p.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel*. São Paulo, Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. *Mapas Conceituais e Diagramas V*. Porto Alegre, Instituto de Física – UFRGS, 2006. Disponível em: < <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/LivroMapasconceituaiseDiagramasVCOMPLETO.pdf> >. Acesso em: 12 janeiro 2021.

MOREIRA, M. A. *Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa*. São Paulo, Centauro, 2010.

MOREIRA, M. A. *Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa*. 2012a. Disponível em: < <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf> >. Acesso em: 11 janeiro 2021.

MOREIRA, M.A. *O que é Afinal Aprendizagem Significativa*. 2012b. Disponível em: < <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf> >. Acesso em 11 janeiro 2021.

MOREIRA, M.A. & MASINI, E. F. S. *A Teoria Cognitiva de Aprendizagem. Aprendizagem Significativa – A Teoria de David Ausubel*. São Paulo, Moraes, 1982. p. 7-25.

NOVAK, J. D. *Uma Teoria de Educação*. Trad. de M. A. Moreira. São Paulo, Biblioteca Pioneira, 1981.

NOVAK, J. D. & CAÑAS, A. J. *The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct and Use Them, Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008*. Flórida, Institute for Human and Machine Cognition, 2008. "Construção de mapas conceituais como instrumento de ensino na disciplina de Química"

NOVAK, J. D. & GOWIN, D. B. *Aprender a Aprender*. Trad. C. Valadares. Lisboa, Plátano Edições Técnicas, 1984.

ORMENESE, L. A. & COSTA, C. L. "Construção de mapas conceituais como instrumento de ensino na disciplina de Química". *Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE*, vol. 1, 2014. 14 p. Disponível em: <

<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernos/pdebusca/producoes/pde/2014/2014uenpquiartigoluisaugustoormenese.pdf> >. Acesso em 13 janeiro 2021.

PELIZZARI, A.; KRIEGL, M. L.; BARON, M. P.; FINCK, N. T. L. & DOROCINSKI, S. I. “Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel”. *Revista PEC*, 2(1): 37, 2002.

PEÑA, A. O.; BALLESTEROS, A.; CUEVAS, C.; GIRALDO, L.; MARTÍN, I; MOLINA, A.; RODRIGUEZ, A. & VÉLEZ, U. *Mapas Conceituais: Uma Técnica Para Aprender*. Trad. de M. J. Rosado-Nunes e T. Gambi. São Paulo, Edições Loyola, 2005.

POZO, J. I. *A Solução de Problemas: Aprender a Resolver, Resolver para Aprender*. Porto Alegre, Artmed, 1998.

FONSECA, M. R. M. da. *Química. Manual do Professor*. 2ª ed. São Paulo, Editora Ática, 2016. Vol. 2.

SILVA, R. R. da; BOCCHI, N.; ROCHA-FILHO, R. C. & MACHADO, P. T. L. *Introdução à Química Experimental*. 2ª ed. São Carlos, Editora da UFSCar, 2014.

SILVA, R. S.; SILVA, R. C. & AQUINO, K. A. S. “Estudo da Eletroquímica a partir de pilhas naturais: uma análise de mapas conceituais”. *Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review*, 4(8): 45, 2014.

TAVARES, L. C.; FERNANDES, A. C.; MÜLLER, R. C. S.; OLIVEIRA, A. G. & MARTINS, A. F. “Mapas conceituais como instrumentos no auxílio da aprendizagem significativa no ensino de Química”. *REDEQUIM – Revista Debates em Ensino de Química*, 4(2), 294, 2018.

TITO, F. M.; & CANTO, E. L. *Química na Abordagem do Cotidiano*. 4ª ed. São Paulo, Editora Moderna, 2006.

TOIGO, A. M.; MOREIRA, M. A. & DA COSTA, S. S. C. “Revisión de la literatura sobre el uso de mapas conceptuales como estrategia didáctica y de evaluación”. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2): 305, 2012.

TRINDADE, J. O. & HARTWIG, D. R. “Uso combinado de mapas conceituais e estratégias diversificadas de ensino: uma análise inicial das ligações químicas”. *Química Nova na Escola*, 34(2): 83, 2012.

## ANEXOS

## ANEXO 1 – Parecer do Comitê de Ética



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Mapas Conceituais como Estratégia de Ensino para Pilhas Eletroquímicas: um Estudo com Alunos do Ensino Médio.

**Pesquisador:** ANTEOGENES RODRIGUES DE ARAUJO

**Área Temática:**

**Versão:** 6

**CAAE:** 09477319.9.0000.5504

**Instituição Proponente:** Departamento de Química

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.778.805

#### Apresentação do Projeto:

O projeto intitulado "Mapas Conceituais como estratégia de Ensino para Pilhas Eletroquímicas: um estudo com Alunos do Ensino Médio" foi bem estruturado em revisão bibliográfica e em concepção metodológica, demonstrando sua relevância para a área de conhecimento.

#### Objetivo da Pesquisa:

Quanto ao objetivo, o pesquisador esclarece no Formulário de informações básicas e TCLE que o objetivo principal da pesquisa é "Analisar qualitativa e quantitativamente os conceitos e suas relações, bem como os procedimentos, presentes no planejamento e execução de experimentos investigativos sobre pilhas eletroquímicas." E complementa com a apresentação dos objetivos específicos: "Analisar qualitativa e quantitativamente os conceitos e suas relações, bem como os procedimentos, presentes no planejamento experimental; Analisar qualitativa e quantitativamente os procedimentos presentes durante o desenvolvimento experimental; Analisar se a execução experimental está em conformidade com o respectivo planejamento."

No TALE, apenas o objetivo principal da pesquisa está descrito.

É recomendado que os objetivos específicos sejam inseridos também no TALE, de forma a dar ao respondente o mais amplo conhecimento os objetivos da pesquisa.

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235  
**Bairro:** JARDIM GUANABARA **CEP:** 13.565-905  
**UF:** SP **Município:** SAO CARLOS  
**Telefone:** (16)3351-9685 **E-mail:** cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.778.805

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Quanto aos riscos, no TALE, o pesquisador afirma que “Essa pesquisa é segura, porém se sentir algum desconforto emocional durante a pesquisa, como: dificuldade, cansaço, irritação ou desinteresse com a construção dos mapas conceituais será acolhido e orientado pelo pesquisador no qual o acompanhará para orientação especializada (Orientadora Educacional e Psicóloga).”

No TCLE para os pais, o pesquisador afirma que “A participação dele(a) não é obrigatória e, a qualquer momento, ele(a) poderá desistir da participação. Tal recusa não trará prejuízos em sua relação com o pesquisador ou com a instituição em que ele(a) estuda. Tudo foi planejado para minimizar os riscos da participação dele(a), porém se ele(a) sentir algum desconforto emocional durante a pesquisa, como: dificuldade, cansaço, irritação ou desinteresse com a construção dos mapas conceituais será acolhido e orientado pelo pesquisador no qual o acompanhará para orientação especializada (Orientadora Educacional e Psicóloga)”.

No formulário de informações básicas de projeto, os riscos são apresentados de forma diversa, com embasamento normativo e maior detalhamento: “Toda pesquisa que envolve seres humanos também deve levar em conta, direta ou indiretamente, potenciais riscos. Com relação aos riscos da pesquisa, o projeto dispõe o que está previsto na Resolução 466, de 12 de dezembro de 2012: “possibilidade de danos à dimensão física e psíquica, moral, intelectual, social ou espiritual do ser humano em qualquer pesquisa e dela decorrente” (BRASIL, 2012). Depreende-se que os riscos decorrentes da realização de pesquisas com seres humanos podem ser de origem psicológica, intelectual ou emocional. Essa pesquisa é segura, e os riscos são mínimos, porém se o aluno sentir dificuldade, cansaço, irritação, desconforto ou desinteresse com a construção dos mapas conceituais que serão realizados durante a pesquisa, ele poderá interromper a participação. Há um risco, entretanto, que é comum a todas as pesquisas com seres humanos: o risco de quebra de sigilo. Para impedir esses possíveis riscos, o pesquisador precisará manter um rigor ético criterioso durante as atividades que envolvam os alunos, bem como acolhendo os alunos que se sentirem por algum motivo constrangidos, cansados, irritados ou desinteressados, sendo-lhes oferecida a possibilidade de acompanhamento especializado através da orientadora educacional presente na unidade de ensino, ou até mesmo de desistirem de participar da pesquisa. Pelo fato dessa pesquisa envolver pessoas, esta será submetida ao Comitê de Ética e serão seguidos os protocolos indispensáveis para minimizar qualquer efeito que sobre estas pessoas possa acontecer, visando a uma pesquisa responsável através de sua aprovação. O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) deverá ser preenchido e assinado por escrito pelos participantes da pesquisa na época oportuna, sendo orientado e direcionado pelo pesquisador. A

<b>Endereço:</b> WASHINGTON LUIZ KM 235	<b>CEP:</b> 13.565-905
<b>Bairro:</b> JARDIM GUANABARA	
<b>UF:</b> SP	<b>Município:</b> SAO CARLOS
<b>Telefone:</b> (16)3351-9685	<b>E-mail:</b> cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.778.805

participação dos envolvidos na pesquisa será de origem facultativa garantindo sigilo e confidência de sua identificação.”

Os potenciais benefícios da pesquisa, estão descritos da seguinte forma no formulário de informações básicas de projeto, TCLE e TALE: “Os benefícios se darão diante da contribuição para a educação ou para a sociedade em geral, já que a pesquisa visa melhorar o estudo na área de eletroquímica, através de uma aprendizagem significativa, cuja compreensão é duradoura, por meio da construção de mapas conceituais”. No formulário de informações básicas de projeto ainda complementa: “Ao possibilitar que os alunos sejam capazes de relacionar novos conhecimentos com aqueles que eles já conhecem, ou seja, ao utilizar e valorizar seu conhecimento prévio, espera-se como resultado do procedimento pedagógico utilizado que a aprendizagem seja: significativa, desafiadora, problematizadora e instigante”.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Verificar os itens “conclusões e/ou pendências” feitos pelo relator deste CEP.

#### **Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos de apresentação obrigatória foram adequados de acordo com as orientações dadas pela Resoluções 466/2012 e 510/2016 e orientações anteriores deste CEP, mas ainda necessitam de pequenos ajustes.

No TCLE, quando o pesquisador afirma “Recebi uma via original deste termo de assentimento, assinada e rubricada em todas as páginas por mim e pelo pesquisador, concordando em participar da pesquisa”, o correto, especificamente neste documento, é TERMO DE CONSENTIMENTO, e não assentimento. Recomenda-se que o termo seja devidamente adequado.

#### **Recomendações:**

Para sanar as dúvidas básicas e gerais, verifique o tópico sobre “erros mais comuns” em <http://www.propq.ufscar.br/etica/instrucoes-para-solicitacoes-cep> e consulte o manual de informações gerais na plataforma brasil (<http://plataformabrasil.saude.gov.br>). Isto pode ser útil e evitar possíveis pendências ou não aprovação do projeto de pesquisa.

O pesquisador também pode consultar os modelos de documentos propostos por este CEP (<http://www.propq.ufscar.br/etica/legislacao-e-documentos-cep>) para adequação de seu projeto de pesquisa e documentação complementar.

<b>Endereço:</b> WASHINGTON LUIZ KM 235	<b>CEP:</b> 13.565-905
<b>Bairro:</b> JARDIM GUANABARA	
<b>UF:</b> SP	<b>Município:</b> SAO CARLOS
<b>Telefone:</b> (16)3351-9685	<b>E-mail:</b> cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.778.805

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Com base nos documentos apresentados e texto descrito, alguns itens ficaram faltantes, pouco esclarecidos ou não foram apresentadas informações pertinentes, tais como:

- É recomendado que os objetivos específicos sejam inseridos também no TALE, de forma a dar ao respondente o mais amplo conhecimento os objetivos da pesquisa.
- Os termos de apresentação obrigatória foram adequados de acordo com as orientações dadas pela Resoluções 466/2012 e 510/2016 e orientações anteriores deste CEP, mas ainda necessitam de pequenos ajustes.
- No TCLE, quando o pesquisador afirma "Recebi uma via original deste termo de assentimento, assinada e rubricada em todas as páginas por mim e pelo pesquisador, concordando em participar da pesquisa", o correto, especificamente neste documento, é TERMO DE CONSENTIMENTO, e não assentimento. Recomenda-se que o termo seja devidamente adequado.
- A validade da aprovação da pesquisa por este CEP está condicionada ao cumprimento das solicitações listadas no presente parecer.
- Com o fim da pesquisa, apresentar o relatório final na conclusão de sua pesquisa, apresentando os documentos comprobatórios anexados, tais como: o modelo de TCLE, a carta de aceite do participante e da instituição, entre outros.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Recurso do Parecer	recurso.pdf	09/12/2019 18:21:37		Aceito
Outros	RecursoPlataformaBrasilAnteogenes.docx	09/12/2019 18:21:14	ANTEOGENES RODRIGUES DE ARAUJO	Aceito
Recurso do Parecer	recurso.pdf	06/12/2019 09:56:07		Aceito
Outros	Gmail-ENC_Resoluções502ªreuniãoCPG.pdf	06/12/2019 09:52:39	ANTEOGENES RODRIGUES DE ARAUJO	Aceito
Outros	Gmail-ENC_Pauta502reuniãoCPG.pdf	06/12/2019 09:52:21	ANTEOGENES RODRIGUES DE ARAUJO	Aceito
Outros	TALE.doc	06/12/2019	ANTEOGENES	Aceito

Endereço: WASHINGTON LUIZ KM 235  
 Bairro: JARDIM GUANABARA CEP: 13.565-905  
 UF: SP Município: SAO CARLOS  
 Telefone: (16)3351-9685 E-mail: cephumanos@ufscar.br



Continuação do Parecer: 3.778.805

Outros	TALE.doc	09:51:22	RODRIGUES DE ARAUJO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.doc	06/12/2019 09:50:57	ANTEOGENES RODRIGUES DE ARAUJO	Aceito
Brochura Pesquisa	Brochurarevisada.doc	06/12/2019 09:50:25	ANTEOGENES RODRIGUES DE ARAUJO	Aceito
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1289262.pdf	05/11/2019 11:54:46		Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto28.docx	05/11/2019 11:54:07	ANTEOGENES RODRIGUES DE ARAUJO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Brochura.doc	28/08/2019 17:11:02	ANTEOGENES RODRIGUES DE ARAUJO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.doc	28/08/2019 16:54:46	ANTEOGENES RODRIGUES DE ARAUJO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	declaracao.pdf	21/05/2019 10:41:14	ANTEOGENES RODRIGUES DE ARAUJO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO CARLOS, 17 de Dezembro de 2019

Assinado por:  
Priscilla Hortense  
(Coordenador(a))

**Endereço:** WASHINGTON LUIZ KM 235  
**Bairro:** JARDIM GUANABARA **CEP:** 13.565-905  
**UF:** SP **Município:** SAO CARLOS  
**Telefone:** (16)3351-9685 **E-mail:** cephumanos@ufscar.br

## ANEXO 2 – Roteiro da Prática 1

### 3. CONDUÇÃO DE CORRENTE ELÉTRICA

#### OBJETIVO

Verificar se determinados compostos e soluções conduzem ou não corrente elétrica.

QUESTÃO PRÉVIA: Quais as partículas responsáveis pela condução da corrente elétrica?

#### MATERIAL E REAGENTES

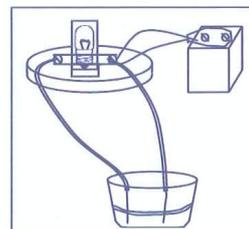
- 8 potinhos
  - 3 colherinhas
  - bateria 9V
  - esponja de aço
  - água (providenciar)
  - equipamento de condução de corrente elétrica
  - sacarose ( $C_{12}H_{22}O_{11}$  - açúcar)
  - cloreto de sódio (NaCl - sal de cozinha)
  - parafina líquida\*
  - parafina sólida em barra
  - álcool etílico\* ( $CH_3CH_2OH$ )
- \*A parafina líquida e o álcool etílico não deverão ser descartados.

#### PROCEDIMENTO

Em cada um dos potinhos ordenados de 1 à 8, colocar até a marca:

- 1 - sal de cozinha
- 2 - açúcar
- 3 - água
- 4 - água e 2 colherinhas de sal de cozinha
- 5 - água e 2 colherinhas de açúcar
- 6 - parafina sólida (uma amostra)
- 7 - parafina líquida\*
- 8 - álcool etílico\*

\* VINAGRE  
\* sol. HCl 1.0 mol/L



Conectar a bateria ao equipamento de condução de corrente elétrica e inserir os eletrodos (figura) em cada potinho contendo o composto a ser testado, tomando o cuidado de fazer a limpeza das extremidades dos fios de cobre (eletrodos), com esponja de aço, cada vez que trocar o composto teste. Anotar as observações na tabela a seguir:

Composto	Lâmpada acende/não acende	Material conduz/não conduz	Existem íons livres sim/não
Sal de cozinha			
Açúcar			
Água			
Sal de cozinha/água			
Açúcar/água			
Parafina sólida			
Parafina líquida			
Álcool etílico			

#### QUESTÃO

1. Você observou que o cloreto de sódio sólido e a água, quando estão separados, não conduzem eletricidade. Por quê quando são misturados conduzem corrente elétrica? Considerando os conhecimentos adquiridos durante o experimento responda novamente a questão prévia.

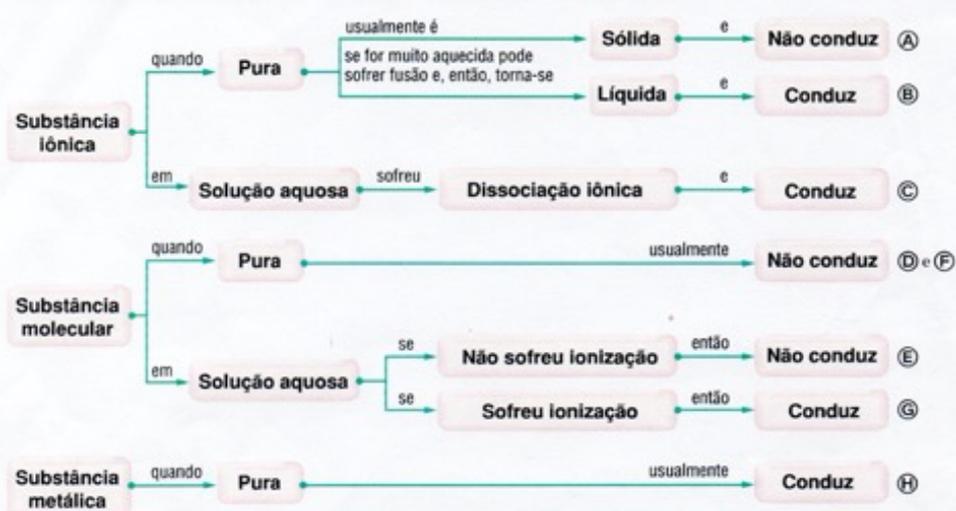
## ANEXO 3 – Roteiro da Prática 2

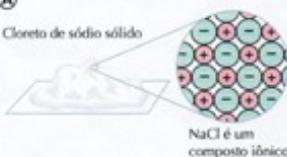
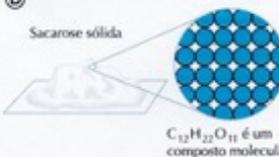
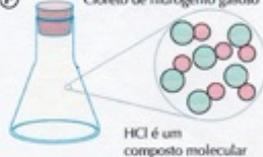
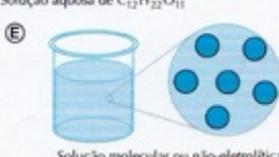
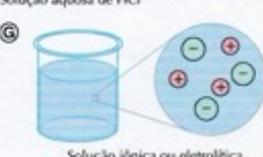
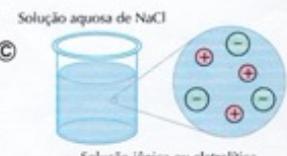
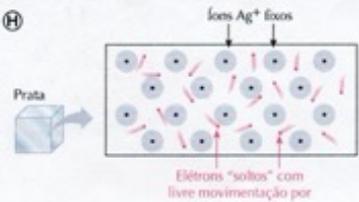
Moderna QUÍMICA na abordagem do cotidiano • TITO | CANTO

Tema  
10

## Condutividade elétrica de substâncias e de soluções

### Condutividade elétrica, a pressão ambiente (linhas gerais)



<p>(A) Cloreto de sódio sólido</p>  <p>NaCl é um composto iônico</p>	<p>(D) Sacarose sólida</p>  <p><math>C_{12}H_{22}O_{11}</math> é um composto molecular</p>	<p>(F) Cloreto de hidrogênio gasoso</p>  <p>HCl é um composto molecular</p>
<p>(B) NaCl líquido</p>  <p>Alta temperatura</p> <p>Num composto iônico líquido (fundido, derretido) há cargas livres para conduzir corrente elétrica: os íons</p>	<p>(E) Solução aquosa de <math>C_{12}H_{22}O_{11}</math></p>  <p>Solução molecular ou não-eletrolítica</p>	<p>(G) Solução aquosa de HCl</p>  <p>Solução iônica ou eletrolítica</p>
<p>(C) Solução aquosa de NaCl</p>  <p>Solução iônica ou eletrolítica</p>	<p>(H) Prata</p>  <p>Íons <math>Ag^+</math> fixos</p> <p>Elétrons "soltos" com livre movimentação por todo o metal</p> <p>Esquematização do modelo do mar de elétrons para a prata metálica.</p>	

## ANEXO 4 – Tabela de potenciais padrão de redução e de oxidação.

Potenciais-padrão de redução e de oxidação						
Potenciais de redução						Potenciais de oxidação
-3,045	Li	$\rightleftharpoons$	$\text{Li}^+$	+	$1e^-$	+3,045
-2,925	Rb	$\rightleftharpoons$	$\text{Rb}^+$	+	$1e^-$	+2,925
-2,924	K	$\rightleftharpoons$	$\text{K}^+$	+	$1e^-$	+2,924
-2,923	Cs	$\rightleftharpoons$	$\text{Cs}^+$	+	$1e^-$	+2,923
-2,92	Ra	$\rightleftharpoons$	$\text{Ra}^{2+}$	+	$2e^-$	+2,92
-2,90	Ba	$\rightleftharpoons$	$\text{Ba}^{2+}$	+	$2e^-$	+2,90
-2,89	Sr	$\rightleftharpoons$	$\text{Sr}^{2+}$	+	$2e^-$	+2,89
-2,87	Ca	$\rightleftharpoons$	$\text{Ca}^{2+}$	+	$2e^-$	+2,87
-2,71	Na	$\rightleftharpoons$	$\text{Na}^+$	+	$1e^-$	+2,71
-2,375	Mg	$\rightleftharpoons$	$\text{Mg}^{2+}$	+	$2e^-$	+2,375
-1,87	Be	$\rightleftharpoons$	$\text{Be}^{2+}$	+	$2e^-$	+1,87
-1,66	Al	$\rightleftharpoons$	$\text{Al}^{3+}$	+	$3e^-$	+1,66
-1,18	Mn	$\rightleftharpoons$	$\text{Mn}^{2+}$	+	$2e^-$	+1,18
-0,76	Zn	$\rightleftharpoons$	$\text{Zn}^{2+}$	+	$2e^-$	+0,76
-0,74	Cr	$\rightleftharpoons$	$\text{Cr}^{3+}$	+	$3e^-$	+0,74
-0,48	S <sup>2-</sup>	$\rightleftharpoons$	S	+	$2e^-$	+0,48
-0,44	Fe	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}^{2+}$	+	$2e^-$	+0,44
-0,403	Cd	$\rightleftharpoons$	$\text{Cd}^{2+}$	+	$2e^-$	+0,403
-0,28	Co	$\rightleftharpoons$	$\text{Co}^{2+}$	+	$2e^-$	+0,28
-0,24	Ni	$\rightleftharpoons$	$\text{Ni}^{2+}$	+	$2e^-$	+0,24
-0,14	Sn	$\rightleftharpoons$	$\text{Sn}^{2+}$	+	$2e^-$	+0,14
-0,13	Pb	$\rightleftharpoons$	$\text{Pb}^{2+}$	+	$2e^-$	+0,13
-0,036	Fe	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}^{3+}$	+	$3e^-$	+0,036
0,000	$\text{H}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\rightleftharpoons$	$2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + 2e^-$			0,000
+0,15	Cu	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}^+$	+	$1e^-$	-0,15
+0,15	$\text{Sn}^{2+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Sn}^{4+}$	+	$2e^-$	-0,15
+0,337	Cu	$\rightleftharpoons$	$\text{Cu}^{2+}$	+	$2e^-$	-0,337
+0,40	$2\text{OH}^-$	$\rightleftharpoons$	$1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2e^-$			-0,40
+0,54	$2\text{I}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{I}_2$	+	$2e^-$	-0,54
+0,77	$\text{Fe}^{2+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}^{3+}$	+	$1e^-$	-0,77
+0,80	Ag	$\rightleftharpoons$	$\text{Ag}^+$	+	$1e^-$	-0,80
+0,85	Hg	$\rightleftharpoons$	$\text{Hg}^{2+}$	+	$2e^-$	-0,85
+0,88	$2\text{OH}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{H}_2\text{O}_2$	+	$2e^-$	-0,88
+1,07	$2\text{Br}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Br}_2$	+	$2e^-$	-1,07
+1,36	$2\text{Cl}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{Cl}_2$	+	$2e^-$	-1,36
+1,41	$\text{Au}^+$	$\rightleftharpoons$	$\text{Au}^{3+}$	+	$2e^-$	-1,41
+1,50	Au	$\rightleftharpoons$	$\text{Au}^{3+}$	+	$3e^-$	-1,50
+1,84	$\text{Co}^{2+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Co}^{3+}$	+	$1e^-$	-1,84
+2,87	$2\text{F}^-$	$\rightleftharpoons$	$\text{F}_2$	+	$2e^-$	-2,87

Fonte: SPENCER, James N.; BOONER, George M.; RICKARD, Lyman H. Química: estrutura e dinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

Fonte: FONSECA (2016, p. 248).

**ANEXO 5 – Fotos da atividade de familiarização (fonte: acervo do pesquisador).**



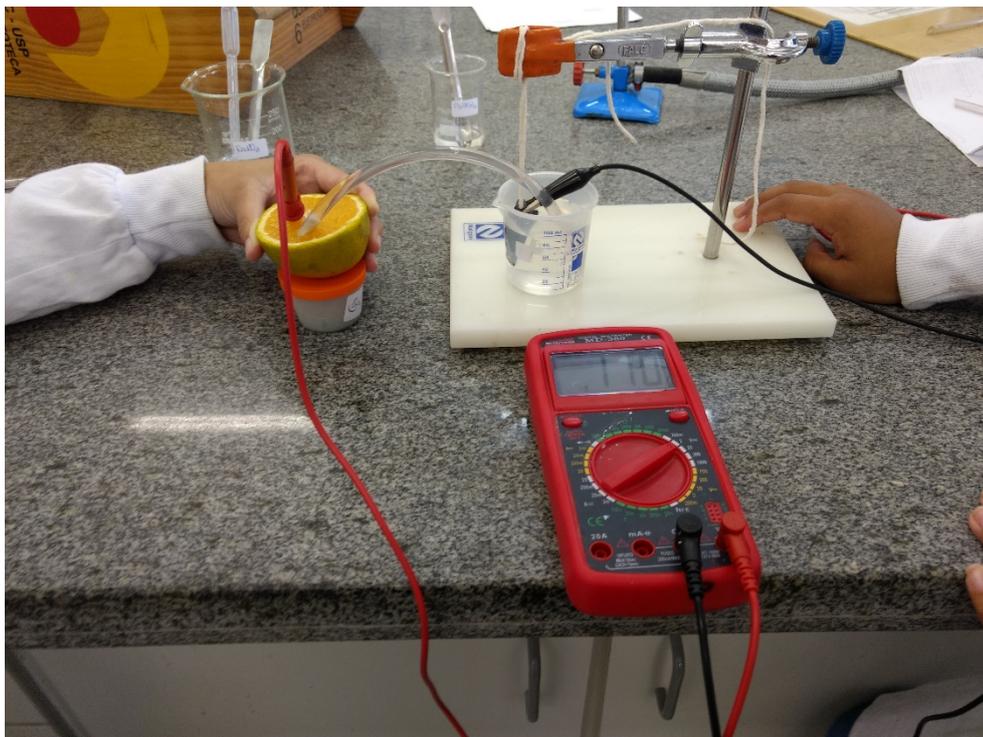


**ANEXO 7 – Fotos das práticas.**

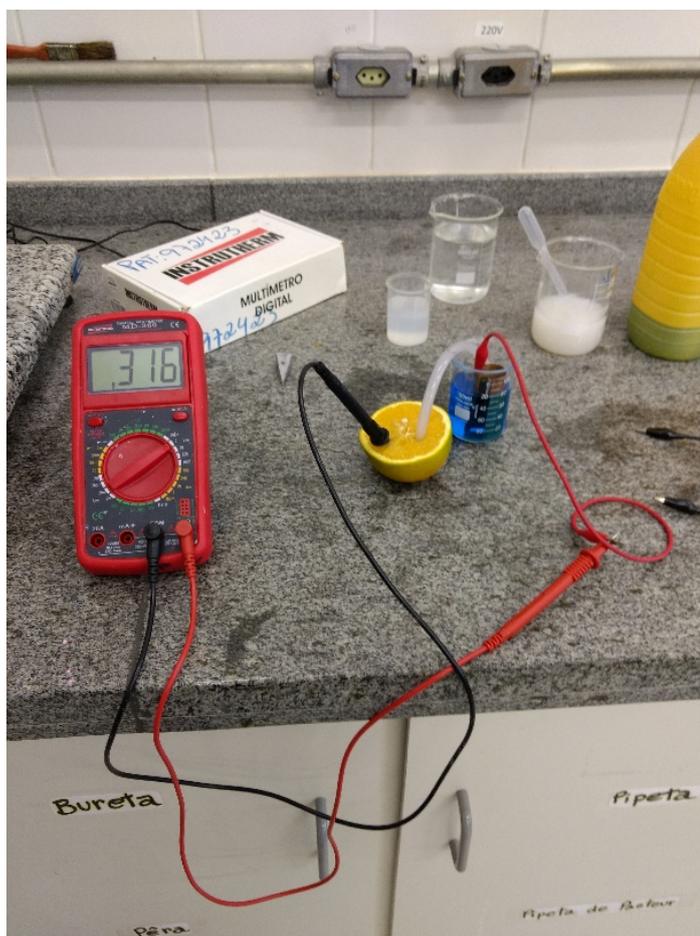
**Legenda:** prática de condutividade elétrica de soluções. (fonte: feita pelo pesquisador).



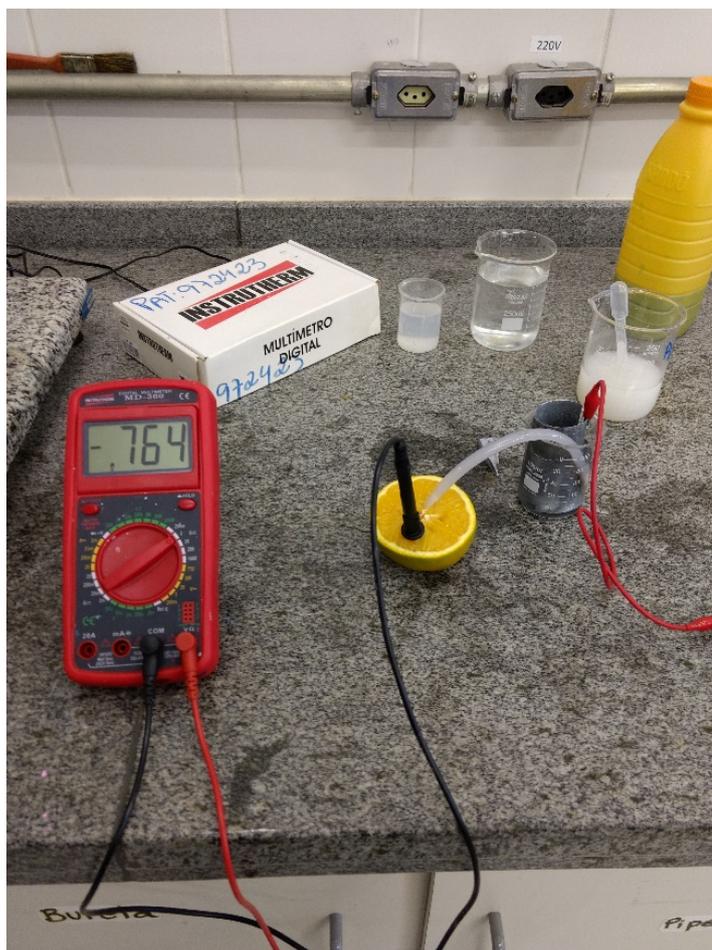
**Legenda:** prática de pilha de Daniell. (fonte: feita pelo pesquisador).



**Legenda:** prática com o eletrodo de chumbo. (fonte: feita pelo pesquisador).



**Legenda:** prática com o eletrodo de cobre. (fonte: feita pelo pesquisador).



**Legenda:** prática com eletrodo de zinco. (fonte: feita pelo pesquisador).

**APÊNDICES**

## APÊNDICE 1 – Roteiro da prática sobre pilha de Daniell

### PILHA DE DANIELL

Objetivo: Estudar o fenômeno de produção de energia elétrica por meio de reações químicas.

Material e Reagentes:

- 1 vela de filtro (recipiente de cerâmica)
- 1 lâmina de cobre (cilindro) e 1 lâmina de zinco (cilindro)
- 1 fio condutor elétrico preto e 1 fio condutor elétrico vermelho
- 1 multímetro
- 1 lâmpada pingo d'água com soquete
- 1 calculadora
- 1 béquer de 100 mL, 2 béqueres de 50 mL
- 7,5 g de sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) e 8,6 g de sulfato de zinco heptahidratado ( $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )

Procedimento Experimental:

A) Preparação de uma solução de sulfato de cobre 1 mol/L: Pesar 7,5 g de sulfato de cobre pentahidratado e dissolva esta massa do sal em 30 mL de água, agitando até completa dissolução.

B) Preparação de uma solução de sulfato de zinco 1 mol/L: Pesar 8,6 g de sulfato de zinco heptahidratado e dissolva esta massa do sal em 30 mL de água, agitando até completa dissolução.

C) Montagem da pilha de Daniell: Colocar a lâmina de zinco no interior do béquer de 100 mL. A seguir, coloque o recipiente cerâmico no interior da lâmina

de zinco. Finalmente, coloque a lâmina de cobre dentro do recipiente cerâmico.

Com o auxílio de um béquer, colocar os 30 mL de solução de sulfato de cobre no interior do recipiente cerâmico.

Utilizando o outro béquer, colocar os 30 mL de solução de sulfato de zinco entre a lâmina de zinco e o béquer.

Conectar o fio vermelho na lâmina de cobre e o fio preto na lâmina de zinco, tomando o cuidado de não deixar os pinos jacaré em contato com as soluções.

Em seguida, conectar:

- a) As outras extremidades no soquete da lâmpada e observe.
- b) O fio vermelho no polo positivo da calculadora e o fio preto no polo negativo da calculadora, e observe.
- c) As outras extremidades no multímetro. Se a voltagem registrada for negativa, inverta os fios ligados aos eletrodos. Anote o valor da voltagem medida.

Questões:

1. Escreva as semi-reações de redução e oxidação.
2. Monte a equação global da pilha.
3. Qual a função da vela de filtro no experimento?
4. Qual a função dos fios condutores no experimento?

## APÊNDICE 2 – Roteiro da prática sobre eletrodo padrão

### POTENCIAL DE ELETRODO: UMA MEDIDA RELATIVA

**Objetivo:** Demonstrar a natureza relativa e arbitrária do valor dos potenciais de eletrodo, utilizando para isso um eletrodo de referência não convencional, um “eletrodo de laranja”.

#### Material e Reagentes

- 1 multímetro e suas pontas de prova
- 1 lâmina de cobre
- 1 lâmina de zinco
- 1 lâmina de chumbo
- 1 tubo de plástico em forma de “U”, para construção da ponte salina
- 3 béqueres de 50 mL
- Soluções (1 mol/L) de nitrato de cobre, nitrato de zinco e nitrato de chumbo
- Solução de nitrato de sódio 1 mol/L (para ponte salina)
- 1 fio condutor elétrico preto
- 1 fio condutor elétrico vermelho
- 1 laranja
- 1 lápis de grafite com as duas extremidades apontadas
- Algodão

#### Montagem da ponte salina

A principal função da ponte salina é fechar o circuito elétrico e manter a eletroneutralidade das soluções.

Utilizando o tubo de plástico em forma de “U”, complete o seu volume com a solução aquosa de nitrato de sódio 1,0 mol/L, deixando um espaço vazio de cerca de 1 cm de altura nas duas pontas do tubo, para ser preenchido com algodão, o que fará com que a solução interna não escoe quando o tubo for invertido. Atenção: não deverão sobrar bolhas na solução.

#### Montagem dos eletrodos

Eletrodo de cobre: Em um dos béqueres, coloque a lâmina de cobre e cerca de 40 mL da solução de sulfato de cobre 1 mol/L.

“Eletrodo de laranja”: Corte a laranja ao meio e insira o lápis de grafite em uma das metades da laranja.

#### Medição do potencial do eletrodo de cobre

Conecte o eletrodo de cobre ao eletrodo de laranja, introduzindo uma das pontas da ponte salina na laranja e a outra ponta na solução de sulfato de cobre.

### APÊNDICE 3 – Texto instrucional sobre condutividade elétrica

#### TEXTO INSTRUCIONAL SOBRE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

Alguns materiais conduzem eletricidade e outros não. A condutividade elétrica é a capacidade de um determinado material de permitir a passagem de corrente elétrica. Esta corrente elétrica pode ocorrer em um fio metálico, por meio dos elétrons, ou numa solução eletrolítica, por meio dos íons.

Os materiais podem ser substâncias ou soluções. Por sua vez, uma substância pode ser iônica ou molecular, e uma solução pode ser eletrolítica ou não-eletrolítica.

Substâncias iônicas (sais) se estiverem no estado sólido não conduzem eletricidade, mas quando no estado fundido conduzem. Já as substâncias moleculares não conduzem eletricidade nem no estado sólido, nem no fundido.

Uma solução eletrolítica pode conter sais ou um eletrólito forte ou um eletrólito fraco. Soluções eletrolíticas de sais e de eletrólitos fortes são boas condutoras de eletricidade, enquanto aquelas contendo um eletrólito fraco não são boas condutoras. Por sua vez, uma solução não-eletrolítica não conduz a eletricidade.

#### APÊNDICE 4 – Texto instrucional sobre pilha de Daniell

##### TEXTO INSTRUCIONAL PARA O ESTUDO DE PILHA DE DANIELL

Quando mergulhamos uma placa de zinco em uma solução de cobre, há transferência de elétrons do zinco para os cátions cobre, causando a deposição de cobre sobre a placa de zinco. Mas como aproveitar esta transferência de elétrons para gerar eletricidade? Para isto, os elétrons liberados pelo zinco devem passar por um circuito externo.

Em 1836, Daniell construiu um dispositivo que permitia aproveitar este fluxo de elétrons. Ele interligou eletrodos de zinco e de cobre, que eram sistemas constituídos por estes metais imersos em uma solução contendo seus respectivos íons.

Daniell percebeu que, se fizesse uma interligação entre os dois eletrodos, o metal mais reativo (zinco) iria transferir seus elétrons para o cátion do metal menos reativo (cobre), em vez de transferi-los para seus próprios cátions em solução.

Portanto, no caso do dispositivo de Daniell, ao se fechar o circuito, haverá passagem de elétrons do eletrodo de zinco para o eletrodo de cobre, sendo acusada no voltímetro uma determinada diferença de potencial.

## APÊNDICE 5 – Texto instrucional sobre eletrodo padrão

### TEXTO INSTRUCIONAL SOBRE ELETRODO PADRÃO

Na ciência, no comércio e na indústria, é muito comum a necessidade de se medir o valor de diferentes grandezas. Por exemplo, uma massa, um comprimento, uma altitude, um volume, uma voltagem etc. Para cada uma dessas grandezas, existem padrões de referência, conhecidos como unidades de medida, que permitem fazer essa medição. Assim, para se medir uma massa, pode-se usar o quilograma (símbolo, kg), para um comprimento ou uma altitude, pode-se usar o metro (m), para um volume, pode-se usar o litro (L), para uma voltagem, pode-se usar o volt (V).

Na maioria dos casos, o valor medido é um valor absoluto, como acontece com valores de massa e de volume, por exemplo. Em uns poucos outros casos, o valor medido é um valor relativo, como acontece com a altitude, cujo valor tem como referência o nível do mar, que, por definição tem altitude zero. Assim, pode-se organizar uma tabela de altitude de diferentes cidades. Algo similar ocorre com o potencial de eletrodos, que é expresso em referência a um dado eletrodo, que, por definição tem potencial zero. Este eletrodo de referência é o eletrodo de hidrogênio (H<sub>2</sub>) padrão, o qual permite que se organize uma tabela de potencial de diferentes eletrodos.

A escolha do eletrodo de referência é completamente arbitrária. No experimento que faremos a seguir, escolheremos um outro eletrodo para fazer o

### APÊNDICE 6 – Listas de conceitos

LISTAS DE CONCEITOS APRESENTADOS AOS ALUNOS		
Condutividade elétrica (linear)	Pilha de Daniell (aleatória)	Eletrodo padrão (aleatória)
Condutividade elétrica	Oxidação	Eletrodos
Elétrons	Pilha de Daniell	Corrente iônica
Fio metálico	Eletrodo	Cátodo
Solução eletrolítica	Concentração	Fio de cobre
Materiais	Solução	Ponte salina
Substâncias	Redução	Pilha
Soluções	Elétrons	Corrente elétrica
Iônica	Cátodo	Potencial padrão ( $\Delta E$ )
Molecular	Ânodo	Ânodo
Eletrolítica	Massa diminui	KCl 1 M
Não eletrolítica	Cátions $Zn^{2+}$	$E_{red}$ menor (E anodo)
Eletricidade	Cátions $Cu^{2+}$	$E_{red}$ maior (cátodo)
Sais	Diminuição do nox	$\Delta E = E \text{ cátodo} - E \text{ ânodo}$
Estado fundido	Aumento do nox	
Estado sólido	Massa aumenta	
Eletrólito fraco	Ponte salina	
Eletrólito forte	Fio condutor	
	Fio de cobre	
	$NaNO_3$	

## APÊNDICE 7 – Termos de consentimento livre e esclarecido

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA PARTICIPAÇÃO EM PESQUISA

(Pais/Responsáveis)

**Título provisório: “Mapas Conceituais como Estratégia de Ensino para Pilhas Eletroquímicas: um Estudo com Alunos do Ensino Médio”**

**INVESTIGADOR DO ESTUDO: Antéogenes Rodrigues de Araújo - (UFSCar).**

Seu filho(a) está sendo convidado(a) a participar da pesquisa: **“Mapas Conceituais como Estratégia de Ensino para Pilhas Eletroquímicas: um Estudo com Alunos do Ensino Médio”**

Os objetivos desse estudo consistem em:

Objetivo geral:

Analisar qualitativa e quantitativamente os conceitos e suas relações, bem como os procedimentos, presentes no planejamento e execução de experimentos investigativos sobre pilhas eletroquímicas.

Objetivos específicos:

- Analisar qualitativa e quantitativamente os conceitos e suas relações, bem como os procedimentos, presentes no planejamento experimental.
- Analisar qualitativa e quantitativamente os procedimentos presentes durante o desenvolvimento experimental.
- Analisar se a execução experimental está em conformidade com o respectivo planejamento.

A pesquisa ocorrerá entre alunos do 2º ano do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio da ETEC Prof. Rodolpho José del Guerra, em São José do Rio Pardo/SP. Caso você autorize, seu filho(a) irá: participar de uma pesquisa que visa melhorar o aprendizado no estudo de eletroquímica, especificamente com pilhas, usando os mapas conceituais.

A participação dele(a) não é obrigatória e, a qualquer momento, ele(a) poderá desistir da participação. Tal recusa não trará prejuízos em sua relação com o pesquisador ou com a instituição em que ele(a) estuda. Tudo foi planejado para minimizar os riscos da participação dele(a), porém se ele(a) sentir algum desconforto emocional durante a pesquisa, como: dificuldade, cansaço, irritação ou desinteresse com a construção dos mapas conceituais será acolhido e orientado pelo pesquisador no qual o acompanhará para orientação especializada (Orientadora Educacional e Psicóloga).

Você ou seu filho(a) não receberá remuneração pela participação neste estudo e também não haverá custos para você (deslocamento, alimentação, materiais e outros). Todos os gastos relacionados diretamente com a pesquisa serão de responsabilidade do pesquisador principal. Se necessário durante a realização do estudo, ocorrer algum tipo de despesa como: alimentação, transporte, materiais e outros gastos, bem como, a necessidade de indenizações por danos causados aos participantes, o pesquisador será responsável pelo pagamento das despesas ocorridas. A participação dele(a) poderá contribuir para a educação ou para a sociedade em geral, já que a pesquisa visa melhorar o estudo na área de eletroquímica, através de uma aprendizagem significativa, cuja compreensão é duradoura, por meio da construção de mapas conceituais.

Os mapas conceituais elaborados pelos seu filho(a) não serão divulgados de forma a possibilitar a identificação. Além disso, você está recebendo uma cópia deste termo onde consta assinatura e o telefone do pesquisador principal, podendo tirar dúvidas agora ou a qualquer momento.

### **OUTRAS INFORMAÇÕES**

- Você será informado (a), caso ocorra, de novas descobertas que podem afetar sua vontade de seu filho (a) continuar a participar no estudo.
- A Universidade Federal de São Carlos e os professores podem se beneficiar da sua participação e/ou do que se aprender no estudo.

## DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO

Eu, \_\_\_\_\_, responsável legal pelo aluno(a) declaro que entendi os objetivos, riscos e benefícios da participação de meu filho(a) \_\_\_\_\_ na pesquisa e concordo com sua participação. A pesquisadora me informou que o projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada à Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: [cephumanos@ufscar.br](mailto:cephumanos@ufscar.br)

Você pode tirar qualquer dúvida sobre o estudo com o pesquisador, Professor Anteógenes Rodrigues de Araújo, no telefone (16) 99703-0794 ou ainda por meio do e-mail: [mindasprof@hotmail.com](mailto:mindasprof@hotmail.com) .

Recebi uma via original deste termo de assentimento, assinada e rubricada em todas as páginas por mim e pelo pesquisador, concordando em participar da pesquisa.

Local e data:

Nome do Pesquisador

Assinatura da Pesquisador

Nome do Responsável

Assinatura do Responsável

## TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)

Você está sendo convidado a participar da pesquisa com o título provisório: “Mapas Conceituais como Estratégia de Ensino para Pilhas Eletroquímicas: um Estudo com Alunos do Ensino Médio”, tendo como pesquisadora a Prof. Anteógenes Rodrigues de Araújo.

Seus pais ou responsáveis permitiram sua participação.

Nesta pesquisa pretende-se analisar qualitativa e quantitativamente os conceitos e suas relações, bem como os procedimentos, presentes no planejamento e execução de experimentos investigativos sobre pilhas eletroquímicas no Ensino Médio e Integrado de Química da ETEC Professor Rodolpho José del Guerra, no município de São José do Rio Pardo /SP.

Você só precisa participar da pesquisa se quiser, é um direito seu e não terá nenhum problema se desistir. Os adolescentes que irão participar dessa pesquisa estão no 2º ano do curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio.

A pesquisa será feita na sua escola, onde você construirá mapas conceituais. Para isso, será usado caneta e papel. Se necessário durante a realização do estudo, ocorrer algum tipo de despesa como: alimentação, transporte, materiais e outros gastos, bem como, a necessidade de indenizações por danos causados aos participantes, o pesquisador será responsável pelo pagamento das despesas ocorridas. Essa pesquisa é segura, porém se sentir algum desconforto emocional durante a pesquisa, como: dificuldade, cansaço, irritação ou desinteresse com a construção dos mapas conceituais será acolhido e orientado pelo pesquisador no qual o acompanhará para orientação especializada (Orientadora Educacional e Psicóloga). Você pode tirar qualquer dúvida sobre o estudo com o pesquisador, Prof. Anteógenes Rodrigues de Araújo por meio do e-mail: mindasprof@hotmail.com, telefone de contato (16) 97030794, endereço: Rua Chile, nº 100, São Carlos-SP.

A sua participação contribuirá para a educação ou para a sociedade em geral, já que a pesquisa visa melhorar o estudo na área de eletroquímica, através de uma aprendizagem significativa, cuja compreensão é duradoura, por meio da construção de mapas conceituais.

Ninguém saberá que você está participando da pesquisa; não falarei a outras pessoas, nem darei a estranhos as informações que você me passar. Os resultados

da pesquisa vão ser publicados, mas sem identificar as jovens/adolescentes que participaram.

=====

### **CONSENTIMENTO PÓS INFORMADO**

Eu aceito participar da pesquisa: “Mapas Conceituais como Estratégia de Ensino para Pilhas Eletroquímicas: um Estudo com Alunos do Ensino Médio”

Entendi os coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer.

Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir e que ninguém vai me prejudicar por isso.

O pesquisador tirou minhas dúvidas e obteve consentimento dos meus responsáveis.

Recebi uma via original deste termo de assentimento, assinada e rubricada em todas as páginas por mim e pelo pesquisador, concordando em participar da pesquisa.

São José do Rio Pardo, de de .

Assinatura do aluno

Assinatura do pesquisador